UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Technik der Experimentalchemie

Arendt, Rudolf

Hamburg [u.a.], 1900

urn:nbn:de:hbz:466:1-84031

Visual Library

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

TECHNIK

DER

EXPERIMENTALCHEMIE.

DRITTE AUFLAGE.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

TECHNIK

DER

EXPERIMENTALCHEMIE.

ANLEITUNG

ZUR

AUSFÜHRUNG CHEMISCHER EXPERIMENTE.

FÜR LEHRER UND STUDIERENDE, SOWIE ZUM SELBSTUNTERRICHT

VON

PROF. DR. RUDOLF ARENDT.

DRITTE, VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT ACHTHUNDERTUNDACHTUNDSIEBZIG IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN
UND EINER TAFEL.

HAMBURG UND LEIPZIG
VERLAG VON LEOPOLD VOSS
1900.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Alle Rechte vorbehalten.

03
M
36106

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VORWORT

zum ersten Bande der ersten Auflage.

Als im Jahre 1868 die erste Auflage meines Lehrbuchs der „Anorganischen Chemie“ erschien, übergab ich zu gleicher Zeit unter dem Titel:

„Organisation, Technik und Apparat des Unterrichts in der Chemie“

eine Ergänzungsschrift zu jenem Werke der Öffentlichkeit, welche bestimmt war, die in demselben durchgeführte neue Unterrichtsmethode zu charakterisieren und bei der Lehrerschaft einzuführen, zugleich aber auch meine Ansichten über die Organisation des chemischen Unterrichts zu entwickeln* und Vorschläge für mancherlei Änderungen, namentlich in Bezug auf die Behandlung der Chemie als eines Zweiges der Naturlehre an Niederen Schulen, daran zu knüpfen. Aufserdem enthielt die Schrift eine ziemlich kurz gefafste Erläuterung zu den in dem genannten Lehrbuche beschriebenen Versuchen und endlich eine Zusammenstellung des für den Unterricht auf seinen verschiedenen Stufen nötigen Apparats.

Dieses Werk ist seit 8 Jahren vergriffen, und obgleich eine Wiederherausgabe desselben wünschenswert erschien, so wurde diese doch durch mancherlei Umstände hingehalten. Denn da sich inzwischen in der Schulpraxis manches geändert hat, und seitdem auch das obengenannte „Lehrbuch etc.“, dem die „Organisation etc.“ als Kommentar zu dienen bestimmt war, mehrmals neu aufgelegt und erweitert worden ist, so war eine völlige Umarbeitung geboten. Hierdurch gewann das Werk seine vorliegende, gänzlich veränderte Gestalt.

Unter dem ebenfalls geänderten Titel:

„Technik der Experimentalchemie“

besteht es aus einem Allgemeinen und einem Besonderen Teile.

* Dieser Teil ist in etwas kürzerer Fassung etwa zu derselben Zeit unter dem Titel: „Über den Unterricht der Chemie an Höheren und Niederen Schulen“ als 5. Heft der „Pädagogischen Vorträge und Abhandlungen“, herausgegeben von W. Werner, erschienen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der **Allgemeine Teil** giebt eine Beschreibung aller für den Unterricht in der Experimentalchemie nötigen Gerätschaften und eine Anweisung zu ihrer Handhabung, Instandhaltung bezw. Fertigung, Reinigung und Aufbewahrung. Es wird dabei überall auf die Vorzüge richtig und zweckmäfsig konstruierter, sowie auf die Mängel und Gefahren fehlerhafter Apparate aufmerksam gemacht, auch auf die Beseitigung der letzteren ausdrücklich hingewiesen. In diesem Teile des Werks wird ferner die bauliche Einrichtung des Hörsaals oder Unterrichtszimmers, die Aufstellung aller gröfseren Apparate (Experimentiertisch, Abzug für Gase, Ventilation, galvanische Batterie, Gasometer und Gebläse) in einer solchen Weise beschrieben, dafs Neueinrichtungen oder Veränderungen ohne weiteres danach ausgeführt werden können.

Der **Besondere Teil** ist eine Anleitung zur Ausführung aller für den Unterricht nötigen Vorlesungsversuche. Bei jedem Versuche sind zuerst die Apparate und Reagentien genannt, wenn nötig, ihre Zusammenstellung und vorgängige Prüfung erläutert, woran sich eine Beschreibung des Versuchs selbst und alles dessen, was zu beachten ist, anschliefst. Dieser Teil des Werks ist in der Bearbeitung so gehalten, dafs er dem Experimentator bei seiner Arbeit eine sichere Stütze bieten und namentlich auch dann als zuverlässiger Führer dienen kann, wenn ihm die Gelegenheit zur genügenden Vorbereitung für den praktischen Teil seines Berufs nicht vergönnt war. Aufserdem soll dadurch die Beteiligung des Assistenten bei der Vorbereitung und Ausführung der Versuche erleichtert und erfolgreicher gemacht und eben hierdurch dem Lehrer manche Mühe erspart werden . . .

Was den Umfang des Werks betrifft, so ist die Zahl der beschriebenen Versuche für alle Zwecke des Unterrichts an Niederen und Höheren Schulen jedenfalls mehr als ausreichend; der Lehrer wird daher, wenn er sich aus dem Buche Rat erholen will, voraussichtlich in keinem Falle in Verlegenheit kommen, sondern im Gegenteil wohl in den meisten Fällen eine Auswahl treffen müssen, um gerade den Bedürfnissen seines Unterrichts am besten genügen zu können. Ich fürchte nicht, dafs dies als ein Nachteil des Werks empfunden werden wird, da gerade hierdurch die Freiheit des Unterrichts keiner Einschränkung zu unterliegen braucht, derselbe auch durch Modifikationen mancherlei Art Belebung finden kann.

Endlich habe ich in einer dem „Allgemeinen Teile“ vorausgeschickten **Einleitung** die Prinzipien zur Besprechung gebracht, welche für mich bei der Ausarbeitung meiner Lehrbücher mafsgebend gewesen sind. Die erste

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Auflage enthielt, wie erwähnt, an gleicher Stelle eine Charakteristik meines Lehrgangs, welche ich damals für nötig hielt, um einerseits die Berechtigung und andererseits das Abweichende desselben von der bis dahin allein gebräuchlichen systematischen Unterrichtsmethode in das rechte Licht zu stellen. Eine Reproduktion dieser Gedanken in unveränderter Form würde jetzt nicht mehr zeitgemäfs gewesen sein, weil inzwischen nicht nur durch die Verbreitung meiner eigenen Bücher, sondern auch durch das Erscheinen mehrerer, in gleicher oder ähnlicher Form behandelter Lehrbücher und Grundrisse der Chemie, auf welche ich in der Einleitung unter V. zu sprechen kommen werde, die Prinzipien der chemischen Methodik zur Genüge bekannt und in der Litteratur überdies mehrfach besprochen worden sind. Dagegen wollte es mir nicht überflüssig erscheinen, zu untersuchen, welche Stellung die Naturwissenschaften in der Schule gegenüber den anderen Unterrichtsfächern überhaupt einzunehmen im stande sind und demgemäfs auch beanspruchen können. Diesen Betrachtungen ist die Einleitung gewidmet.

Leipzig, im April 1881.

R. Arendt.

VORWORT

zum zweiten Bande der ersten Auflage.

Der vorliegende zweite Band, welcher für den Unterricht an Höheren Schulen bestimmt ist, schliefst sich meinem „*Lehrbuch*“ und „*Grundrifs*“ insoweit an, als die Anordnung und Reihenfolge der Versuche mit der in jenen Werken eingehaltenen übereinstimmt. Die dem Bande vorgedruckte Inhaltsübersicht in Verbindung mit dem angehängten, ganz ausführlichen alphabetischen Register dürfte indes das Werk auch zur Benutzung für jedes andere Lehrbuch geeignet machen, da hierdurch dem Lehrer eine sofortige Orientierung in jedem Augenblicke leicht ermöglicht wird.

Die Zahl der in diesem Bande beschriebenen Versuche ist sicherlich nicht zu knapp bemessen und dürfte für alle Zwecke ausreichend sein; wenigstens glaube ich, keinen Vorlesungs- oder Demonstrations-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

versuch von irgend welchem didaktischen Werte übergangen zu haben. Aufserdem ist noch eine gröfsere Zahl von Versuchen beschrieben, die sich weniger zur Vorführung beim Unterrichte eignen, sondern die Darstellung oder Reinigung von Präparaten bezwecken, deren man beim Unterricht bedarf. Der Lehrer kann diese, wenn es ihm gut dünkt, von fortgeschritteneren Schülern ausführen lassen, um diesen Gelegenheit zur Übung in praktisch-chemischen Arbeiten darzubieten. Endlich habe ich mich bei der Auswahl nicht dadurch beschränken zu müssen geglaubt, dafs ich dieselbe nur auf solche Versuche lenkte, die leicht und mit geringeren Mitteln ausführbar sind; der Lehrer wird vielmehr eine grofse Zahl von Experimenten beschrieben finden, die nicht nur eine gröfsere Geschicklichkeit und Übung, sondern auch einen mehr oder weniger reich ausgerüsteten Apparat erfordern. Wenn durch diese verschiedene Rücksichtnahme das Buch an Brauchbarkeit gewonnen hat, insofern es sich nicht blofs an eine einzige bestimmte Art von Schulen richtet, sondern für alle höheren Lehranstalten, an denen überhaupt chemischer Unterricht erteilt wird, benutzbar geworden ist, so ist mein Zweck erreicht. Es wird dann Sache des Lehrers sein, sich diejenigen Versuche auszuwählen, die gerade in seinen Lehrgang passen und mit den ihm zur Verfügung gestellten Mitteln ausführbar sind; die anderen mag er übergehen oder sich für eine spätere Modifikation bei der Erweiterung seines Unterrichts vorbehalten.

Ich kann es mir hier nicht versagen einige Winke und Ratschläge einzuflechten, die vielleicht dem angehenden Lehrer von Nutzen sind.

Das Experimentieren ist eine Kunst, die erlernt sein will. Sie wird nicht durch theoretisches Studium, nicht durch blofses Anschauen elegant und sicher ausgeführter Vorlesungsversuche, auch nicht durch Übung in den gewöhnlichen Arbeiten des Laboratoriums erworben, da die letztern einem ganz anderen Ziel zugewendet sind als das ist, welches der künftige Lehrer zu erreichen suchen mufs. Die Apparate, mit denen er beim Unterricht zu arbeiten hat, sind wesentlich andere als die, welche er in einem praktischen Kursus der qualitativen und quantitativen Analyse in die Hände bekommt; und auch wenn er sein Studium an der Universität erweitert und vertieft, indem er sich dem Gebiete der Forschung zuwendet, wird er einen kaum nennenswerten Gewinn für die Vorbereitung auf den praktischen Teil seines Berufs davontragen.

Die meisten Lehrer aber sind gar nicht in der Lage, ihre chemischen Studien mehr als einige Semester hindurch fort-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zusetzen, und sehen sich deshalb, wenn sie ihren Beruf antreten, auf Selbsthilfe angewiesen. Solange nicht von den Kandidaten des höhern Schulamts, welche sich die facultas für Chemie erwerben wollen, ein gewisser Grad von Fertigkeit und Sicherheit in der Ausführung von Demonstrationsversuchen verlangt und ihnen zur Erwerbung dieser Fertigkeit während ihrer Studienzeit auch durch Einrichtung von Kursen in der Experimentalchemie Gelegenheit geboten wird, solange bleibt der angehende Lehrer in der Kunst des Experimentierens ein Autodidakt. Denn alle die zahllosen Handfertigkeiten, deren er hierbei bedarf, die Geschicklichkeit in der Anwendung der Gerätschaften und in der Zusammensetzung der Apparate, ganz abgesehen von den notwendigen Erfahrungen, die das Gelingen der Versuche verbürgen, mufs er sich selbst erwerben. Und auf diesem langen, keineswegs mühelosen Wege ernster Arbeit dienen ihm als einziger Führer die Erinnerungsbilder aus dem chemischen Auditorium der Universität, welche er sich von seiner Studienzeit her aufbewahrt hat. Allein auch diese zeigen ihm in den meisten Fällen gerade dasjenige nicht, dessen er bedarf. Denn wenn er auch wirklich in der Lage war, alle für seinen Unterricht nötigen Experimente einmal mit anzusehen, so hat er doch nur den Erfolg beobachtet, während die Vorbereitung der Versuche, die ja in allen Fällen die Hauptsache ist, ihm entging. Er sah das fertige Bühnenstück mit an, die Vorgänge hinter den Coulissen blieben ihm verborgen.

Für Lehrer, die in dieser Lage sind, habe ich mein Buch geschrieben. Die Benutzung desselben setzt allerdings eine genügende theoretische Ausbildung voraus. Alles andere aber, was aufserdem noch nötig ist, habe ich versucht zu geben. Es wird dann freilich noch ein tüchtiges und konsequentes Exerzitium nötig sein, um sich des Erfolgs zu versichern, und deshalb empfehle ich, keinen Versuch vor der Klasse auszuführen, der nicht vorher mit denselben Apparaten und Ingredienzen, die beim Unterricht benutzt werden, durchprobiert war. Der Lehrer mufs auf alle möglichen Ursachen des Mifslingens vorbereitet sein, um diese bei der notwendigen Wiederholung eines etwa mifsglückten Versuchs abstellen zu können. Ich weise hier nochmals ausdrücklich auf den aufserordentlichen Nutzen hin, den eine möglichst vollständige und wohlgeordnete Sammlung fertiger Apparate für bestimmte Versuche gewährt (S. 6 und 7). Hat sich ein Apparat, sei es durch seine Form und Gröfse, sei es durch seine Zusammenstellung, voll und ganz bewährt, so stelle man ihn beiseite und bewahre ihn ausschliefslich für den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

betreffenden Versuch auf, damit er jederzeit bei einer Wiederholung desselben fertig zur Hand sei. Nach dem Gebrauche wird jeder Apparat sogleich gereinigt und wieder an seinen Platz gebracht. Sind Teile davon defekt geworden, so möge man sie sofort erneuern, um nicht erst später zur unrechten Zeit dazu genötigt zu sein. Apparate, die leicht gefährdet sind, müssen in doppelter Anzahl vorhanden sein. Diese Sammlung ist so zu ordnen, dafs nicht nur der Lehrer selbst, sondern auch jeder dritte unter Angabe einer Nummer und mit Zuhilfenahme des Lehrbuchs im stande ist, den richtigen Apparat zur Stelle zu schaffen und sogleich in der richtigen Weise zusammenzusetzen. Ich habe zur Erleichterung dieser Einrichtung am Schlusse des Werks ein ausführliches Verzeichnis solcher Apparate gegeben, welches wohl für alle Fälle ausreichend sein dürfte.

Weiter empfehle ich auch, die übrigen Glas- und Porzellanapparate, welche zu mehrfacher Benutzung bestimmt sind, in genügender Zahl stets vorrätig zu halten und für die Aufbewahrung derselben, sei es in Schränken, sei es in Kästen, ein für allemal bestimmte Orte anzuweisen, welche der gröfseren Ordnung wegen mit Signaturen versehen sein können. Dieses „Eiserne Inventar", dessen Gröfse und Umfang durch die Bedürfnisse der Schule bestimmt wird, mufs gleichfalls fortlaufend ergänzt werden, wenn auch nicht Stück für Stück, doch von Zeit zu Zeit nach vorgängiger Revision, worüber ein Verzeichnis zu führen ist.

Alle diese kleinen Mühen werden sich reichlich lohnen, wogegen sich jede selbst geringfügige Unordnung in keinem Unterricht so empfindlich straft, als bei dem Experimentalunterricht in der Chemie. Wie oft habe ich Klagen darüber führen hören, dafs dieser Unterricht ein höchst zeitraubender sei und fortwährend auf Schwierigkeiten stofse. Wenn dies der Fall ist, so wird eine der Hauptursachen gewifs in einer ungenügenden Ausrüstung und Instandhaltung des chemischen Apparats liegen.

Schliefslich möchte ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs der chemische Hörsaal keinem anderen Zwecke dienen darf, als dem, zu welchem er bestimmt ist.

Leipzig, im November 1881.

R. Arendt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VORWORT

zur zweiten Auflage.

Die zweite Auflage weist gegen die erste verschiedene ganz wesentliche Umgestaltungen auf. Diese sind in erster Linie durch die Fortschritte der Technik selbst bedingt. Zahlreiche neue Apparate, die seit dem Erscheinen der ersten Auflage in Gebrauch gekommen sind, haben, soweit sie sich probehaltig erwiesen haben, teils im Allgemeinen, teils im Besonderen Teile Aufnahme gefunden. Ferner wird der Leser beim Gebrauch des Werks zahlreiche neue Arbeitsmethoden und Verbesserungen auf dem Gebiete der Experimentierkunst berücksichtigt finden, insoweit dieselben geeignet sind, die Arbeit des vortragenden Lehrers zu erleichtern und zu sichern. Auch habe ich Sorge getragen, nicht nur die Einrichtung des Hörsaals möglichst praktisch zu gestalten, sondern auch den gesamten Apparat so zu vervollständigen, dafs er den verschiedenartigsten und weitestgehenden Anforderungen Genüge leisten dürfte. Überhaupt ist es mein Bestreben gewesen, die Fortschritte der didaktischen Experimentalchemie bis in die jüngsten Tage hinein zu verfolgen und dadurch das Werk in seinem neuen Gewande auf den neuesten Standpunkt der Unterrichtspraxis zu stellen.

Durch alles dies hat der Text besonders im Allgemeinen Teile eine mehr oder weniger tief greifende Umarbeitung erfahren und die Zahl der Abbildungen ist durch eine grofse Anzahl neuer vermehrt worden. Wenn aber hierdurch einerseits der Inhalt des Werks beträchtlich erweitert worden ist, so konnte doch einer Vermehrung des Umfangs dadurch erfolgreich vorgebeugt werden, dafs alles, was sich auf die methodische Behandlung des Unterrichtsstoffs bezieht und in der ersten Auflage einen breiten Raum einnahm, beseitigt worden ist. Dies konnte geschehen, weil ich seit dem Erscheinen der letzteren diese in einem besonderen Werke (Methodischer Lehrgang der Chemie, Halle 1887) niedergelegt habe.

Leipzig, im November 1891.

R. Arendt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VORWORT

zur dritten Auflage.

Einteilung und Anordnung des Stoffs ist wie in der zweiten Auflage beibehalten. Die Vermehrung betrifft vorwiegend den Allgemeinen Teil durch Aufnahme zahlreicher neuer Apparate, die im Laufe der Zeit von verschiedenen Experimentatoren konstruiert worden sind. Das Kapitel über galvanische Elemente ist durch Beschreibung der Akkumulatorbatterie und Anleitung zu deren Gebrauch bei chemischen Versuchen erweitert worden. Auch im Besonderen Teile haben alle im letzten Jahrzehnt bekannt gewordenen neuen Vorlesungsversuche Aufnahme gefunden. Der Gesamtumfang des Werks ist hierdurch um circa vier Bogen vermehrt worden.

Leipzig, Ostern 1900.

R. Arendt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

INHALT.

ALLGEMEINER TEIL.

Seite

Hörsaal 3
Chemikalienschränke 4
Experimentiertisch 5
Bänke 6
Wassertrommelgebläse 6
Schrank für Glasapparate 6
Schrank für Apparate zu bestimmten Versuchen 6
Waschapparat 8
Standgasometer 8
Luftbad und Trockenschrank 8
Projektionsmikroskop 8
Verdunkelungsvorrichtung 10
Dynamomaschine 10
Kanäle für Wasser- und Gasleitung 10
Abzug 11
Ventilation 11
Experimentiertisch 13
Gasleitung 13
Wasserleitung 15
Ventilation 15
Hähne für Sauerstoff, Leuchtgas und Luft 16
Polklemmen 17
Pneumatische Wanne 17
Tischblatt 18
Quecksilberbrett 18
Schubkästen 19
Geräte 20
Einsatzkästen für feinere Geräte 25
Kastenverschluſs 26
Abzug 27
Galvanische Batterie 29
Gasometer 31
Groſse Standgasometer 31
Sauerstoffbereitung 35
Wasserstoffbereitung 39
Groſse Glockengasometer 40

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Kleine Gasometer 42
Wendegasometer 43
Gummisack 46
Quecksilber 46
Quecksilberwanne 46
Reinigung von Quecksilber durch Filtration 48
Reinigung von Quecksilber auf chemischem Wege 48
„ „ „ „ „ „ nach Lothar Meyer . . 49
„ „ „ „ „ „ „ Karsten 49
„ „ „ „ „ „ „ Brühl 50
„ „ „ „ „ „ „ Palmaer 50
„ „ „ „ „ „ „ Craft 50
„ „ „ durch Destillation 51
„ „ „ „ „ nach Bohn 51
„ „ „ „ „ „ Karsten 52
„ „ „ „ „ „ Nebel 52
„ „ „ „ „ „ Dunstan und Dymond . 54
„ „ „ „ „ „ Smith 57
Verspritztes Quecksilber 57
Galvanische Elemente 58
Leclanché-Batterie 58
Chromsäure-Batterie 60
Batterieumschalter 62
Tischumschalter 62
Akkumulator 67
Akkumulator mit Strafsenstrom 67
Batterie 68
Batterieumschalter 69
Schaltbrett für die Ladung und Entladung 70
Benutzung 72
Akkumulator mit Thermosäule 79
Gebläse und Aspiratoren 80
Wassertrommelgebläse nach Bunsen 80
„ „ Kalecsinszky 82
„ „ Beutell 83
„ „ Bömer 84
Glasbläsertisch 85
Handgebläse 85
Fufsgebläse 86
Wasserluftpumpe 86
„ nach Bunsen 86
„ „ Arzberger-Zulkowski 87
Rückschlagsventile 88
Wasserluftpumpe nach Hugershoff 89
Wasserstrahlpumpe nach Wetzel 90
„ „ Greiner und Friedrichs 91
„ „ Berlemont 91
„ „ Körting 92

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Wasserstrahlpumpe nach Stuhl 92
Verbindung des Wassertrommelgebläses mit der Wasserstrahlpumpe . . . 93
Saugapparat für konstanten Luftstrom 94
Lampen 94
Einfache Brenner 95
„ „ nach Bunsen 95
„ „ „ Meissner 96
„ „ „ Terquem 97
„ „ „ Gröger 98
„ „ „ Stutzer 100
„ „ „ Teclu 101
„ „ „ Dierbach 102
„ „ „ Beckmann 103
Mehrfache Brenner, Rundbrenner 103
Heizschlangen 106
Lampenöfen 107
Gaskochlampen 109
„ nach Fletcher 109
„ „ Butzke 110
Sicherheitsbrenner 110
„ nach Klobukow 110
„ „ Raikow 111
„ „ Schober 111
Glühlampen, Gasschmelzöfen 112
„ „ nach Hempel 113
„ „ andere Formen 114
„ „ nach Rössler 115
Regenerativgasofen nach Bigot 116
Gebläselampen 117
Glasröhren 119
Schneiden 119
Biegen 123
Ausziehen 124
Löten 126
Kugelblasen 129
Glasröhrenstücke 133
Heber 134
„ Säureheber nach Radiguet 135
„ „ „ Dennis 135
„ mit Ansaugvorrichtung nach Ebert 136
„ „ „ „ Bohn 137
Entleeren grofser Flaschen ohne Heber 137
Heber zum Konstanthalten des Niveaus nach Bidet 137
Stöpsel 138
Glasstöpsel 138
Korkstöpsel 141
Korkbohrer 144
Korkbohrmaschine von Hugershoff 145

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Korkbohrerschärfer 146
Kautschukstöpsel 149
Filtriervorrichtungen 149
Glatte Trichter 149
Siebtrichter 151
Filter 152
Auswaschen 156
Spritzflasche 156
„ nach Beutell 157
„ „ Wendriener 157
„ „ Kalecsinszky 157
„ „ Luzi 158
„ „ Stroschein 159
„ „ Browne 159
Auswaschen mit heifsem Wasser nach Jewett 159
Heifswasserschlange 160
Dekantieren 161
Automatische Filtration 163
Heifsfiltrieren 165
Filtrieren unter vermindertem Druck 165
Filtrierflasche nach Allihn 168
„ „ Walther 168
Filtrierglocke nach Burgemeister 168
„ „ Witt 169
Rückschlagventil 170
Filtrieren bei Abschlufs von Luft 171
Kolieren 172
Kautschukröhren 174
Gasentwickelungsapparate 177
Gasentwickelungsflaschen 177
Trichter- und Sicherheitsröhren 178
Tropftrichter 180
Kontinuierlich wirkende Gasentwickelungsapparate 181
nach Kipp 181
„ Reinhardt 184
„ Müncke 185
„ Kalecsinszky 186
„ Pollak und Wilde 187
„ Breyer 189
„ Thiele 190
„ Burgemeister 191
„ Seidler 192
„ Gallenkamp 192
Pneumatische Wanne 193
Wasch- und Trockenapparate 194
Waschflasche nach Bunsen 195
„ „ Drechsel 195
„ „ Habermann 196

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Waschflasche nach Pollak und Wilde 196
„ „ Kaless 197
„ „ Walter 197
Absorptionsröhren 198
Absorptionstürme 198
Wasch- und Trockenapparat nach Walter 200
Absorptionsrohr nach Hensgen 201
Prüfung der Gasentwickelungsapparate 202
Rühr- und Schüttelwerke 204
Motoren 204
Die Rabe'sche Turbine 204
Turbine nach Tryller 205
„ neuester Konstruktion 206
Biegsame Welle 206
Carborundumscheibe 207
Rührer von Witt 207
„ „ Priesemuth 208
„ „ Loesner 208
„ „ Frankenstein 209
„ „ Schultze 209
Ausschleuderapparat 210
Schüttelwerk von Maull 211
„ „ König 211
Reinigung der Apparate 212
Verschiedene Gerätschaften 215
Reibschalen und Mörser 215
Porzellanschalen und -näpfe 217
Porzellantiegel 218
Schalen aus Metallblech 218
Platintiegel und -schalen 219
Silbertiegel 222
Dreifüße und Drahtdreiecke 222
Tiegelzangen, Feilen, Glasmesser 224
Pinzetten 224
Drahtzange, Blechschere, Amboß 225
Kohlenbohrer, Kohlensäge 226
Spatel, Löffel, Kapsulaturen, Hornblätter 226
Blechrinnen 226
Pulvertrichter 227
Hähne 227
Vorlesungswage 231
Glasapparate 232
Bechergläser 232
Krystallisationsschalen 233
Fußcylinder, Kelchgläser 233
Pulvergläser und Flaschen 234
Retorten, Kolben, Kugelröhren 235
Böhmische Röhren 237

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Geaichte und graduierte Gefäfse 238
Graduierte Fufscylinder, Mensuren, geaichte Kolben 238
Pipetten 240
Büretten 242
Titrierapparat nach Ducretet 245
„ „ Knöfler 246
„ „ Hölbling 246
Aräometer 247
Aräopyknometer 248
Röhrenträger und -halter, Tischchen, Retortenhalter, Stative 249
Abdampfen und Trocknen 253
Abdampfen über freiem Feuer 253
Beschleunigung des Abdampfens 253
Abdampfen durch Oberhitze 254
Luftbäder, Trockenöfen, Trockenschränke 256
Luftbad nach L. Meyer 257
Drahtnetzluftbad nach Muck 260
Thermoregulator nach Bunsen-Kemp 261
„ „ Borkes 262
„ „ Gawalowski 262
Wasserbad mit Irisblende 263
„ nach Mürrle 264
„ „ Kleinstück 265
„ „ Raikow 265
„ mit Niveauhalter 266
„ nach Winkler 266
„ mit Druckregulator 267
Destillieren 268
Destillationsgefäfs 268
Kühlrohr 271
Kühler nach Liebig 272
Rückflufskühler 273
„ nach Walter 275
„ „ Pollak 276
„ „ Evers 276
„ „ Bidet 277
„ „ Cripp 277
„ „ Göckel 278
Vorlage 278
Vorstöfse 278
Destillation unter vermindertem Druck 280
Druckregulator nach Moschner 282
„ „ Garzino 282
„ „ Krafft 282
„ „ Städel und Hahn 284
Fraktionierte Destillation 287
Dephlegmator nach Linnemann 288
„ „ Young und Thomas 288

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

Dephlegmator nach Hempel 289
„ „ Norton & Otten 290
Fraktionierte Destillation im Vakuum 290
Fraktioniervorlage nach L. Meyer 290
„ „ Fuchs 291
„ „ Raikow 292
„ „ Gautier 292
„ „ Brühl 293
„ „ H. Wislicenus 294
„ „ Schulz 295
„ „ Valenta 296
„ „ G. Kolbe 297
Sublimation 298
Sublimierapparat nach Otto 298
„ „ Hertkorn 299
Klebmittel und Kitte 300
Gummi- und Leimkitte 300
Öl- und Harzkitte 301
Kautschuk- und Guttaperchakitte 302
Caseïnkitt 303
Allgemeine Bemerkungen 304

BESONDERER TEIL.

ERSTER ABSCHNITT.

ERSTES KAPITEL.

Die bekanntesten Metalle und ihr Verhalten beim Erhitzen an der Luft.

I. Unedle Metalle

§ 1. Zinn 309
§ 2. Blei 310
§ 3. Zink 311
§ 4. Eisen 312
§ 5. Kupfer 313
§ 6. Kadmium 313
§ 7. Wismut 313
§ 8. Nickel 314
§ 9. Aluminium 314
§ 10. Magnesium 314
§ 11. Quecksilber 315

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

II. Edle Metalle.

§ 12. Silber 315
§ 13. Platin 316
§ 14. Gold 316

III. Legierungen.

§ 15. Starre Legierungen 317
§ 16. Amalgame 317
Kupfer-, Zink-, Zinnamalgam 317
Darstellung von Glasspiegeln 318
§ 17. Metalltafel 318

ZWEITES KAPITEL.

Ursachen der Veränderung der unedlen Metalle beim Erhitzen an der Luft.

§ 18. Erhitzen der Metalle bei Abschluſs der Luft 318
§ 19. Entwickelung und Auffangung von Wasserstoff 320
§ 20. Eigenschaften des Wasserstoffgases 322
Flamme, chemische Harmonika 322
Spezifisches Gewicht 323
§ 21. Erhitzen der Metalle in einer Wasserstoffatmosphäre 325
a) Kupfer 325
b) Kadmium 327
c) Blei 327

DRITTES KAPITEL.

Veränderung der Luft bei ihrer Einwirkung auf Metalle.

§ 22. Erhitzen von Kupfer im Luftstrom (qualitativ) 328
§ 23. Erhitzen von Kupfer im Luftstrom (quantitativ) 330
§ 24. Verbrennung von Magnesium (quantitativ) 332
§ 25. Verbrennung von Eisenstaub (quantitativ) 334
§ 25A. Verbrennung von Phosphor in einem abgemessenen Luftvolum 334
§ 26. Darstellung von Sauerstoff aus Quecksilberoxyd 335
§ 27. Verbrauch von Sauerstoff beim Verbrennen eines Lichts 336
§ 28. Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze 337
§ 29. Darstellung von Sauerstoff im grofsen 338
§ 30. Darstellung von Sauerstoff im kleinen 338
1. aus chlorsaurem Kali 338
2. aus Wasserstoffsuperoxyd 340
3. aus Bariumsuperoxyd 343
§ 31. Versuche mit Sauerstoff 346
a) Verbrennen von Stahl 346
b) Verbrennen von Schwefel 347
c) Verbrennen von Phosphor 347
§ 32. Verbrennungsversuche mittels der Sauerstoffgebläselampe 348
§ 32A. Ausscheidung von Sauerstoff aus grünen Pflanzenteilen 349
§ 33. Knallgas 349

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 34. Explosive Gemenge aus Wasserstoff und Luft 351
§ 35. Elektrische Pistole 352
§ 36. Knallgebläse; Drummond'sches Licht 354
§ 36A. Knallgasgebläse nach Linnemann 355
§ 37. Umgekehrte Flammen 357
§ 38. Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 362
§ 39. Glühen von Platin in Wasserstoff 368

VIERTES KAPITEL.

Einige nichtmetallische und metallische brennbare Körper.

I. Nichtmetalle.

§ 40. Kohlenstoff, Darstellung durch Glühen organischer Körper 365
§ 41. Kohlenstoff, Absorptionsvermögen für gelöste Substanzen und Gase . . 365
§ 42 A. Verbrennung von Kohlenstoff in Sauerstoff. Eigenschaften der Kohlensäure 370
a) Spezifisches Gewicht der Kohlensäure 372
b) Absorption der Kohlensäure durch Wasser 373
c) Flüssige Kohlensäure 374
§ 42 B. Diffusion 375
§ 43. Verbrennung eines Diamanten in Sauerstoff 376
§ 44. Schwefel. Schweflige Säure 378
a) Darstellung der schwefligen Säure 378
b) Spezifisches Gewicht der schwefligen Säure 378
c) Absorption durch Wasser, Kondensation 379
§ 45. Phosphor. Phosphorsäure 381
a) Formen und Zerteilen des Phosphors 381
b) Amorpher Phosphor 382
c) Verhalten beim Erwärmen 382
d) Darstellung der Phosphorsäure 383
e) Verbrennung von Phosphor unter Wasser 384
§ 46. Arsen. Arsenige Säure 385
a) Arsenspiegel 386
b) Verbrennung in Sauerstoff 386
c) Verbrennung von As und Sublimation von As_2O_3 387
d) Löslichkeit von As_2O_3 387
e) Verbrennung auf Kohlen 387
§ 47. Antimon, Verbrennung 387
§ 48. Bor, Borsäure 387
a) Löslichkeit und Reaktion der Borsäure 388
b) Schmelzung und Wassergehalt 388
c) Grünfärbung der Flammen 388
§ 49. Selen, Verbrennung in Sauerstoff; selenige Säure 389

II. Metalle.

§ 50. Kalium und Natrium. Kali und Natron 389
a) Vergänglichkeit des Metallglanzes 389
b) Dampf des Kaliums 391

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

c) Verbrennung 391
d) Legierung von Kalium und Natrium 391
§ 51. Natur der Oxyde 392

FÜNFTES KAPITEL.

Langsame Verbrennung; unvollkommene Verbrennung.

§ 52. Langsame Verbrennung des Phosphors 392
§ 53. Langsame Verbrennung anderer Substanzen 394
a) Pyrogallussäure in alkal. Flüssigkeit 395
b) Kupfer in Ammoniak 395
§ 54. Langsame Verbrennung von Rufs 396
§ 55. Erglühen frisch gebrannter Kohle. Selbstentzündung von Heu 396
§ 56. Unvollkommene Verbrennung von Holz 397

ZWEITER ABSCHNITT.

Sulfide und Chloride (Jodide, Bromide, Fluoride). Reduktionen.

ERSTES KAPITEL.

Sulfide.

§ 57. Eigenschaften des Schwefels 398
a) Destillation 398
b) Sublimation 400
c) Darstellung von β-Schwefel 400
d) Darstellung von γ-Schwefel 400
e) Darstellung von α-Schwefel 400
§ 58. Kupfer und Schwefel 401
§ 59. Zinn, bezw. Blei und Schwefel 402
§ 60. Eisen und Schwefel 402
§ 60A. Zink und Schwefel 404
§ 61. Magnesium und Schwefel 404
§ 62. Quecksilber und Schwefel 405
§ 63. Silber und Schwefel 405
§ 64. Gold, bezw. Platin und Schwefel 406
§ 65. Natrium, bezw. Kalium und Schwefel 406
§ 66. Arsen, bezw. Antimon und Schwefel 407
§ 67. Kohlenstoff und Schwefel 407
a) Darstellung von Schwefelkohlenstoff 408
b) Reinigung des Schwefelkohlenstoffs 408
c) Brennbarkeit des Schwefelkohlenstoffs 409
d) Lösungsvermögen des Schwefelkohlenstoffs 409
e) Verdunstungskälte des Schwefelkohlenstoffs 410

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 68. Wasserstoff und Schwefel; direkte Verbindung 413
§ 69. Darstellung von Schwefelwasserstoff aus Schwefeleisen 413
§ 70. Natur der Sulfide 413

ZWEITES KAPITEL.

Haloide.

§ 71. Darstellung von Chlor 414
1. Apparate für einmaligen Gebrauch 415
a) Chlorentwickelung aus Braunstein und Salzsäure 415
b) Chlorentwickelung aus Braunstein, Kochsalz und Schwefelsäure . 415
2. Apparate für kontinuierliche Entwickelung 416
a) Dreikolbenapparat nach Orlowski 416
b) Kipp'scher Apparat 419
§ 72. Eigenschaften des Chlors. Einwirkung auf Metalle, Metalloide und organ. Körper 423
a) Füllung der Apparate 424
b) Bereitung von Chlorwasser 426
c) Verbrennung von Blattmetallen 426
d) Glühen und Verbrennen von Metalldrähten 427
e) Verbrennung von Antimon und Schwefelantimon 428
f) Bleichen durch Chlor 428
g) Verbrennen eines Lichts in Chlor 428
§ 73. Verbindung von Kupfer, bezw. Zink mit Chlor 429
§ 74. Verbindung von Zinn, bezw. Blei mit Chlor 429
§ 75. Verbindung von Eisen, bezw. Aluminium mit Chlor 432
§ 76. Verbindung von Magnesium, bezw. Natrium mit Chlor 433
§ 77. Verbindung von Schwefel, bezw. Phosphor mit Chlor 434
a) Chlorschwefel 434
b) Chlorphosphor 435
§ 78. Verbindung von Antimon, bezw. Arsen mit Chlor 435
a) Antimontrichlorid, Antimonpentachlorid 435
b) Arsentrichlorid 436
§ 79. Wasserstoff und Chlor; Chlorwasserstoffgas 436
§ 80. Darstellung und Explosion des Chlorknallgases 439
a) Explosion durch Entzündung 439
b) Explosion durch Sonnenlicht 440
c) Explosion durch Mg- und Schwefelkohlenstofflicht 441
§ 81. Eigenschaften der Salzsäure 442
§ 82. Natur der Chloride 445
§ 83. Brom, Verhalten in der Wärme und gegen Lösungsmittel 446
§ 84. Einwirkung von Brom auf Metalle und Metalloide 448
a) Einwirkung von Brom auf Blattmetalle 448
b) Einwirkung von Brom in wässeriger Lösung auf Metalle 448
c) Verbindung von Phosphor mit Brom 449
d) Darstellung von Bromwasserstoff 450
§ 85. Jod, Verhalten in der Wärme und gegen Lösungsmittel 450

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 86. Einwirkung von Jod auf Metalle und Metalloide 451
§ 87. Färbung der Stärke durch Jod; Jodstärke 452
§ 88. Darstellung von Chlorjod 452
§ 88A. Relative Stärke der Halogene 452

DRITTES KAPITEL.

Reduktionen.

I. Reduktion der Oxyde.

§ 89. Reduktion von Kupferoxyd 453
a) Durch Wasserstoff im kleinen 453
b) Durch Wasserstoff im grofsen 453
c) Abwechselnde Reduktion und Oxydation geformter Cylinder aus Kupferoxyd 454
d) Abwechselnde Oxydation und Reduktion von Kupferblech 455
§ 90. Reduktion von Kupferoxyd durch Kohle (oder organische Körper) . . . 456
§ 91. Reduktion von Kupferoxyd durch brennbare Gase 457
§ 92. Reduktion von Eisenoxyd durch Wasserstoff; pyrophorisches Eisen . . 457
§ 93. Reduktion von Bleioxyd und Zinnoxyd durch Holzpulver und Kohle . . 458
§ 94. Reduktion von arseniger Säure und Kohle 459
§ 95. Reduktion von Wasser durch Kalium und Natrium 459
§ 96A. Reduktion von Wasserdampf durch glühende Kohle 460
§ 96B. Reduktion von Wasserdampf durch glühendes Eisen 461
§ 97. Reduktion von Wasserdampf durch Magnesium 462
§ 98. Reduktion von Kohlensäure durch Natrium 463
§ 99. Reduktion von Kohlensäure durch K-Dampf 465
§ 100. Reduktion von Kohlensäure durch Magnesium 466
§ 100A. Reduktion von Metalloxyden durch Aluminium 467

II. Reduktion der Sulfide.

§ 101. Reduktion von Schwefelquecksilber 470
a) Durch Kupfer 470
b) Durch Eisen 470
c) Durch Sauerstoff 471
§ 102. Reduktion von Schwefelsilber 471
a) Durch Sauerstoff 472
b) Durch Wasserstoff 472
§ 103. Reduktion von Schwefelwasserstoff durch Metalle 472
a) Durch Kalium 472
b) Durch Kupfer 472
c) Durch Kupfer unter gleichzeitiger Wiederverbrennung des Wasserstoffs 473

III. Reduktion der Chloride, Bromide, Jodide.

§ 104. Reduktion von Eisenchlorid durch Wasserstoff 474
§ 105. Reduktion von Chlorsilber durch Wasserstoff 474
§ 106. Reduktion von Chlor- und Bromblei, von Chlor- und Bromkadmium durch H 475

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 107. Reduktion von Chlormagnesium, bezw. Chloraluminium durch Natrium . 475
§ 108. Reduktion von Chlorwasserstoffgas durch Kalium oder Natrium 476
§ 109. Reduktion von Chlorwasserstoff durch Natriumamalgam 477

VIERTES KAPITEL.

Reduktion (Spaltung) mittels Elektrizität (Elektrolyse).

§ 110. Reduktion von Wasser durch Elektrolyse 478
a) Darstellung von Knallgas 478
b) Elektrolyse des Wassers in zweischenkligen Röhren 479
§ 111. Elektrolyse der Salzsäure in zweischenkligen Röhren. 481
§ 112. Synthese des Wassers (quantitativ) 485

FÜNFTES KAPITEL.

Vielfache Verhältnisse. Oxydationsreihe des Kohlenstoffs.

§ 113. Unvollkommene Verbrennung von Kohlenstoff. Reduktion der Kohlensäure 486
a) Unvollkommene Verbrennung des Kohlenstoffs im Porzellanrohr . 486
b) Unvollkommene Verbrennung des Kohlenstoffs im Glasrohr . . . 486
c) Unvollkommene Verbrennung des Kohlenstoffs im Kupferrohr . . 488
§ 114. Zersetzung von Oxalsäure in CO, CO_2 und H_2O 489

SECHSTES KAPITEL.

Umwandlung von Oxyden, Sulfiden und Chloriden ineinander.

I. Durch Sauerstoff, Schwefel, bezw. Chlor.

§ 115. Umwandlung metallischer Sulfide in Oxyde durch Sauerstoff 491
§ 116. Verbrennung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff in Luft . 492
§ 117. Umwandlung von Oxyden in Sulfide durch Schwefel 493
a) Durch Erhitzen mit Schwefel 493
b) Durch Einwirkung von Schwefeldampf 494
§ 118. Umwandlung von Oxyden in Chloride durch Chlor 495
a) Umwandlung von Wasser in Salzsäure 495
b) Zersetzung von Wasserdampf durch Chlor 496
c) Umwandlung von Kalk in Chlorcalcium 497
d) Umwandlung von Schwermetalloxyden in Chloride 498
§ 119. Umwandlung von Oxyden in Chloride unter Mitwirkung von Kohle . . 498
a) Darstellung von Aluminiumchlorid 498
b) Darstellung von Chromchlorid 499
c) Darstellung von Siliciumchlorid 499
§ 120. Umwandlung von Chloriden (Haloiden) in Oxyde 499
a) Kalium- und Natriumbromid 499
b) Barium- und Strontiumchlorid 500
c) Calciumbromid 500
d) Kalium- und Natriumjodid 500

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 121. Umwandlung von Sulfiden in Chloride durch Chlor 500
a) Einwirkung von Chlor auf Schwefeleisen 501
b) Darstellung von Chlorkohlenstoff aus Schwefelkohlenstoff 501

II. Durch Einwirkung von Wasser, Chlorwasserstoff, bezw. Schwefelwasserstoff.

§ 122. Umwandlung von Chloriden in Oxyde durch Wasser 502
a) Schwefelchlorür 502
b) Siliciumchlorid 502
§ 123. Umwandlung von Oxyden in Chloride durch Chlorwasserstoff 503
a) Kupferoxyd 503
b) Eisenoxyd 503
c) Quecksilberoxyd 503
d) Zinkoxyd 503
e) Kobaltoxyd 503
§ 124. Umwandlung von Oxyden in Sulfide durch Schwefelwasserstoff 504
a) Zinkoxyd 504
b) Quecksilberoxyd 504
c) Bleioxyd 504
d) Arsenige Säure 504

SIEBENTES KAPITEL.

Stöchiometrie.

§ 125. Bestimmung des absoluten Gewichts der Luft 505
§ 126. Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts des Wasserstoffs und anderer Gase 506
§ 127. Verhalten der Gase bei verschiedenem Druck und verschiedener Temperatur 507
a) Bestimmung der Ausdehnung der Gase durch Wärme 508
b) Bestimmung der Volumänderung der Gase bei verschiedenem Druck 514
c) Bestimmung der Volumänderung bei Veränderung von Druck und Temperatur 514

DRITTER ABSCHNITT.

Salze.

ERSTES KAPITEL.

Darstellung von Salzen aus Säuren und Basen.

I. Hydrate; Reaktionen auf nassem Wege.

§ 128. Darstellung von Hydraten aus Anhydriden und Wasser 518
a) Natrium- und Kaliumhydrat 518
b) Calcium- und Bariumhydrat 519

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 128A. Darstellung und Verhalten des Schwefelsäureanhydrids zu Wasser . . 520
a) Darstellung aus rauchender Schwefelsäure 520
b) Direkte Darstellung aus schwefliger Säure und Sauerstoff . . . 522
c) Käufliches Schwefelsäureanhydrid 526
d) Wärmeentwickelung beim Mischen von H_2SO_4 mit Wasser . . . 526
e) Hygroskopizität der englischen Schwefelsäure 526
f) Entwickelung von HCl durch Mischen von H_2SO_4 mit konz. Salzsäure 529
g) Darstellung von Chlorwasserstoffgas 529
h) Starke Wärmeentwickelung bei der Bildung des Borsäurehydrats . 529

II. Darstellung von Oxysalzen durch Einwirkung von Säuren auf Basen.

§ 129. Einwirkung von Säureanhydriden auf wasserfreie Basen 529
a) Einwirkung von CO_2-Anhydrid auf CaO-, BaO- und SrO-Anhydrid . 529
b) Einwirkung von Borsäureanhydrid auf BaO 530
c) Einwirkung von SO_3-Anhydrid auf BaO 530
§ 130. Einwirkung eines Säureanhydrids auf ein basisches Hydrat 530
a) Einwirkung von CO_2 auf festes Calciumhydrat 530
b) Einwirkung von CO_2 auf festes Kaliumhydrat 531
c) Einwirkung von Arsentrioxyd auf Kaliumhydrat 532
§ 131. Einwirkung von Schwefelsäurehydrat auf alkalische Hydrate 532
a) Einwirkung auf Kalium-, bezw. Natriumhydrat 532
b) Einwirkung auf Bariumhydrat 533
§ 132. Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Ammoniakflüssigkeit . . 533
§ 133. Darstellung von unlöslichen Salzen aus löslichen Basen und löslichen Säuren 534
§ 134. Darstellung löslicher Salze aus unlöslichen Basen und löslichen Säuren . 534
§ 135. Darstellung löslicher Salze aus löslichen Basen und unlöslichen Säuren . 534

III. Darstellung von Haloidsalzen auf nassem Wege durch Einwirkung von Hydrosäuren auf Oxybasen.

§ 136. Einwirkung von Salzsäure auf Natriumhydrat 535
§ 137. Einwirkung von Salzsäure auf Ammoniak 535
§ 138. Darstellung löslicher Chloride aus unlöslichen Basen und Salzsäure . . 536

IV. Allgemeine Eigenschaften der Salze.

§ 139. Löslichkeit und Krystallisation 537
§ 140. Übersättigte Lösungen 541
a) Natriumsulfat 541
b) Natriumhyposulfit 541
§ 141. Ziehen von Krystallen 541
a) Durch langsame Abkühlung 541
b) Durch langsame Verdunstung 542
§ 142. Reinigung von Salzen durch Umkrystallisieren 543
§ 143. Siedetemperatur gesättigter Salzlösungen 545

V. Krystallwasser.

§ 144. Entwässerung von Salzen und Wiederaufnahme des Krystallwassers . . 545
§ 145. Farbenveränderung beim Entwässern der Krystalle 547
§ 146. Wärmebindung beim Auflösen krystallisierter Salze. Kältemischungen . 548

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

VI. Salze der Natur.

§ 147. Reaktionen verschiedener Salzlösungen 550

ZWEITES KAPITEL.

Darstellung von Salzen durch Einwirkung von Säuren auf Metalle.

§ 148. Einwirkung verdünnter Schwefel- und Salzsäure auf Zink und Eisen . . 551
§ 149. Einwirkung verdünnter Schwefel- und Salzsäure auf andere Metalle . . 552
§ 150. Einwirkung verdünnter Schwefel- und Salzsäure auf Metalle unter Mitwirkung des elektrischen Stroms 554
§ 151. Einwirkung von Alkalien auf Metalle 555

DRITTES KAPITEL.

Spaltung der Salze in Säuren und Basen.

I. Zersetzung der Salze durch Erhitzen.

§ 152. Zersetzung von Kupfervitriol und Eisenvitriol 556
§ 153. Zersetzung von Bleinitrat 557
§ 154. Zersetzung von Calciumkarbonat 558
§ 155. Verhalten anderer Salze beim Glühen 559
a) Doppeltkohlensaures Natrium 559
b) Einfachkohlensaures Natrium und schwefelsaures Natrium . . . 560
§ 156. Zersetzung von Ammoniaksalzen durch Erhitzen 560
a) Dissoziation von Ammoniumsulfat in wässeriger Lösung 560
b) Dissoziation trockener Ammoniumsalze durch Erhitzen 560

II. Zersetzung von löslichen Oxy- und Haloidsalzen durch Basen.

§ 157. Zersetzung löslicher Metallsalze durch Kali, Natron und Ammoniak . . 562
§ 158. Zersetzung von Salzen durch alkalische Erden 566
§ 159. Darstellung von Ätzkali, bezw. Ätznatron aus Kalium- und Natriumcarbonat 567
§ 160. Zersetzung von Ammoniumsalzen durch Basen 568

III. Zersetzung von Oxy- und Haloidsalzen durch Säuren.

§ 161. Zersetzung löslicher Salze durch lösliche Säuren unter Bildung löslicher Salze und Abscheidung löslicher Säuren 570
a) Zersetzung von Chlornatrium, bezw. Natriumnitrat durch Schwefelsäure 570
b) Zersetzung gefärbter Salze 571
c) Darstellung von Chromsäure 572
d) Zersetzung löslicher Bariumsalze durch Salze, bezw. Salpetersäure . 574
§ 162. Zersetzung löslicher Salze durch lösliche Säuren unter Bildung löslicher Salze und Abscheidung unlöslicher oder schwer löslicher Säuren . . . 574
a) Zersetzung kieselsaurer Salze 575
b) Zersetzung borsaurer Salze; Darstellung von Borsäure 575
§ 163. Zersetzung löslicher und unlöslicher Salze unter Abscheidung gasförmiger Säuren 578

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

a) Zersetzung löslicher Carbonate durch Salzsäure 578
b) Brausepulver 578
c) Zersetzung unlöslicher Carbonate 579
d) Zersetzung von Carbonaten bei Gegenwart von viel Wasser . . . 579
e) Zersetzung schwefligsaurer Salze 580
f) Zersetzung eines Carbonats in einem abgeschlossenen Raume . . 580
§ 164. Zersetzung löslicher Salze durch lösliche Säuren unter Bildung unlöslicher Salze 581
a) Zersetzung von Chlorbarium durch Schwefelsäure 581
b) Einwirkung von Kohlensäure auf Chlorbarium- oder Bariumnitratlösung, von Phosphorsäure auf Chlorbariumlösung 582
c) Zersetzung von Silbersalzen durch Salzsäure 582
§ 165. Zersetzung von Salzen durch feuerbeständige Säuren in der Schmelzhitze 585
Zersetzung von Chlornatrium durch Borsäure in der Schmelzhitze . . 585
§ 166. Darstellung von Hydrosäuren aus Haloidsalzen 586
a) Darstellung von Salzsäure aus Kochsalz 586
b) Darstellung von Fluorwasserstoffsäure aus Flufsspat 589
c) Darstellung von Bromwasserstoffsäure aus Bromkalium 590
§ 167. Darstellung von Kieselwasserstoffsäure 591
a) Darstellung von Fluorsilicium 591
b) Einwirkung von Fluorsilicium auf Wasser 591
c) Einwirkung von Kieselflufssäure auf gelöste Kaliumsalze 593

IV. Wechselzersetzung der Salze.

§ 168. Wechselzersetzung von Salzen in wässeriger Lösung unter Bildung löslicher Salze 594
a) Wechselzersetzung bei ausreichendem Lösungsmittel 594
b) Wechselzersetzung bei nicht ausreichendem Lösungsmittel . . . 595
§ 169. Wechselzersetzung von Salzen in wässeriger Lösung unter Abscheidung unlöslicher Salze 596
§ 170. Wechselzersetzung zwischen unlöslichen oder schwer löslichen Salzen und gelösten 599
§ 171. Wechselwirkung von Salzen in der Schmelzhitze 600

V. Mafsanalyse.

§ 172. Alkalimetrie und Acidimetrie 601
§ 173. Fällungsanalysen 603

VIERTES KAPITEL.

Zersetzung von Salzen bis herab zum Metall.

§ 174. Reduktion von Metallsalzlösungen durch Metalle 604
a) Fällung von Kupfer, Quecksilber und Silber 604
b) Bleibaum 606
c) Zinnbaum 606
d) Kadmiumbaum 606
e) Verzinnen von Kupferblech 606

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 175. Überziehen von Zinkblech mit einer farbigen Haut 607
§ 176. Reduktion edler Metalle aus ihrer Lösung durch organische Substanzen 607
a) Reduktion von Silberlösung (Versilberung von Glas) 607
b) Vergoldung von Glas 609
§ 177. Reduktion von Metallsalzlösungen unter Mitwirkung des elektrischen Stroms 610
a) Verkupfern 612
b) Versilbern 613
c) Vergolden 613
d) Vernickeln 614
e) Verstählen 615
§ 178. Elektrolyse von Alkalisalzen 615

VIERTER ABSCHNITT.

Partielle Oxydationen, Chlorierungen etc. und Reduktionen, Spaltungen und Umsetzungen im Radikal.

ERSTES KAPITEL.

Oxydationsmittel.

I. Schwefelsäure als Oxydationsmittel.

§ 179. Einwirkung der freien Schwefelsäure auf Kohle, bezw. Kupfer 618
§ 180. Einwirkung der gebundenen Schwefelsäure auf Wasserstoff, bezw. Kohle 620
a) Reduktion von Natriumsulfat durch Wasserstoff 620
b) Reduktion von Natriumsulfat durch Kohle 621
c) Reduktion von Bleisulfat durch Wasserstoff 621

II. Oxyde des Stickstoffs als Oxydationsmittel.

§ 181. Darstellung von Salpetersäurehydrat 621
§ 181A. Zersetzung der wasserfreien Salpetersäure 622
§ 182. Zersetzung der konzentrierten Salpetersäure 623
§ 183. Auflösung von Metallen durch wässerige Salpetersäure 625
a) Auflösung von Kupfer 625
b) Einwirkung der Salpetersäure auf andere Metalle 627
§ 184. Einwirkung der Salpetersäure auf organische Substanzen 629
a) Entfärbung der Indigolösung 629
b) Entzündung von Heu 629
c) Entzündung von Terpentinöl 630
§ 185. Verhalten der Salpetersäure zu Gold und Platin 630
§ 186. Oxydation durch gebundene Salpetersäure 630
a) Entbindung von Sauerstoff aus schmelzendem Salpeter 630
b) Sauerstoffübertragung durch schmelzenden Salpeter auf brennbare Körper 631

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 187. Explosive Gemenge aus Salpeter und brennbaren Körpern 631
a) Schiefspulvermischung 631
b) Eisenschiefspulver 632
c) Indianisches Weifsfeuer 632
d) Knallpulver 632
e) Beaumé's Schnellfluís 633
f) Auffangung der Verbrennungsgase des Schiefspulvers 633
g) Torpedowirkung 634
§ 188. Salpetrige Säure 635
a) Reaktionen 635
b) Bildung durch Reduktion von NHO_3 635
§ 189. Bildung der salpetrigen Säure durch direkte Vereinigung von Sauerstoff und Stickstoff 635
a) Bildung durch den elektrischen Funken 636
b) Bildung bei der Verbrennung von Wasserstoff 636
c) Bildung bei der Verbrennung von Magnesium 636
d) Bildung bei der Verbrennung flüssiger Brennmaterialien 636
§ 190. Untersalpetersäure (Stickstoffdioxyd) 637
a) Darstellung 637
b) Oxydierende Wirkung 638
c) Verhalten zu Wasser 638
§ 191. Stickoxyd 639
a) Verbrennung von Wasserstoff in Stickoxyd 640
b) Verbrennung von Schwefelkohlenstoff in Stickoxyd 640
c) Aufnahme von Sauerstoff durch Stickoxyd 641
§ 192. Absorption des Stickoxyds 643
a) Durch Salpetersäure 643
b) Durch Eisenvitriol 644
§ 193. Stickoxydul 644
a) Darstellung 644
b) Verbrennung in Stickoxydul 646
§ 194. Wechselwirkung zwischen Untersalpetersäure, bezw. Stickoxyd und schwefliger Säure 647
Darstellung der englischen Schwefelsäure 647

III. Oxyde des Chlors als Oxydationsmittel.

§ 195. Zersetzung chlorsaurer Salze durch blofses Erhitzen 654
§ 196. Zersetzung chlorsaurer Salze durch Erhitzen bei Gegenwart brennbarer Körper 654
a) Entzündung explosiver Gemenge durch Reibung und Schlag . . . 654
b) Verbrennung von Phosphor, bezw. Schwefel auf chlorsaurem Kali . 655
c) Verbrennung von Metallen durch chlorsaures Kali 656
d) Bengalische Flammen 656
§ 197. Verbrennung durch Unterchlorsäure 657
a) Verbrennung von Phosphor unter Wasser 657
b) Entzündung explosiver Gemenge 657
§ 198. Unterchlorige Säure. Darstellung und Reaktion der freien Säure . . . 658

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 199. Darstellung unterchlorigsaurer Salze 659
a) Unterchlorigsaures Kalium und Natrium 659
b) Chlorkalk 659
§ 200. Eigenschaften des Chlorkalks 660
§ 201. Verhalten von Brom und Jod zu Kali- oder Natronlauge 662

IV. Höhere Metalloxyde als Oxydationsmittel.

§ 202. Bariumsuperoxyd (und Wasserstoffsuperoxyd) 662
§ 203. Chromsäure als Oxydationsmittel 664
a) Oxydation durch feste Chromsäure 664
b) Oxydation durch gebundene Chromsäure 665
c) Oxydation durch gelöste Chromsäure 665
§ 204. Braunstein und Übermangansäure 666
a) Entwickelung von Sauerstoff aus Braunstein 666
b) Darstellung von Kaliumpermanganat 667
c) Oxydation durch Übermangansäure 668
§ 205. Braunstein als Oxydationsmittel für Hydrosäuren 669
a) Darstellung von Chlor 669
b) Darstellung von Brom 669
c) Darstellung von Jod 670
§ 206. Oxydation von Salzsäure durch freien Sauerstoff 670
Chlorbereitung nach Deacon 670
§ 207. Kupferoxyd als Oxydationsmittel 671
§ 208. Bleisuperoxyd als Oxydationsmittel 673

ZWEITES KAPITEL.

Reduktionsmittel.

I. Partielle Reduktion durch Metalle.

§ 209. Reduktion von Ferrisalzen 674
a) Reduktion von Eisenchlorid 674
b) Reduktion von Ferrisulfat 674
§ 210. Farbenreaktionen der Ferro- und Ferrisalze 675
§ 211. Reduktion von Chromchlorid durch Zink 676
§ 212. Reduktion von Cuprisalzen durch Kupfer 676
§ 213. Reduktion von Uranchlorid durch Kupfer oder Zinn 677

II. Partielle Reduktion durch niedere Oxyde und Chloride.

§ 214. Ferrosalze und Eisenchlorür als Reduktionsmittel 678
a) Reduktion von Kaliumpermanganat 678
b) Reduktion von Salpetersäure 678
§ 215. Kupferchlorür und Zinnchlorür als Reduktionsmittel 679
§ 216. Chromchlorür als Reduktionsmittel 679
§ 217. Uranchlorür als Reduktionsmittel 680
§ 218. Schweflige Säure als Reduktionsmittel 680
§ 219. Hydroschweflige Säure als Reduktionsmittel 680

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 220. Oxalsäure als Reduktionsmittel 681
a) Reduktion von Übermangansäure 681
b) Reduktion von Braunstein 681
c) Reduktion von Goldchlorid 682
d) Reduktion von Quecksilberchlorid 682
e) Reduktion von Uranoxydsalzen 682
§ 221. Arsenige Säure als Reduktionsmittel 683

DRITTES KAPITEL.

Halogene, Ozon und Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel.

I. Oxydation durch Halogene.

§ 222. Austreibung von freiem Sauerstoff durch Chlor 684
a) Einwirkung von Chlor auf Alkalien bei Gegenwart von Kobaltoxyd 684
b) Entwickelung von Sauerstoff aus unterchlorigsauren Salzen durch Kobaltoxyd 686
§ 223. Übertragung von Sauerstoff durch Chlor 686
§ 224. Umwandlung niederer Oxyde in höhere durch Chlor 687
a) Oxydation eines Ferrosalzes durch Chlor 687
b) Oxydation von Manganoxydul durch Chlor 687
c) Oxydation von Bleioxyd durch Chlor 687
d) Bildung von Eisensäure 688
e) Oxydation von Arsentrichlorid 688
§ 225. Bleichen durch Chlor 688
§ 226. Übertragung von Sauerstoff durch Brom und Jod 689
a) Darstellung von Bromsäure 690
b) Bildung von Eisensäure 690
c) Darstellung von Jodsäure 690

II. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel.

§ 227. Darstellung und Eigenschaften des Ozons 691
a) Reaktionen des Ozons 691
α) Jodkaliumstärkepapier 691
β) Indigopapier 691
γ) Bleipapier 691
δ) Schwefelbleipapier 692
b) Ozonbildung bei Elektrolyse des Wassers 692
c) Ozonbildung bei der langsamen Verbrennung des Phosphors . . . 693
d) Ozonbildung durch elektrische Effluvien 694
e) Kontraktion bei der Ozonbildung 695
f) Ozonbildung durch Zersetzung von Kaliumpermanganat durch Schwefelsäure 697
g) Ozonbildung durch Zersetzung von Bariumsuperoxyd mittels Schwefelsäure 697
§ 228. Verhalten des Wasserstoffsuperoxyds zu niederen und höheren Oxyden 698
a) Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel 698
b) Wasserstoffsuperoxyd als Reduktionsmittel 698

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

VIERTES KAPITEL.

Anwendung der partiellen Reduktionen und Oxydationen zur Maßanalyse.

§ 229. Chamäleon gegen Oxalsäure und Eisenoxydul 699
a) Titerstellung des Chamäleons 699
b) Titrierung mittels Chamäleon 700
§ 230. Jod gegen unterschwefligsaures Natrium 702
a) Titerstellung der Lösungen 702
b) Bestimmung von freiem Chlor und von höheren Oxyden, welche mit Salzsäure Chlor entwickeln 702
§ 231. Jod gegen arsenige Säure 703
a) Titerstellung der Lösungen 703
b) Chlorimetrie 703

FÜNFTER ABSCHNITT.

Wasserstoffverbindungen (Hydrüre).

ERSTES KAPITEL.

Hydrüre der Halogengruppe.

§ 232. Volumetrische Zusammensetzung der Salzsäure 705
§ 233. Darstellung von Bromwasserstoffsäure 708
a) Darstellung der wässerigen Säure mittels gelben Phosphors . . . 708
b) Darstellung der wässerigen Säure mittels amorphen Phosphors . . 709
c) Darstellung der gasförmigen Säure 710
§ 234. Darstellung von Jodwasserstoffsäure 711
a) Darstellung der wässerigen Säure. 711
b) Darstellung der gasförmigen Säure 711
§ 235. Reaktionen der Hydrosäuren 712
§ 236. Darstellung von Cyangas 712

ZWEITES KAPITEL.

Hydrüre der Sauerstoffgruppe.

§ 237. Volumetrische Zusammensetzung und Kondensationsverhältnisse des Wasserdampfs 714
§ 237A. Volumetrische Verhältnisse zwischen Wasserdampf und flüssigem Wasser 716
§ 238. Darstellung von Schwefelwasserstoff 717
§ 239. Darstellung von Schwefelwasserstoffwasser 717
§ 240. Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Metalle 718
a) Verbrennung von Kalium in Schwefelwasserstoff 718
b) Zersetzung von Schwefelwasserstoff durch Kupfer 718
§ 241. Volumetrische Zusammensetzung des Schwefelwasserstoffs 718

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

§ 242. Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu Sauerstoff und höheren Oxyden . 719
§ 243. Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu schwefliger Säure 721
§ 244. Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Halogene 721
a) Einwirkung auf Chlor 721
b) Einwirkung auf Brom 722
c) Einwirkung auf Jod 723
§ 245. Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu Metallsalzlösungen 723
a) Schwermetalle der Eisengruppe 723
b) Schwermetalle der Zinn- und Bleigruppe 725
c) Leichtmetalle 726

DRITTES KAPITEL.

Hydrüre der Stickstoffgruppe.

I. Ammoniak und Ammonium.

§ 246. Bildungsweisen des Ammoniaks 727
a) aus Stickoxyd und Wasserstoff 728
b) Aus Salpeter-, bezw. salpetriger Säure und nascierendem Wasserstoff 729
c) Aus stickstoffhaltigen organischen Substanzen 730
§ 247. Zersetzung und volumetrische Zusammensetzung 731
a) Zersetzung des Ammoniakgases durch Kalium 731
b) Zersetzung der Ammoniakflüssigkeit durch Elektrolyse 732
c) Zersetzung des Ammoniakgases durch den elektrischen Funken . . 732
d) Demonstration der volumetrischen Zusammensetzung durch Zersetzung mittels Chlor 733
§ 248. Verbrennung von Ammoniak 735
a) Verbrennung durch den Daniel'schen Hahn 736
b) Umgekehrte Ammoniakflamme 736
c) Entzündung eines Ammoniaksauerstoffgemenges durch Berührung mit Platin 737
§ 249. Natur des Ammoniaks. Ammonium 738
a) Einwirkung auf Hydrosäuren 738
b) Ammoniumamalgam 740

II. Phosphorwasserstoff und Phosphonium.

§ 250. Darstellung von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff 741
742
a) Aus Phosphor und Kali 745
b) Aus Phosphorcalcium 747
§ 251. Darstellung von nicht selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff 748
§ 252. Phosphoniumjodid 750

III. Arsen- und Antimonwasserstoff.

§ 253. Bildung von Arsenwasserstoff 750
§ 254. Bildung von Antimonwasserstoff 750

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Seite

VIERTES KAPITEL.

Hydrüre der Kohlenstoffgruppe.

I. Sumpfgas (Grubengas, Methan).

§ 255. Auffangung und Darstellung von Sumpfgas 752
a) Natürliches Sumpfgas 752
b) Darstellung aus essigsauren Salzen 752
c) Versuche mit Sumpfgas 753

II. Ölbildendes Gas (Äthylen).

§ 256. Darstellung und Eigenschaften des ölbildenden Gases 754
a) Darstellung von Äthylen 754
b) Verbrennung von Äthylen 755
c) Explosion mit Sauerstoff 756
d) Verbrennung in Chlor 756

III. Leuchtgas.

§ 257. Darstellung von Leuchtgas aus Steinkohlen im kleinen 756
a) Zersetzung durch Wärme 757
b) Leuchtendmachung nichtleuchtender Flammen 758
§ 258. Darstellung von Leuchtgas aus Steinkohlen im grofsen 758
§ 259. Einige Versuche über die Natur der Flamme 765
a) Innerer Zustand der Flamme 766
b) Abkühlende Wirkung fein geflochtener Drahtnetze 767

IV. Siliciumwasserstoff.

§ 260. Darstellung und Eigenschaften des Siliciumwasserstoffs 767

V. Einwirkung

des elektrischen Lichtbogens auf gasförmige Körper.

§ 261 769

ANHANG.

Verzeichnis der für den Unterricht in der Chemie nötigen Apparate und Gerätschaften.

I. Experimentiertisch 777
II. Abzug 778
III. Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch 778
IV. Apparate für bestimmte Versuche 791
V. Tabelle über die Gröfse einiger Apparate 800
VI. Standgefäfse 800
VII. Chemikalien 801
VIII. Eisernes Inventar 803

Sachregister 805
Namenregister 817
Verzeichnis der Abbildungen auf der Figurentafel 822

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ALLGEMEINER TEIL.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

HÖRSAAL.

Die hier zu gebende Beschreibung des Hörsaals für den theoretischen oder erklärenden chemischen Unterricht entspricht den Verhältnissen der öffentlichen Handelslehranstalt zu Leipzig, bei deren Neubau sich dem Verfasser die günstigste Gelegenheit geboten hat, alle neueren und neuesten Vervollkommnungen in der Technik der Experimentalchemie zu benutzen und möglichste Zweckmäfsigkeit anzustreben. Deshalb sind diese hiesigen Verhältnisse der folgenden Beschreibung zu Grunde gelegt, was um so unbedenklicher sein dürfte, als sich ähnliche Verhältnisse in den modernen Gebäuden höherer Lehranstalten überall wiederfinden oder wenigstens mit Leichtigkeit realisieren lassen, und wo es nicht der Fall sein sollte, zweckmäfsige Abänderungen leicht zu treffen sind.

Der Hörsaal (Fig. 1) ist 10 m lang, 10 m breit und 4½ m hoch. In der Rückwand, hinter dem Experimentiertisch, welche aus massivem Mauerwerk ausgeführt ist, liegen zwei Ventilationsessen *a* und *b* von 12 cm Durchmesser, welche vom Fufsboden des Hörsaals bis über das Dach hinausgeführt und oben mit einer passenden Ventilationskappe (Saugkappe, Deflektor) versehen sind.

Unmittelbar davor ist der Abzug *N* für schädliche Gase aufgestellt, dessen verschliefsbarer Arbeitsraum mit der Esse *b* in Verbindung steht. Er ist 35 cm von der Wand abgerückt, und der tote Raum *O* hinter demselben seitlich bis zum Sims durch eine Holzwand verkleidet. Diese Aufstellung gewährt den Vorteil, dafs die rechts und links neben dem Abzug aufzustellenden Schränke für die Chemikalien so weit zurückgerückt werden können, dafs das volle Tageslicht in den vorn und seitlich durch Glasscheiben verschlossenen Arbeitsraum des Abzuges einfallen kann, wodurch die in demselben vorzunehmenden Versuche auch den entfernt sitzenden Schülern noch deutlich sichtbar sind. Eine genauere Beschreibung des Abzugs ist weiter unten S. 27 gegeben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Chemikalienschränke *c*, *d* und *e* haben eine äufsere Tiefe von 35 cm, und bis zur oberen Simskante eine Höhe von 2,10 m. Ihre innere Einrichtung ergiebt sich aus Fig. 2. Der Schrank *c* ist für flüssige, und die Schränke *d* und *e* für feste Reagenzien bestimmt. Alle Flaschen

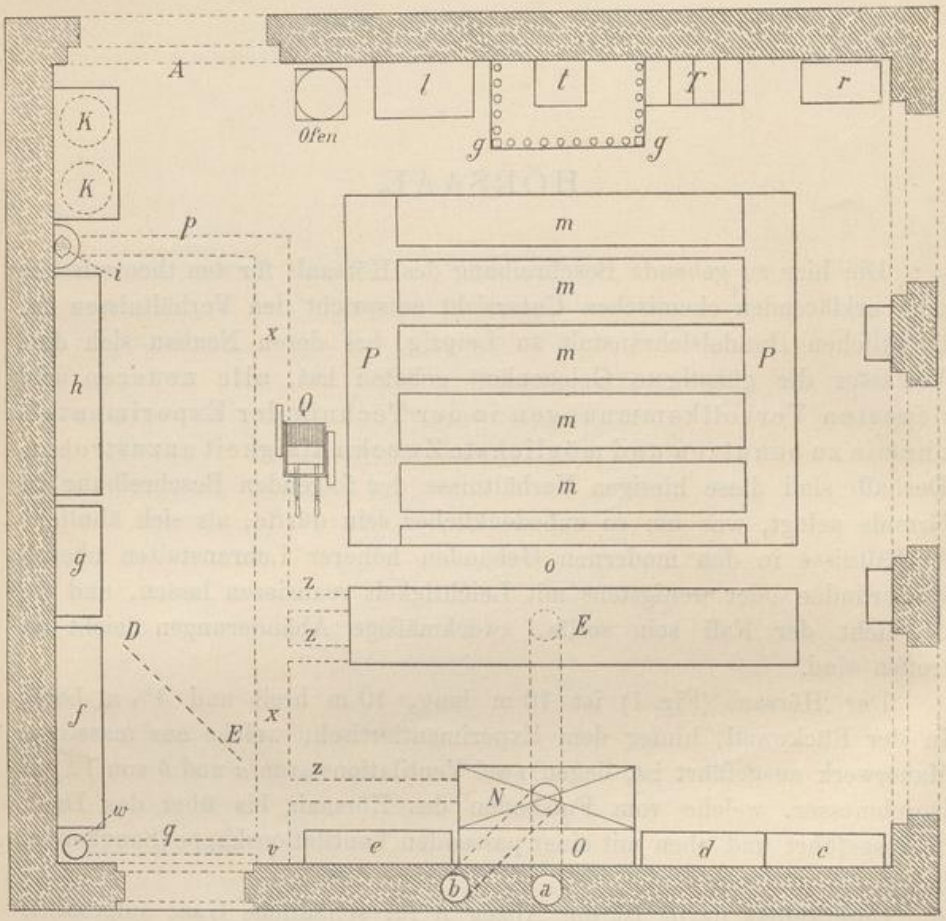


Fig. 1. Hörsaal, Grundrifs.

und auch ihre Stöpsel sind numeriert, und die gleichen Nummern auf den vorderen Rand der Regale, auf denen sie stehen, angeklebt. Ein alphabetisch geordnetes Verzeichnis enthält die Namen sämtlicher Chemikalien und deren Nummern, so dafs das Auffinden derselben stets leicht und ein Versetzen der Gefäfse vermieden ist. Auf die Decke der Schränke können Filtriergestelle, Retortenhalter, Stative u. dgl. aufgestellt werden, wo sie leicht zur Hand sind.

In einer Ecke des Hörsaals findet ein Gestell, *r*, für Glasröhren

Platz, welches auf einem kleinen mit Schubkästen versehenen Tischchen steht.

Der Experimentiertisch ist 5,80 m lang und in einer Entfernung von 1,5 m von der Vorderwand des Abzugsschrankes aufgestellt. Sein Ventilationskanal ist unter dem Fufsboden zu der Esse *a* geführt.

Die Bänke für die Schüler stehen auf einem treppenförmig aufsteigenden Podium *PP* (s. w. u. Fig. 5); zwischen diesem und der hintern

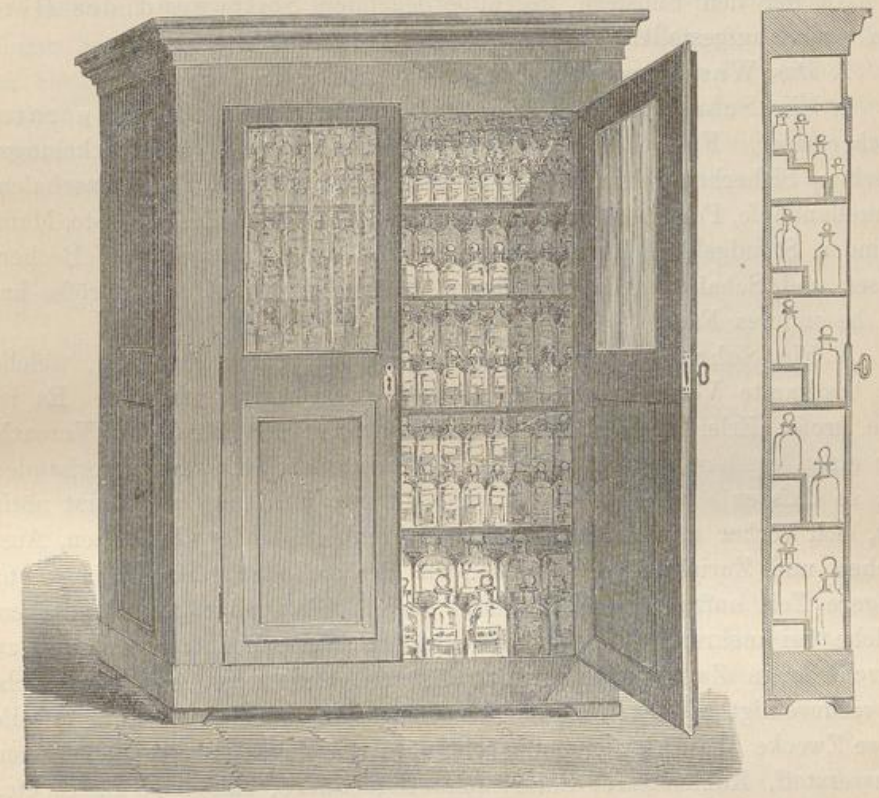


Fig. 2. Schrank für Chemikalien.

Wand des Experimentiertisches bleibt ein Raum, *o*, von 60 cm frei, damit der Tisch von allen Seiten frei umgangen werden kann. Als passende Gröfsenverhältnisse für das Podium empfehlen sich folgende: Länge desselben gleich der des Experimentiertisches, also 5,80 m, Länge der Sitzbänke 4,60 m; an beiden Seiten bleiben also zwei Treppen zum Aufsteigen von je 60 cm Breite frei, welche mit Seitengalerien versehen sind. Höhe der Stufen des Podiums 22 cm, Breite derselben 90 cm, Breite der Bänke 32 cm, Höhe derselben 46 cm. Senkrechte Höhe der Rücklehnen, von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dem Sitze gerechnet, 60 cm; an den Rücklehnen sind 25 cm breite Bretter befestigt, welche den dahintersitzenden Schülern als Pult dienen (Fig. 5).

Die Rückwand des Podiums ist mit Schrankthüren versehen; der hinter diesen befindliche Raum unter dem Podium kann zum Aufbewahren gröfserer Vorratsgefäfse, z. B. Kruken für Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, Glasballons für destilliertes Wasser etc. benutzt werden. Die Thüren schlagen bis zum Fufsboden auf, damit man die Gefäfse hineinschieben kann, ohne sie zu heben.

An der den Fenstern gegenüberliegenden Seitenwand des Hörsaals sind aufgestellt:

1. Das Wassertrommelgebläse *w*.

2. Ein Schrank *f* für die gebräuchlichsten Glasapparate: Bechergläser, Fufscylinder, Krystallisationsschalen, Gasentwickelungsflaschen, Sicherheitsrohre, Waschflaschen, Trockentürme, Porzellanschalen, Porzellannäpfe, Porzellantiegel, gröfsere Trichter, Kipp'sche Apparate, Mafscylinder, Standgefäfse für Aräometer, Glasglocken u. dergl. Die Bechergläser und Schalen sind nach ihren Gröfsen geordnet; jede Gröfse hat ein besonderes Fach.

3. Ein Schrank *g* zur Unterbringung derjenigen Apparate, welche für bestimmte Versuche ein für allemal zusammengesetzt sind. Es ist eine grofse Erleichterung für den Unterricht, wenn für jeden Versuch, der einen eigenen Apparat verlangt, dieser in allen Teilen fertig vorhanden ist, so dafs er jederzeit benutzt werden kann, und man nicht erst nötig hat, sich vorher mit Korkbohren, Glasröhrenbiegen oder -Ausziehen, Aussuchen und Zurichten einer passenden Retorte oder eines Kolbens etc. längere Zeit aufzuhalten. Allenfalls können Glas- oder Porzellansachen, welche bei mehreren Versuchen in gleicher Weise benutzt oder zwar zu verschiedenen Zwecken gebraucht, aber dabei nicht gefährdet und nicht so verunreinigt werden, dafs sie schwer wieder zu reinigen sind, für alle diese Zwecke einmal vorhanden sein, z. B. Flaschen zur Entwickelung von Wasserstoff, Kohlensäure, Chlor, schweflige Säure, salpetrige Säure etc., Porzellanschalen und Bechergläser zur Auflösung und Krystallisation von Salzen, Fufscylinder zum Auffangen von Gasen etc. Alles andere aber, was zu irgend einem bestimmten Versuche eine bestimmte Zurichtung verlangt, mufs auch für diesen bestimmt vorhanden sein und aufbewahrt werden, z. B. eine Retorte und Vorlage nebst Gasableitung zur Sauerstoffentwickelung aus Quecksilberoxyd, ein Tiegel zum Schmelzen von Schwefel, eine Retorte zur Destillation, eine andere zur Sublimation des Schwefels, ein Apparat zur Darstellung von Flufssäure etc. (Man vergleiche die tabellarische Zusammenstellung am Schlusse dieses Werkes.) Wird hierdurch auch der chemische Apparat um etwas verteuert, so

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

können doch Sparsamkeitsrücksichten allein nicht maſsgebend sein; denn da die Unterrichtszeit für Chemie in Schulen immer knapp zugemessen, und überdies das Miſsgeschick selbst bei groſser Gewandtheit des Vortragenden nie ganz zu bannen ist, so würde man die Arbeit nur unnütz erschweren und den Erfolg beeinträchtigen, wollte man das weniger gute Werkzeug dem vollkommeneren aus nebensächlichen Gründen vorziehen. (Hiermit ist nun freilich nicht ausgeschlossen, daſs unter Umständen, welche nötigen, das Ziel des Unterrichtes niedriger zu stellen, der Apparat sich auch dementsprechend wesentlich vereinfachen lasse; allein trotz alledem muſs Obiges maſsgebend bleiben, wenn man den jedesmaligen Anforderungen am besten genügen will.) Solche Apparate müssen nach dem Gebrauche sofort gereinigt und, wenn sie defekt geworden sind, wieder hergestellt werden. Ist letzteres nicht gleich ausführbar, so sind die fehlenden Stücke im Defektbuche zu notieren. Jeder Apparat bekommt eine Nummer,

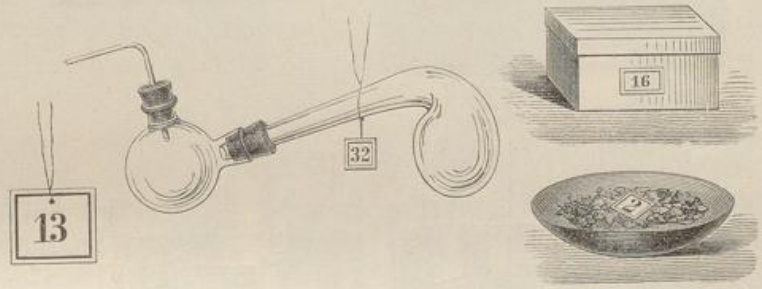


Fig. 3. Numerierte Apparate.

welche den Versuchsnummern des Lehrbuches entspricht. Die Nummern sind entweder auf Pappstückchen geklebt und werden an die betreffenden Apparate angebunden, bezw. hineingelegt oder, wenn man den Apparat in einem verschlossenen Pappkästchen aufbewahrt, äuſserlich daran geklebt (Fig. 3).

4. Ein Schrank *h* für die Sammlung von Drogen und Chemikalien.

5. Ein Waschapparat und Ausguſs *i* zum Reinigen der Gefäſse und Weggieſsen der verbrauchten Flüssigkeiten. Der Wasserhahn über demselben muſs so hoch angebracht sein, daſs die gröſsten Fuſscylinder darunter Platz haben. Zur Aufnahme von festen Rückständen dient ein daneben stehender groſser Topf aus Steinzeug, welcher zeitweilig auf dem Hofe geleert und gereinigt wird.

6. Die groſsen Standgasometer *K*, *K* (Fig. 1). Sie sind mit einem vierbeinigen Holzgestell umgeben, auf dem ein abnehmbares Tischblatt liegt. Letzteres ist mit Asphaltlack angestrichen und wird zum Wegsetzen der Gefäſse benutzt, welche zu reinigen sind.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Rückwand. An der Wand hinter dem Podium steht auf einem Tische:

7. Das Waschbrett *l*, auf dem die gereinigten Gefäfse zum Trocknen aufgestellt werden. Es besteht aus einem Zinkkasten mit durchlöchertem

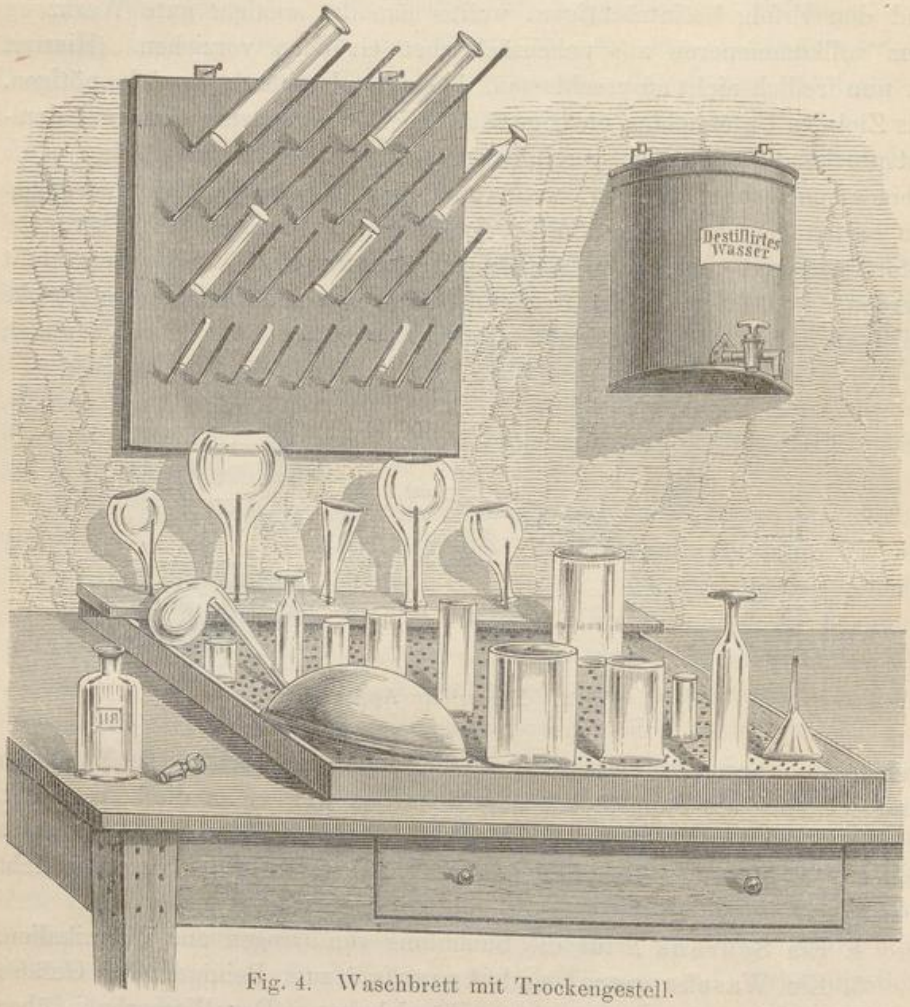


Fig. 4. Waschbrett mit Trockengestell.

Deckel (Fig. 4) und hinten mit einem Brett, auf welchem mehrere senkrechte Holzstäbe sind. Bechergläser, Kelchgläser, Porzellanschalen, Trichter, werden auf das Waschbrett, Kolben auf die senkrechten Stäbe gesetzt, damit die Flüssigkeit aus ihnen gut abläuft und sich nicht im Bauche sammelt. Für das Trocknen von grofsen und kleinen Fufscylindern ist aufserdem noch ein mit schrägen Stäben besetztes Trockenbrett an der Wand angebracht. Den Raum neben diesem benutzt man passend zum Aufhängen eines Vorratsgefäfses für das destillierte Wasser.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

8. An der Wand hinter dem Podium kann ferner ein kupferner Trockenschrank oder ein Tisch als Untersatz für ein Luftbad angebracht werden, für dessen Heizung eine Gasröhre an der Wand herabzuführen ist.

Da der Hörsaal der Leipziger Handelslehranstalt auch für den Unterricht in der Warenkunde benutzt wird, so wird die objektive Darstellung mikroskopischer Bilder nötig. Hierzu dient:

9. Ein grofses Projektionsmikroskop, zu dessen Aufstellung der Mittelraum der Wand hinter den Sitzbänken benutzt wird. Zu diesem Zweck ist ein Podium *M* von 1,3 m Höhe mit Treppenaufgang *T* und Galerie *g*, *g* errichtet (Fig. 1 S. 4 und Fig. 5 S. 9). Zum Aufstellen des

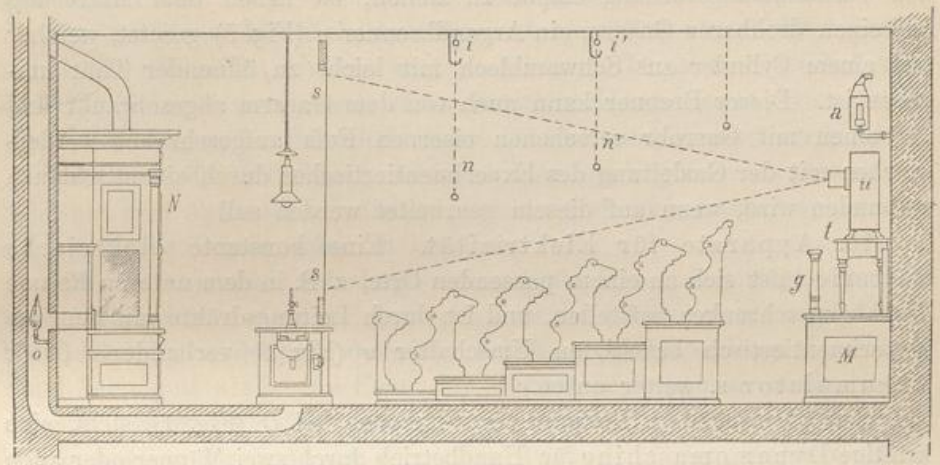


Fig. 5. Hörsaal, senkrechter Längsschnitt.

Mikroskops *u* dient ein auf dem Podium stehender Tisch *t*, und zur Beleuchtung eine Linnemann'sche Zirkonlampe, welche durch zwei von den Gasometern hergeführte Röhren mit an der Wand befestigten Hähnen gespeist wird (oder eine elektrische Bogenlampe). Die Bilder werden über die Köpfe der Schüler hinweg auf einen Schirm *s*, *s* projiziert, welcher aus einem 2 m hohen, 2,5 m langen, mit Zeichenpapier überspanntem Holzrahmen hergestellt ist. Er ist auf zwei starken, auf einem Fufsgestell stehenden Latten auf- und abschiebbar und transportabel. Man kann ihn auch zwischen den Bänken aufstellen, wenn man hellere Bilder mit weniger starker Vergröfserung haben will. Auch ist er für die objektive Darstellung von Spektralversuchen mittels der Linnemann'schen Lampe oder durch elektrisches Bogenlicht zu benutzen und wird dann passend zur linken Seite des Experimentiertisches in der durch die Linie *D E* (Fig. 1) angedeuteten Lage aufgestellt, während man die Versuche auf dem Experimentiertisch ausführt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verzichtet man darauf, den Schirm transportabel zu machen, so ist es bequemer, einen Rollvorhang von $2^1/_4$ m breitem Shirting anzuwenden, welchen man in zwei Haken, die in der Decke befestigt sind, einhängt.

Damit die Träger der mittleren Gaslampen n und n' (Fig. 5) über den Sitzbänken beim Projizieren der Bilder vom Podium nach dem Experimentiertisch hin nicht stören, sind diese nahe an der Decke in Kugelgelenken i und i' beweglich und können während der Versuche mittels einer an einem Stabe befestigten Gabel in horizontale Lage gebracht und in an der Decke befestigte Haken eingehenkt werden. Selbstverständlich sind die Fenster des Hörsaales mit Verdunkelungsvorrichtungen versehen. Um beim Auswechseln der Bilder rasch Licht zu haben, ohne den Verdunkelungsvorhang empor zu ziehen, ist neben dem Mikroskop auf einen drehbaren Gasarm ein Argandbrenner a (Fig. 5) gesetzt, welcher mit einem Cylinder aus Schwarzblech mit leicht zu öffnender Thür umgeben ist. Dieser Brenner kann auch von dem Gasarm abgeschraubt und auf einen mit Gasrohr versehenen eisernen Fufs aufgeschraubt werden, welcher mit der Gasleitung des Experimentiertisches durch einen Schlauch verbunden wird, wenn auf diesem gearbeitet werden soll.

10. Apparate für Elektrizität. Eine konstante elektrische Batterie läfst sich an einem passenden Orte, z. B. in dem unteren Raume des Abzugsschrankes aufstellen, und ist durch Leitungsdrähte mit dem am Experimentiertisch befestigten Umschalter u (Fig. 6) verbunden. (Über Akkumulator s. weiter unten.)

Seitlich von dem Podium der Sitzbänke bei Q (Fig. 1) steht eine kräftige Dynamomaschine für Handbetrieb durch zwei Männer oder auch für Maschinenbetrieb durch einen $^1/_2$—$^3/_4$pferdigen Gas- oder Elektromotor. Sie liefert Ströme bis 50 Volt und 18 Ampère. Ihre Polklemmen sind dauernd mit zwei Leitungsdrähten verbunden, welche unterhalb des Gestells der Maschine an zwei starke kupferne Schienen angeschraubt sind, die zu den in einem Kanal unter dem Fufsboden liegenden 2 mm starken, mit Guttapercha überzogenen Leitungsdrähten führen, welche zu den hierfür bestimmten Klemmen des Experimentiertisches geführt und mit denselben verlötet sind. Die Dynamomaschine besteht aus einem festen eisernen Gestell, welches die Triebräder trägt, einem starken Tischblatt aus Holz und der eigentlichen, mit starken Schrauben auf dem Tischblatt zu befestigenden Maschine. Sie kann, wenn sie aufser Gebrauch gesetzt werden soll, leicht abgenommen und in einem Kasten verschlossen werden, in welchem sie im physikalischen Kabinett ihre Aufbewahrung findet.

11. Kanäle für Wasser- und Gasleitung und elektrische Leitungsdrähte. Unter dem Fufsboden des Hörsaals sind mit Holz ausgekleidete Kanäle x x (Fig. 1) angebracht, in welchen die Gas- und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wasserleitungsröhren, die Bleiröhren für Sauerstoff und Leuchtgas von den Gasometern und für Luft von dem Wassertrommelgebläse, die Leitungsdrähte von der Dynamomaschine, die Röhren für die Tischventilation und die Leitungsdrähte von den konstanten elektrischen Batterien (oder dem Akkumulator) liegen. Die Gas- und Wasserröhren treten bei *v* ein; erstere verzweigen sich in Kanälen *z, z, z* (Fig. 1) nach dem Abzugsschrank und nach dem Experimentiertisch, wo sie in der weiter unten beschriebenen Weise weitergeführt sind; letztere führen in denselben Kanälen eben dahin und aufserdem durch die Kanäle *p* und *q* zum Waschapparat und zu den Gasometern. Die Kanäle sind mit gut schliefsenden aufschraubbaren Pfosten bedeckt, welche nach dem Lösen der Schrauben in Stücken von cirka 1½ m Länge, wenn nötig, herausgehoben werden können.

In der Nähe der Eintrittsstelle *v* ist ein Stück dieser Deckpfosten mit einem Charnier versehen und in einen aufklappbaren Deckel verwandelt, welchen man durch einen Einsteckschlüssel leicht heben kann. Unter ihm liegen die Haupthähne für die Gas- und Wasserleitung.

Gestattet die Örtlichkeit nicht, die hier beschriebene Anordnung der Schränke und Apparate einzuhalten, so dürfte es doch ratsam sein, wenigstens folgende Regeln dabei zu beachten:

Der Abzug mufs unbedingt seinen Platz hinter dem Experimentiertisch beibehalten und so gelegen sein, dafs die Schüler einen vollen Überblick über den Innenraum desselben haben. Befindet sich an der Rückwand keine gut ziehende Esse, mit welcher er verbunden werden kann, so mufs wenigstens dafür Sorge getragen werden, dafs die aus ihm abzuleitenden Gase ihren Abweg durch ein Thonrohr finden, welches durch die Decke des Zimmers geführt ist und sich weiter oben in ein Rohr von verbleitem Eisenblech fortsetzen kann; es mufs unbedingt bis über das Dach hinausgeführt und dort mit einer Ventilationskappe versehen werden, welche höher gelegen ist, als die Dachfirsten aller umliegenden Gebäude. Ist eine Geradeführung des ganzen Rohres auf diesem Wege nicht möglich, so sollen bei den Wendungen wenigstens die scharfen Ecken vermieden, auch das Rohr streckenweise womöglich nicht horizontal, sondern schräg nach oben geführt werden. Endlich darf sich das Rohr an keiner Stelle verengern, sondern soll im Gegenteil nach oben allmählich erweitert werden. Diese Anordnungen sind durchaus nötig, wenn der Abzug seine Dienste als ein solcher wirklich in zuverlässiger Weise leisten und nicht umgekehrt als ein Zuzug wirken soll, der bei ungünstigen Witterungsverhältnissen die Gase aus dem Hörsaale nicht ableitet, sondern in denselben zurückführt.

Dasselbe gilt von dem Rohre, welches mit der Ventilationsöffnung des Experimentiertisches verbunden ist. Wenn hierfür keine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

besondere Esse vorhanden ist, so führt man in dem toten Raum *o* hinter dem Abzugschrank, der, wie erwähnt, 35 cm von der Rückwand absteht, ein Thonrohr parallel mit dem anderen bis über das Dach, doch dürfen beide Rohre nicht allzu dicht nebeneinander liegen, damit die Abzugskappen sich nicht stören. Im Notfalle können oberhalb des Abzugsschrankes beide Rohre zu einem weiteren mit doppeltem Querschnitt vereinigt werden, in welchem Falle an der Verbindungsstelle eine Klappe anzubringen ist, der man von unten her durch eine Zugvorrichtung drei verschiedene Stellungen geben kann: 1. Abschluſs des Rohres vom Abzug, 2. Abschluſs des Rohres vom Tisch und 3. Öffnung beider Röhren. Doch möchte ich diese Einrichtung nur als Notbehelf empfehlen.

In den unteren Teilen der Rohre sind Gasbrenner, *o* (Fig. 5), mit weiter Öffnung angebracht, um während des Arbeitens Lockflammen darin zu entzünden, welche den Zug beschleunigen.

Bei der Wichtigkeit, welche auf die zweckmäſsige Ausführung dieser Einrichtungen zu legen ist, dürfte es geraten sein, daſs der Lehrer die Anordnung und Überwachung derselben beim Bau selbst übernehme, da die bauführenden Techniker mit den Anforderungen einer guten Ventilation für Räume, in denen chemisch gearbeitet wird, meist nicht genügend vertraut sind.

Als weitere Regel, welche bei der Aufstellung der Schränke und Apparate im chemischen Hörsaal zu beachten ist, muſs gelten, daſs die Chemikalien dem Experimentator so nahe wie möglich zur Hand sind. Deshalb empfiehlt es sich am meisten, die Chemikalienschränke, wenn es irgend angeht, an der Rückwand unmittelbar neben dem Abzugsschrank auf beiden Seiten desselben aufzustellen (wie in Fig. 1: *c*, *d* und *e*). An der einen Seitenwand finden dann die Schränke für Glas- und Porzellanapparate und die Gasometer Platz und der Raum zwischen den Fenstern kann für schmälere Regale zum Wegsetzen von Lampen, Glühöfen, Holzklötzchen, eisernen Schalen u. dergl. benutzt werden.

Die Röhren für die Gas- und Wasserleitung müssen unmittelbar vom Hauptrohre der Straſse, nicht von der Gas-, bezw. Wasserleitung des Hauses, abzweigen, genügend weit sein, direkt bis in den Hörsaal geführt und hier mit Haupthähnen versehen werden. Von hier aus gehen Abzweigungen zum Experimentiertisch und zum Abzugsschrank, von der Wasserleitung auch noch zu den Gasometern und zum Wassertrommelgebläse in den Kanälen unter dem Fuſsboden, in denen auch die Bleirohre für den Wasserablauf, sowie die bleiernen Gasleitungsröhren von den Gasometern und vom Wassertrommelgebläse und endlich die elektrischen Leitungsdrähte Platz finden. Die Kanäle müssen, wie oben bereits gesagt wurde, geöffnet werden können, dürfen deshalb nicht fest verdielt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sondern müssen mit starken, abnehmbaren Pfosten bedeckt sein. Dafs beim Legen der Röhren, namentlich der für die Gasleitung dienenden, besondere Sorgfalt auf Dichtung und vorgängige Prüfung auf starken Druck mittels der Luftpumpe und des Quecksilbermanometers Bedacht genommen werden mufs, bedarf wohl nur der Erwähnung.

EXPERIMENTIERTISCH.

Der Experimentiertisch (Fig. 6 Vorderansicht, Fig. 7 obere Ansicht des Tischblattes) ist 5,80 m lang und 0,95 m hoch; er ist ganz aus Eichenholz gearbeitet und das Tischblatt eine dreifach gut verleimte Eichenholzplatte von 4 cm Dicke: die mittlere Platte mit längs, die obere und untere mit quer gerichteten Holzfasern. Sie kann sich infolgedessen weder nach oben noch nach unten werfen. An der dem Experimentator zugekehrten (vorderen) Seite hat das Tischblatt eine Ausziehplatte von 60 cm Länge und 60 cm Breite für die pneumatische Wanne *V* und dicht daneben einen Ausschnitt *v* von 16 cm Länge und 15 cm Breite für das Ventilationsrohr. Unter dem Tischblatt ist seiner ganzen Länge und Breite nach ein freier offener Raum von 8 cm Höhe gelassen, welcher an der Vorderseite durch ein herausnehmbares Brett verschlossen ist. In diesem Raume verzweigen sich die zu den Brennern führenden Gasröhren.

Gasleitung. Das Gasrohr (2 cm weit) steigt innerhalb des Tisches an der linken vorderen Kante desselben auf bis zum Tischblatt und geht dann unterhalb des letzteren dicht hinter dem herausnehmbaren Brette der ganzen Länge des Tisches entlang. An sechs verschiedenen Stellen sind unterhalb des Tischblattes vor dem herausnehmbaren Brette Hähne angebracht, von denen die oben erwähnten Gasröhren unterhalb des Tischblattes abzweigen und in die an der hinteren Kante des Tisches hervortretenden Hähne endigen. Vier dieser Hähne, *a*, *b*, *c*, *d*, sind für die gewöhnlichen Lampen bestimmt, die Mündungsöffnung ihrer Schlauchstücke beträgt 5 mm. Zwei andere Hähne, *e* und *f*, endigen in zwei weiteren Schlauchstücken von 8 mm Öffnung. Die Schlauchstücke *a*, *b*, *c*, *d* sind drehbar, gestatten also die Anlegung eines Gummischlauchs nach jeder Richtung. Die Schlauchstücke *e* und *f* dagegen sind fest. Hierdurch wird manche Bequemlichkeit erreicht: man kann nach Anlegung der Gasschläuche die Lampen nach jedem Orte des Tisches schieben, ohne die Schläuche zu knicken, und die Flammen von vorn aus regulieren, ohne

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

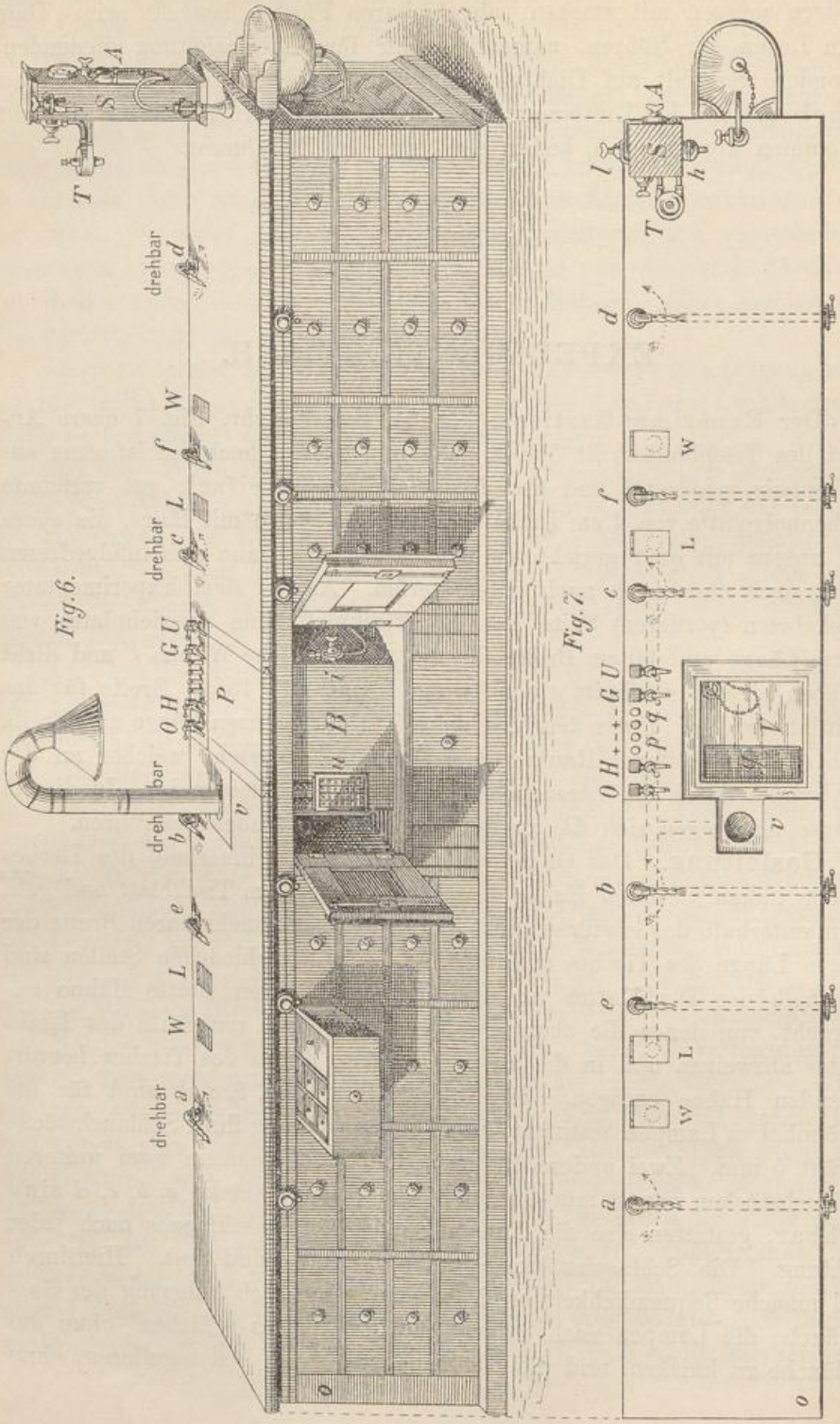


Fig. 6 u. 7. Experimentiertisch.

über den Tisch zu greifen. Die Bohrung der Hähne ist so bewirkt, daſs, wenn die Wirbel derselben nach oben stehen, der Hahn geöffnet, und wenn sie nach unten stehen, geschlossen ist. Man hat also zwischen Öffnung und Schluſs $^1/_2$ Umdrehung, wodurch selbst bei sehr weiter Durchbohrung der Hähne ein dichter Schluſs ermöglicht ist. In dem aufsteigenden Teile des Gasrohres an der linken Tischkante ist bei *o* auſserdem noch ein Haupthahn für die Tischleitung mit abziehbarem Schlüssel angebracht, welcher jedesmal nach Beendigung des Unterrichtes abzuschlieſsen ist.

Wasserleitung. Die Wasserzu- und -ableitungsröhren liegen an der Rückwand des Tisches innerhalb desselben in einem 10 cm breiten senkrechten Raum zwischen letzterer und der hinteren Seite der Kästen, welcher Raum für diese Leitungen freigelassen ist. Die Zuleitungsröhren führen zur pneumatischen Wanne und zu der auf der rechten hinteren Ecke des Tischblattes aufgerichteten vierkantigen Säule *S*.

Diese Säule *S* trägt an ihrer vorderen Fläche oben einen gewöhnlichen Wasserhahn *h* mit Schlauchstück, durch welchen man mittels Kautschukschlauches Wasser auf den Tisch leiten kann. An der zweiten rechten Fläche ist eine Arzberger-Zulkowsky'sche Luftpumpe, *A*, angebracht, deren Saugrohr unter dem Tischblatt nach dem Hahn *U* geführt ist. An der linken Seitenfläche der Säule endlich ist eine Rabe'sche Turbine, *T*, befestigt. Der Abfluſs aller drei Apparate geht im Innern der Säule zum Hauptabfluſsrohr.

Auſserdem gehen von diesem Hauptabfluſsrohr noch zwei senkrechte Kanäle nach oben, deren Öffnungen auf dem Tischblatte mit zwei Klappen, *W*, *W*, verschlieſsbar sind. Sie dienen dazu, um Wasser oder andere Flüssigkeiten durch Schläuche direkt vom Tische abzuleiten.

Ventilation. Das Ventilationsrohr *v* des Tisches geht, wie schon erwähnt, neben der pneumatischen Wanne senkrecht nach unten und ist unter dem Fuſsboden nach der Ventilationsesse geführt (s. Fig. 5). Es ist aus verbleitem Eisenblech angefertigt und darf nicht weiter (eher enger) sein, als der untere Teil der Esse. Es dient zur Abführung schädlicher Gase, welche auf dem Experimentiertisch entwickelt werden, und erhält zu diesem Zwecke als abnehmbaren Aufsatz einen Rauchfang von verbleitem Eisenblech (Fig. 8), dessen Einrichtung aus der Abbildung klar ist. Soll dieser genügend wirksam sein, so ist ein besonders kräftiger Luftstrom, also gute Erwärmung der Esse, nötig, welche schon vor der Benutzung durch Anzünden der Lockflamme zu bewirken ist. Eine andere, von Bunsen (durch Heumann) empfohlene Einrichtung des Rauchfangs (Fig. 9) gestattet, Gefäſse, aus denen sich schädliche Dämpfe entwickeln, unmittelbar anzuhängen und überdies durch eine Öffnung von oben her

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

während der Operation feste oder flüssige Substanzen nachzuschütten, Gase einzuleiten u. dergl.

Ist der Ventilationskanal durch eine gut ziehende Esse sehr wirksam, so können auch Gase aus offenen Gefäfsen durch ihn unmittelbar vom Tische aus abgeleitet werden; man stellt zu diesem Zwecke über die Öffnung von *v* einen etwa 30 cm weiten und 30—40 cm hohen, beiderseits offenen Glascylinder und in diesen hinein neben *v* oder mittels

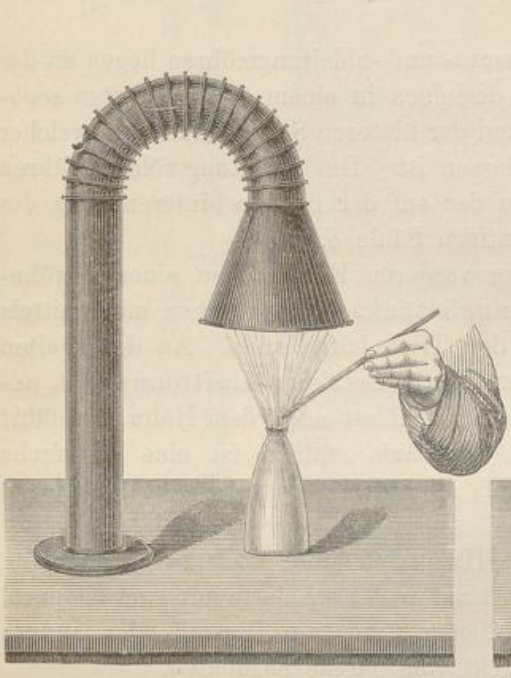


Fig. 8. Offener Rauchfang.

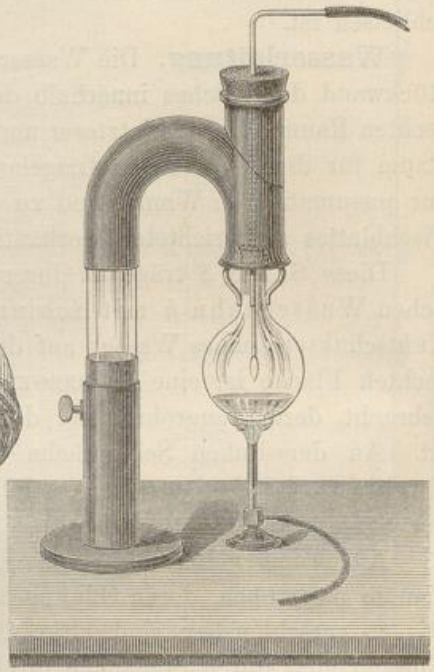


Fig. 9. Geschlossener Rauchfang.

eines Dreifufses darüber das Gefäfs, dessen Dämpfe abgeführt werden sollen; der Cylinder wird oben lose bedeckt.

Zwei engere Luftkanäle, *L*, *L*, führen vom hinteren Rande des Tischblattes aus nach unten zum Ventilationsrohr *v* und sind oben für gewöhnlich mit Klappen bedeckt. Sie dienen zum Hineinhängen von Gasschläuchen, aus denen schädliche oder übelriechende Gase entströmen, behufs rascher Abführung derselben vom Tisch.

Hähne für Sauerstoff, Leuchtgas und Luft. In der Mitte des Tisches befinden sich aufser den Gashähnen am hinteren Rande des Tischblattes noch vier andere Hähne, *O*, *H*, *G*, *U*. Die beiden ersteren sind mit den grofsen Standgasometern verbunden und dienen zur Zuführung von Sauerstoff, bezw. Wasserstoff oder Leuchtgas. Der Hahn *G* führt

zum Wassertrommelgebläse und bringt einen Luftstrom zum Betrieb der Gebläselampe und zu anderen Zwecken. Der vierte Hahn *U* steht mit der Wasserluftpumpe *A* in Verbindung und wird beim Evakuieren benutzt.

Polklemmen. Um elektrische Ströme auf den Experimentiertisch zu leiten, sind in der Mitte desselben vier Polklemmen, *p* und *q*, angebracht. Die ersteren beiden stehen durch starke Leitungsdrähte mit der Dynamomaschine in Verbindung, die letzteren beiden führen zum Umschalter *u* (Fig. 6), welcher im Innern des Tisches auf der Holzumrahmung der pneumatischen Wanne angebracht ist. Von diesem aus gehen die Leitungsdrähte unter dem Fufsboden zu den konstanten galvanischen Batterien (Bunsen-Poggendorff und Leclanché), welche im unteren Raume des Abzugsschrankes aufgestellt sind. Die Einrichtung und Benutzung dieser Apparate ist weiter unten ausführlich beschrieben. Man kann die beiden Klemmen *p* auch noch mit zwei Leitungsdrähten verbinden, welche im Innern des Abzugsschrankes auf dem Tischblatt desselben an geeigneter Stelle in zwei Polklemmen endigen, um dadurch, wenn es erwünscht ist, den Strom einer gröfseren Bunsen'schen Salpetersäurebatterie auf den Experimentiertisch zu leiten (s. w. u. S. 30). Alle Polklemmen sind durch abschraubbare Kapseln bedeckt, um sie gegen die Einwirkung der Laboratoriumsdämpfe zu schützen.

Pneumatische Wanne mit Brücke. Diese ist aus Zinkblech und innen mit Bleiplatten ausgekleidet. Sie ist 50 cm lang, 45 cm breit und 65 cm tief, welche Dimensionen ausreichend sind, um selbst grofse Cylinder darinnen durch Untertauchen mit Wasser zu füllen. (Wenn es sich um die Entwickelung kleinerer Gasmengen handelt, pflegt man kleine pneumatische Wannen von Blech oder Glas, oder auch Krystallisationsschalen mit eingelegtem Untersatz anzuwenden; s. w. u. „Gasentwickelungsapparate".) Die Brücke *g* der pneumatischen Wanne *V* (Fig. 7) kann aus starkem, mit Asphaltlack überzogenem, verbleitem Eisenblech hergestellt werden. Sie steht mit ihren senkrecht nach unten gebogenen Enden unmittelbar auf dem Boden der Wanne und kann darin verschoben werden.

Die ganze Wanne ist mit einem gut anschliefsenden Holzbassin *B* (Fig. 6) umgeben und steht mit diesem auf einem starken, gut unterstützten Brette im Innern des Tisches. Dieser Raum ist an der vorderen Tischwand durch zwei mit Pasquillschlofs versehenen Thüren verschliefsbar. Durch den frei bleibenden Raum links neben der Wanne ist das senkrechte Rohr für die Ventilation geführt und sind auch hier die Leitungsdrähte von der konstanten Batterie im Abzugsschrank bis zum Umschalter *u* gezogen. Der noch übrig bleibende Raum kann zur Aufbewahrung von Glasstäben, kleineren Fufscylindern und dergl. benutzt werden. An der rechten Seite des Holzkastens ist bei *i* der Wasserzufluſshahn für die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

pneumatische Wanne angebracht, und der noch übrige Raum dient zweckmäfsig zum Einsetzen von Probierglasgestellen.

Tischblatt. Das Tischblatt ist, wie schon erwähnt, 4 cm dick und ganz aus Eiche. Es mufs aus gutem, astfreiem Holze gearbeitet und dreifach verleimt sein (siehe oben S. 13), damit es sich nicht wirft. Die glatte Oberfläche wird mehrmals mit heifsem Leinöl getränkt und nach vollständigem Trocknen desselben abgeschliffen. Auf keinen Fall darf es mit gewöhnlichem Firnis oder Lack überstrichen werden, welcher bald durch überlaufende spirituöse Flüssigkeiten beschädigt werden, auch beim Niedersetzen warmer Glasgefäfse an diese ankleben würde. Sollte es nach längerem Gebrauch sehr unansehnlich werden, so kann man es mit bestem Asphaltlack streichen lassen, welchen man mehrmals in dünner Lage aufträgt.

Es ist anzuraten, zum Schutze des Tischblattes einige Arbeitsbretter zur Verfügung zu haben, welche man beim Arbeiten unterlegt, sei es, um das Tischblatt beim Kochen oder Glühen gegen die strahlende Wärme der Lampe zu schützen, sei es, um überlaufende oder beim Zerspringen von Gefäfsen ausfliefsende Flüssigkeiten aufzufangen. Diese Arbeitsbretter sind 65 cm im Geviert, $1^1/_4$ cm dick und aus leichtem Erlenholz gearbeitet. Sie sind aus Rahmen und Füllung zusammengestemmt, damit sie sich nicht werfen.

Die ausziehbare Platte über der pneumatischen Wanne ist in einer Nut verschiebbar und soll sehr gut eingepafst sein, damit sie ebensowohl leicht beweglich ist, als auch möglichst dichten Schlufs bewirkt. Da das Wasser in der Wanne zeitweilig stehen bleibt, mufs die Platte an ihrer unteren Fläche mit Zinkblech beschlagen werden, weil sie sich sonst durch Einwirkung der Feuchtigkeit wirft und in der Nut festklemmt.

Quecksilberbrett. Arbeiten mit Quecksilber darf man nie auf dem freien Tischblatt vornehmen, sondern bedient sich dabei als Unterlage des Quecksilberbrettes, welches man über der pneumatischen Wanne nach Herausnehmen der Deckplatte einlegt. Es hat dieselbe Dicke wie letzteres, ist aber, mit Ausnahme eines 4 cm breiten Randes, in der Mitte um 1,5 cm vertieft. Quecksilber, welches beim Experimentieren überfliefst, sammelt sich in der Vertiefung und läfst sich nach dem Herausnehmen des Brettes ohne Verlust in einer Schale wieder sammeln. Ein solches Brett reicht für die gewöhnlichen Arbeiten mit der Quecksilberwanne aus. Soll es zu Experimenten dienen, bei denen man eine Wanne mit Senkrohr braucht, z. B. zu den am Schlufs dieses Werkes beschriebenen Versuchen über die volumetrischen Verhältnisse verschiedener Gase unter Anwendung des galvanischen Lichtbogens, so läfst es sich auch für diesen Zweck unter Benutzung des leeren Raumes der pneumatischen Wanne,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wie am genannten Orte ausgeführt ist, leicht herrichten, worauf hiermit verwiesen sei. Man erspart hierdurch die Herstellung eines besonderen Raumes am Experimentiertisch für die Quecksilberversuche.

Schubkästen. Die Schubkästen des Tisches sind 41 cm breit und 61 cm lang; ihre Tiefe beträgt in den beiden oberen Reihen 12 cm, in der dritten 14 cm und in der untersten 23 cm (alles im Lichten). Sie sind aufsen an der Vorderseite mit deutlich sichtbaren Nummern versehen und im Innern durch etwas niedrige Quer- und Längsscheidewände in verschiedene Abteilungen geteilt, in denen die zum Experimentieren nötigen Gerätschaften untergebracht werden, so dafs man dieselben immer zur Hand hat. Diese Scheidewände sind, wie die Kästen selbst, von Eichenholz, 1 cm dick und sowohl am Boden, als auch in den Seitenwänden eingefugt und eingeleimt. Die hierdurch entstehenden Fächer sind teils offen, so dafs man die darin liegenden Geräte mit einem Blicke übersieht, teils sind sie mit einem hinten durch Charnier verbundenen und vorn mit einem Knopf versehenen Deckel verschliefsbar, auf welchem die Namen der darin liegenden Geräte verzeichnet sind. Die Deckel werden am besten aus 2 mm starkem Eisenblech hergestellt; sie sind oben weifs lackiert mit Schrift, unten mit einem dunkleren Lack überzogen. Die Deckel der hinten befindlichen Fächer haben das Charnier nicht an der Kante ihrer hintersten Wand, sondern ein Stück weiter vor, damit man nicht genötigt ist, die Schubkästen ganz herauszuziehen. Die in der ersten Auflage dieses Werkes von mir beschriebenen Zinkeinsatzkästen haben sich wegen der Hinfälligkeit des Materials nicht als besonders zweckmäfsig erwiesen, und ich möchte diese Einrichtung deshalb nicht wieder empfehlen. Bei denjenigen Fächern, welche offen bleiben, ist ihr Inhalt durch (geschriebene oder gedruckte) Etiketten bezeichnet, welche man an eine der inneren Seitenwände oder auch an beide so anklebt, dafs sie nach dem Aufziehen des Kastens leicht in die Augen fallen.

Die Herrichtung der zahlreichen zur Unterbringung der Geräte und Utensilien dienenden Fächer verteuert zwar die Einrichtung des Experimentiertisches nicht unwesentlich, doch sind die Vorteile, die man dadurch gewinnt, nicht zu unterschätzen. Denn da man den Unterricht in verschiedenen Klassen zu erteilen hat und deshalb genötigt ist, mit verschiedenen Assistenten zu arbeiten, so ist ohne diese Ordnung eine Verlegung von Gerätschaften auf falsche Örter gar nicht zu umgehen, woraus manche Verdriefslichkeit erwächst. Auch sind die Gerätschaften bei dieser Einrichtung immer leicht zu kontrollieren. Ich lege deshalb eine Liste sämtlicher Fächer mit den darin enthaltenen Gerätschaften an und führe aufserdem für letztere ein alphabetisch geordnetes Verzeichnis mit Angabe des Ortes, wo sie zu finden sind. Dies gilt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nebenbei bemerkt, auch für alle übrigen Apparate, die in den Schränken des Hörsaals untergebracht sind, nicht minder auch für die Chemikalien, so dafs auch jeder weniger gewandte und weniger umsichtige Gehilfe sich immer leicht zurechtfinden kann.

Geräte. An derjenigen Tischseite, von welcher das Licht kommt und auf welcher am meisten experimentiert wird, müssen die am häufigsten gebrauchten Utensilien zu finden sein; sie liegen in der obersten Kastenreihe. Die andere Seite des Tisches und die unteren Reihen nehmen die weniger oft gebrauchten Gerätschaften auf. Bei einer Länge des Tisches von 5,80 m reichen die drei obersten Reihen zur Unterbringung aller nötigen Utensilien aus, und die unterste Kastenreihe bleibt ganz zur freien Verwendung übrig. Gestattet der Raum nicht, dem Tische diese Länge zu geben, so läfst sich leicht, indem man auch diese Reihe mit benutzt, eine Anordnung finden, wodurch der Mangel an Länge ausgeglichen wird. Es ist aber auch ganz gut thunlich, fünf Kastenreihen anzubringen, indem man jede Reihe um einige Centimeter erniedrigt, wodurch dann die untere Reihe immer noch zur freien Benutzung übrig bleibt.

Die innere Einrichtung der Kästen ist auf Seite 21 (linke Tischseite) und Seite 22 (rechte Tischseite) bildlich dargestellt.

Linke Seite.

1. Kasten, ohne Einteilung: Werkzeuge, wie Hammer, grofse Raspeln und Feilen, Kneipzange, Handsäge, Handbeil, Stemmeisen etc.
2. Kasten, ohne Deckel:
   1. Grofse Glasstäbe, gerade eiserne Drähte von verschiedener Stärke mit Lichthülsen (gerade und umgebogen), Phosphorlöffel.
   2. Thermometer (in Pappkapseln).
   3. Aräometer (in Pappkapseln).
3. Kasten, mit Deckel:
   1. Drahtnetze, Asbestpappe.
   2. Pinsel, Röhrenhalter.
   3. Gerade kurze Glasröhren von 3—5 mm äufserer Weite, an der einen Seite durch Ausziehen etwas verjüngt, mit Korken.
      Dieselben, von 6—8 mm äufserer Weite, mit Korken.
      Dieselben, gebogen, mit Korken.
   4. Gerade kurze Glasröhren von 3—5 mm äufserer Weite, an der einen Seite verjüngt, ohne Korke.
      Dieselben von 6—8 mm äufserer Weite, ohne Korke.
      Dieselben gebogen, ohne Korke.
   5. Mittellange Glasröhren: a) gerade (gleichweit), an der einen Seite

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Werkzeuge	Grosse Glasstäbe	Thermometer, Aräometer	Draht, Phosphorlöffel, Lichthülsen etc.	Drahtnetze	Pinsel, Röhrenhalter
				Kurze Glasröhren mit Korken	Kurze Glasröhren ohne Korke
1		2		3	Lange Glasröhren
Asbestpappe, Asbestpapier	Lange Glasröhren	Lange gebogene Glasröhren		Pipetten, geaicht	Pipetten, ungeaicht
Nägel	Schrauben				
6		7		8	
Porzellansachen	Glasplatten	Gebogene, weite Glasröhren, T-stücke, Winkel etc.		Leitungsdrähte etc.	
Glasplatten	Glasplatten, Uhrgläser	Probiergläser			
do.					
11		12		13	

Wachsstöcke, Lichte, Ausstreicher	Vaseline, Talg, Schmierwachs	Etiketten		Bindfaden, Zwirn, Seidenschnur	Drahtrollen
Lötrohrgeräte	Lötrohrkohlen	Späne, Sprengkohle	Kautschuk	Kautschuk		Grobe Wischtücher	
4				9	
		5	Platin	Platin	
Handbesen, Flederwische, Federn etc.				Baumwolle	Werg
				Kolatorien	Feine Wischtücher, Putzleder
				10	
Blechschalen					
Holzklötze					
14					
15					

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

16

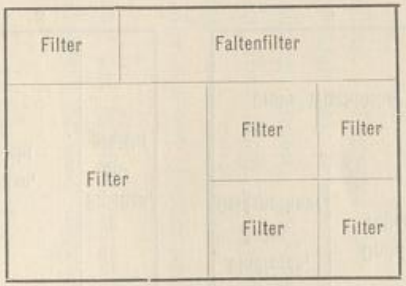
17

18

19

20

21

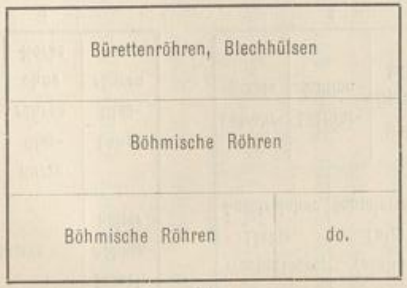


22

23

24

25



26

27

verjüngt, bezw. zu einer Spitze ausgezogen; b) an der einen Seite rechtwinklig, spitzwinklig oder stumpfwinklig umgebogen.

4. Kasten, mit Deckeln:
   1. Wachsstöcke, Lichte, Ausstreicher für Gasbrenner.
   2. Vaseline, Talg und Schmierwachs.
   3. Lötrohrgeräte: ein gewöhnliches Lötrohr, ein Gaslötrohr mit angesetztem Schlauch und eingestecktem Glasröhrenstück zur Verbindung mit dem Gaslampenschlauch, eine Kohlensäge, ein Kohlenbohrer, ein Daniell'scher Hahn.
   4. Lötrohrkohlen, Retortenkohle.
   5. Späne und Sprengkohlen.
5. Kasten, mit Deckeln:
   1. Etiketten.
   2. Kautschukstöpsel.
   3. Kautschukallongen, Platten und T-Stücke von Kautschuk.
   4. u. 5. Platingerätschaften, Silbertiegel.
6. Kasten, ohne Deckel:
   1. Asbestpappe, Asbestpapier.
   2. Nägel von verschiedener Länge in einem besonderen herausnehmbaren Kasten.
   3. Schrauben in einem besonderen herausnehmbaren Kasten.
7. Kasten, ohne Deckel:
   1. Längere gerade Glasröhren, eng und weit, offen und zu Spitzen ausgezogen.
   2. Längere Glasröhren, gebogen.
8. Kasten, ohne Deckel:
   1. Pipetten, geaicht.
   2. Pipetten, nicht geaicht.
9. Kasten, mit Deckeln:
   1. Bindfaden, Zwirn, Seidenschnur.
   2. Kupfer- und Eisendraht auf Rollen.
   3. Grobe Wischtücher.
10. Kasten, mit Deckeln:
   1. Baumwolle.
   2. Werg.
   3. Kolatorien.
   4. Feine Wischtücher, weiches Putzleder, beide nur zum Putzen von Glas und Metallsachen.
11. Kasten, ohne Deckel:
   1. Quecksilberwanne, Porzellantiegel, Porzellanschiffchen und kleine Porzellanschälchen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Kleinere runde Glasplatten mit Ausschnitt.
3. Kleinere runde Glasplatten ohne Ausschnitt.
4. Mattgeschliffene Glastafeln.
5. Gröfsere runde Glasplatten ohne Ausschnitt, Uhrgläser.

12. Kasten, ohne Deckel:
1. Gebogene weite Glasröhren, T-Stücke, Winkel etc.
2., 3. u. 4. Probiergläser, Vorrat.

13. Kasten, ohne Einteilung: Leitungsdrähte für elektrische Versuche.

14. Kasten: Handbesen, Flederwische, ausgerissene Gänsefedern zum Reinigen und Auswaschen von Röhren.

15. Kasten, ohne Deckel:
1. Blechschalen.
2. Holzklötze.

Rechte Seite.

16. Kasten, mit Deckeln:
1. Flachzange, Rundzange und Beifszange.
2. Taubenfedern und Röhrenputzer.
3. Bohrer und Korkzieher.
4. Meifsel und Schraubenzieher.
5. Tiegelzangen und Pincetten.
6. Messer und Scheren.
7. Dreikantige Feilen und Glasmesser.
8. Runde Feilen.

17. Kasten, mit Deckeln:
1. Quetschhähne.
2. Klemmen.
3. Grofse Löffel.
4. Grofse Spatel.
5. Hornsachen: Messer, Blätter, Kapsulaturen.
6. Chamotteuntersetzer.
7. Kleine Löffel.
8. Kleine Spatel.

18. Kasten, ohne Deckel:
1. Grobes, weiches Löschpapier zum Reinigen von Glassachen.
2. Sandpapier.
3. Grünes Glanzpapier in Quart geschnitten.
4. Grünes Glanzpapier in Oktav geschnitten.
5. Konzeptpapier und grünes Glanzpapier in Bogen.
6. Filtrierpapier in Bogen.

19. Kasten, ohne Deckel:
1. Tinte, Federn, Siegellack etc.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

2. Zündhölzer.
3. u. 4. Bücher.
5. Schlüssel.
6. Bücher.

20. Kasten, ohne Deckel:
1. Handwage, Gewichte.
2. Einsatzkasten für feine Geräte.

21. Kasten, ohne Deckel:
1. Kurze Kautschukschläuche.
2. Einsatzkasten für feine Geräte.

22. Kasten, mit Deckel:
1. Runde Filter.
2. Faltenfilter.
3. bis 7. Runde Filter verschiedener Gröfse.

23. Kasten, ohne Deckel:
1. bis 8. Korke verschiedener Gröfse.
9. Korkbohrer, Korkbohrenschärfer, Korkpresse.

24. Kasten, ohne Einteilung und Deckel: Retorten, tubuliert.

25. Kasten, ohne Einteilung und Deckel: Retorten, untubuliert.

26. Kasten, ohne Deckel:
1. Lange Bürettenröhren, ungeaicht; halbcylindrische Blechhülsen von verschiedener Weite und Länge zum Einführen von Pulvern in Röhren, und als Unterlage für Glasröhren beim Glühen.
2. Längere böhmische Röhren.
3. u. 4. Kürzere böhmische Röhren.

27. Kasten:
1. Retorten, böhmisch.
2., 3. u. 4. Probiergläser, böhmisch.

Die Kästen der unteren Reihe bleiben frei für: Gröfsere Retorten, Kugelvorlagen, Kolbenvorlagen, Vorstöfse etc.

Der Kasten unter der pneumatischen Wanne ist für zerbrochenes Glas und Porzellan bestimmt.

Die Einsatzkästen für feinere Geräte im 20. und 21. Kasten dienen zum Aufbewahren metallener Geräte, welche, wenn sie in den Kästen offen liegen, sehr bald durch Rosten verderben würden. Sie werden deshalb in diesen Einsatzkästen untergebracht, von denen Fig. 10 eine äufsere Ansicht, Fig. 11 einen Längsdurchschnitt giebt. Diese Kästen sind aus hartem Holze sorgfältig gearbeitet und dürfen keine Fugen haben; der Deckel ist durch ein Charnier befestigt; er ist wie der Kasten mit einem breiten Rande versehen, deren Flächen mit Flanell beschlagen sind. Drei Ösen sind auf dem Kastenrand befestigt und gehen durch ent-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sprechende Löcher des Deckels, wenn dieser zugeklappt wird. Drei dazu gehörige Haken sind auf der Oberfläche des Deckels angebracht und können durch längere Hebelarme scharf angezogen werden. Sie greifen in die Ösen ein und pressen den Deckel fest auf. Dieser Verschluſs hält sehr dicht und ist leicht zu öffnen. Man bewahrt in den Kästen: mehrere feine kleinere Scheren, eine Papierschere, ein gutes scharfes Messer zum Korkschneiden

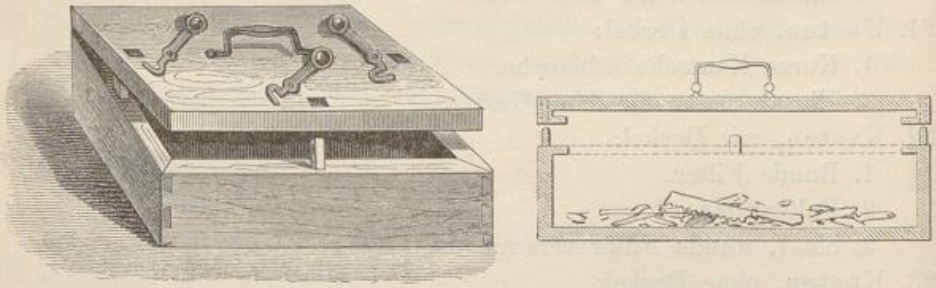


Fig. 10—11. Kasten für feinere Metallgeräte.

und anderen Zwecken, mehrere Pincetten, eine Tiegelzange mit Platinkappen, einen stählernen mineralogischen Ambos, denselben noch besonders in einem Holzkasten verschlossen, einen Stahlhammer, polierte Metallbleche, überhaupt alle besseren Metallgeräte, welche blank erhalten werden müssen.

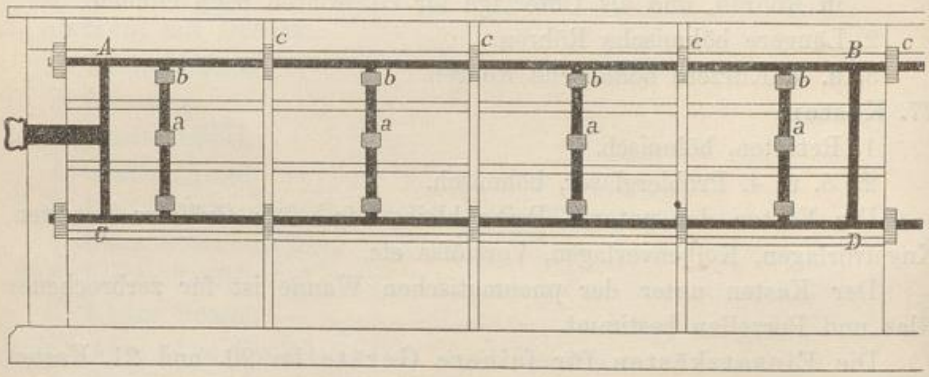


Fig. 12. Kastenverschluſs, rechte Seite, geschlossen.

Kastenverschluſs. Der Experimentiertisch ist mit einer Vorrichtung versehen, durch welche sämtliche Kästen, wenigstens die der drei oberen Reihen, durch einen Griff auf einmal verschlossen werden können. Diese Einrichtung ergiebt sich aus der Skizze in Figur 12 und 13. An der Rückwand der Kästen innerhalb des Experimentiertisches sind breite Holzleisten, die zugleich als Schlagleisten für die Kästen dienen, ange-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bracht; auf ihnen läfst sich in den Führungen *c*, *c*, *c*, *c* ein eiserner Rahmen *ABCD* durch einen aus der Seitenwand des Experimentiertisches herausragenden Griff um 2—3 cm hin- und herschieben. Eiserne Querschienen, *a*, *a*, *a*, *a*, verbinden die Seitenschienen dieses Rahmens. Die Kästen sind an ihrer Rückwand mit eisernen Haken, *b*, *b*, *b*, *b*, versehen, welche so gestellt sind, dafs beim Einschieben des Rahmens die Querschienen unter die Haken greifen und dadurch diese festhalten, so dafs die Kästen nicht herausgezogen werden können. Durch ein Schlofs an der äufseren Seitenwand des Tisches kann der Rahmen in dieser Stellung festgehalten werden. Sollen die Kästen frei gemacht werden, so zieht man nach dem Öffnen des Schlosses den Rahmen an seiner Handhabe heraus.

ABZUG.

In dem Abzug für schädliche Gase, dem Digestorium oder der Nische, auch Abzugsschrank oder Abzugskapelle genannt (Fig. 14 vordere Ansicht, Fig. 15 senkrechter Durchschnitt), werden alle

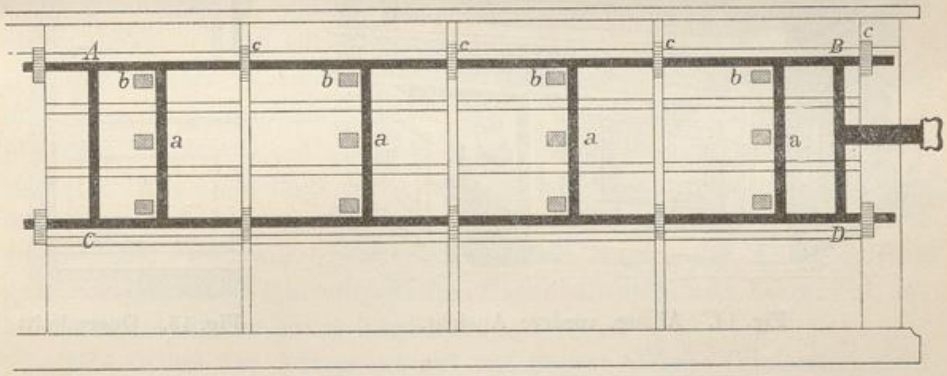


Fig. 13. Kastenverschlufs, linke Seite, geöffnet.

diejenigen Operationen vorgenommen, bei denen sich gröfsere Mengen übelriechender oder gesundheitsgefährlicher Gase entwickeln. Er besteht aus einem allseitig verschliefsbaren Raum, durch dessen dachförmige Decke ein Rohr, *a*, in die Zugesse *b* (Fig. 1) führt. Zur Erzeugung eines kräftigen Luftstroms mufs im unteren Teile dieses Rohrs eine nicht zu kleine Lockflamme, *e*, brennen. Für diese, sowie für einen festen weiteren

Schlauchhahn, *b*, und zwei drehbare (von denen in der Figur nur einer, *c*, sichtbar ist) auf dem Tischblatt des Arbeitsraums ist ein Gasleitungsrohr vom Hauptrohr unter dem Fufsboden abgezweigt, welches in dem Kanal *z* (Fig. 1) liegt. Es ist im Innenraum des Abzugsschrankes unter dem einen Schubkasten desselben hingeführt und verzweigt sich dort dicht hinter der Vorderwand des Schrankes in fünf Gasröhren von gewöhnlicher

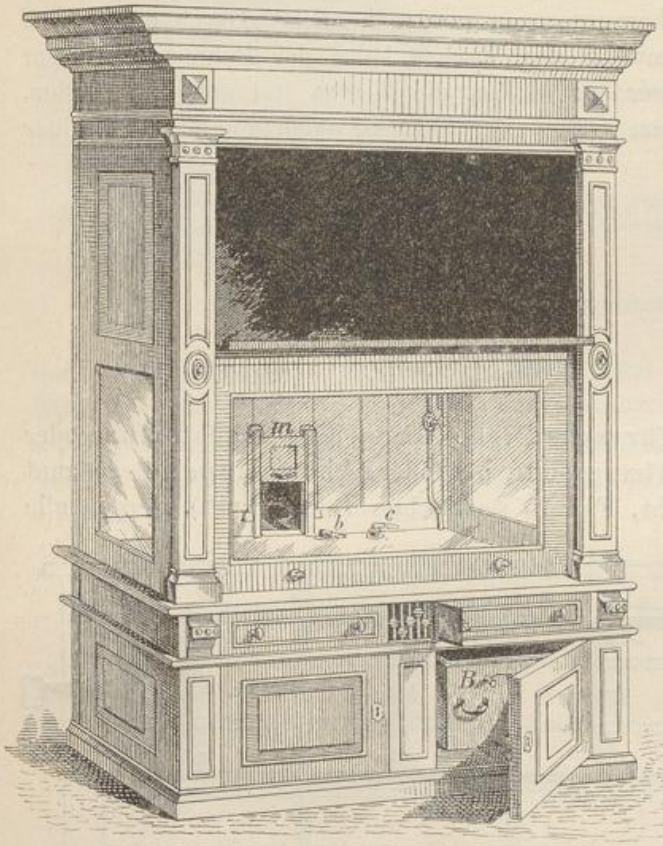


Fig. 14. Abzug, vordere Ansicht.

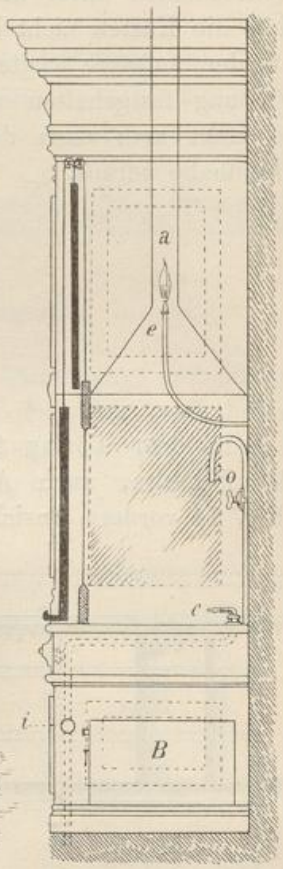


Fig. 15. Querschnitt.

Weite; diese sind mit Gashähnen versehen, welche durch ein an der Vorderwand befindliches Thürchen (in der Figur 14 geöffnet) zugänglich sind. Die Hähne liegen nicht alle nebeneinander, sondern sind so, wie es die Figur zeigt, angeordnet: der linke Hahn führt zu dem linken Schlauchstück (in der Figur nicht sichtbar), der rechte zu dem rechten Schlauchstück *c*; der oberste zu der Lockflamme *e* im Abzugsrohr *a*, der mittelste zu dem weiteren Schlauchstück *b*, und der unterste endlich gehört zu einem Gasleitungsrohr, welches zu der mit dem Ventilationsrohr des Experimentier-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tisches verbundenen Zugesse *a* (Fig. 1) führt und die darin brennende Lockflamme *o* (Fig. 5) speist. Um letztere anzuzünden, ist in der Hinterwand des Arbeitsraumes eine Öffnung angebracht, welche durch ein mit Gegengewichten versehenes Schiebefester, *m*, verschlossen ist. Von hier aus führt in luftdichter Verbindung mit der ausgeschnittenen Öffnung ein kurzer Kanal in die Esse. Das Schiebefenster hat einen Holzrahmen, welcher zwischen zwei Holzschienen läuft, und wird durch zwei seitlich angebrachte Gegengewichte balanciert. Durch einen leichten Druck nach oben oder unten läfst es sich leicht öffnen und verschliefsen. Ein Metallverschlufs ist vermieden, weil ein solcher sehr bald rosten würde.

Durch diese Einrichtung der Gasleitung kann man im Arbeitsraum des Abzugsschrankes zwei gewöhnliche Lampen durch die beweglichen Schlauchhähne und einen gröfseren Gasofen durch den weiteren, feststehenden Schlauchhahn speisen und die Flammen von vorn aus bei herabgelassenem Fenster regulieren. Ebenso lassen sich die beiden Lockflammen von aufsen anzünden und löschen. Hierbei sei bemerkt, dafs man bei dem Gebrauch des Abzugs vorteilhaft beide Lockflammen anzündet und das hintere Schiebefenster öffnet, wodurch zu gleicher Zeit ein Abzug der Gase durch beide Essen erreicht wird; natürlich mufs die Tischventilation verschlossen bleiben.

Das Hauptgasleitungsrohr des Abzugsschrankes, welches in der rechten Seite dicht neben der Holzwand vom Fufsboden her aufsteigt, besitzt einen Haupthahn, *i*, welcher von aufsen durch einen Einsteckschlüssel abgeschlossen werden kann.

Das vordere Fenster des Abzugsschrankes ist auf- und abschiebbar und durch Gegengewichte, welche sich im Innern der seitlichen Pilaster bewegen, balanciert. Ebenso die vor diesem Fenster sich bewegende schwarze Tafel. Die linke Seitenwand ist mit einem festen und die rechte mit einem aufschiebbaren und durch Riegel festzustellenden Glasfenster verschlossen. Da, wie bereits S. 3 erwähnt wurde, der Abzugsschrank ganz vor die neben ihm aufgestellten Chemikalienschränke hervortritt, erhält sein Innenraum volles Tageslicht.

Das Innere des Abzugs ist gut mit weifser Ölfarbe (Zinkweifs, nicht Bleiweifs) gestrichen.

In den unteren, durch Thüren zu verschliefsenden Räumen des Abzugsschrankes wird die weiter unten zu beschreibende konstante galvanische Batterie *B* untergebracht. Sie steht in zwei auf Rollen beweglichen Holzkästen mit Deckel, welche an starken eisernen Handhaben hervorgezogen werden können, damit man sie aus dem Schrank herausfahren kann. Wenn die Elemente herausgenommen und frisch gefüllt werden sollen, schiebt man einen 70 cm langen, 50 cm breiten Holzuntersatz

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von der Höhe des unteren Sockels dicht an diesen heran. Die Leitungsdrähte der Elemente treten durch die Seitenwände der Kästen heraus und werden in den Kanal unter dem Fufsboden, in welchem der horizontale Teil des Tischventilationsrohres liegt, gelagert, steigen von hier aus innerhalb des Experimentiertisches neben dem Ventilationsrohr auf und sind zu dem Umschalter, welcher an der vorderen Wand der pneumatischen Wanne befestigt ist, geführt; dieser endlich ist durch Leitungsdrähte mit den Klemmen *q*, *q* (Fig. 7) des Experimentiertisches verbunden (s. o. S. 14). Damit die Drähte das Herausfahren der Batteriekästen nicht hindern, sind sie da, wo sie aus letzterem austreten, auf etwa 1 m Länge zu Spiralen zusammengewickelt, welche sich beim Herausfahren dehnen.

Aufser diesen Leitungsdrähten liegen in demselben Kanal unter dem Fufsboden noch zwei andere von 2 mm dickem, mit Guttapercha überzogenem Kupferdraht, welche mit zwei Polklemmen an der hinteren Wand des Arbeitsraumes des Abzugsschrankes fest verlötet sind, um vorkommenden Falles mit einer gröfseren Bunsen'schen Batterie, die innerhalb des Abzugsschrankes aufgestellt werden kann, verbunden werden zu können. Die Klemmen sind wie die auf dem Experimentiertisch mit fest aufzuschraubenden Kapseln versehen, um sie gegen die Dämpfe des Abzugs zu schützen.

Die beiden anderen Enden dieser dicken Leitungsdrähte sind unter dem Fufsboden zum Experimentiertisch geführt und mit den beiden Klemmen *p*, *p*, welche zur Dynamomaschine führen, durch Lötung verbunden. Wird diese Batterie gebraucht, so versäume man nicht, die Drähte an den Klemmen der Dynamomaschine zuvor zu lösen, weil, wenn dies nicht geschieht, die Batterie durch den Draht *v* des Induktors und der Magnete an der Maschine geschlossen sein würde.

Die Vorderwände der Seitenpilaster des Abzugsschrankes sind so eingerichtet, dafs sie im Notfall bis zu ihrer halben Höhe abnehmbar sind, damit man die schwarze Schiebetafel, welche in Nuten hinter ihnen läuft, falls einmal eine Reparatur an ihr nötig werden sollte, leicht herausnehmen und wieder hineinsetzen kann, was sonst seine grofsen Schwierigkeiten haben würde, da alle Teile des Schrankes, sobald er einmal aufgesetzt ist, fest zusammengefügt sind. Aus gleichem Grunde ist auch der Sims des Schrankes in der Höhe der Rollen, über welche die Schnüre des Schiebefensters und der schwarzen Tafel laufen, auf beiden Seiten mit Thüren versehen, durch welche man neue Schnüre, falls die alten zerrissen sind, einziehen und mit den Gegengewichten verbinden kann.

Die in der ersten Auflage beschriebenen Glasröhren, welche vom Innern des Abzugsschrankes ausgehen, oberhalb desselben an der Decke

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

des Zimmers bis über den Experimentiertisch führen, und zur Leitung von Gasen, die unter dem Abzug entwickelt werden, durch lange herabhängende Kautschukschläuche bis auf die Platte des Experimentiertisches dienen, sind weggelassen. Sie waren namentlich dazu bestimmt, um bei einer länger fortgesetzten Entwickelung von Chlor oder schwefliger Säure die Verbreitung dieser Gase im Raume des Hörsaals zu vermeiden. Diese Einrichtung ist jetzt entbehrlich geworden, weil man sowohl zur Entwickelung von Chlor, als auch von schwefliger Säure kontinuierlich wirkende Apparate hat, bei denen der Strom durch einfachen Hahnschluſs unterbrochen werden kann, wie bei der Entwickelung von Wasserstoff, Kohlensäure etc. Man nimmt daher die Entwickelung dieser Gase, wenn man sie längere Zeit durch geschlossene Gefäſse oder Röhren leiten will, direkt auf dem Experimentiertisch vor und senkt die Schläuche, durch welche die abziehenden Gase austreten, in die Luftkanäle des Experimentiertisches. Wenn offene Cylinder mit einem der genannten Gase gefüllt werden sollen, wird der Abzug benutzt. In beiden Fällen ist also eine Leitung des Gases von diesem zum Experimentiertische ausgeschlossen, wodurch das Experimentieren wesentlich vereinfacht wird.

An der Hinterwand des Abzugsschrankes im Innern des Arbeitsraumes ist noch ein Wasserleitungsrohr mit Hahn, *o*, angebracht, welches man zur Speisung eines Wasserbades mit konstantem Niveau benutzen kann.

GASOMETER.

1. Groſse Standgasometer. Die groſsen Standgasometer finden ihre Hauptanwendung für die Ansammlung und Benutzung gröſserer Quantitäten Sauerstoff, Leuchtgas oder Wasserstoff, wenn man mit diesen Gasen längere Zeit unter Druck zu arbeiten hat, z. B. für Schmelzversuche mit Gebläselampen, Glühlicht für Projektionszwecke etc. Durch die Entwickelung der Industrie für komprimierte Gase ist zwar der Sauerstoff als Handelsartikel leichter zugänglich geworden; doch möchte ich deshalb die Beschreibung dieser Gasometer und ihrer Verbindung mit dem Experimentiertisch hier nicht umgehen, weil ihr Vorhandensein im Hörsaal doch mancherlei Vorteile bietet, die der mit ihnen zu arbeiten Gewöhnte wohl zu schätzen weiſs.

Die groſsen Gasometer haben etwa die Höhe des Experimentiertisches und sind aus starkem Kupferblech angefertigt (Fig. 16 und 17).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ihre obere Decke ist halbkugelig oder, behufs Verminderung der Höhe, flach gewölbt und durch Eisenstangen von aufsen verankert, damit sie

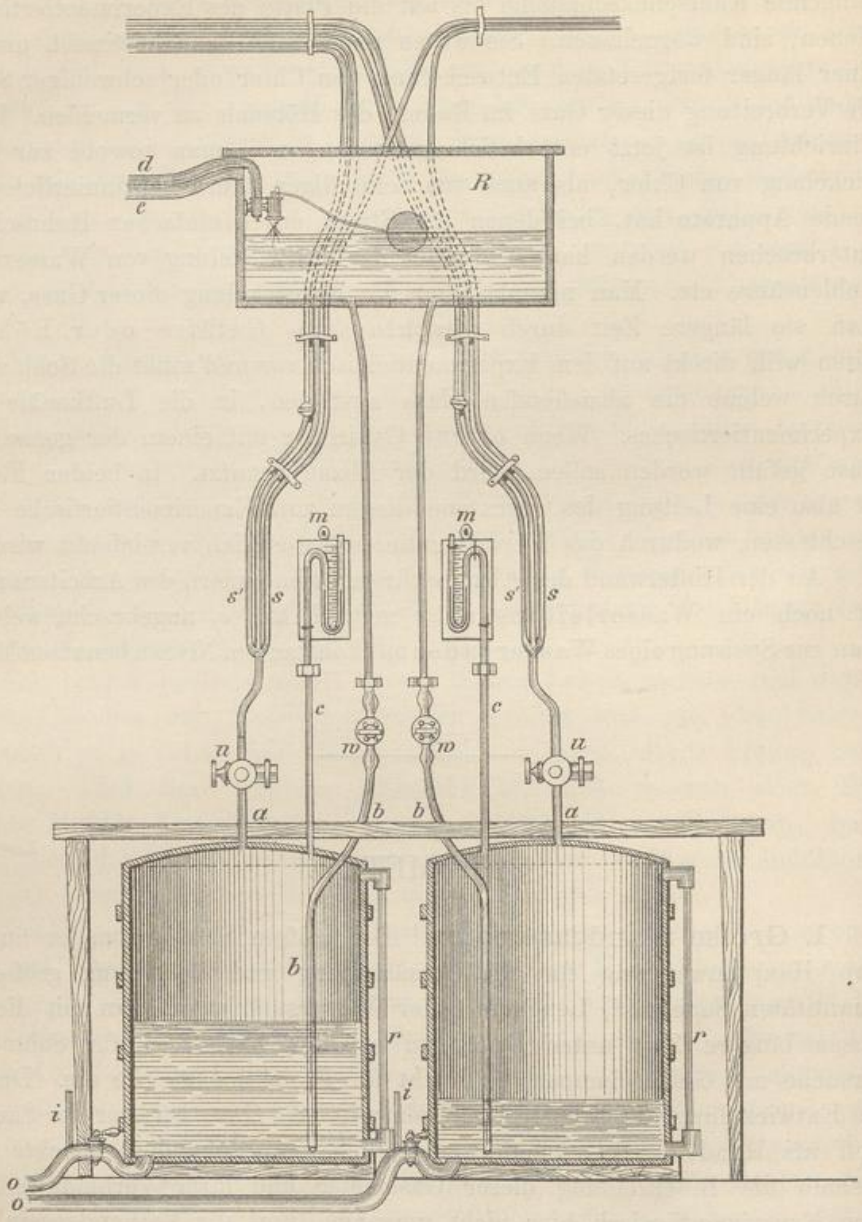


Fig. 16. Standgasometer.

durch starken Gasdruck nicht aufgetrieben werde. Sie setzen das Vorhandensein einer Wasserleitung voraus. Von dem höchsten Punkt der gewölbten Decke erheben sich die Gasableitungsröhren *a*, welche nach der

hinter den Gasometern befindlichen Wand umbiegen und an dieser bis zur Decke aufsteigen. Von hier aus biegen sie wieder nach unten um, steigen an derselben Wand hinab und werden unter dem Fufsboden in den dafür hergerichteten Kanälen *x x* bis zum Experimentiertisch (Fig. 1) geführt, wo sie mit den Hähnen *O* und *H* verbunden sind. Ein zweites Rohr *b* ist luftdicht durch die Decke des Gasometers bis fast auf den Boden desselben geführt und dient zur Zuleitung des Wassers aus einem 1,8 m oberhalb des Gasometers an der Wand befestigten Wasserkasten, welcher als Reservoir dient. Dieser Wasserkasten ist durch das Steigrohr *d* mit der Wasserleitung verbunden, so dafs sich der Wasserstand in ihm durch ein Schwimmkugelventil selbst reguliert. Ein Überlaufsrohr *e*, welches beim Versagen des Schwimmkugelventils in Wirksamkeit tritt, führt neben dem Steigrohr hinab bis zum Ausgufs. Von der oberen Wand eines jeden Gasometers führt aufserdem noch ein drittes Rohr *c* ab, welches mit einem an der Wand hängenden Quecksilbermanometer *m* verbunden ist.

Vom Boden eines jeden Gasometers geht ein zuerst knieförmig nach unten und dann etwas nach oben gebogenes Rohr *o* ab, welches mit einem leicht zu handhabenden, möglichst weiten Hahn verschlossen und mit dem Abflufs der Wasserleitung verbunden ist. Damit durch den Fall des abfliefsenden Wassers bei geöffnetem Hahne auf den Inhalt des Gasometers nicht eine saugende Wirkung ausgeübt werde, welche veranlassen könnte, dafs Gas aus demselben herausgesaugt wird, ist jene Abflufsröhre dicht neben dem Hahne mit einem 30 cm langen, 1 cm weiten, aufwärtsstehenden, oben offenen Bleirohr *i* verbunden, durch welches bei raschem Wasserabflusse Luft eingesogen wird, so dafs in dem Gasometer durch das ablaufende Wasser nur derjenige Zug ausgeübt ist, welcher der Höhe des Wasserstandes in ihm entspricht.

Die Gasableitungsröhren *a* sind ungefähr 15 cm oberhalb des Tisches mit einem T-förmig durchbohrten Hahne *u* (Fig. 16 und 17, besonders abgebildet in Fig. 18) versehen, von welchem noch ein kurzes, horizontales Rohr abgeht. Durch verschiedene Stellung (U^{I}, U^{II}, U^{III}, U^{IV}, Fig. 18) kann man die Gasometer verbinden:

1. mit der äufseren Luft durch die kleine Abströmungsröhre (U^{I}),
2. mit dem auf dem Experimentiertische befindlichen Hahne (U^{II}),
3. mit dem Experimentiertische und der äufseren Luft (U^{III}) und
4. kann man den Inhalt des Gasometers ganz abschliefsen, während man das Rohr des Experimentiertisches mit dem Abströmungsrohre verbindet (U^{IV}).

Die Ableitungsröhren *a* für das Gas müssen an der Wand bis über die Höhe des Wasserkastens hinaufgeführt werden, eine Vorsichtsmafsregel, die sich als recht notwendig erwiesen hat. Denn wenn sie

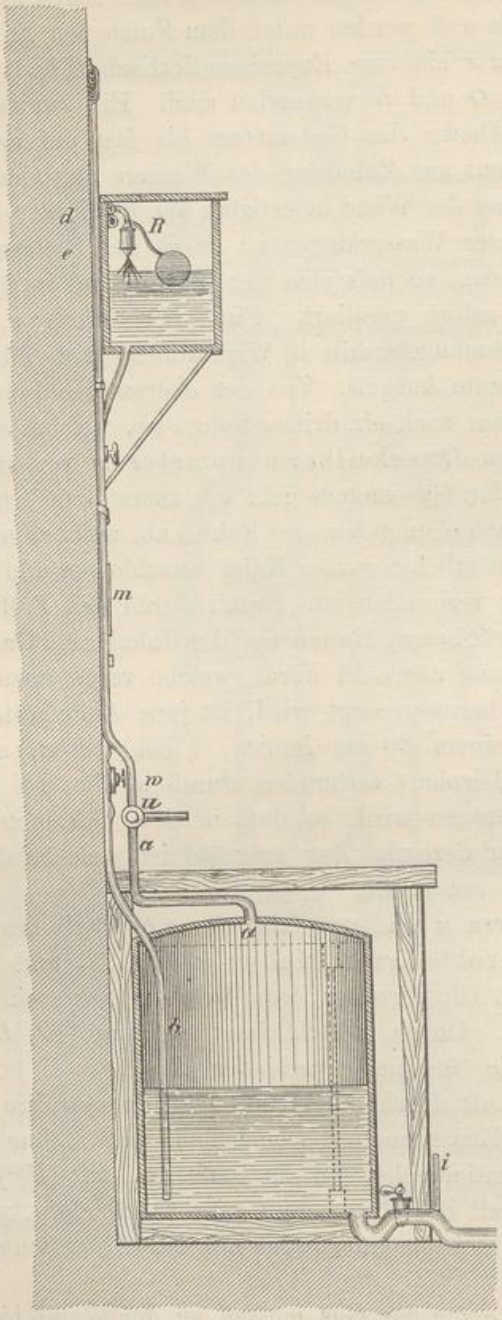


Fig. 17. Standgasometer.

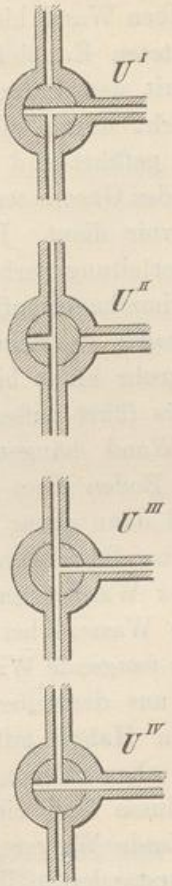


Fig. 18.

schon unterhalb desselben umbiegen, um nach dem Kanal im Fufsboden und von da zu den Hähnen *O* und *H* auf dem Experimentiertisch zu gehen, so kann es bei unaufmerksamem Arbeiten vorkommen, dafs der Wasserzufluſs durch den Hahn *w*, wenn der Gasvorrat im Gasometer erschöpft ist, nicht zeitig genug geschlossen wird, wodurch dann Wasser in die Gasableitungsröhren gelangt und diese rasch bis zu den Hähnen *H* und *O* füllt. Der Eintritt dieses höchst unangenehmen Zwischenfalls ist bei der obigen Einrichtung vermieden, weil sich die Gasableitungsröhren höchstens bis zur Höhe des Wasserstandes im Wasserkasten füllen können.

Braucht man den Sauerstoff bloſs auf dem Experimentiertisch, so ist ein einfaches Gasableitungsrohr oberhalb *u* genügend. Durch die in der Fig. 16 abgebildete Einrichtung kann man den Sauerstoff nach drei verschiedenen Stellen leiten: das mittlere oder Hauptrohr führt zum Experimentiertisch, das auf der rechten Seite abzweigende Nebenrohr *s* liefert den Sauerstoff, welcher zur Speisung der Zirkonlampe dient, wenn dieselbe für das Projektionsmikroskop auf dem Podium hinter den Sitzbänken benutzt werden soll. Es ist hier mit einem Hahn verschlossen, welcher nur beim Gebrauch der Lampen geöffnet wird. Endlich zweigt sich von dem Hauptrohr auf der linken Seite noch ein drittes Rohr *s* ab, welches nach dem Physikzimmer geführt ist und auf dem Experimentiertisch desselben endigt. Es wird benutzt, wenn im Physikzimmer mit dem Scioptikon, das ebenfalls durch eine Zirkonlampe zu erleuchten ist, gearbeitet wird. In diesem Falle wird der Hahn *o* geöffnet, welcher sonst immer verschlossen bleibt.

Die Füllung der Gasometer kann von dem Experimentiertische aus durch die auf demselben befindlichen Hähne aufserordentlich leicht und mit gröfster Sicherheit geschehen. Vor Beginn der Gasentwickelung hat man die Gasometer zuvörderst ganz mit Wasser zu füllen, indem man den Hahn bei *i* schliefst, *w* öffnet und *u* in die Stellung U^1 bringt, bis Wasser aus dem Abströmungsrohre (Fig. 18) ausfliefst. Die Art und Weise, wie man weiter bei der Füllung verfährt, wird am besten aus der Beschreibung der Sauerstoff- und Wasserstoffbereitung klar werden.

1. Sauerstoffbereitung. Hierzu dient ein eiserner Topf *p* (Fig. 19) mit fest aufschraubbarem Deckel, welchen man sich aus einem Papinischen Topfe herstellen lassen kann, wie man solche für den Küchengebrauch in jeder Eisenhandlung käuflich erhält. Das Sicherheitsventil wird abgemacht, die Öffnung fest verschlossen, und an Stelle des Dampfabblasehahns wird ein eisernes, etwa 1 cm weites umgebogenes Rohr luftdicht eingeschraubt; dies mufs lang genug sein, um eine für den Kautschukschlauch nachteilige Erwärmung zu verhüten. Ein Dreifufs und eine hinreichend grofse Lampe vervollständigen den Entwickelungsapparat. Aufserdem gehören noch eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

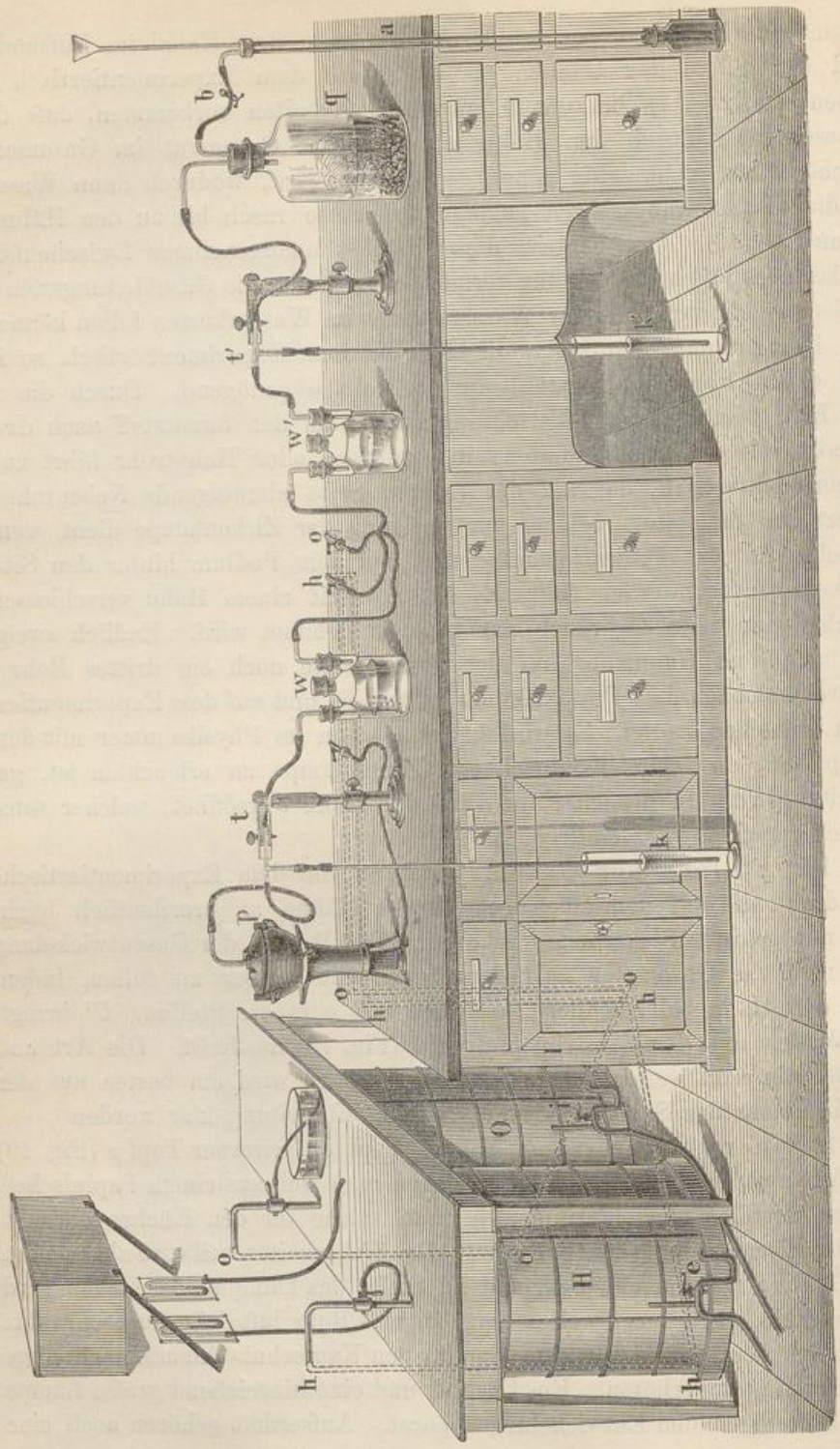


Fig. 19. Füllung der Gasometer.

T-förmige Glasröhre und eine WOULFE'sche Waschflasche *w* dazu. Das horizontale Stück des T-Rohrs, welches in den Retortenhalter *t* eingeklemmt ist, wird einerseits durch einen weiten Kautschukschlauch mit der eisernen Gasableitungsröhre und andererseits mit der Waschflasche, das senkrechte Stück mit einem etwa 1,3 m langen Glasrohr verbunden, welches fast bis auf den Fufsboden reicht und unten in einen zur Hälfte mit Wasser gefüllten Fufscylinder *k* eintaucht.* Das Gasableitungsrohr der WOULFE'schen Flasche setzt sich durch einen hinreichend weiten Kautschukschlauch mit dem Hahne *o* des Experimentiertisches in Verbindung.

Zur Füllung eines Gasometers von etwa 0,9 m Höhe und 0,6 bis 0,7 m Durchmesser, welcher etwa 300 l fafst, braucht man circa 1,20 kg chlorsaures Kali, welches man in gepulvertem Zustande mit 800 Gramm feingepulvertem Braunstein innig mischt.** Diese Mischung bringt man in den eisernen Topf, fettet den Rand (der übrigens sorgfältig aufgeschliffen sein mufs) etwas ein (doch so, dafs nichts von dem durch die Wärme schmelzenden Talg im Innern des Topfes herabfliefsen kann), schraubt den Deckel fest, bringt den Apparat in der oben beschriebenen Weise mit dem T-Rohr und der Waschflasche in Verbindung und den T-förmig durchbohrten Hahn *u* des Gasometers in die Stellung U^{IV} (Fig. 18), während man über das Abströmungsrohr ein Stück Kautschukschlauch schiebt und selbiges in eine mit Wasser gefüllte Schale (Fig. 19) eintauchen läfst. In dieser Zusammenstellung ist der Apparat für den Beginn der Gasentwickelung eingerichtet. Um sich aber von dem dichten Verschlusse aller Verbindungen zuvor zu überzeugen, schliefst man den Wasserzuflufshahn *w* (Fig. 16 und 17), bringt den Hahn *u* für einen Augenblick in die Stellung U^{II} und öffnet den Hahn *o* auf dem Experimentiertische, sowie den Wasserabflusshahn des Gasometers. Ist alles hinreichend dicht, so mufs das Wasser aus dem Fufscylinder *k* (Fig. 19) bis auf etwa 0,9 m aufsteigen und in diesem Stande unverändert verharren. Denn es bildet sich im Gasometer durch Wasserabflufs ein Vacuum, welches sich durch die Gasleitungsröhre und das Wasser der Waschflasche hindurch bis zur T-Röhre und in den Gasentwickelungsapparat fortpflanzt. Sollte der Deckel des letzteren nicht fest schliefsen, so würde ein allmähliches Sinken des Wassers in der genannten Röhre eintreten, was man zu korrigieren hätte. Nachdem man sich auf diese

* Statt dessen kann man auch einen kleinen engen, mit Quecksilber gefüllten Fufscylinder auf den Tisch setzen und das senkrechte Glasrohr entsprechend verkürzen.

** Um sicher zu sein, dafs der Braunstein mit keiner brennbaren Substanz gemischt war, prüft man eine Probe des Gemenges vor dem Einschütten in den Topf durch Erhitzen in einem eisernen Löffel; sie darf nicht verpuffen, sondern mufs ruhig Gas entwickeln.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Weise von der Dichtigkeit aller Verschlüsse überzeugt hat, bringt man den Hahn u in die Stellung U^{I}, schliefst den Wasserabflufshahn des Gasometers und öffnet den Hahn w, welcher für das abgeflossene Wasser aus dem Reservoir neues hinzubringt, bis aus dem über das Abströmungsrohr geschobenen Kautschukschlauche Wasser ausströmt. Hierauf schliefst man den Wasserhahn w, lüftet die Verbindung zwischen dem Gasentwickelungstopfe und dem T-Rohre, dreht den Hahn u in die Stellung U^{IV} und stellt die gelüftete Verbindung wieder her. Wollte man das Lüften unterlassen und den Hahn u sogleich in die Stellung U^{IV} bringen, so würde sich der Druck der äufseren Luft durch u und o bis in die Woulfe'sche Flasche fortpflanzen und die Flüssigkeit derselben durch das T-Rohr hinaus, möglichenfalls auch etwas davon in den Gasentwickelungsapparat treiben. Ist alles soweit geordnet, so leitet man die Gasentwickelung durch Untersetzen der Lampe ein. Der Sauerstoff verdrängt die Luft und treibt diese durch die Waschflasche, den Hahn u und den über das Abströmungsrohr geschobenen Kautschukschlauch ins Freie.

Der Wasserstand in k mufs höher sein, als in der Woulfe'schen Flasche, da sonst das Gas durch k entweichen würde. Man prüft nach einiger Zeit das aus dem Abströmungsrohre austretende Gas mittels eines glimmenden Spans, und sobald man Entflammung desselben beobachtet, wird der Hahn u rasch aus der Stellung U^{IV} in die Stellung U^{II} gebracht, worauf sofort das Wasser aus k in der Röhre aufsteigt, da ein partielles Vacuum im ganzen Apparat entsteht. Man hat es nun ganz in der Hand, den Druck im Apparate durch Stellung des Wasserabflufshahnes am Gasometer zu regulieren. Sind alle Verbindungen absolut dicht, so läfst man ihn während der ganzen Gasentwickelung vollständig geöffnet. Hatte sich aber bei der Prüfung eine geringe Undichtigkeit gezeigt, dadurch, dafs das Wasser in dem Sicherheitsrohre k allmählich sank, so ist es geraten, den Hahn so weit zuzudrehen, dafs das Wasser in der Röhre nur einige Centimeter über dem Wasserspiegel in k steht, wodurch die Gefahr des Eindringens von Luft durch die Undichtheit wohl ziemlich vermieden ist.

Diese Gasentwickelung ist vollkommen gefahrlos, selbst wenn sie durch starkes Erhitzen noch so rasch von statten geht. Im schlimmsten Falle könnte etwas Gas durch k entweichen; allein wenn die Durchbohrung des Wasserabflufshahnes vom Gasometer grofs genug ist, so kann auch dieser Fall nicht eintreten. Natürlich müssen alle Rohrverbindungen genügende Weite haben. Vorsichtshalber ist anzuraten, das gebogene eiserne Rohr des Gasentwickelungstopfes vor der Zusammenstellung des Apparates durch einen Putzer zu reinigen. Es setzt sich bei jeder Entwickelung feiner, durch den Sauerstoff mit fortgerissener

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Braunsteinstaub mit Wasser darin ab, was bei wiederholtem Gebrauche leicht zu einer Verstopfung führen kann.

Die Handhabung des Apparates erscheint nach der oben gegebenen Anweisung für die Stellung der Hähne etwas umständlich, allein in Wirklichkeit ist sie es nicht, und man kann sehr leicht mit einiger Übung eine solche Gewandtheit darin erlangen, dafs man zu allen beschriebenen Manipulationen nur wenige Minuten gebraucht. Zum Füllen eines Gasometers von genannter Gröfse ist, einschliesslich der Mischung, Zusammenstellung und Prüfung der Apparate, kaum eine Stunde erforderlich. Nur möchte ich hier noch darauf aufmerksam machen, dafs, solange in dem Gasometer geringerer Druck als eine Atmosphäre herrscht, kein Hahn in der Weise geöffnet werden darf, dafs das Innere des Gasometers mit der Atmosphäre in Verbindung kommt, weil sonst Luft eindringen würde. Andererseits hat man beim Auseinandernehmen des Apparates darauf acht zu geben, dafs zuerst die Verbindung zwischen Gasentwickelungsapparat und T-Röhre aufgelöst wird, weil umgekehrt leicht aus den schon angegebenen Gründen Flüssigkeit aus dem Apparate zurückgedrückt werden kann.

Als Lampe benutze ich jetzt an Stelle des früher angewendeten und in Fig. 19 gezeichneten Fünfzehnbrenners mit Vorteil eine Butzkelampe mit 3 Brennerringen, welche in dem Abschnitte „Lampen“ beschrieben und abgebildet ist. Anfangs wird nur der innere Ring geöffnet, und allmählich werden erst die beiden äufseren mit in Thätigkeit gesetzt, was einfach durch allmähliches Aufdrehen des Hahnes erfolgt. Wenn sich der ganze Apparat bei der Prüfung als vollkommen dicht erwiesen hat und man infolgedessen den Wasserabflufshahn des Gasometers ganz offen lassen kann, und man überdies die Lampe nicht zu schnell ganz aufdreht, so vollendet sich die Gasentwickelung dauernd bei Unterdruck mit aufserordentlicher Gleichmäfsigkeit und geht ohne Zwischenfall so ruhig zu Ende, dafs sie gar keiner weiteren Aufmerksamkeit bedarf.

2. Wasserstoffentwickelung. Hierzu gehört eine etwa vier Liter fassende, mit doppeltdurchbohrtem Korke verschlossene Flasche q und eine mit derselben verbundene Waschflasche w' (Fig. 19). Letztere wird, wie bei der Sauerstoffentwickelung, mit dem Hahne h des Experimentiertisches verbunden. Die zweite Durchbohrung des Korkes der Flasche q ist mit einem bis fast auf den Boden von q reichenden Glasrohre versehen, welches durch einen Kautschukschlauch mit Quetschhahn b mit der aus der Figur deutlich zu ersehenden Einrichtung a verbunden ist. Nachdem man den Wasserstoffgasometer ganz mit Wasser gefüllt und den Apparat in der angegebenen Weise auf seine Dichtigkeit geprüft hat, leitet man die Gasentwickelung dadurch ein, dafs man den Quetschhahn b öffnet und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Salzsäure durch den Trichter von *a* eingiefst. Sobald die Entwickelung hinreichend lebhaft ist, schliefst man *b* und überläfst den Apparat sich selbst, bis neues Nachgiefsen von Säure nötig wird. Um dies auszuführen, füllt man erst den Trichter vollständig mit Säure und öffnet dann den Quetschhahn, worauf die Säure durch *b* und *a* eingesogen wird. Füllt sich die Flasche *q* im Laufe der Entwickelung zu stark, so entleert man sie folgendermafsen: der Kautschukschlauch, der mit dem Hahne *b* geschlossen ist, wird von der Röhre *a* abgezogen, während der Quetschhahn geschlossen bleibt. Dann hängt man das Ende des Schlauches in ein leeres Gefäfs, fafst den Quetschhahn mit der Hand, um ihn jeden Augenblick öffnen zu können, drückt den Schlauch, welcher *q* und *t'* verbindet, mit den Fingern fest zusammen und öffnet den Quetschhahn *b*, worauf durch den Druck des sich entwickelnden Wasserstoffgases die Flasche sehr rasch entleert wird; dann läfst man den Quetschhahn sich wieder schliefsen, hebt den Druck zwischen *q* und *t'* auf, schiebt das abgezogene Schlauchende wieder auf die Röhre von *a* und läfst durch Öffnen des Quetschhahnes wieder neue Säure aufsaugen.

Auch diese Gasentwickelung ist aufserordentlich rasch und bequem auszuführen. Man wird aber selten in der Lage sein, Wasserstoffgas in solchen Quantitäten zu gebrauchen, da man statt dessen in den meisten Fällen, so namentlich bei Versuchen mit dem Sauerstoffgebläse, Leuchtgas anwenden und den Gasometer, wenn nötig, damit füllen kann. Hierüber etwas anzuführen, ist kaum nötig, da man die Füllung einfach dadurch erreicht, dafs man den Hahn *II* des Experimentiertisches durch einen Kautschukschlauch mit einem der Gashähne verbindet, beide Hähne öffnet, *u* in die Stellung U^{II} bringt und den Wasserabflufshahn des Gasometers aufmacht. Nur überzeuge man sich, dafs nicht durch irgend einen falschen Griff oder eine falsche Hahnstellung (z. B. dadurch, dafs man den Hahn *u* in die Stellung U^{III} oder U^{IV} bringt) Luft mit eingesogen werden kann, oder dafs nicht etwa vor dem Einleiten des Gases noch Luft in dem Gasometer vorhanden war.

2. Grofse Glockengasometer. Da der Besitz gröfserer Gasometer viele Versuche in hohem Grade erleichtert, die hier beschriebenen aber nur da, wo eine Wasserleitung vorhanden ist, benutzt werden können, so lassen sich in Ermangelung einer solchen auch Glockengasometer (Fig. 20 und 21) anwenden. Die Einrichtung derselben ist allerdings viel einfacher und die Herstellung weniger kostspielig, dagegen sind sie nicht ganz so bequem zu handhaben, wie die oben beschriebenen. Kleinere Exemplare dieser Art werden aus Zinkblech, gröfsere aus Eisenblech hergestellt. Die Glocke taucht in Wasser, welches ein für allemal in dem Apparate bleibt und, wenn nötig, mit einer Ölschicht bedeckt werden kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bei der Füllung erleichtert man die Glocke durch Anbringung eines entsprechenden Gegengewichts, während man beim Gebrauch das Gewicht entweder ganz oder zum Teil abnimmt oder auch, wenn nötig, die Glocke durch Auflegen von Gewichten noch beschwert. — Unter Umständen

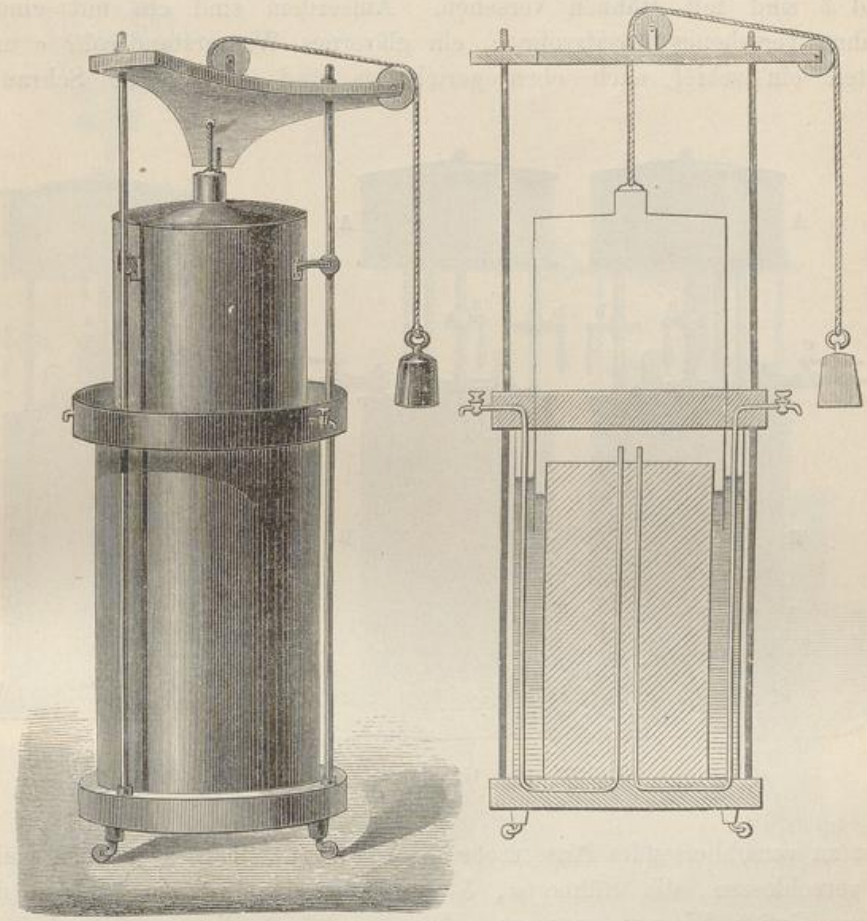


Fig. 20 und 21. Grofser Glockengasometer.

können kleinere Apparate dieser Art sogar vorteilhafter sein, als die vorher beschriebenen Standgasometer, da man sie nach Anbringung von Rollen mit Leichtigkeit von einem Orte zum anderen fahren kann, während erstere am Orte feststehen.

Wo die Verhältnisse die Anschaffung gröfserer Gasometer der einen oder anderen Art nicht gestatten, ist man auf die Benutzung der bekannten kleineren angewiesen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Kleine Gasometer verschiedener Form. In Figur 22 bis 24 ist der Pepys'sche Gasometer abgebildet. Ein cylindrisches geschlossenes Blechgefäfs *B* ist mit einem offenen Blechgefässe *A* durch zwei Röhren *a* und *b* in einer Weise, die sich aus den Figuren leicht erkennen läfst, verbunden; die dritte Röhre dient nur als Stütze: *a* und *b* sind mit Hähnen versehen. Aufserdem sind ein mit einem Hahne versehenes Ansatzrohr *c*, ein gläsernes Wasserstandsrohr *e* und unten ein schief nach oben gerichtetes und durch eine Schraube

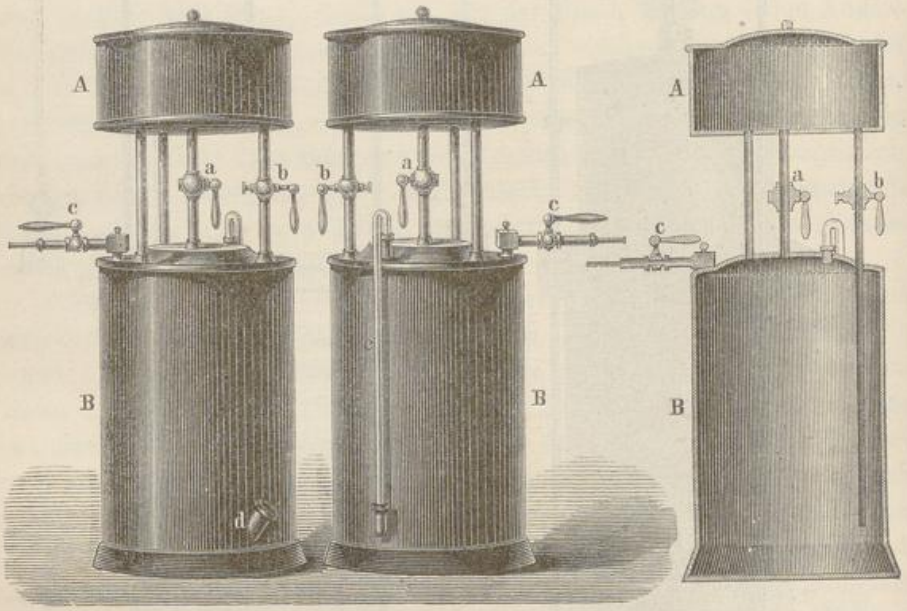


Fig. 22—24. Gasometer nach Pepys.

fest zu verschliefsendes Ansatzrohr *d* vorhanden. Beim Gebrauche bleibt *d* verschlossen, die Hähne *a*, *b* und *c* werden geöffnet und in das obere Gefäfs Wasser gegossen. Dies verdrängt die in *B* enthaltene Luft durch *c*. Ist *A* ganz mit Wasser gefüllt, so werden alle Hähne geschlossen, der Gasometer über eine Wanne gestellt, der Verschlufs von *d* abgeschraubt und das Gasentwickelungsrohr in das offene Ansatzrohr eingeführt. Das Gas steigt im Gefäfse *A* auf, sammelt sich darin an und verdrängt das Wasser, welches ausfliefst. Zuletzt wird *d* wieder verschraubt.

Die einfachste und billigste Form des Pepis'schen Gasometers zeigt Fig. 26. Der Apparat ist aus Zinkblech, unlackiert und hat statt des oberen Wassergefäfses nur einen Trichter.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Figur 25 ist ein Glasgasometer, nach demselben Prinzip konstruiert.

Figur 27 endlich stellt einen kleineren Glockengasometer zum Gebrauche auf dem Experimentiertische dar, dessen innere Einrichtung mit Figur 20 und 21 übereinstimmt.

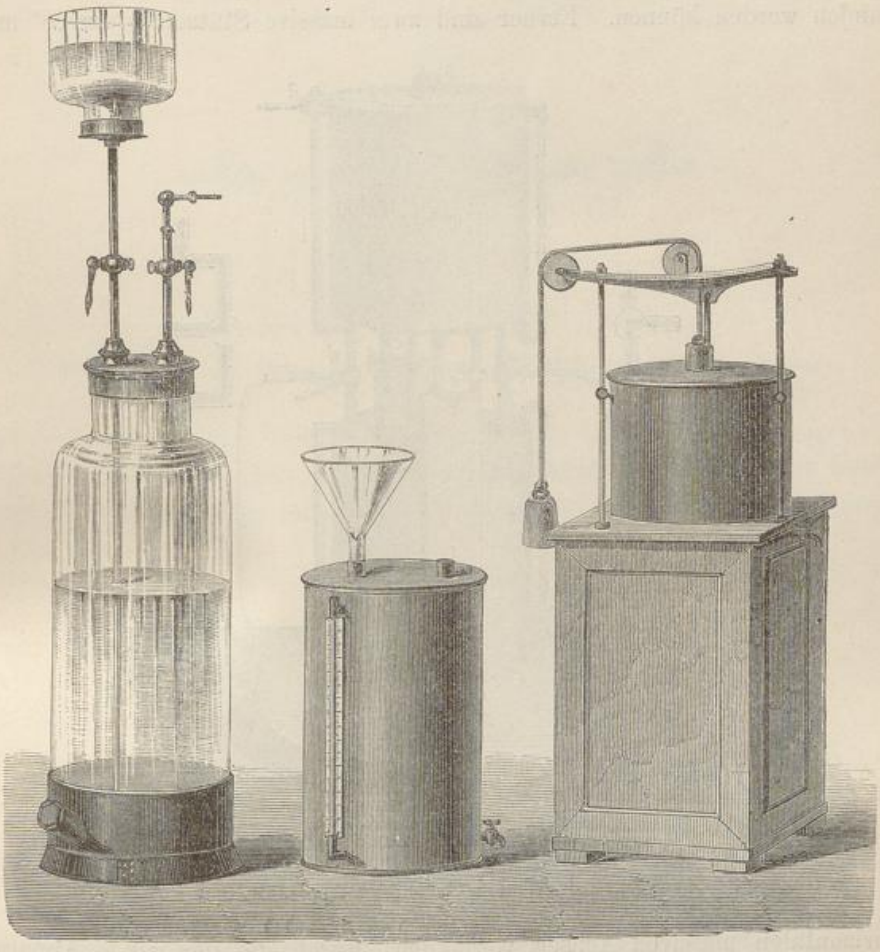


Fig. 25—27. Glasgasometer. Zinkblechgasometer. Kleiner Glockengasometer.

4. Wendegasometer. Ein zu vielen Zwecken verwendbarer Gasometer, der zugleich als Aspirator dienen kann, ist in Figur 28 abgebildet. Derselbe besteht aus zwei hohlen Trommeln aus Kupferblech, A, A', jede mit einem Wasserstandsrohr versehen und durch die Röhren a, a', b, b' in folgender Weise miteinander verbunden: a' reicht von dem Deckel der oberen Trommel bis beinahe zum Boden der unteren, a vom Boden der oberen bis zum Deckel der unteren. Beide sind mit einfach durchbohrten

Hähnen versehen. b und b' verbinden die beiden Deckel der Gasometer und tragen in ihrer Mitte zwei rechtwinkelig durchbohrte Hähne (siehe die nebenstehenden Detailzeichnungen). Von dem Rohre b' gehen zwei rechtwinkelig umgebogene Röhren zu den Hähnen d und d', durch welche sie mit dem Boden der oberen, bezw. unteren Trommel verbunden werden können. Ferner sind zwei massive Stützen c und c' mit

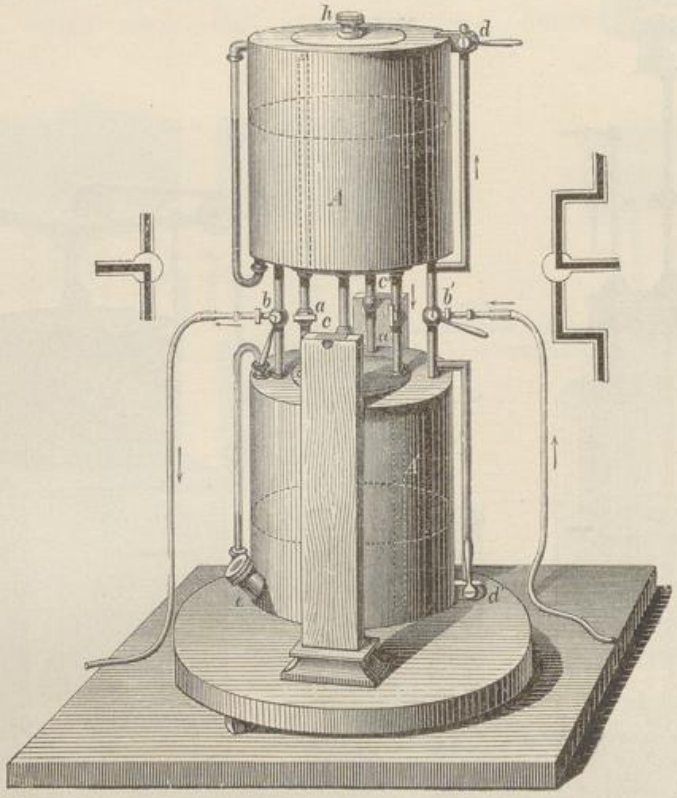


Fig. 28. Wende-Gasometer-Aspirator.

horizontalen massiven Achsen vorhanden, durch die der ganze Apparat drehbar aufgehängt werden kann. Statt dessen können auch die Hahnröhren b und b', entsprechend verdickt, als Drehachsen benutzt werden. Diese Achsen endigen dann aufserhalb in Gasausströmungsröhren und können hier mit Kautschukschläuchen verbunden werden. Man fülle die obere Trommel durch h, während alle Hähne geschlossen sind, mit Wasser und schraube h wieder zu; dann bringe man die Hähne in die in der Figur bezeichnete Stellung. Man übersieht leicht, dafs, während das Wasser aus A durch a' nach A' abfliefst, Luft durch b' eingesaugt und durch b ausgeblasen werden mufs. Sobald alles Wasser hinuntergeflossen ist, dreht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

man a' und d zu und bringt die Hähne b und b' in eine solche Stellung, dafs ihre Hebel genau horizontal stehen. Dadurch werden die beiden Trommeln vollständig voneinander getrennt. Nun wendet man den Apparat um, öffnet zunächst den Hahn b, dann der Reihe nach a', d'

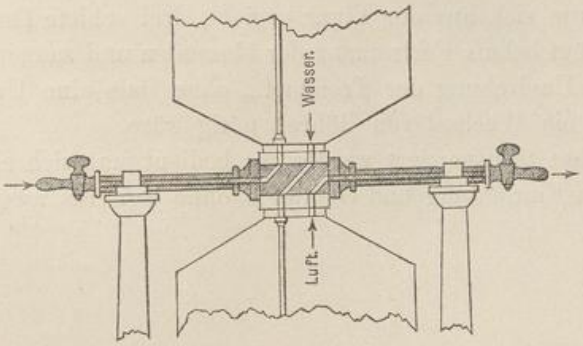


Fig. 29. Wende-Gasometer-Aspirator nach H. Schiff und Marangoni.

und b', wonach die Luft wieder wie vorher in beiden Richtungen zu strömen beginnt. — Man kann den Apparat auch als gewöhnlichen Gasometer benutzen, indem man ihn folgendermafsen füllt: die volle Trommel

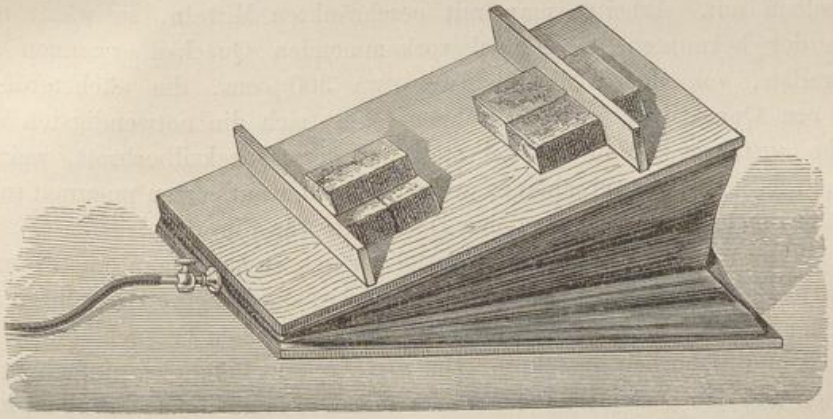


Fig. 30. Kautschukbeutel für Gase.

wird nach oben gebracht, der Wasserabflufshahn geöffnet, ebenso der Gasausströmungshahn für die untere Trommel, dann verbindet man den Saughahn b' mit der Gasentwickelungsflasche und öffnet rasch jenen, sowie den Hahn d. Die Gasentwickelung darf hierbei selbstverständlich nicht rascher sein, als das Wasser aus A nach A' abfliefsen kann; um deshalb vor Störungen bewahrt zu sein, schaltet man mittels eines

T-Rohres eine Sicherheitsröhre ein, wie bei dem Füllen der grofsen Gasometer (Fig. 19).

Einfacher wird der Zweck des vorbeschriebenen Apparates durch die in Figur 29 dargestellte Konstruktion von H. Schiff und Marangoni* erreicht. Der Luftstrom tritt auch hier durch die Drehungsachse ein und aus, welche, wie sich aus der Figur ergiebt, drei schiefe Durchbohrungen hat; hier genügt behufs Fortsetzung der blasenden und saugenden Wirkung eine einfache Umdrehung der Trommeln, ohne dafs eine Umstellung von Hähnen oder ein Wechsel von Röhren nötig wäre.

Sollen Gase transportiert werden, so bedient man sich eines Gummisacks, dessen Einrichtung und Gebrauch ohne weiteres aus der Figur 30 ersichtlich ist.

QUECKSILBER.

Arbeiten mit Gasen über Quecksilber können in keinem Laboratorium umgangen werden. Die dazu nötigen Apparate müssen überall vorhanden sein. Der hohe Preis des Quecksilbers spricht aber bei der Auswahl derselben mit. Arbeitet man mit beschränkten Mitteln, so wählt man eine der bekannten im Handel vorkommenden Quecksilberwannen aus Porzellan, von denen die kleinste etwa 300 ccm, die nächstgröfsere 500 ccm Quecksilber fafst. Mit ihnen lassen sich die notwendigsten Versuche ausführen. Man arbeitet stets auf dem Quecksilberbrett, welches man, wie Seite 18 vorgeschlagen wurde, über der entleerten pneumatischen Wanne nach der Entfernung der Deckplatte für diese einlegt.

Wenn man über reichlichere Mittel verfügt, so kann man eine eiserne Wanne mit Senkrohr anwenden, in welches sich längere Glasröhren eintauchen lassen. Hiermit lassen sich alle eudiometrischen Versuche mit Leichtigkeit und Sicherheit ausführen. Um den Apparat möglichst einfach zu gestalten und den Quecksilberbedarf aufs äufserste Mafs einzuschränken, kann man etwa folgende Gröfsenverhältnisse einhalten. Die Wanne ist rechtwinkelig aus Gufseisen, im Lichten 15 cm lang und 6 cm breit. Der Boden steigt treppenförmig auf, wodurch das Innere der Wanne ihrer Länge nach in drei Abteilungen von abnehmender Tiefe geteilt wird. Die tiefste Abteilung ist 6 cm breit; sie reicht bis auf den Boden; die Stufe der zweiten Abteilung ist 2 cm hoch und 4 cm breit. Die zweite Stufe ist

* *Zeitschr. f. anal. Chemie*, Bd. 26, S. 331. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 885.

ebenfalls 2 cm hoch und 5 cm breit. Die beiden Längswände der Wanne sind ausgeschnitten und mit starken, dicht eingesetzten Glasplatten verschlossen. In der Mitte der tiefsten Abteilung ist das Senkrohr von unten her in den Boden fest eingeschraubt. Es ist aus Schmiedeeisen, im Lichten 2—2½ cm im Durchmesser und so lang, dafs es, wenn die Wanne auf dem Quecksilberbrett steht, bis auf den Boden der (entleerten) pneumatischen Wanne reicht. Hat letztere die auf Seite 17 angegebene Tiefe, so kann man, wenn die Wanne bis zur zweiten Stufe gefüllt ist, die Röhren bis zu 70 cm Quecksilberdruck einsenken, was für eudiometrische Versuche unter allen Umständen ausreichend ist. Zum Füllen des Senkrohrs in der Wanne bis zur zweiten Stufe sind dann etwa 450 ccm Quecksilber nötig, und rechnet man noch 350 ccm für die Füllung der einzusenkenden Apparate, so reicht man im ganzen mit einem Quecksilbervorrat von 800 ccm aus. Diese Gröfsenverhältnisse sind freilich sehr beschränkt und für das Experimentieren nicht besonders vorteilhaft. Ich empfehle daher eine Wanne von 10—12 cm Breite und 24 cm Gesamtlänge (im Lichten) mit Stufen von je 2 cm Höhe und 6, bezw. 10 cm Breite. Der Quecksilberbedarf zur Füllung bis zur zweiten Stufe einschliefslich des Senkrohrs beträgt dann 900—1200 ccm.

Wenn die Wanne zu gleicher Zeit für physikalische Versuche, z. B. zur Demonstration des Verhaltens der Dämpfe im Vacuum dienen soll, so giebt man dem Senkrohr eine Tiefe von 80 cm und setzt die Wanne auf ein vierbeiniges festes Tischchen von entsprechender Höhe, mit durchbohrtem Tischblatt.

Die in gröfseren Laboratorien gebräuchliche Einrichtung zum Auf- und Abschrauben der Wanne und Versenken derselben unter das Tischblatt mittels Zahnstange und Trieb ist hier weggelassen, da sie die ganze Einrichtung sehr verteuern würde und für Schulzwecke entbehrlich ist. Ebenso ist von der Einrichtung eines Quecksilberablaufs durch ein in dem Quecksilberbrett angebrachtes seitliches Loch in ein untergestelltes Gefäfs Abstand genommen, weil bei Benutzung der pneumatischen Wanne als Senkraum diese Einrichtung nicht leicht auszuführen ist und bei mangelnder Vorsicht auch leicht Quecksilber in die letztere gelangen und zum Verderben derselben Anlafs geben könnte. Das Quecksilberbrett ist im Gegenteil ganz dicht und die Vertiefung desselben nach allen vier Seiten etwas geneigt (s. S. 18), damit jede Gefahr des Eindringens von Quecksilbertröpfchen in die für das Senkrohr vorhandene Durchbohrung vermieden ist. Da die ganze Einrichtung nur zeitweilig gebraucht wird, so wird die Wanne nach jedesmaliger Benutzung entleert, zuerst durch Ausschöpfen und dann durch Ausgiefsen in einen breiten und flachen Porzellannapf und aus diesem mittels Trichter in das für das Quecksilber bestimmte

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Standgefäfs. Das in das Quecksilberbrett übergelaufene Quecksilber läfst sich ebenfalls durch Ausgiefsen leicht beseitigen.

Am Ende dieses Werkes sind mehrere schöne Versuche über Verbrennung, Dissoziation und volumetrische Umwandlung von Gasen beschrieben, zu deren Ausführung das Quecksilberbrett noch mit einer Aufhängevorrichtung für Röhren zu versehen ist. Diese wird dort beschrieben werden und es sei hiermit darauf verwiesen.

Reinigung von Quecksilber. a) Reinigung durch Filtration. Ist das Quecksilber blofs mechanisch verunreinigt, z. B. durch Oxydstaub u. dgl., so genügt eine ein- oder mehrmalige Filtration. Das Filter wird aus festem Schreibpapier hergestellt und unten ganz nahe über seiner Spitze von innen nach aufsen mit einer feinen Nähnadel einmal durchstochen. Man setzt es in einen passenden Trichter und gieſst es voll Quecksilber, welches dann in feinen Tröpfchen durch das Loch rinnt, während schliefslich die Verunreinigungen am Papier hängen bleiben.

Um mechanisch verunreinigtes Quecksilber durch Leder zu filtrieren, bedient man sich eines von Pfaundler* konstruierten Apparates, welcher aus einer ziemlich engen eisernen Röhre mit oben aufgekittetem Glastrichter besteht. Der unterste Teil der Röhre ist cylindrisch erweitert und an seinem Ende mit einem Schraubengewinde versehen, auf welches eine Überwurfschraube, mit Abflufsöffnung in der Mitte versehen, aufgesetzt werden kann. In diesem erweiterten Teil werden einige Scheibchen sämisch gegerbten Leders durch die Schraube so eingeklemmt, dafs das Quecksilber an den Rändern derselben nicht vorbeidringen kann. Füllt man den Apparat mit dem zu filtrierenden Quecksilber, so wird es durch eigenen Druck durch das Leder gepreſst und läuft in höchst feinen Tröpfchen unten ab. Der ganze Apparat ist in einem geeigneten Holzgestell zu befestigen und so aufzustellen, dafs das untere Ablaufende beinahe den Boden des Aufnahmegefäfses berührt, um dadurch eine etwaige Oxydation der feinen Quecksilbertröpfchen durch die Luft zu verhüten.

b) Reinigung auf chemischem Wege. Enthält das Quecksilber fremde Metalle (Zink) aufgelöst, welche durch den Gebrauch hineingekommen sind, so schüttelt man dasselbe mit verdünnter Salpetersäure oder auch mit einer konzentrierten Lösung von Eisenchlorid (Lothar Meyer), die mit dem vierfachen Volumen Wasser verdünnt ist, wäscht dann mit Wasser gehörig aus, gieſst das Wasser ab, befreit das Quecksilber in einer offenen Schale durch Filtrierpapier von dem anhaftenden Wasser und trocknet es durch Erwärmen. Das reine Metall mufs über eine trockene Porzellan- oder Glasfläche laufen, ohne daran zu adhärieren.

* *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 473.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hat man gröfsere Mengen Quecksilber zu reinigen, so bedient man sich eines von Lothar Meyer angegebenen Apparates.* Derselbe (s. Tafel am Ende dieses Werkes Fig. 28) besteht aus einer 1,3—1,5 m langen und etwa 3 cm weiten Glasröhre, deren unteres Ende schräg abgeschliffen ist. Sie steht mit letzterem auf dem Boden eines starkwandigen Glasgefäfses, dessen innere Weite 5 cm, und dessen Höhe 13—15 cm beträgt; etwa 1 cm unterhalb des oberen Randes ist ein seitliches Ausflufsrohr angeschmolzen. Die lange Glasröhre wird durch ein festes Stativ gehalten, welches aufserdem oberhalb der Röhre noch ein etwa 2 cm langes, 3 cm weites, unten mit einem Ausflufshahne versehenes Glasrohr trägt, das zur Aufnahme des zu reinigenden Quecksilbers bestimmt ist (hierzu läfst sich das untere Ende eines weiten Bürettenrohres anwenden, das man unten mit Kautschukschlauch, feiner Ausflufsröhre und Schraubenquetschhahn versieht). Das unterste weite Glasgefäfs wird zuvörderst zu etwa $^1/_3$ mit Quecksilber und dann die lange offene Röhre mit Eisenchloridlösung gefüllt. Man stellt den Hahn so, dafs das Quecksilber in ganz dünnem Strahle aus der Ausflufsspitze des Bürettenrohres fliefst und in Form feiner Tröpfchen in die Eisenchloridlösung fällt. Indem es diese durchsinkt, lösen sich die fremden Metalle; die feinen Tröpfchen werden durch den Druck der Quecksilbersäule vereinigt und fliefsen in dem Mafse, wie das unreine Quecksilber von oben zufliefst, aus der seitlichen Ausflufsröhre ab. Sollte es nach einmaligem Durchfliefsen noch nicht rein genug erscheinen, so gieſst man es oben noch einmal auf. War das Quecksilber so verunreinigt, dafs es die Ausflufsröhre verstopft, so filtriert man es zuerst durch ein Papierfilter (s. o.). Das Auswaschen mit Wasser, Abtrocknen etc. geschieht wie oben angegeben. Um es vom Wasser völlig zu befreien, wird es im Vakuum getrocknet.

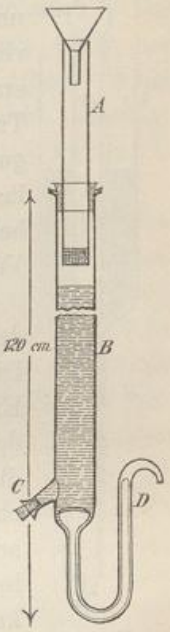


Fig. 31.

Um das Quecksilber vor dem Einfallen in die zum Reinigen bestimmte Flüssigkeit vorher möglichst fein zu verteilen, läfst man dasselbe nach Karsten** zunächst durch ein Rohr *A* (Fig. 31) laufen, in welches unten ein Stück Bambusrohr dicht eingekittet ist. Hierdurch werden zugleich die mechanischen Verunreinigungen zurückgehalten. Das Rohr *B* ist 4 cm weit, 120 cm lang, am unteren Ende verengt und um-

* *Berichte der Deutschen Chem. Gesellschaft*, Bd. 12, S. 437. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 474.

** *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, Bd. 8, S. 135. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 651.

gebogen. Dieser untere, U-förmig gekrümmte Teil wird mit Quecksilber gefüllt und darüber verdünnte Salpetersäure (1 Teil konzentrierte Säure und 50 Teile Wasser) gegossen. Hält man das Rohr *A* durch Nachgiefsen immer gefüllt, so läuft das gereinigte Quecksilber unten kontinuierlich durch *D* ab. Die verunreinigte Säure kann durch *C* abgelassen und durch neue ersetzt werden.

Nach Brühl* wendet man zur Reinigung Chromsäuremischung an, welche man durch Auflösung von 5 g Kaliumdichromat unter Zusatz von etwa 5 ccm Schwefelsäure in 1 l Wasser dargestellt und mit dieser Flüssigkeit das Quecksilber tüchtig schüttelt. Das Metall verwandelt sich hierdurch teilweise und vorübergehend in rotes Chromat, und man hat so lange zu schütteln, bis dieses rote Pulver wieder verschwunden ist und die wässerige Lösung schön grün gefärbt erscheint. Durch Waschen mit Wasser und darauffolgendes Trocknen und Filtrieren (wie oben beschrieben) wird die Reinigung vollendet. Die Apparate von L. Meyer und Karsten lassen sich für diese Reinigungsflüssigkeit nicht anwenden, weil beim bloſsen Durchfliefsen des Quecksilbers durch dieselbe der Verlust viel gröfser ist als beim Schütteln.

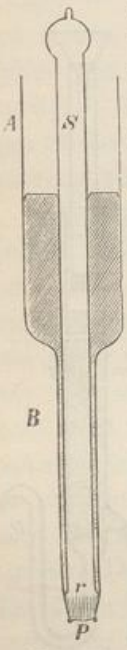


Fig. 32.

In neuester Zeit ist von Palmaer** der in Fig. 32 abgebildete Apparat zum Reinigen des Quecksilbers empfohlen worden. Die Figur stellt denselben in ¼ der natürlichen Gröfse dar. Er besteht aus einem cylindrischen Glasgefäfs *A*, welches an der engeren Röhre *B* angeschmolzen ist. In der unteren Mündung der letzteren ist ein Glaspfropf *P* eingeschliffen, auf welchem etwa 40—50 feine Ritze *r* angebracht sind. Durch den angeschmolzenen Glasstab *S* kann *P* leicht eingesetzt und dann herausgenommen werden. Nachdem der Apparat in die Flüssigkeit (verdünnte Salpetersäure, Eisenchloridlösung etc.) eingetaucht ist, welche die beigemengten Metalle auflösen soll, gieſst man in *A* Quecksilber ein; sobald eine Drucksäule von etwa 7 cm erreicht ist, wird durch *r* das Quecksilber als in der Flüssigkeit aufsteigender feiner Regen hindurchgepreſst.

Auch durch einen längere Zeit hindurchzusaugenden Luftstrom läſst sich Quecksilber, welches oxydierbare Metalle enthält, von diesen befreien. Nach Craft*** dient hierzu eine 1,5 m lange und 5 cm weite

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 12, S. 576. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 474.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft, Bd.* 32, 1391. — *Chem. Centr.-Blatt* 1899, II, S. 81.

*** *Bulletin de la soc. chimique de Paris*, Bd. 49, S. 856. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 845.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Glasröhre, welche in einer schwach geneigten Holzrinne liegt. Sie ist an ihrem unteren Ende mit einem Stöpsel verschlossen, welcher ein senkrecht nach oben gebogenes Trichterrohr zum Nachfüllen von Quecksilber und ein zweites Rohr mit Hahn zum Ablassen desselben trägt. Das obere Ende der Röhre ist verschlossen und durch ein Glasrohr mit der Wasserluftpumpe verbunden. Man füllt die Röhre mit Quecksilber, setzt die Pumpe in Thätigkeit und saugt 24 Stunden lang Luft durch das Quecksilber. Die verunreinigenden Metalle, welche meistens aus Blei, Zinn und Zink bestehen, werden hierdurch vollständig oxydiert und schwimmen als Oxyde, mit Quecksilber gemischt, als schwarzer Staub obenauf; das Quecksilber erscheint spiegelblank und wird unten abgelassen. Der Apparat kann von frischem gefüllt werden, ohne dafs man nötig hat, den Oxydstaub vorher zu entfernen. Silber wird auf diese Weise aus dem Quecksilber, wenn es darin enthalten ist, nicht beseitigt. Craft hat aber nie mehr als höchstens 0,01 g Silber in 1 kg Quecksilber gefunden.

c. Reinigung durch Destillation. Im Vakuum erfolgt die Destillation des Quecksilbers schon bei gelinder Wärme und läfst sich auf verschiedene Weise durch mehr oder weniger komplizierte Apparate ausführen.

Am einfachsten erscheint das Verfahren von Bohn,* welcher dazu ein gewöhnliches enges eisernes Gasleitungsrohr von 1,70 m Länge benutzt und dasselbe zu einem Hebel mit zwei parallelen Schenkeln von 0,90 bezw. 0,78 cm Länge und verbindendem Zwischenteil von 2 cm Länge umbiegt. Beide Schenkel werden mit reinem Quecksilber gefüllt, mit den Fingern verschlossen und umgekehrt in zwei Gefäfse *A* und *B* unter Quecksilber getaucht. Das hierdurch entstehende Doppelbarometer wird in geeigneter Weise befestigt, dann das Quecksilber aus dem Gefäfse *A*, in welches der kürzere Schenkel taucht, bis auf wenige Millimeter ausgeschöpft, so dafs nur eben noch die Öffnung des Hebers geschlossen ist, und dann das längere Rohr etwa 7 cm unter der Quecksilberoberfläche durch die Flamme eines Bunsenbrenners, welchen man unter stumpfem Winkel daran spielen läfst, erhitzt, worauf das Quecksilber alsbald zu sieden beginnt und in den kürzeren Schenkel überdestilliert. Das zuerst aus dem Gefäfs *A* sich ansammelnde Quecksilber wird ausgeschöpft und nach *B* zurückgegossen, bis das Destillat etwa die 6—10fache Menge des ursprünglich in dem Schenkel vorhandenen Quecksilbers beträgt, und dann hat man nur dafür zu sorgen, dafs das Gefäfs *A* zeitweilig entleert und *B* zeitweilig gefüllt wird.

* *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, Bd. 7, S. 389. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 163.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Einen Destillationsapparat anderer Form beschreibt KARSTEN*. In den Hals einer abgesprengten Flasche *C* (Fig. 33) ist ein 145 cm langes und (von aufsen) 1 cm weites Rohr mittels Kork dicht eingesetzt; das untere Ende desselben ist bei *D* umgebogen. Ein zweites 80 cm langes und 15 mm weites Glasrohr *B*, oben zu einer Kugel erweitert, ist, wie die Figur zeigt, über *D* gesteckt. Zu beachten ist, dafs das innere Rohr etwa 40 cm von seinem oberen Ende ab kapillar verengt ist, wie Fig. 34 in natürlicher Gröfse zeigt. Man gieſst nun das Gefäfs *C* voll Quecksilber, setzt *D* mit der Luftpumpe in Verbindung und evakuiert langsam, während man vorsichtig soviel Quecksilber in *C* nachgieſst, dafs dasselbe tropfenweise oben aus der Kugel von *B* in das engere Rohr überflieſst. Dies wirkt durch seine Verengung als SPRENGEL'sche Pumpe und stellt ein vollkommenes Vakuum her. Man löst jetzt die Verbindung mit der Luftpumpe und erwärmt die Kugel durch einen Ringbrenner, worauf sofort die Destillation beginnt und ununterbrochen fortgeht. Der Stand des Quecksilbers in *B* hängt vom Barometerstand ab; wenn letzterer aber nicht allzusehr wechselt, kann man den Apparat Tag und Nacht gehen lassen und braucht in 24 Stunden nur etwa 2—3 mal Quecksilber nachzugieſsen. Durch ein zweites Gefäfs, das man mit *C* durch einen Heber oder sonstwie verbindet, kann man übrigens für kontinuierlichen Nachfluſs von Quecksilber sorgen. Der Apparat destilliert bei einem Gasverbrauch von 40 l pro Stunde reichlich 250 g Quecksilber.

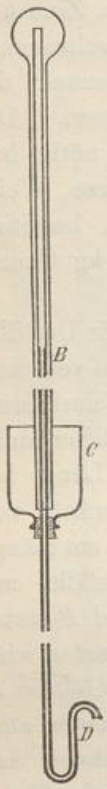


Fig. 33.

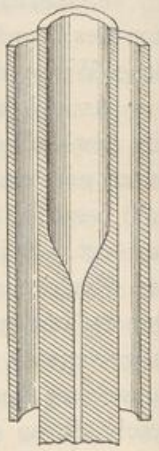


Fig. 34.

Zu gleichem Zweck dient der Apparat von NEBEL**, welcher in Fig. 35 abgebildet ist und von seinem Erfinder folgendermafsen beschrieben wird. An einem festen hölzernen Rahmen ist der aus einem Stück bestehende Glasapparat *m a c g h* befestigt. Das Rohr *m* ist 6,5 mm weit und mündet in ein retortenartiges Rohr *a* von 42 mm Weite und 95 mm Länge. Aus *a* führt das nach unten umgebogene, 6,5 mm weite Rohr *b c d* ab, welches sich in das 1,3 mm weite Rohr *d e* verlängert; letzteres ist unten umgebogen und endigt in die 15 mm weite Kugel *f*, welche den 33 mm langen

* *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, Bd. 8, S. 135. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 651.

** *Repertorium der Physik*, Bd. 23, S. 236. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 684.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schliff g und das 30 mm lange Glasgefäfs h trägt. Die starkwandige Flasche p, welche 7 kg Quecksilber faſst, wird mit einem in Paraffin gekochten, durchbohrten Kork geschlossen und durch Draht verbunden. Aus ihr führt das Rohr n mit Hahn o ab. Die Flasche ruht in zwei Holzringen und kann durch diese in den Schlitz t auf- und abgeschoben werden. Das Glasgefäfs l ist 110 mm lang, oben 46 mm und unten 29 mm weit und sitzt in einem Holzgefäfse, welches durch den stellbaren Träger v vertikal auf- und abgeschoben werden kann. Durch diese beiden Verschiebungen läfst sich der Stand der beiden Röhren m und n so regulieren, daſs ihr Abstand am unteren Ende 20 bis 30 mm beträgt. Der Bunsenbrenner q steht ebenfalls auf einem verschiebbaren Brette. Bei $s\,s$ ist der obere Teil des Gestells durch Asbestpappe gegen das Verkohlen geschützt. Die Retorte a und die Einmündungsstelle des Rohrs m ist ebenfalls mit Asbestpappe dicht umgeben und diese durch ein Drahtnetz r mittels eines Drahtes am Querrahmen befestigt. Zum Verschliefsen des Schliffes g dient ein genau hinein passendes Glasrohr u, welches oben wellenförmig verjüngt ist und durch Kautschukschlauch mit der Luftpumpe verbunden werden kann. Die Gefäfse l, h und k sind mit Holzplatten bedeckt. Die Höhendifferenz zwischen der Mitte des Gefäfses a und dem unteren Ende der Röhre m muſs gleich dem mittleren Barometerstand des betreffenden Ortes sein. Die Röhre $d\,e$ ist 850 mm lang.

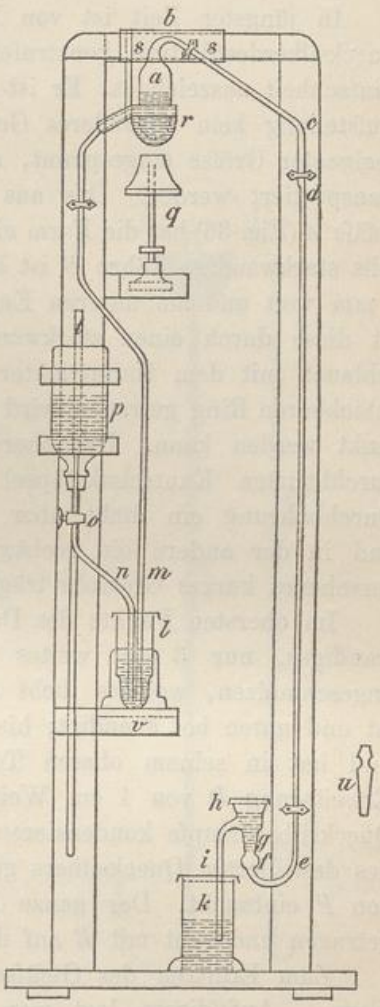


Fig. 35.

Beim Gebrauch füllt man zuerst die Quecksilberflasche und bringt sie nach dem Aufsetzen des Korkes und dem Verschluſs des Hahnes o wieder an ihren Platz, dann öffnet man den Hahn, wodurch sich das Gefäfs l teilweise mit Quecksilber füllt. Nun setzt man das Rohr u mit Kautschukschlauch ein und evakuiert, worauf sich die Retorte a bis zur Hälfte mit Quecksilber füllt. Jetzt kann die

Destillation beginnen. Ist die Kugel *f* mit destilliertem Quecksilber gefüllt, so läfst man die Luft langsam zutreten und entfernt das Rohr *u*.

Der Apparat kann ununterbrochen in Thätigkeit bleiben. Er liefert bei mittlerer Flammengröfse 500—600 g destilliertes Quecksilber pro Stunde.

In jüngster Zeit ist von Dunstan und Dymond* ein Apparat für Quecksilberdestillation konstruiert worden, welcher sich durch gröfsere Einfachheit auszeichnet. Er ist ganz aus Glas geblasen und verlangt zur Aufstellung kein besonderes Gestell, sondern kann in jedes Stativ von geeigneter Gröfse eingespannt, auch leicht von einem Orte zum anderen transportiert werden. Das aus starkem Glase bestehende Destillationsgefäfs *A* (Fig. 36) hat die Form eines flachgedrückten Ellipsoids; die gleichfalls starkwandige Röhre *B* ist bis zu ihrem Fufse 1 m lang, im Lichten 3 mm weit und am unteren Ende bei *E* spitzwinkelig umgebogen. Hier ist diese durch einen starkwandigen, ungefähr 1 m langen Kautschukschlauch mit dem Hahntrichter *H* verbunden, welcher durch einen verschiebbaren Ring getragen wird und durch diesen leicht gehoben und gesenkt werden kann. Die obere Öffnung von *H* ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel verschlossen, welcher in seiner einen Durchbohrung ein dicht über dem Hahn *J* endigendes Trichterrohr *L* und in der andern ein rechtwinkelig umgebogenes, mit einem Hahn *K* versehenes kurzes Glasrohr trägt.

Im obersten Punkte des Destillationsgefäfses *A* ist ein zweites starkwandiges, nur 3 mm weites Glasrohr *C* von gleicher Länge wie *B* angeschmolzen, welches dicht um den Bauch von *A* nach unten geführt ist und unten bei *F* endigt; hier ist es zweimal rechtwinkelig umgebogen und hat in seinem oberen Teile, 5 cm unterhalb *A*, eine cylindrische Erweiterung *D* von 1 cm Weite und 10 cm Länge, in welcher sich die Quecksilberdämpfe kondensieren. Unter *F* wird das Gefäfs zum Auffangen des destillierten Quecksilbers gesetzt, in welches das untere offene Ende von *F* eintaucht. Der ganze Apparat wird durch die feste Klemme *O* getragen und ruht mit *E* auf dem Fufse des Stativs.

Zum Erhitzen des Gefäfses *A* dient ein Ringbrenner gewöhnlicher Form. Auf diesen legt man ein kreisförmiges Stück Asbestpappe *N* (Fig. 37), welches so ausgeschnitten ist, dafs es leicht über die Röhren *B* und *C* geschoben werden kann und die Brenneröffnungen frei läfst. Hierauf wird ein niedriger, oben offener Cylinder von Glas gesetzt, welchen man mit einer zweiten, in der Mitte kreisförmig ausgeschnittenen Scheibe aus Asbestpappe bedeckt. Diese mittlere Öffnung wird durch einen Deckel

* *Philosophical Magazine* [5], Bd. 29, S. 368. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 179.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

soweit geschlossen, dafs die Flammen des Ringbrenners gerade gut brennen. Die Kugel *A* befindet sich also ganz in einem Luftbade und ist vor der Berührung mit kalter Luft geschützt. Hierdurch wird verhindert, dafs sich die Quecksilberdämpfe zum Teil schon im oberen Teil der Kugel

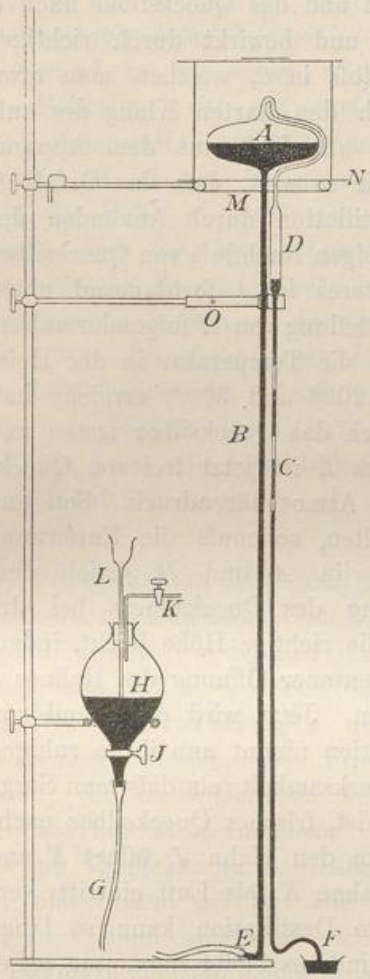


Fig. 36.

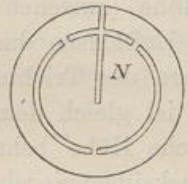


Fig. 37.

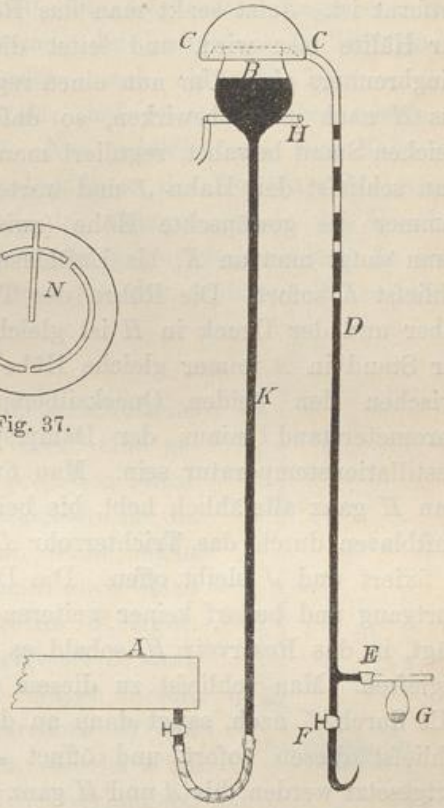


Fig. 38.

kondensieren, was ein Zurückfliefsen von Quecksilber und damit eine Verzögerung der Destillation zur Folge haben würde. Bleibt der Druck in der Gasleitung konstant, so ist die Temperatur des Luftbades von genügender Gleichförmigkeit; wird die Destillation aber längere Zeit, besonders über Nacht, fortgesetzt, so ist es geraten, einen der bekannten

Gasdruckregulatoren in die Leitung einzuschalten, welcher den Gasstrom bei steigendem Druck entsprechend hemmt.

Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so mufs er zuvor im Innern vollständig ausgetrocknet werden; dann füllt man das Reservoir *H* mit gleichfalls völlig trockenem Quecksilber und hebt es mittels seines Tragringes so hoch, dafs sich *A* ganz füllt und das Quecksilber nach *C* überläuft. Nun senkt man *H* ein wenig und bewirkt durch richtiges Stellen des Hahnes *J* einen langsamen Abflufs in *C*, welchen man etwa 5 Minuten lang unterhält, bis man durch den harten Klang des aufschlagenden Quecksilbers wahrnimmt, dafs alle Luft aus dem Apparat entfernt ist. Jetzt senkt man das Reservoir so weit, dafs das Gefäfs *H* zur Hälfte leer wird, und leitet die Destillation durch Anzünden des Ringbrenners ein. Um nun einen regelmäfsigen Nachflufs von Quecksilber aus *H* nach *A* zu bewirken, so dafs letzteres in *A* fortdauernd einen gleichen Stand bewahrt, reguliert man die Stellung von *H* folgendermafsen. Man schliefst den Hahn *J* und wartet, bis die Temperatur in der Heizkammer die gewünschte Höhe (zwischen 200° und 300°) erreicht hat. Dann saugt man an *K*, bis Luftblasen durch das Quecksilber treten und schliefst *K* sofort. Die Röhre des Trichters *L* ist jetzt frei von Quecksilber und der Druck in *H* ist gleich dem Atmosphärendruck. Soll nun der Stand in *A* immer gleiche Höhe behalten, so mufs die Entfernung zwischen den beiden Quecksilberspiegeln in *A* und *H* gleich dem Barometerstand minus der Dampfspannung des Quecksilbers bei der Destillationstemperatur sein. Man findet die richtige Höhe leicht, indem man *H* ganz allmählich hebt, bis bei momentaner Öffnung des Hahnes *J* Luftblasen durch das Trichterrohr *L* treten. Jetzt wird der Stand von *H* fixiert und *J* bleibt offen. Die Destillation nimmt nun ihren ruhigen Fortgang und bedarf keiner weiteren Aufmerksamkeit, als dafs man Sorge trägt, in das Reservoir *H*, sobald es nötig ist, frisches Quecksilber nachzugiefsen. Man schliefst zu diesem Zwecke den Hahn *J*, öffnet *K* und füllt durch *L* nach, saugt dann an dem Hahne *K*, bis Luft eintritt, verschliefst diesen sofort und öffnet *J*. Die Destillation kann so lange fortgesetzt werden, bis *A* und *H* ganz leer sind; es bleibt dann nur soviel Quecksilber undestilliert zurück, wie in dem Rohre *B* enthalten ist. Wird der Apparat nicht mehr gebraucht, so wird der Hahn *J* zugedreht und das Ende *F* des Rohres *C* bleibt in Quecksilber getaucht oder wird in anderer Weise geschlossen. Die Destillation kann dann in jedem Augenblick ohne weitere Vorbereitungen von neuem eingeleitet werden. — Soll der Apparat entleert werden, so verschliefst man die Öffnung *F* mit dem Finger, neigt die Röhre vorsichtig, bis alles Quecksilber aus *C* nach *D* geflossen ist, und läfst langsam Luft eintreten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eine von Fr. J. Smith* angegebene Abänderung dieses Apparates bezweckt eine Beschleunigung der Destillation ohne Anwendung eines Luftbades. Das Destillationsgefäfs *B* (Fig. 38) ist deshalb zu einer Haube *C* erweitert, an deren unteren Teil das Fallrohr *D* angeschmolzen ist; das in *C* kondensierte Quecksilber kann also nicht nach *B* zurückfliefsen, sondern fällt gleich in *D* herab. Die Röhre *K* ist 1 m lang und das als Reservoir dienende Gefäfs *A* weit und flach, so dafs sich der Quecksilberstand in demselben während der Destillation nur wenig ändert. Das Fallrohr *D* ist mit zwei Hähnen *E* und *F* versehen; *E* steht in Verbindung mit einer Luftpumpe und *F* endigt in einer umgebogenen Spitze. *H* ist ein Ringbrenner. Soll die Destillation beginnen, so wird der Hahn *F* geschlossen, *E* geöffnet, die Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt und der Ringbrenner entzündet; nach etwa 10 Minuten ist das Fallrohr *D* mit Quecksilber gefüllt, und etwa mit übergerissenes Metall sammelt sich in der Kugel *G*. Nun schliefst man den Hahn *E* und öffnet *F*, während man ein zur Aufnahme des Destillats bestimmtes Gefäfs untersetzt. Auch hier mufs der Apparat, sowie das Quecksilber vor Beginn des Versuches vollständig getrocknet werden, da die geringste Spur von Feuchtigkeit ein Springen der erhitzten Röhre oder Kugel bewirken kann.

Verspritztes Quecksilber. Um verschüttetes Quecksilber aufzunehmen, empfiehlt Dvořák** eine gebogene Pipette von der in Fig. 39 dargestellten Form. Saugt man bei *a*, so tritt das Quecksilber in die kugelförmige Erweiterung *b* und kann dann leicht transportiert werden. Die Pipette kann auch dazu dienen, ihr nach Belieben sehr kleine Mengen Quecksilber zu entnehmen. Man neigt sie so weit, dafs ein Tröpfchen in der Biegung *d* hängen bleibt, und bläst dann bei *a*. Die Kapillarröhre *df* ist möglichst dünn und kurz zu nehmen. — Bei *e* ist ein Baumwollenpfropf eingeschoben, welcher verhindert, dafs beim Saugen Staub oder Quecksilbertröpfchen in den Mund kommen.

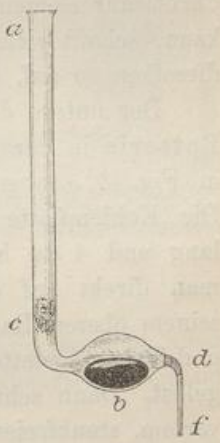


Fig. 39.
Gebogene Pipette.

Quecksilbertropfen, welche auf ebenem Boden liegen, werden leicht und sicher mit der Quecksilberzange nach

* *Philosophical Magazine* [5], Bd. 29, S. 501. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 181.
** *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, Bd. 11, Seite 338. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, II, S. 645.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tegtmeyer* (Fig. 40) aufgehoben. Diese ist aus Stahl gearbeitet und ermöglicht das sichere Erfassen selbst kleinster Tröpfchen.

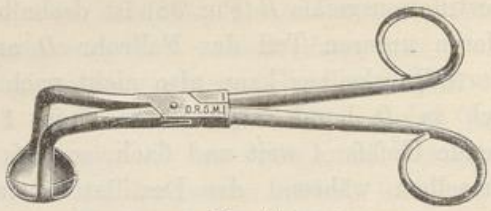


Fig. 40.
Quecksilberzange nach Tegtmeyer.

Aus engen, schwer zugänglichen Spalten läfst sich das Quecksilber auch mittels eines amalgamierten Zinkdrahts oder eines zugespitzten Streifen Zinkblech entfernen.

GALVANISCHE ELEMENTE.

Für kleinere Verhältnisse reichen 2 bis 4 Bunsen'sche Elemente (Zink-Schwefelsäure, Kohle, Salpetersäure, Fig. 41*c*,) oder auch Bunsen'sche Chromsäureelemente in der Flaschenform (Fig. 41, *b*) aus. Wer es haben kann, schafft sich eine oder zwei konstante Standbatterien an und stellt dieselben so auf, wie es in Fig. 42 gezeichnet ist.

Der untere der beiden Kästen enthält eine zwölfpaarige Leclanché-Batterie in der modifizierten Form ohne Thonzelle, wovon ein Element in Fig. 41, *a* abgebildet ist. Das Glas ist 30 cm hoch und 10 cm weit. Die Kohlenplatte 32 cm lang und 5 cm breit, die Zinkplatte 18 cm lang und 4 cm breit. Letztere ist in eine Holzplatte eingehängt, die man direkt auf den Rand des Glases legt. Das Glas wird zuerst an seinem oberen Rande 2 bis 3 cm breit mit einer Mischung von Wachs und Talg eingefettet, dann mit 2 l Wasser gefüllt und darin 300 g Salmiak gelöst. Dann schüttet man 200 g eines Gemisches aus gröblich gepulvertem, staubfreiem Braunstein und ebensolcher Retortenkohle hinein und taucht in dieses die Kohlenplatte, welche man am oberen Rande zuvor in geschmolzenes Paraffin eingetaucht und letzteres nach dem Erkalten an derjenigen Stelle, wo die Klemmschraube anfafst, wieder abschabt. Dies, sowie das Einfetten des Glasrandes geschieht, um das Effloreszieren des Salmiaks zu verhüten. Die Zinkplatte wird dann der Kohlenplatte auf 2 cm Entfernung gegenüber gehängt; sie darf das Braunsteingemisch

* *Chem. Centr.-Blatt* 1899, I, 322.

nicht berühren. Die Elemente werden in vier Reihen à 3 Stück in den Kasten gestellt. Die Verbindung geschieht in Gruppen von drei (I), drei (II) und sechs (III), wie Fig. 43 zeigt. Die Poldrähte jeder Gruppe werden durch die vordere Wand des Kastens geführt und sind hier mit Klemmschrauben versehen (im ganzen sechs). Von diesen gehen sechs gut isolierte starke Leitungsdrähte unter dem Fufsboden weg zum Experimentiertisch und endigen hier in dem Stöpselumschalter (s. unten), sie sind mit den Nummern 1, 2, 3, 4, 5, 6 bezeichnet. Die Polklemmen 2 und 3, sowie 4 und 5 sind aufserhalb durch Drähte verbunden. Diese

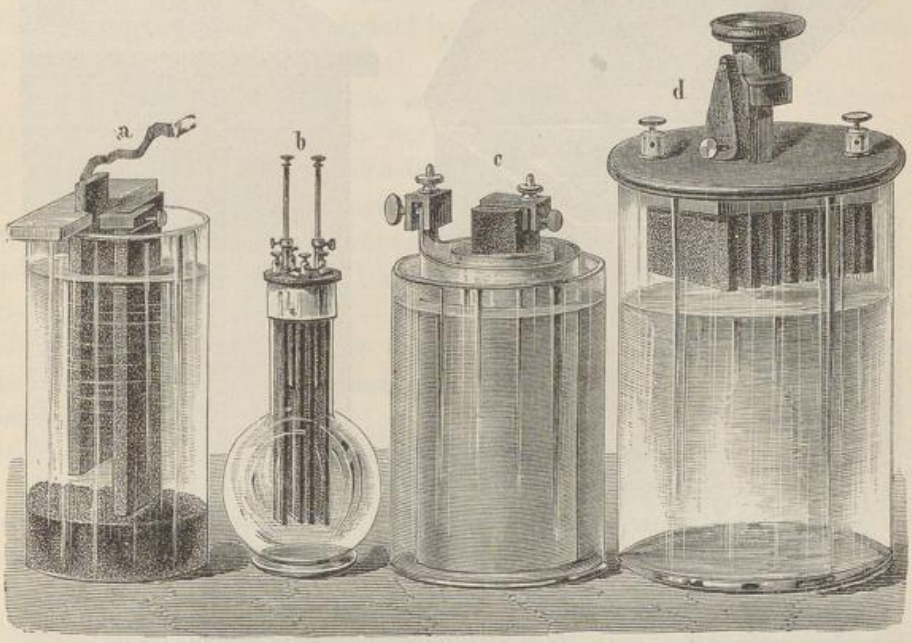


Fig. 41. Galvanische Elemente.

Leclanché-Batterie bedarf keiner besonderen Abwartung; sie steht, wenn man von Zeit zu Zeit das verdunstete Wasser durch Nachgiefsen ersetzt, jahrelang.

In neuester Zeit sind die Leclanché-Elemente unter dem Namen Leclanché-Barbier durch mehrere Verbesserungen in eine Form gebracht worden, welche der oben beschriebenen in mehreren Beziehungen vorzuziehen sein dürfte, und deren Anschaffung, wenn nicht Elemente der älteren Form bereits vorhanden sind, zu empfehlen ist. Die vierseitig-prismatische Gestalt, welche der Erfinder den Gläsern zuerst gegeben hat, ist beibehalten worden. Der Braunstein wird aber nicht als loses Pulver angewendet, sondern ist mit einem Klebmittel zu einem Hohlcylinder

gepreſst, wodurch die Thonzelle vermieden ist. In die Lösung wird der cylindrische Zinkstab eingehängt. Das Wichtigste ist, daſs durch eine passende Paraffin- und Gummidichtung die Verdunstung so gut wie ganz beseitigt und dadurch das Element viel dauerhafter geworden ist.

Der obere Kasten enthält eine Batterie von sechs Chromsäureelementen nach Bunsen-Poggendorff, von denen eine in Fig. 41, *d* ab-

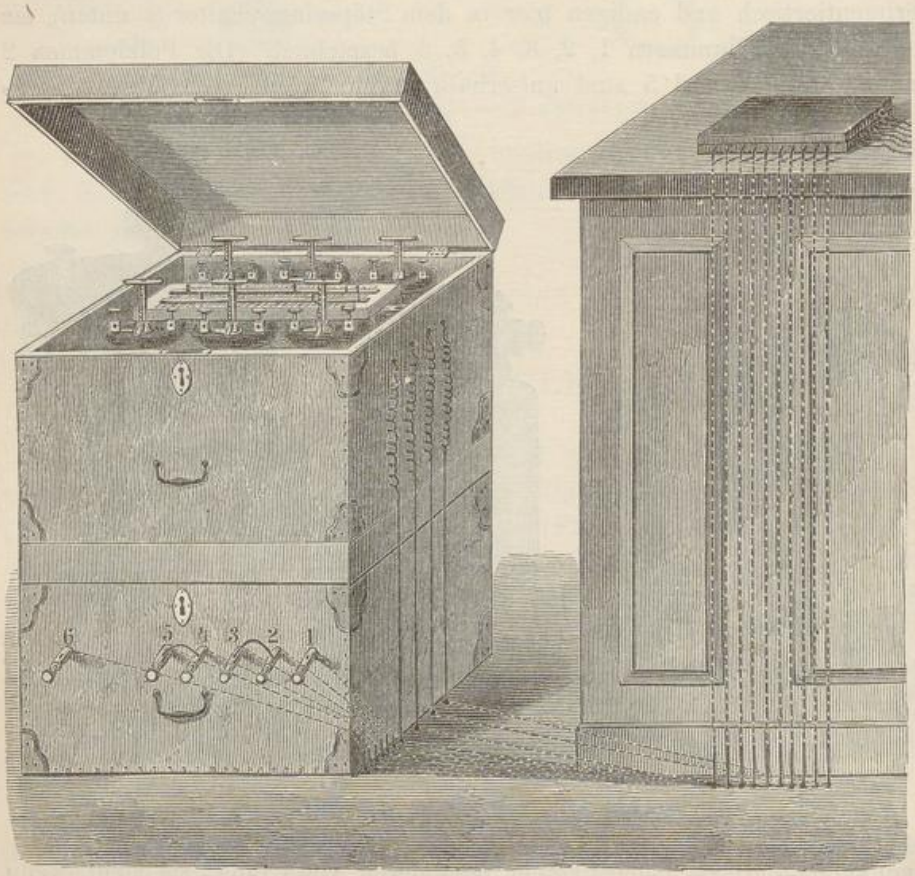


Fig. 42. Standbatterie.

gebildet ist. Vier (oder fünf) Kohlenplatten und drei (oder vier) dazwischen gestellte amalgamierte Zinkplatten sind an einem starken Stabe von Holz befestigt, welcher durch den dicht schlieſsenden Holzdeckel geht, so daſs das Ganze aufgezogen und in gehobener Stellung befestigt werden kann. Sämtliche Kohlenplatten sind auf einer dicken Rotgufsplatte festgelötet, die mit der einen Klemmschraube auf dem Deckel leitend verbunden ist. Ebenso sind die Zinkplatten unter sich und mit der anderen Klemmschraube verbunden. Sie können behufs der Reinigung seitlich herausgezogen und

wieder eingesetzt werden. Das Glas faſst bis zum unteren Rande der Platten (wenn sie gehoben sind) 4 bis 4,5 l Flüssigkeit. Jedes Element muſs einzeln eingetaucht werden, nicht wie bei BUNSEN die ganze Batterie zugleich.* Dies ist anscheinend weniger bequem, gewährt aber folgende Vorteile. Zuvörderst ist es dadurch ermöglicht, die Elemente mit dem Deckel dicht zu verschlieſsen, wodurch Verdunstung besser verhütet wird. Ferner kann man jedes Element einzeln zur Wirkung bringen und beliebig mit jedem anderen kombinieren, um je nach Bedarf schwache oder starke Ströme zu erzeugen. Auch lassen sie sich mit Hilfe des in Fig. 43 (oben) abgebildeten Batterie-Umschalters, der gleich auf den Deckeln der Elemente im Kasten angebracht ist, in beliebiger Weise kombinieren (s. w. u.).

Die Füllung der Elemente geschieht mit der sogenannten Chromsäuremischung, welche man durch Auflösen von 1 kg Kaliumdichromat und 1,25 l konzentrierter Schwefelsäure in 10 l Wasser herstellt. Das Dichromat wird gepulvert angewendet und nicht gleich mit der ganzen Menge Wasser, sondern zuvörderst nur mit 2—3 l übergossen und die Schwefelsäure unter stetigem Umrühren allmählich zugesetzt. Unter Nachgieſsen der noch fehlenden 7—8 l Wasser wird unter stetem Umrühren die Lösung vollendet. Statt des schwerlöslichen Kaliumdichromats ist das leichter lösliche Natriumsalz $Na_2Cr_2O_7 + 2H_2O$ durch WALTHER** empfohlen worden, von welchem sich eine weit konzentriertere Lösung herstellen läſst: auf 1 kg des käuflichen Salzes soll man etwa 0,9 l Schwefelsäure und $2^1/_2$ l Wasser anwenden. (Dieselbe Lösung kann man auch mit Vorteil anstatt der Salpetersäure in den BUNSEN'schen Kohlenelementen benutzen.)

Die Mischung dieser Lösungen ist eine solche, daſs die durch Reduktion entstehende grüne Chromsulfatlösung schwerer ist, als die ursprüngliche rote Flüssigkeit und infolgedessen zu Boden sinkt. Da die Platten nur in das obere Drittel der Flüssigkeit eintauchen, so bleiben sie stets mit frischer Lösung in Berührung, bis die grüne Lösung zu ihnen hinauf dringt. Bedingung ist, daſs die Elemente völlig ruhig stehen. Man achte sorgfältig darauf, daſs nach jedesmaliger Benutzung die Platten sogleich wieder gehoben werden.

Wenn nach längerer Benutzung die Elemente frisch gefüllt werden müssen, so versäume man nicht, auch die Zinkplatten frisch zu amalgamieren. Man trennt sie von den Kohlenplatten und setzt sie in ver-

---

* *Pogg. Annal.*, Bd. 155.

** *Journal für praktische Chemie* [N. F.], Bd. 31, S. 527. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 833.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dünnte Schwefelsäure, in welcher man zuvor eine angemessene Menge rotes Quecksilberoxyd gelöst hat, wobei sie nur soweit einzutauchen sind, dafs die Rotgufsfassung aufserhalb der Flüssigkeit bleibt. Hier soll der eingetrocknete Salzüberzug erweichen. Die anfänglich eintretende Wasserstoffentwickelung wird bald schwächer und hört schliefslich ganz auf, sobald sich die Platten durch Bildung eines dünnen Quecksilberüberzugs schwach amalgamiert haben. Sie werden dann herausgenommen, mit einer schmalen Stielbürste mechanisch gereinigt, mit metallischem Quecksilber übergossen (oder in solches eingetaucht) und so lange damit eingerieben, bis sie völlig blank erscheinen. — Wenn die Batterie sehr lange Zeit nicht in Gebrauch gewesen und infolgedessen der Salzüberzug auf den Zinkplatten sehr hart geworden ist, so ist das Amalgamieren eine mühsame und langwierige Arbeit, und führt meistens zu keinem guten Resultate. Es ist deshalb anzuraten, wenn in der Benutzung des Apparats voraussichtlich eine längere Pause eintritt, die Zinkplatten herauszunehmen und, solange der Überzug noch weich ist, zu reinigen. Man kann sie dann wieder einsetzen und braucht sich übrigens, da durch die Deckel der Elemente die Verdunstung verhütet ist, um sie bis zur völligen Erschöpfung der Lösung nicht weiter zu kümmern.

Die Einrichtung des Batterie-Umschalters und seine Verbindung mit den Elementen ist folgende: Auf einer Holzplatte sind zweimal sechs Messingstreifen, *A* bis *F* (Fig. 43), 6—7 mm breit und 2 mm dick, so wie es die Figur zeigt, nebeneinander befestigt. Diese sind mit den Polen der Elemente in ebenfalls leicht ersichtlicher Weise verbunden. Auf ihnen, durch Hartgummi isoliert, liegen querüber zwei andere ebenso breite und dicke Messingstreifen, welche mit + und — bezeichnet sind. Der +Streifen hat zwischen *C* und *C*, der —Streifen zwischen *D* und *D* eine Unterbrechung (weiter unten kurzweg „Lücke“ genannt), welche aber durch Einsetzen eines Messingstöpsels ausgefüllt werden kann. An den Kreuzungsstellen der Streifen + und — mit *A* bis *F* sind Durchbohrungen angebracht, in welche man Messingstöpsel einsetzen und dadurch die Verbindung der + und —Streifen mit den Polen der Elemente herstellen kann. Stöpselt man z. B. *A*— und *A*+, so sind die Pole des Elements *A* mit den Streifen + und — in leitende Verbindung gebracht. Endlich kann auch noch Streifen *A*+ mit *B*—, *B*+ mit *C*— etc. verbunden werden, wenn man in die zwischen beiden angebrachte Bohrung einen Stöpsel einsetzt.

Jeder + und —Streifen ist durch zwei starke, gut isolierte Drähte mit dem Tischumschalter (Fig. 43, unten, im Grundrifs) verbunden. Dieser besteht aus 10 Querstreifen, 1 bis 10, und sechs darauf liegenden isolierten Längsstreifen, *a* bis *f*. Streifen + des Batterieumschalters ist

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

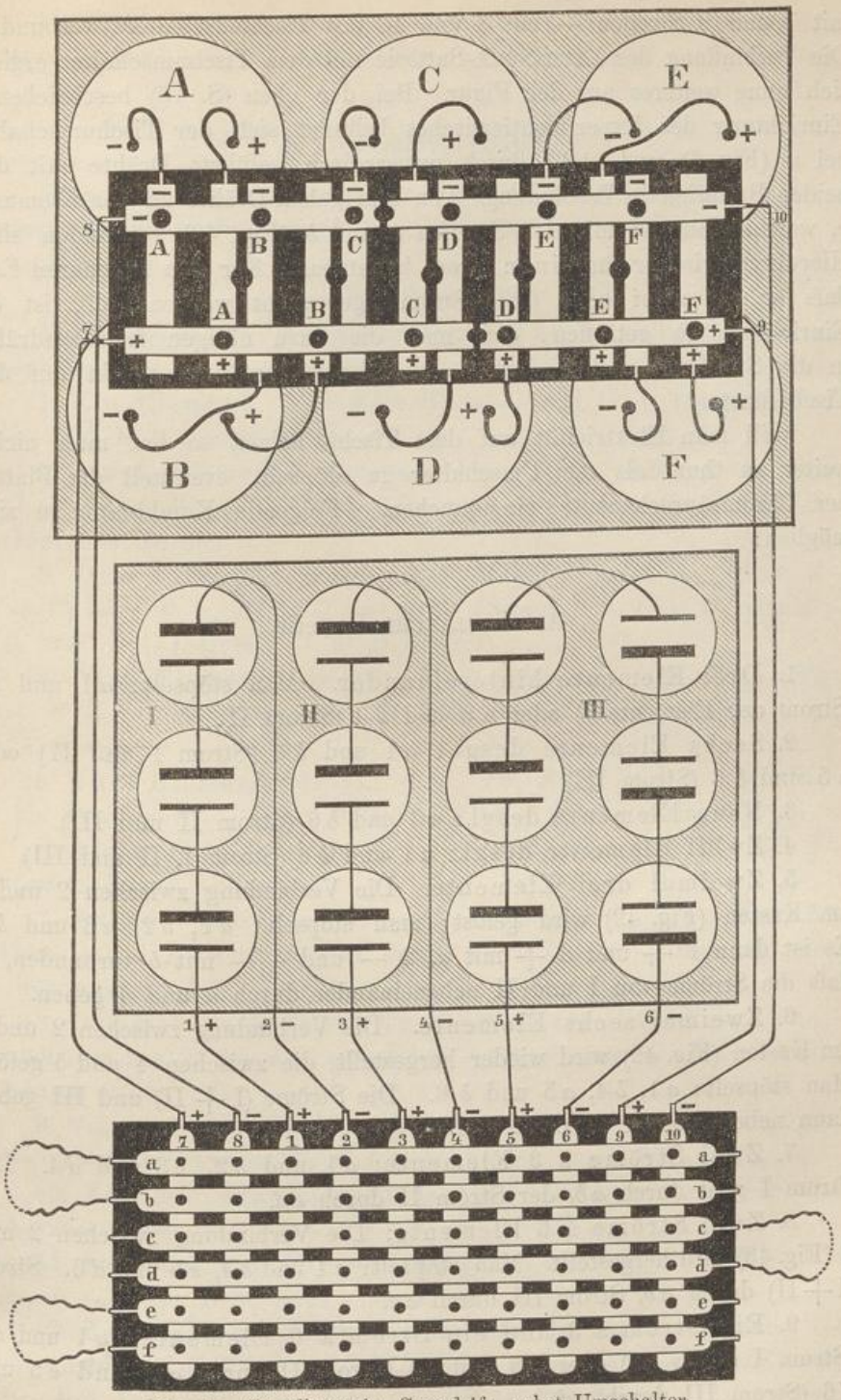


Fig. 43. Standbatterie, Grundrifs, nebst Umschalter.

mit 7 und 9 Streifen — mit 8 und 10 des Tischumschalters verbunden. Die Verbindung der Leclanché-Batterie mit dem Tischumschalter ergiebt sich ohne weiteres aus der Figur. Bei der oben (S. 13) beschriebenen Einrichtung des Experimentiertisches befindet sich der Tischumschalter bei *u* (Fig. 6) und steht durch unterirdisch geführte Drähte mit den beiden Batterien in Verbindung. Von ihm gehen Drähte zu den Klemmen *q*, welche dauernd mit den Streifen *a* und *b* (Fig. 43) verbunden sind. Hierdurch wird er für einen Strom benutzbar. Für den selteneren Fall, dafs er für zwei oder drei Ströme gebraucht werden soll, ist die Einrichtung so getroffen, dafs man die dazu nötigen Leitungsdrähte in die Streifen *c* und *d*, bezw. *e* und *f* einspannt und direkt auf den Tisch führt.

Will man Elektricität auf dem Tische haben, so hat man nichts weiter zu thun, als den Umschalter zu stöpseln, eventuell die Platten der Chromsäureelemente einzutauchen. Folgende Kombinationen sind möglich:

A. Leclanché-Batterie.

1. Drei Elemente hintereinander. Man stöpselt: *a* 1 und *b* 2 (Strom der Elemente I) oder *a* 3 und *b* 4 (Strom II).

2. Sechs Elemente desgl.: *a* 1 und *b* 4 (Strom I und II) oder *a* 5 und *b* 6 (Strom III).

3. Neun Elemente desgl.: *a* 3 und *b* 6 (Strom II und III).

4. Zwölf Elemente desgl.: *a* 1 und *b* 6 (Strom I, II und III).

5. Zweimal drei Elemente. Die Verbindung zwischen 2 und 3 am Kasten (Fig. 42) wird gelöst; man stöpselt: *a* 1, *b* 2, *a* 3 und *b* 4. Es ist dann 1 + und 3 + mit *a*, 2 — und 4 — mit *b* verbunden, so dafs die Ströme von I und II nebeneinander durch *a* und *b* gehen.

6. Zweimal sechs Elemente. Die Verbindung zwischen 2 und 3 am Kasten (Fig. 42) wird wieder hergestellt, die zwischen 4 und 5 gelöst. Man stöpselt: *a* 1, *b* 4, *a* 5 und *b* 6. Die Ströme (I + II) und III gehen dann nebeneinander durch *a* und *b*.

7. Zwei Ströme à 3 Elemente: *a* 1 und *b* 2, *c* 3 und *d* 4. Der Strom I geht durch *a b*, der Strom II durch *c d*.

8. Zwei Ströme à 6 Elemente: Die Verbindung zwischen 2 und 3 (Fig. 43) wird hergestellt. Man stöpselt: *a* 1 und *b* 4, *c* 5 und *d* 6. Strom (I + II) durch *a b*, Strom III durch *c d*.

9. Ein Strom à 3 und ein Strom à 6 Elemente: *a* 1 und *b* 2 (Strom I durch *a b*) oder *a* 3 und *b* 4 (Strom II durch *a b*) und *c* 5 und *d* 6 (Strom III durch *c d*).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

10. Drei Ströme: $a1$ und $b2$ (Strom I durch ab), $c3$ und $d4$ (Strom II durch cd), $e5$ und $f6$ (Strom III durch ef).

B. Chromsäure-Batterie.

Wenn hier von einem der Elemente A—F die Rede ist, so ist es selbstverständlich, dafs seine Platten eingetaucht werden müssen.

I. Ein einziger Strom.

Man stöpselt am Tischumschalter: $a7$, $b8$, $a9$, $b10$, am Batterieumschalter die Lücke (s. oben).

1. Ein Element. Man stöpselt: $A-$ und $A+$ (Strom A) oder $B-$ und $B+$ (Strom B) etc.

2. Zwei Elemente hintereinander: $A-$, AB, $B+$ (Strom $A+B$) oder $B-$, BC, $C+$ (Strom $B+C$) oder $C-$, CD, $D+$ (Strom $C+D$) etc.

3. Drei Elemente desgl.: $A-$, AB, BC und $C+$ (Strom $A+B+C$) oder $B-$, BC, CD und $D+$ (Strom $B+C+D$) oder $C-$, CD, DE, $E+$ (Strom $C+D+E$) etc.

4. Vier Elemente desgl.: $A-$, AB, BC, CD, $D+$ (Strom $A+B+C+D$) oder $B-$, BC, CD, DE, $E+$ (Strom $B+C+D+E$) etc.

5. Fünf Elemente desgl.: $A-$, AB, BC, CD, DE, $E+$ (Strom A bis E) oder $B-$, BC, CD, DE, EF, $F+$ (Strom A bis F).

6. Sechs Elemente desgl.: $A-$, AB, BC, CD, DE, EF, $F-$ (Strom A bis F).

7. Zweimal ein Element nebeneinander: $A-$, $A+$, $B-$, $B+$ (Strom A und B nebeneinander durch ab und zwar $+$ durch 7 und 9, $-$ durch 8 und 10). Oder $B-$, $B+$, $C-$, $C+$ etc.

8. Dreimal ein Element desgl.: $A-$, $A+$, $B-$, $B+$, $C-$, $C+$ (Strom A neben B neben C, alle durch $a\,b$ und zwar $+$ durch 7 und 9, $-$ durch 8 und 10).

9. Viermal ein Element desgl.: $A-$, $A+$, $B-$, $B+$, $C-$, $C+$, $D-$, $D+$ (Strom A, B, C, D).

10. Fünfmal ein Element desgl.: $A-$, $A+$, $B-$, $B+$, $C-$, $C+$, $D-$, $D+$, $E-$, $E+$.

11. Sechsmal ein Element desgl.: $A-$, $A+$, $B-$, $B+$, $C-$, $C+$, $D-$, $D+$, $E-$, $E+$, $F-$, $F+$.

12. Zweimal zwei Elemente desgl.: $A-$, AB, $B+$, $C-$, CD, $D+$ (Strom $A+B$ neben $C+D$ durch $a\,b$). Oder $B-$, BC, $C+$, $D-$, DE, $E+$; oder $C-$, CD, $D+$, $E-$, EF, $F+$.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

13. Zweimal drei Elemente desgl.: $A-$, AB, BC, $C+$, $D-$, DE, EF, $F+$ (Strom A bis C neben D bis F, beide durch ab).

14. Dreimal zwei Elemente desgl.: $A-$, AB, $B+$, $C-$, CD, $D+$, $E-$, EF, F (drei Ströme nebeneinander durch ab).

II. Zwei getrennte Ströme.

Man stöpselt am Tischumschalter: $a7$, $b8$, $c9$, $d10$; am Batterieumschalter wird der Stöpsel aus der Lücke entfernt.

1. Ein und ein Element: $A-$, $A+$ und $D-$, $D+$ (Strom A durch $7a$, $8b$; Strom D durch $9c$, $10d$); oder $B-$, $B+$, $E-$, $E+$ etc.

2. Ein und zwei Elemente: a) $A-$, $A+$ und $D-$, DE, $E+$ (Strom A durch $7a$ und $8b$, Strom D bis E durch $9c$ und $10d$). Oder $B-$, $B+$ und $E-$, EF, $F+$ etc.

b) $A-$, $A+$ und $D-$, $D+$, $E-$, $E+$ (Strom A ebenso, Strom D neben E durch $9c$ und $10d$) etc.

3. Ein und drei Elemente: a) $A-$, $A+$ und $D-$, DE, EF, $F+$; oder umgekehrt. (Strom A durch $a7$ und $b8$, Strom D bis F durch $9c$ und $10d$.)

b) $A-$, $A+$ und $D-$, $D+$, $E-$, $E+$, $F-$, $F+$ (Strom A ebenso, Strom D neben E neben F durch $9c$ und $10d$).

4. Zwei und drei Elemente: a) $A-$, AB, $B+$ und $D-$, DE, EF, $F+$ oder $B-$, BC, $C+$ und $D-$, DE, EF, $F+$.

b) $A-$, $A+$, $B-$, $B+$ und $D-$, $D+$, $E-$, $E+$, $F-$, $F+$ (Strom A neben B durch $7a$ und $8b$ und Strom D neben E neben F durch $9c$ und $10d$) etc.

5. Drei und drei Elemente: a) $A-$, AB, BC, $C+$ und $D-$, DE, EF, $F+$ (Strom A bis C durch $7a$ und $8b$, Strom D bis F durch $9a$ und $10d$).

b) $A-$, $A+$, $B-$, $B+$, $C-$, $C+$ und $D-$, $D+$, $E-$, $E+$, $F-$, $F+$ (Strom A neben B neben C durch $7a$ und $8b$, Strom D neben E neben F durch $9c$ und $10d$).

Diese Einrichtung genügt allen Anforderungen, die man an eine für Vorlesungszwecke bestimmte Batterie stellen kann. Die Leclanché-Elemente sind für schwächere Wirkungen bestimmt, z. B. zum Verkupfern, Versilbern, Vergolden, Vernickeln. Die ganze Batterie, kombiniert nach $A, 4$ (s. oben S. 64), giebt schon eine ziemlich lebhafte Wasserzersetzung (die allerdings besser mit der Chromsäurebatterie ausgeführt wird) und erzeugt ein deutlich fühlbares Zucken in den Fingern, wenn man die Poldrähte mit den durch verdünnte Schwefelsäure befeuchteten Fingern berührt. Ferner lassen sich damit in der Elektricitätslehre die elektro-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

magnetischen Versuche (Telegraph, elektromagnetische Kraftmaschine etc.) sehr gut ausführen. Die Chromsäurebatterie wendet man an, wenn gröfsere Elektricitätsmengen gebraucht werden, z. B. zur Elektrolyse von Wasser, Salzsäure, Ammoniak, zum Glühen und Schmelzen von Metalldrähten, zum Betriebe gröfserer Induktionsapparate und zu elektrischem Licht. (Der STÖHRER'sche Regulator mit Glycerin giebt mit 6 Elementen von der beschriebenen Gröfse in der Kombination B, I, 6 [S. 65] stundenlang ein gutes und gleichmäfsiges Licht, welches schon zu kleinen elektrisch-optischen Versuchen ausreichend ist; und mit einem grofsen STÖHRER'schen Induktionsapparat lassen sich mit derselben Kombination jederzeit, solange die Batterie noch nicht erschöpft ist, Funken bis 7 cm Länge ziehen.)

Wer über reiche Mittel verfügt, schafft sich eine **Dynamomaschine** an, und zwar eine grofse für den Betrieb durch zwei Männer, oder noch besser durch eine einpferdige Gaskraftmaschine. Die mir zur Verfügung stehende von FRAAS in Wunsiedel giebt, wie schon erwähnt, bei schärfster Ausnutzung Ströme bis zu 50 Volt bei 18 Ampère (s. oben S. 10).

AKKUMULATOR.

1. **Akkumulator mit Strafsenstrom.** Durch die sich immer mehr ausbreitende Errichtung elektrischer Centralen für Licht und Kraft selbst in kleineren Städten ist die Beschaffung einer Akkumulatoren-Batterie immer mehr erleichtert und sicherlich wird kein Lehrer einer höheren Schule die Gelegenheit unbenutzt lassen, sich dieses vorzügliche Hilfsmittel für seinen Unterricht, wenn die sonstigen Verhältnisse es gestatten, dienstbar zu machen. Eine Akkumulatoren-Batterie macht alle anderen galvanischen Apparate überflüssig, welche in Zukunft nur noch für Demonstrationszwecke im Physikunterricht Verwendung finden werden. Damit entfallen auch alle die oft recht mühseligen und zeitraubenden Arbeiten für Füllung, Reinigung und Reparatur der Elemente und — was besonders ins Gewicht fällt — ein galvanischer Strom steht immer zur Verfügung und ist mit gröfster Leichtigkeit momentan in Thätigkeit zu setzen, ohne dafs man zu fürchten braucht, von der Batterie, wenn dieselbe einmal zu aufsergewöhnlicher Zeit gebraucht wird, im Stich gelassen zu werden. Zwar sind die Kosten für die Einrichtung einer Akkumulatorenbatterie mit allen dazu gehörigen Apparaten nicht unerheblich; aber es ist nur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eine einmalige Ausgabe erforderlich und der Betrieb gestaltet sich im ganzen erheblich billiger, als der mit galvanischen Elementen einschliefslich der recht kostspieligen Erhaltung und Erneuerung derselben durch Füllung und Reparatur.

Für den Chemieunterricht reicht eine Batterie von 6 Akkumulatorzellen der unten beschriebenen Form und Gröfse aus. Da eine solche doch aber auch zu gleicher Zeit für den Physikunterricht, wo häufig stärkere Ströme gebraucht werden, Verwendung finden mufs, so empfiehlt es sich, die doppelte Gröfse zu nehmen, also einen Schrank mit 12 Akkumulatorzellen aufzustellen.

1. Die Batterie. Man wählt Akkumulatoren der „Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft in Hagen i. W.“, welche gerade für den Gebrauch in Schulen vorzüglich geeignet sind. Die passendste Gröfse der Zellen ist etwa 20×20 cm im Querschnitt und 25 cm Höhe: Die Zellen (in Glasgetäfsen) sind in einem Holzschrank mit grofsen Glasthüren an der Vorderseite in zwei Reihen à 3 oder 6 übereinander aufgestellt und vorschriftsmäfsig mit einem Umschalter (s. unten) verbunden. Die Aufstellung besorgt die Fabrik, die Verbindung mit dem Umschalter der Mechaniker. Der Schrank ist im Innern mit einem säurefesten Lack ausgekleidet, welcher einen sichern Schutz gegen den Angriff des feinen Säurestaubes, der sich besonders gegen das Ende der Ladung entwickelt, darbietet.

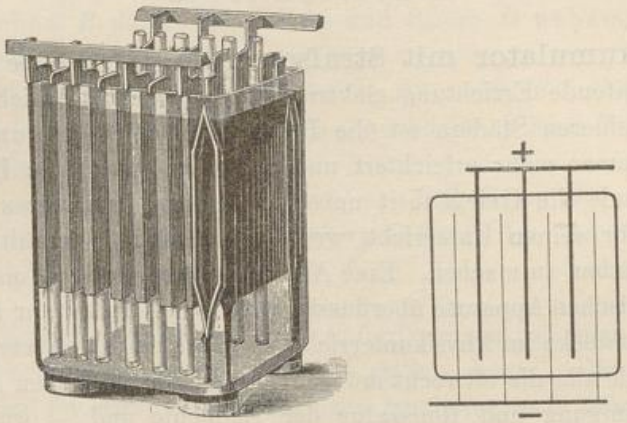


Fig. 44 a und b. Eine Akkumulatorzelle.

Jede Zelle (s. Fig. 44 a und b) enthält 4 Bleiplatten für den negativen Pol und zwischen denselben stehend 3 andere für den positiven Pol. Die —Platten sind nach der einen, die +Platten nach der andern Seite durch angegossene Lappen (Fahnen) nach oben verlängert und jede Abteilung

mit einer gemeinschaftlichen Bleileiste verlötet. Alle Platten hängen mit ihren Fahnen auf den obern Rändern zweier gegenüberliegenden Wände der Glasgefäfse, welche so hoch sind, dafs unterhalb der Platten noch ein Raum von 6—8 cm frei bleibt. Sie sind durch zwischen gestellte Glasröhren in richtiger Entfernung gehalten und innerhalb der Flüssigkeit voneinander völlig isoliert. So bilden alle zusammen mit der zwischen gegossenen verdünnten Schwefelsäure ein grofsplattiges Element. Die Schwefelsäure mufs chemisch rein, besonders frei von Chlor sein und ist darauf zu prüfen. Sie soll bei der Füllung ein bestimmtes spezifisches Gewicht besitzen, welches in einer von der Fabrik mitgegebenen Instruktion vorgeschrieben ist. Da dieses sich während der Ladung und während des Gebrauchs fortwährend ändert (s. unten), so schwimmt behufs Beobachtung ihrer Konzentration in jeder, oder doch in einigen Zellen je ein besonders für diesen Zweck konstruiertes Aräometer mit flachem Quecksilbergefäfs.

Die Aufstellung einer 6-zelligen Batterie in zwei Reihen à 3 Zellen übereinander im Schrank entspricht ganz derjenigen der 6 Elemente *A* bis *F* der oben (S. 65) beschriebenen Chromsäurebatterie und auch über die Verbindung der Zellen mit dem Umschalter gilt ganz das daselbst Gesagte. Hiernach ist bei einer 12-zelligen Batterie die Aufstellung in zwei Reihen à 6 Zellen übereinander leicht zu modifizieren.

2. Der Batterie-Umschalter. Derselbe ist an der Vorderseite des Akkumulatorschrankes zwischen der oberen und unteren Glasthüre in einer solchen Höhe befestigt, dafs er leicht bedient werden kann. Für 6 Elemente kann man den auf S. 63 in Fig. 43 abgebildeten und beschriebenen Stöpselumschalter benutzen, dessen Verbindung mit den Zellen ganz so, wie dort angegeben, bewirkt wird. Nur ist zu beachten, dafs die Längsstreifen — und + von den Querstreifen *A A* bis *F F* nicht, wie dort gesagt, durch Hartgummi, sondern durch dünne Schieferplättchen isoliert sein müssen, da bei unvorsichtiger Stöpselung während der Ladung Erwärmung der Streifen, Schmelzung des Hartgummis und infolgedessen Kurzschlufs eintreten kann, der den ganzen Akkumulator in Gefahr bringen würde. Bei 12 Akkumulatorzellen kann der Umschalter an der Vorderseite des Schrankes so eingerichtet werden, dafs die 24 Poldrähte der Zellen mit ebensoviel Klemmen in Form von Flügelschrauben verbunden sind, welche in zwei horizontalen Reihen auf einer schmalen Marmorplatte an der Vorderseite des Schrankes so übereinander stehen, wie Fig. 46 auf S. 78 zeigt. Die Klemmen der oberen Reihe sind die positiven, die der unteren die negativen Pole. Zur Verbindung der Pole dienen Streifen von mäfsig dickem Kupferblech, welche so eingeschlitzt sind, dafs sie bequem in die Flügelschrauben hineingeschoben und durch eine Umdrehung der-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

selben fest angezogen werden können. In welcher Ordnung dies zu geschehen hat, ist weiter unten, wo über die Schaltung der Batterie zu sprechen ist, näher ausgeführt.

3. Das Schaltbrett für die Ladung und Entladung. Der Strafsenstrom von der elektrischen Centralstation, welcher eine Spannung von 110 Volt hat, tritt zunächst durch die beiden Drähte *H* und *R* (Fig. 45) in den Verteilungskasten *K*, wo er, da er doch nicht allein für den Akkumulator dienen soll, in mehrere Zweige: *a*, *b*, *c* und *d* geleitet werden kann. Von diesen führt der eine, z. B. *a*, direkt auf den Experimentiertisch, der zweite *b* zu einer Bogenlampe, der dritte *c* zu einem Motor, der für den Betrieb einer Dynamomaschine (s. oben S. 67) bestimmt ist, und der vierte *d* geht nach dem Schaltbrett, um von dort aus zum Akkumulator geführt zu werden. Alle Zweige sind mit Bleisicherungen versehen, um die Wirkungen eines möglichen Kurzschlusses unschädlich zu machen. Diese vier Eintrittsstellen des Strafsenstromes können von einem verschliefsbaren Kästchen umgeben sein, um Mifsbräuche zu verhüten. Hier soll nur der Zweig, welcher zum Akkumulator führt, weiter verfolgt werden. Die anderen werden wohl in das Physikzimmer zu führen sein.

Zuerst tritt jener mit seinem +Pole bei *m* in einen Widerstand *W* (Ladungswiderstand), der dazu bestimmt ist, die zu hohe Spannung des Strafsenstromes auf die für die Ladung geeignete herabzumindern (s. unten). Dieser Widerstand besteht aus einer Reihe von Spiralen aus Nickelin oder einem anderen schlecht leitenden Material, welche einen genügend grofsen Querschnitt haben müssen, um sich beim Durchgang des starken Stromes nur ganz mäfsig zu erwärmen. Sie sind so angeordnet, dafs man durch Drehung einer Kurbel eine oder mehrere derselben beliebig ausschalten kann, um den Gesamtwiderstand nach Bedarf zu vermindern.

Auf dem Schaltbrett ist ferner ein Voltmeter, ein Ampèremeter und zwischen beiden ein Kommutator befestigt. Der Strom geht von der Widerstandskurbel *n* auf dem Schaltbrett über *v* nach dem +Pole *k* des Batterieumschalters *B* und zweigt bei *e* einen Draht ab, welcher zum Voltmeter *V* führt. Dieser Zweigstrom geht bei seinem Austritt aus dem Voltmeter zu dem Verbindungsdraht *f* zwischen dem Ampèremeter *A* und dem Kommutator *U*. Das Ampèremeter ist andererseits mit dem Punkte *w* verbunden, von wo der Weg des Stromes weiter über *r* zum —Pole *l* des Batterieumschalters *B* (hier für einen 6-zelligen Akkumulator gedacht) geleitet wird. Der Kommutator *U* ist so eingerichtet, dafs durch seinen Wirbel *i* entweder, wie in der Figur gezeichnet ist, Verbindung zwischen 2 und 3, oder durch Drehung desselben um 120° (links herum) zwischen 1 und 2 hergestellt werden kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

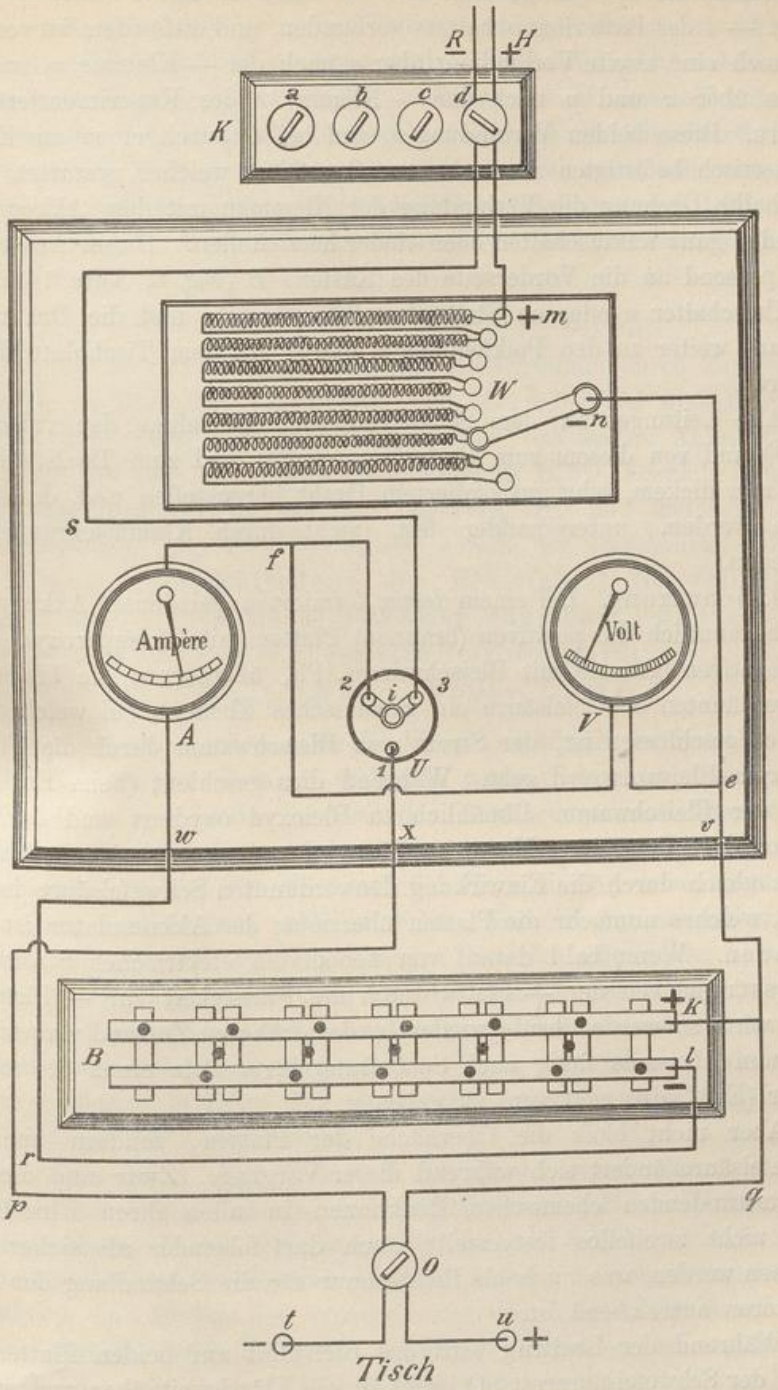


Fig. 45. Schaltbrett und Batterie-Umschalter.

Aufserhalb des Schaltbrettes ist, wie schon erwähnt, v mit $+ k$ und w mit $- l$ des Batterieumschalters verbunden, und aufserdem ist von $+ k$ aus noch eine zweite Verbindung über q nach der + Klemme u, und von U aus über x und p nach der — Klemme t des Experimentiertisches geführt. Diese beiden Verbindungen sind bei O durch einen am Experimentiertisch befestigten Ausschalter O geführt, welcher gestattet, durch eine halbe Drehung die Verbindung der Klemmen mit dem Akkumulator entweder ganz auszuschalten oder wieder herzustellen. Dieser Ausschalter wird passend an die Vorderseite des Kastens B (Fig. 6, Seite 14) neben den Umschalter u oder an Stelle desselben gesetzt, und die Drähte von hier aus weiter zu den Polklemmen p und q auf dem Tischblatt (Fig. 7) geführt.

Alle Leitungen auf dem Schaltbrett (mit Ausnahme der zwischen e und f) und von diesem zum Batterieumschalter und zum Tisch sind aus 3—4 mm dickem, sehr gut isoliertem Draht herzustellen und, da sie nie gelöst werden, untereinander fest (nicht durch Klemmschrauben) zu verbinden.

4. Benutzung. Bei einem fertig formierten (geladenen) Akkumulator sind bekanntlich die positiven (braunen) Platten mit Bleisuperoxyd, PbO_2, die negativen (grauen) mit Bleischwamm, Pb, überzogen; sie bilden mit der verdünnten Schwefelsäure ein galvanisches Element, bei welchem, sobald es geschlossen ist, der Strom vom Bleischwamm durch die Flüssigkeit zum Bleisuperoxyd geht. Während dies geschieht (beim Entladen), wird der Bleischwamm allmählich zu Bleioxyd oxydiert und das Bleisuperoxyd in demselben Mafse zu Bleioxyd reduziert; beide verwandeln sich zugleich durch die Einwirkung der verdünnten Schwefelsäure in Bleisulfat, welches nunmehr die Platten überzieht; der Akkumulator ist dann entladen. Wenn bald darauf von neuem ein elektrischer Strom (Ladungsstrom) von der + Platte durch die Flüssigkeit zur — Platte geleitet wird, so werden beide wieder in den früheren Zustand versetzt und sind nun abermals fähig nach Schliefsung ihrer Pole einen Strom, wie vorher (Entladungsstrom) zu geben u. s. f.

Aber nicht blofs die Oberfläche der Platten, sondern auch die Schwefelsäure ändert sich während dieser Vorgänge. Zwar sind die hierbei stattfindenden chemischen Reaktionen in allen ihren Einzelheiten noch nicht zweifellos festgestellt, doch darf folgendes als sicher angenommen werden, was auch als Richtschnur für die Behandlung der Akkumulatoren ausreichend ist.

Während der Ladung wird das Bleisulfat auf beiden Platten zersetzt: der Schwefelsäurerest SO_4 geht in die Flüssigkeit über und ergänzt sich alsbald, wie sich sogleich zeigen wird, zu H_2SO_4. An den negativen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Platten bildet sich Bleischwamm, welcher auf denselben haften bleibt; an den positiven aber wird er sofort höher oxydiert, indem er durch Zersetzung von $2\,H_2O$ zwei O aufnimmt und in PbO_2 übergeht, welches auf den positiven Platten haften bleibt, während der Wasserstoff teils zur Ergänzung des SO_4 zu H_2SO_4 (s. oben), welche in die Flüssigkeit übergeht, verwendet, teils an den negativen Platten frei entwickelt wird. Es wird also während der Ladung Schwefelsäure gebildet und Wasser zersetzt, wodurch die Säure des Akkumulators spezifisch schwerer wird:

$$2\,PbSO_4 + 2\,H_2O = Pb + PbO_2 + 2\,H_2SO_4.$$

Während der Entladung wird der Bleischwamm durch Zersetzung von H_2SO_4 in Bleisulfat verwandelt, und die dabei frei werdenden H_2 bilden mit dem einen Atom des PbO_2 Wasser; das andere Atom O desselben giebt mit dem H_2 eines zweiten Moleküls H_2SO_4 ebenfalls Wasser, während der Rest SO_4 an das Blei des PbO_2 tritt und dieses in Bleisulfat verwandelt. Der Vorgang ist also gerade der umgekehrte, d. h. es wird während der Entladung der Flüssigkeit Schwefelsäure entzogen und (synthetisches) Wasser zugeführt, wodurch die Säure des Akkumulators spezifisch leichter wird:

$$Pb + PbO_2 + 2\,H_2SO_4 = 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O.$$

Wahrscheinlich werden diese Reaktionen wohl nie in der hier entwickelten theoretischen Reinheit verlaufen, namentlich nicht an der positiven Platte, wo im Laufe der Zeit das Metall derselben immer tiefer angegriffen wird. Hierbei sprechen mit: die Stärke des Ladungs- und Entladungsstromes und die Zeitdauer der Ruhe nach jedesmaliger Entladung, deren Verlängerung schädlich wirkt. Aber im grofsen und ganzen zeigt doch bei einem in ordnungsmäfsigen Betriebe befindlichen Akkumulator das regelmäfsige Anwachsen des spezifischen Gewichts der Säure während der Ladung, und das darauf folgende Sinken desselben bei der Entladung, dafs der Hauptvorgang den obigen Gleichungen entspricht, und gerade hierauf gründen sich die gleich zu entwickelnden Regeln für die Behandlung des Akkumulators.

a) Die Ladung. Ein frisch von der Fabrik aufgestellter Akkumulator ist soweit fertig formiert, dass er mit Säure gefüllt werden kann. Diese mufs chemisch rein und namentlich frei von Chlor sein, sie mufs ein ganz bestimmtes spezifisches Gewicht haben, welches je nach der Konstruktion und Gröfse des Apparats und der Zahl seiner Zellen verschieden, aber für jedes Exemplar genau vorgeschrieben ist, sagen wir z. B. 1,147 oder 19° Baumé (mit einem Gehalt von etwa 20,3% H_2SO_4). Die Säure soll etwa 3 cm über dem oberen Rande der Bleiplatten stehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Soll die Ladung beginnen, so muſs zuerst der Batterieumschalter *B* (Fig. 45, S. 71) so gestellt werden, daſs alle Zellen hintereinander also „auf Spannung“ verbunden sind; dann ist der Widerstand *W* auf Maximum, der Kommutator *U* auf dem Schaltbrett auf 2—3 (wie in der Figur) und der Ausschalter *O* am Tische auf „offen“ zu stellen. Hierauf kann man dem Strafsenstrom durch Schlieſsung des Kontaktes *d* im Verteilungskasten Zutritt geben. Dieser verfolgt nun seinen Weg vom Eintrittsdrahte *H*+ durch *m*, *W*, *n*, *e*, *v*, *k*, *l*, *r*, *w*, das Ampèremetor *A*, *f*, 2—3 auf *U* und über *s* zum Rückleitungsdrahte *R*—; zugleich geht ein Zweigstrom von *e* durchs Voltmeter nach *f*. Das Ampère- und Voltmeter stellen sich sofort ein; an ihnen wird die Stärke und Spannung des Ladungsstromes abgelesen. Jene darf nicht zu hoch sein, weil bei zu stürmischer Ladung die Überzüge der Bleiplatten leicht abfallen und überhaupt an Festigkeit verlieren. Deshalb ist die höchste zulässige Ladungsstärke in der Fabriksinstruktion vorgeschrieben, sie betrage z. B. für einen 6-zelligen Akkumulator 13,8, für einen 12-zelligen 16 Ampère. Dies wird durch Drehung der Kurbel *n* auf *W* geregelt. Das Voltmeter zeigt bei 6 Zellen etwa 12 Volt, bei 12 Zellen etwa 24 Volt.

Sobald die Ladung zunimmt, bemerkt man, daſs die Aräometer in in den Akkumulatorzellen, wegen Zunahme des spezifischen Gewichts der Säure, steigen, was bis zu einem gewissen Höhepunkt fortgeht. Dieser Punkt ist erreicht, wenn in den Zellen nicht nur an den negativen Platten, sondern auch an den positiven eine lebhafte, fast wallende, Gasentwickelung eintritt, welcher Zeitpunkt sich schon vorher durch eine milchige Trübung der Säure — eine Folge der Entwickelung vieler feiner Gasbläschen an den Platten — ankündigt. Der Akkumulator ist nun geladen und die Aräometer haben ihren höchsten Stand erreicht, welcher auf der Skala der Instrumente durch eine rote Linie deutlich sichtbar gemacht ist. Das Voltmeter ist zuletzt bis etwa 13—14 (bezw. 26—28) Volt gestiegen. Weiter soll die Ladung nicht fortgesetzt werden. Man stellt also den Strafsenstrom *H* bei *d* ab, wodurch der Zeiger des Ampèremeters auf Null herabgeht, während derjenige des Voltmeters die Ladungsspannung der Batterie angiebt, solange die Stöpselung des Batterieumschalters nicht aufgehoben wird. Dies muſs natürlich durch Entfernung der Stöpsel oder der verbindenden Kupferblechstreifen (s. oben) geschehen, sobald der Strom nicht weiter gebraucht werden soll.

b) Die Entladung. Diese tritt bei der Benutzung des Instruments ein. Soll sie ins Werk gesetzt werden, so braucht (nach richtiger Stöpselung des Umschalters) bloſs der Kommutator *U* auf 1—2 und — nach der Einschaltung des Versuchsinstruments auf dem Tische zwischen den Klemmschrauben *t* und *u*, einschlieſslich eines Entladungswiderstandes

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(s. unten) — der Ausschalter *O* auf „zu“ gestellt zu werden. Diese zwei einfachen Griffe genügen, um, wenn die Ladung des Akkumulators immer in Ordnung gehalten wird, jederzeit auf dem Experimentiertische einen elektrischen Strom zur Verfügung zu haben. Derselbe geht dann vom + Pole *k* des Batterieumschalters über *q* durch den Ausschalter *O* zur + Klemme *u* des Tisches, dort durch die aufgestellten Apparate zur — Klemme *t*, durch den Ausschalter *O* über *p* und *x* zum Kommutator *U* über 1—2 und *f* nach dem Ampèremeter *A* und über *w* und *r* nach dem — Pole *l* des Batterieumschalters zurück. Aufserdem bleibt das Voltmeter *V* durch den Zweigstrom *ef* eingeschaltet; ausgeschaltet aber ist der Ladungswiderstand *W* und der Strafsenstrom bei *d*.

Während der Versuche findet in den Zellen keine Gasentwickelung statt; es wird, wie oben gezeigt, Wasser gebildet und Schwefelsäure gebunden, deshalb nimmt das spezifische Gewicht der Säure ab und die Aräometer sinken. Dies darf nicht so lange fortgesetzt werden, bis der Akkumulator vollständig entladen ist, sondern mufs zeitiger unterbrochen werden. Deshalb ist an den Skalen der Aräometer ein zweiter roter Strich etwas oberhalb des ersteren angebracht, welcher die Grenze der Entladung angiebt. Nur innerhalb dieser beiden Striche darf geladen und entladen werden, man hat also am Stande der Aräometer zugleich ein stets sichtbares Merkzeichen für den Grad der Ladung, da diese proportional mit dem spezifischen Gewicht der Säure steigt und fällt. Sobald der obere rote Strich unter dem Flüssigkeitsspiegel verschwindet, mufs von neuem geladen werden, was auf die allereinfachste Weise dadurch geschieht, dafs man *O* auf „offen“, *U* auf 2—3 stellt; den Umschalter (wenn er nicht schon so steht) auf Spannung stöpselt, den Kontakt *d* schliefst und die Stromstärke des Ladungsstromes durch die Stellung der Kurbel am Widerstand *W* regelt.

Die Wiederladung kann schon eher erfolgen, bevor die zulässige Grenze der Entladung erreicht ist, wozu man passender Weise die Unterrichtspausen benutzen kann; denn es ist Vorschrift, dafs die Zellen nicht längere Zeit hindurch im partiell oder gar total entladenen Zustand stehen bleiben dürfen, sondern im Ruhezustande immer voll geladen sein müssen, was besonders bei gröfseren Pausen von Wochen oder Monaten wohl zu beachten ist. Die Oberflächen der Bleiplatten eines teilweise oder ganz entladenen Akkumulators sind nämlich, wie schon erwähnt, mit Bleisulfat bedeckt, welches sich im Ruhezustande der Batterie allmählich mehr und mehr verdichtet und später beim Gebrauch nicht wieder vollständig zersetzt wird, wodurch sich die Kapazität des Akkumulators vermindert, also seine Wirksamkeit geringer wird. Ja selbst beim voll geladenen Instrument, welches also auf seinen negativen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Platten nur Bleischwamm und auf den positiven Platten nur Bleisuperoxyd hat, bildet sich bei längerer Ruhe durch die Einwirkung der Schwefelsäure allmählich etwas Bleisulfat, wodurch der Ladezustand sinkt. Daher kommt es, dafs ein bis zur reichlichen Gasentwickelung voll geladener Akkumulator nach einigen Wochen Ruhe nicht mehr voll geladen ist, also nach Schliefsung des Ladungsstromes nicht sogleich wieder Gas entwickelt, sondern erst nach einiger Zeit. Deshalb mufs man bei längeren Unterrichtspausen zeitweilig, spätestens alle zwei Wochen, den Ladungsverlust wieder ergänzen, was ja, wie oben gezeigt, ohne alle Mühe geschehen kann. — Sollte sich in der Batterie aber dennoch durch Versäumung der einen oder anderen Vorsichtsmafsregel soviel festes Bleisulfat gebildet haben, dafs ihre Kapazität dauernd vermindert ist, so läfst sie sich durch geeignete Behandlung doch wieder auf ihre normale Beschaffenheit bringen. Man braucht sie nämlich nur beträchtlich zu überladen, d. h. ihre Ladung weit über die normale Grenze hinaus fortzusetzen. Hierdurch wird allmählich durch die Einwirkung des sich energisch entwickelnden Sauerstoffs und Wasserstoffs im Entstehungszustande das Bleisulfat wieder zersetzt und in Bleischwamm, bezw. Bleisuperoxyd verwandelt.

Eine weitere Vorsicht, die man dem Apparate angedeihen lassen mufs, besteht darin, die Zellen immer in richtiger Höhe mit Säure gefüllt zu erhalten. Deshalb mufs man den Stand des Flüssigkeitsspiegels immer kontrollieren: ist derselbe durch Verdunstung und Wasserzersetzung soweit gesunken, dafs er nicht mehr 1 cm über den obersten Rändern der Platten steht, so mufs nachgefüllt werden. Zum Nachfüllen verwendet man entweder destilliertes (chlorfreies!) Wasser oder eine verdünnte Säure von bestimmtem spezifischen Gewicht. Ob das eine oder das andere zu geschehen hat, hängt von dem Säuregehalt der Flüssigkeit bei der letzten vollen Ladung ab. Auch hierüber müssen in der Instruktion Vorschriften gegeben sein. Man achte sorgfältig darauf, dafs niemals mit stärkerer Säure nachgefüllt wird, als nötig ist!

Endlich ist auch noch darauf zu achten, dafs die einzelnen Zellen der Batterie sich immer in einem gleichen Ladungszustand befinden, was man durch passende Schaltung derselben erreicht. Die Potentialdifferenz (Spannung) einer Akkumulatorzelle beträgt 2 Volt, also kann man bei der 6-zelligen Batterie über Ströme von 2—12 Volt, bei der 12-zelligen über solche bis 24 Volt verfügen, wenn alle Zellen hintereinander (auf Spannung) verbunden sind. Ströme von so hoher Spannung werden bei chemischen Versuchen selten nötig sein, deshalb könnte man in den meisten Fällen mit weniger Elementen arbeiten, was man z. B. bei der 6-zelligen Batterie durch Stöpselungen wie oben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

S. 65 für die Chromsäurebatterie unter 1 bis 5, 7 bis 10 und 12 erreicht. Da aber hierdurch die einzelnen Elemente in verschiedener Weise in Anspruch genommen werden und später eine gleichmäfsige Ladung nur schwierig wieder zu erreichen ist, so ist es vorzuziehen, immer alle Zellen arbeiten zu lassen, was dadurch geschieht, dafs man die Elemente entweder alle oder mehrere in einzelnen Gruppen nebeneinander verbindet. Hierdurch lassen sich innerhalb der oben angegebenen Grenzen Ströme der verschiedensten Spannung erzeugen, z. B. beim 6-zelligen Akkumulator von 2—12 Volt durch Stöpselungen wie:

2 Volt: *A*—, *A*+; *B*—, *B*+; *C*—, *C*+; *D*—, *D*+; *E*—, *E*+; *F*—, *F*+.
4 Volt: *A*—, *AB*, *B*+, *C*—, *CD*, *D*+; *E*—, *EF*, *F*+.
6 Volt: *A*—, *AB*, *BC*, *C*+, *D*—, *DE*, *EF*, *F*+.
8 Volt: *A*—, *AB*, *BC*, *CD*, *D*+; *E*—, *EF*, *F*+.
10 Volt: *A*—, *AB*, *BC*, *CD*, *DE*, *E*+; *F*—, *F*+.
12 Volt: *A*—, *AB*, *BC*, *CD*, *DE*, *EF*, *F*+;

und beim 12-zelligen Akkumulator zwischen 2 und 24 Volt durch Verbindungen nach dem Schema auf S. 78.

Um nun aber, was bei chemischen z. B. galvanoplastischen Versuchen von besonderer Wichtigkeit ist, die richtige Stromstärke (Ampère) und dadurch die beste Stromdichte zu erzielen, benutzt man auf dem Experimentiertisch einen Vorschaltwiderstand (Entladungsrheostat) aus dickem Neusilber- oder Nickelindraht, den man mit der Klemme *t* oder *u* verbindet und erst daran die Versuchsapparate legt. Man stellt ihn auf sein Maximum, welches etwa 2 Ohm beträgt und geht dann zurück, wenn nötig. bis auf 0 Ohm. Dieser Widerstand ist am besten ein sogenannter Walzenrheostat aus dickem Nickelindraht, bei dem letzterer auf einem Cylinder spiralig gewickelt ist, und durch Verschiebung eines Kontaktzeigers die richtige Widerstandsgröfse auf Bruchteile eines Ohm giebt.

Durch Einhaltung aller dieser Vorschriften und Vorsichtsmafsregeln wird man den Akkumulator immer in gutem, gebrauchsfähigen Zustand erhalten. Sie erscheinen beim Lesen etwas kompliziert, sind aber nach ordnungsmäfsiger Gewöhnung in der Ausführung so unbedeutend, so ganz minimal, dafs die darauf zu verwendende Arbeit absolut nicht in Betracht kommt, besonders wenn man den dadurch erwachsenden relativ grofsen Gewinn ins Auge fafst, aller wirklich zeitraubenden und oft recht mühseligen Arbeiten, wie sie zur Erhaltung, Neufüllung und Wiederherstellung galvanischer Elemente nötig sind, gänzlich überhoben, und dann doch nicht sicher zu sein, im Bedarfsfalle wirklich einen passenden Strom zur Verfügung zu haben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Stromverbrauch wird nach Ampère- oder Wattstunden gemessen und berechnet. Die einstündige Ladung eines 6-zelligen Akkumulators von der angegebenen Gröfse beansprucht ca. 10, die eines 12-zelligen ca. 16 Hektowattstunden à 3—6 oder 7 Pfennige je nach dem Tarif.

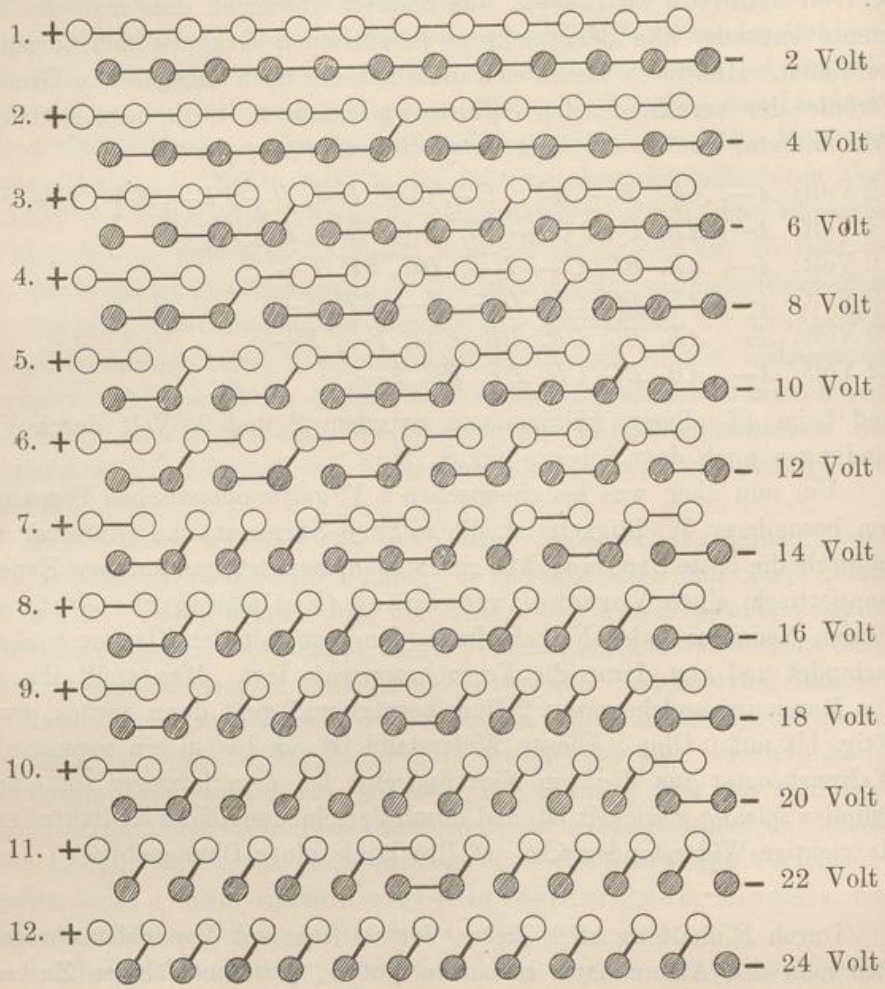


Fig. 46. Schema für die Schaltung eines 12-zelligen Akkumulators.

2. **Akkumulator mit Thermosäule.** Wo keine elektrische Centrale ist, kann man sich mit Vorteil einer Kombination von Thermosäule mit Akkumulatoren bedienen, welche für chemische Zwecke in den meisten Fällen ausreichend ist.

Als Thermosäule dient der Apparat von GÜLCHER*, welcher in seiner

* *Berg- und Hüttenmännische Zeitung* Bd. 51, S. 27. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 257.

gröfsten Form mit 66 Elementen eine Spannung von ca. 4 Volt giebt, und einer Leistung von zwei grofsen Bunsenelementen entspricht. Der innere Widerstand beträgt 0,7 Ohm. Für die Verbindung dieser Thermosäule mit einer Akkumulatorenbatterie empfiehlt Carl Elbs* folgende Anordnung (Fig. 47).

Die Thermosäule *Th* ist mit der Akkumulatorenbatterie Akk_1 und Akk_2 leitend verbunden. Jede Abteilung derselben besteht aus 4 bequem in Holzkästen tragbaren Akkumulatoren, deren Gewicht in gefülltem Zustand nebst Zubehör ungefähr 8 kg beträgt. Diese Kästen sind bei u_1 und u_2 mit Umschaltern verbunden, welche gestatten, die Zellen eines jeden Kastens hinter- oder nebeneinander zu schalten. *W* ist ein Rheostat mit Widerständen von 0,1—2 Ohm, *G* ein Galvanometer und *C* ein Kommutator, um den Strom für genaue Ablesungen umzukehren. Die Thermosäule verbraucht stündlich 170—180 l Gas und ihre mittlere elektromotorische Kraft beträgt 4,1 Volt bei einem inneren Widerstand von 0,68 Ohm. Die mittlere elektromotorische Kraft einer Akkumulatorenzelle ist gleich 2,05 Volt, ihre Kapazität 8 Ampèrestunden und ihr innerer Widerstand 0,05 Ohm.

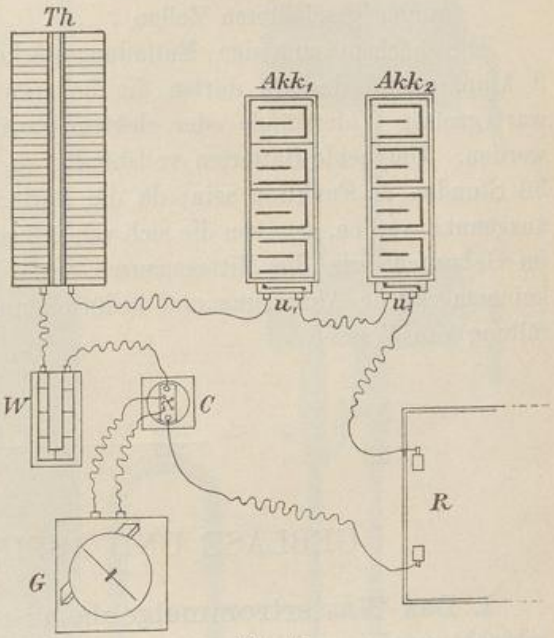


Fig. 47.

Durch Verbindung der Thermosäule allein oder in Kombination mit Akkumulatoren erhält man folgende elektromotorischen Kräfte und innere Widerstände:

	Volt	Ohm
1. Thermosäule allein	4	0,7
2. Thermosäule mit einer nebeneinander geschalteten Akkumulatorenbatterie	6	0,71
3. Thermosäule und beide Akkumulatorenbatterien wie oben	8	0,73

* *Chemiker-Zeitung* Bd. 17, S. 66 u. 97. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 410.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

	Volt	Ohm
4. Thermosäule und eine Batterie mit nacheinander geschalteten Zellen	12	0,9
5. Thermosäule und eine Batterie mit neben- und eine mit nacheinander geschalteten Zellen . .	14	0,91
6. Thermosäule und beide Batterien mit nacheinander geschalteten Zellen	20	1,10

Die höchste zulässige Entladungsstärke einer Akkumulatorzelle ist 3 Ampère und deshalb dürfen die höheren Spannungen nur bei Gegenwart grofser Widerstände oder elektromotorischer Gegenkräfte angewandt werden. Um beide Batterien vollständig zu laden, mufs die Thermosäule 30 Stunden in Funktion sein; da die Batterien aber niemals vollständig ausgenutzt werden, genügen die sich von selbst ergebenden Unterbrechungen im Gebrauch, wie die Mittagspausen etc. Die Akkumulatoren erleiden keine merkliche Abnutzung und bedürfen nur höchst selten einer Nachfüllung von Wasser.

GEBLÄSE UND ASPIRATOREN.

1. Das Wassertrommelgebläse ist durch Bunsen in eine Form gebracht worden, welche es zu einem für Laboratorien höchst brauchbaren Apparate macht. Es besteht aus zwei Hauptteilen: der eigentlichen Wassertrommel *W* (Fig. 48) und dem möglichst hoch über derselben angebrachten Wasserabflufsapparate *V*, *V'*. Die Wassertrommel ist ein 1—1,5 m hoher, etwa 20 cm weiter Cylinder von Kupfer- oder Zinkblech mit abgerundeten Enden. Vom unteren Ende geht ein Rohr *a* ab, welches schwanenhalsförmig nach oben und dann wieder nach unten umgebogen ist. Seine innere Weite beträgt etwa 3 cm. An der höchsten Stelle der Biegung ist ein kurzes offenes Rohr *c* aufgesetzt. In dem oberen Ende des Cylinders *W* münden drei Röhren, von welchen zwei, *b*, *b*, zu dem oberen Reservoir führen, während die dritte, ebenfalls schwanenhalsförmig umgebogen, zu dem Experimentiertische führt und mit dem Hahne *G* (Fig. 6 und 7) verbunden ist. Das obere Reservoir besteht aus zwei kleineren Cylindern, von denen der untere durch das Rohr *r* Zufluſs aus der Wasserleitung erhält, während von dem oberen ein Bleirohr *s* abwärts geht und entweder kurz abgeschnitten ist, oder auch mittels eines längeren Bleirohrs zum Experimentiertisch geführt und dort wie *G* mit einem Hahn versehen werden kann. Dieses Rohr wird man wählen, wenn es

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

an einer Filterpumpe (siehe unter „Wasserluftpumpe“ S. 86 und „Filtrieren“) mangelt, weil es, da das obere Reservoir *V'* saugend wirkt, recht gut zur Herstellung einer mäfsigen Luftverdünnung benutzt werden kann. Wo

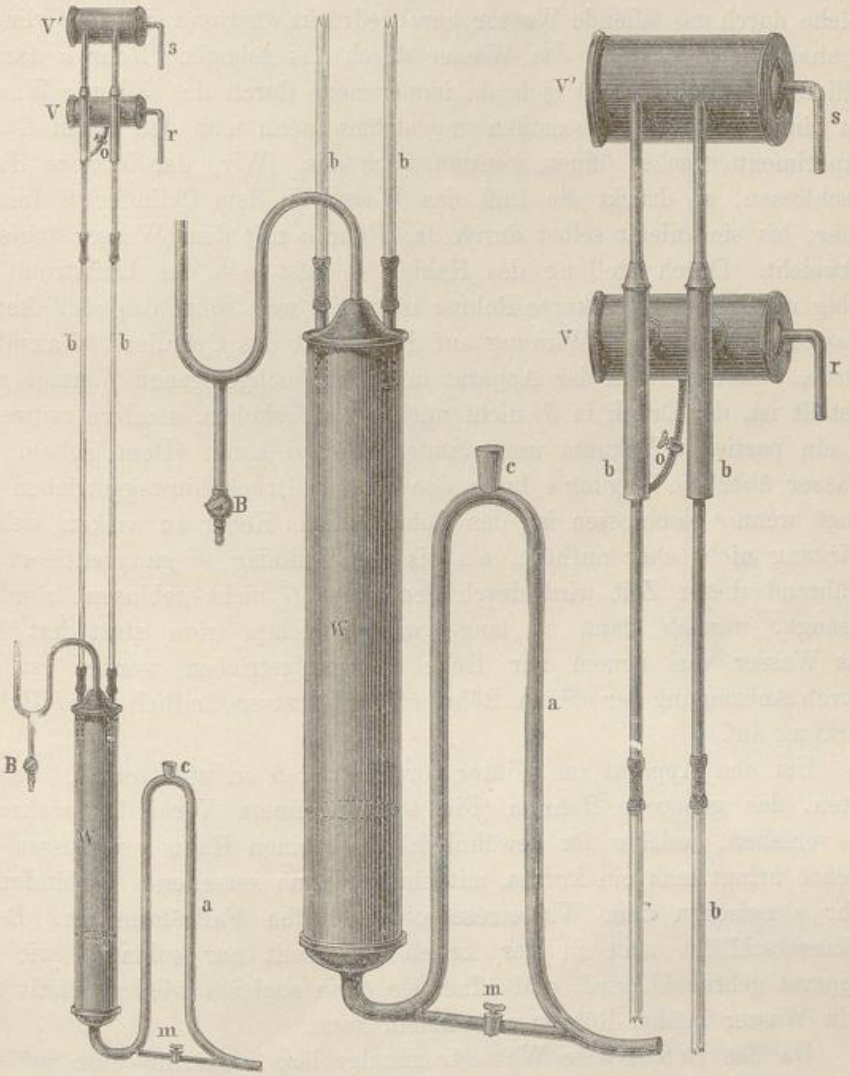


Fig. 48. Wassertrommelgebläse.

aber eine gut wirkende Wasserluftpumpe vorhanden ist, wird die Benutzung dieser saugenden Wirkung des Wassertrommelgebläses entbehrlich. Die Entfernung der beiden Teile *W* und *V* beträgt 5—8 m. Bei unzureichender Höhe des Zimmers kann entweder der ganze Apparat oder wenigstens der obere Teil aufserhalb desselben aufgestellt werden, nur ist

selbstverständlich, dafs der Wasserhahn, durch welchen man den Zufluſs zum Reservoir *V* regelt, im Zimmer sein mufs.

Sobald man diesen Hahn öffnet, steigt das Wasser nach *V*, fällt von da durch die beiden Röhren nach *W*, saugt durch das Rohr *s* Luft ein, welche durch das fallende Wasser herabgedrückt wird und sich im Cylinder *W* ansammelt, während das Wasser durch das gebogene Rohr *a* daraus abfliefst. Die Luft preſst sich, da immer neue durch das fallende Wasser mit eingeführt wird, zusammen und strömt, wenn man den Hahn *G* des Experimentiertisches öffnet, kontinuierlich aus. Wird der letztere Hahn geschlossen, so drückt die Luft das Wasser in dem Cylinder *W* immer tiefer, bis sie zuletzt selbst durch das Rohr *a* mit dem Wasser zugleich entweicht. Durch Stellung des Hahnes *G* läfst sich der Luftstrom beliebig regulieren. Das kurze Rohr *c* ist nötig, weil sonst das abfliefsende Wasser eine saugende Wirkung auf den Inhalt des Cylinders *W* ausüben würde, wodurch, wenn der Apparat in einem hochgelegenen Zimmer aufgestellt ist, der Druck in *W* nicht nur ganz aufgehoben, sondern zeitweilig in ein partielles Vakuum umgewandelt werden kann. Denn sobald das Wasser über die Biegung *c* durch den inneren Druck hinweggetrieben ist, fängt, wenn *c* geschlossen ist, das Rohr *a* an als Heber zu wirken, welche Wirkung nicht eher aufhört, als bis der Cylinder *W* ganz entleert ist. Während dieser Zeit wird durch den Hahn *G* nicht geblasen, sondern gesaugt, wonach dann so lange wieder Kompression statt hat, bis das Wasser von neuem zur Höhe *c* hinaufgetrieben worden ist etc. Durch Anbringung der offenen Röhre *c* hört selbstverständlich diese Heberwirkung auf.

Um den Apparat im Winter vor Einfrieren zu schützen, ist es geraten, das gebogene Rohr *a* (Fig. 48) mit einem Verbindungsrohre *m* zu versehen, welches für gewöhnlich durch einen Hahn geschlossen ist; ebenso bringt man ein kurzes, mit einem Hahne versehenes Verbindungsrohr *o* zwischen dem Wasserreservoir und den Fallröhren an. Beide Hähne schliefst man in der kalten Jahreszeit nur solange, wie der Apparat gebraucht wird, und öffnet sie dann sogleich wieder, damit sich kein Wasser in den Röhren ansammeln kann.

Da das Bunsen'sche Wassertrommelgebläse immerhin eine gröfsere bauliche Einrichtung verlangt, können für kleinere Verhältnisse als Ersatz auch andere Apparate dienen, die ihren Zweck in mehr oder weniger ausgiebiger Weise erfüllen.

Sehr einfach ist z. B. der folgende von Kalecsinszky herrührende, in Fig. 49 und 50 abgebildete Apparat.* Der Hauptbestandteil besteht

* *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 546.

aus einer gläsernen oder metallenen oder auch aus Glasröhren und Korken zusammengestellten Wasserluftpumpe *A*, welche mit einem weiteren Rohr *a* (1,5 cm) und einem längeren Rohr (1,5 m) verbunden ist und durch einen Kork in der Mitte einer gröfseren Flasche *B* (Fig. 50) endigt. An der unteren Öffnung der Flasche befindet sich ein S-förmig gebogenes Ausflufsrohr *c*, welches etwas enger als das untere Ende *B* der Wasserluftpumpe sein mufs. Durch den Kork geht noch ein zweites Rohr *d*, welches die Luft abführt. Beim Gebrauch verbindet man die Wasserleitung mit der Öffnung *a*: das Wasser fällt durch das lange Rohr hinab und reifst fortwährend durch die Röhre *b* Luft mit.

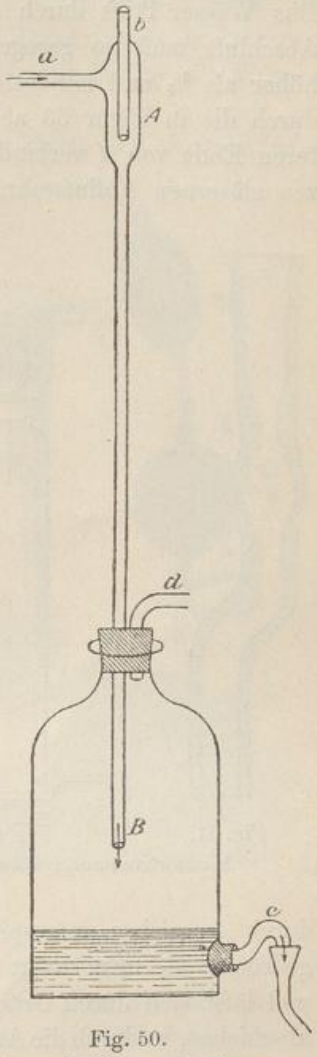


Fig. 50.

Für geringeren Luftbedarf, immerhin aber noch ausreichend zur Speisung einer Gebläselampe, sind Wassertrommelgebläse von kleineren Dimensionen konstruiert worden, die man sich selbst aus Glasteilen zusammensetzen kann.

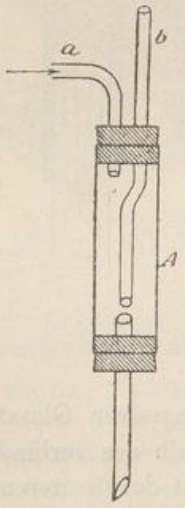


Fig. 49.

Wassertrommelgebläse nach Kalecsinszky.

Beutell* hat einen Apparat dieser Art konstruiert, welcher in Fig. 51 bis 53 abgebildet ist. Das als Wasserstrahlpumpe wirkende Einsaugungsrohr für Luft zeigt Fig. 51. Das obere Ende *a* ist mit der Wasserzuleitung verbunden. Es ist bei *b* konisch verengt und unterhalb *b* bei *d* wieder kugelförmig erweitert, dann bei *e* abermals verengt und unterhalb *e* mit einer Biegung versehen, wodurch das Wiederentweichen der eingesogenen Luft verhütet wird; *f* ist das untere Austrittsende für Luft und Wasser. In der kugelförmigen Erweiterung *d* ist seitlich eine Öffnung *e* angebracht, durch welche die Luft eingesogen

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 11, S. 1381. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 61.

wird. Das Rohr ist oben mittels durchbohrten Gummistöpsels auf einen etwa 1,5 l fassenden Fufscylinder aufgesetzt (Fig. 52). Der Stöpsel trägt aufserdem noch das gebogene Glasrohr *L*, welches zur Gebläselampe führt. Das Wasser läuft durch *A* am unteren Ende des Cylinders ab. Dieser Abschlufs mufs so geregelt werden, dafs das Wasser den Cylinder nie höher als $^2/_3$ und mindestens $^1/_2$ desselben füllt. Diese Regulierung kann durch die in Figur 53 abgebildete Einrichtung, welche man mit dem unteren Ende von *A* verbindet, bewirkt werden; sie besteht aus einem kurzen gläsernen Abflufsrohr, welches an einer Stelle verengt ist. *G* ist ein

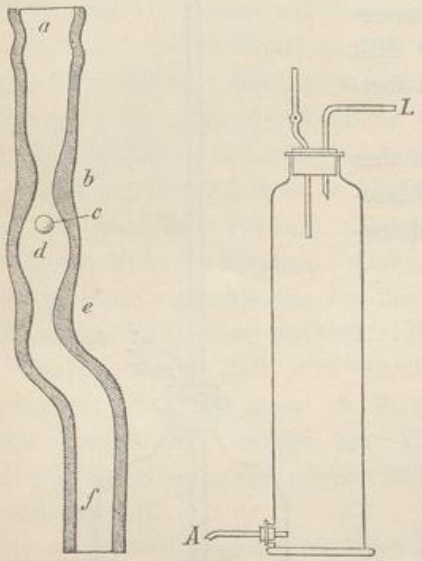


Fig. 51.

Fig. 52.

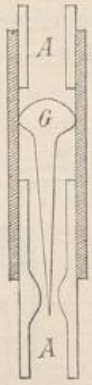


Fig. 53.

Wassertrommelgebläse nach Beutell.

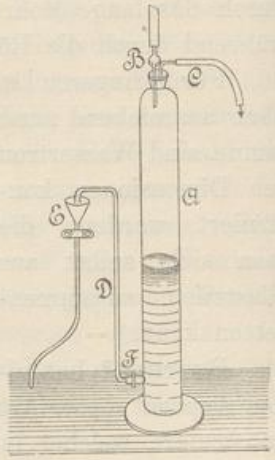


Fig. 54.

Wassertrommelgebläse nach Bömer.

durch Ausziehen zugespitzter massiver Glasstab, welcher oben flachgedrückt ist. Er steckt innerhalb des verbindenden Kautschukschlauchs und läfst sich durch Drücken auf den letzteren von aufsen leicht auf- und abschieben, wodurch die Ausflufsröhre erweitert oder verengert werden kann.

Bömer* hat diesen Apparat in folgender Weise verbessert. Der etwa 25 cm hohe Fufscylinder *A* dient als Wassertrommel, seine obere Öffnung ist mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel verschlossen, welcher einerseits das als Wasserstrahlpumpe dienende Rohr *B* und andererseits das zur Gebläselampe führende Gasableitungsrohr *C* trägt. Bis

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1889, S. 390. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 620.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dahin ist der Apparat dem BEUTELL'schen ganz gleich. Den Wasserabfluſs aber bewirkt BÖMER nicht in der von BEUTELL angegebenen Weise, sondern durch das bei *F* eingesetzte, schwanenhalsförmig gebogene Rohr *D*, wie beim Wassertrommelgebläse von BUNSEN. Der Trichter *E* leitet das austretende Wasser ab. Hierdurch wird der Wasserabfluſs selbstthätig reguliert, so daſs der Cylinder *A* immer etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt bleibt.

2. Der Glasbläsertisch (Fig. 55) ist ein Tisch, der ein mit Zink-

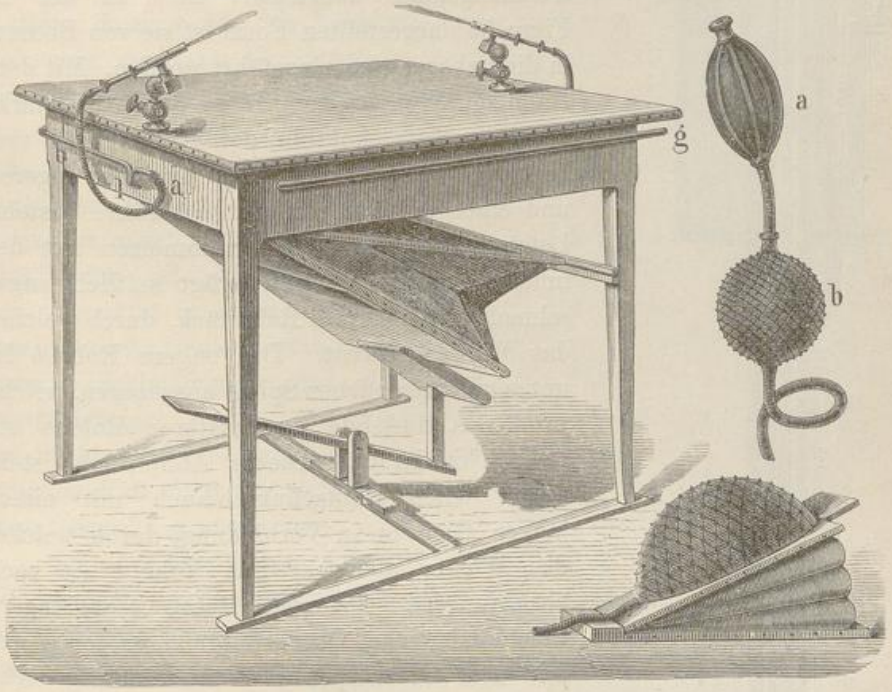


Fig. 55. Glasbläsertisch.

blech beschlagenes Blatt und unter demselben einen doppelten Blasebalg hat, welcher leicht durch den Fuſs in Thätigkeit gesetzt werden kann. Das Windrohr *l* endigt oberhalb des Tischblattes und wird direkt in die Hülse eines Glasgebläses geführt. Um kräftigere Wirkungen zu erzielen, setzt man zwei Gebläse einander gegenüber, deren Flammen man auf einen Punkt konzentrieren kann. Das Windrohr teilt sich zu diesem Zwecke in zwei Teile, *a* und *b*, welche die Flammen versorgen; *g* ist das Gasrohr. — Der Glasbläsertisch wird durch das Wassertrommelgebläse vollständig ersetzt.

In Figur 55 sind noch zwei kleine Gebläse mit Kautschukbeutel als Windsack abgebildet. Das obere ist ein Handgebläse, welches durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Drücken von *a* in Thätigkeit gesetzt wird; die Luft wird in *b* komprimiert und giebt einen kontinuierlichen Strom. Die untere Abbildung stellt ein kleines Fufsgebläse dar, welches den Glasbläsertisch leidlich gut ersetzen kann.

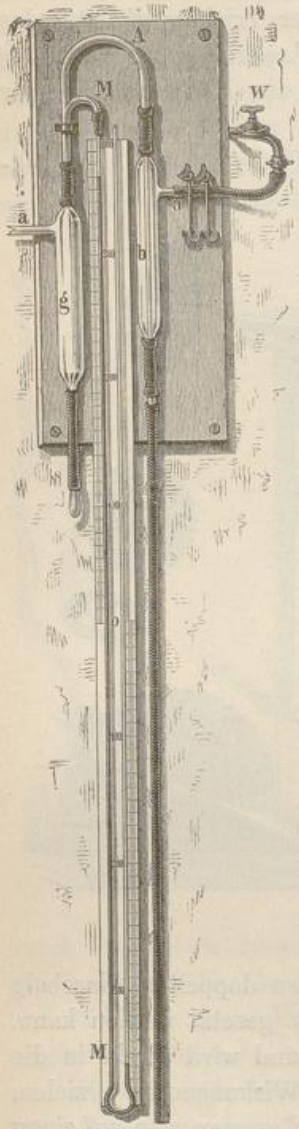


Fig. 56. Wasserluftpumpe nach Bunsen.

3. Die Wasserluftpumpe. Sie dient zur Erzeugung eines leeren Raumes ohne Anwendung mechanischer Kraft und beruht auf demselben Prinzip, nach welchem das Wassertrommelgebläse konstruiert ist. In der in Figur 56 dargestellten Form ist sie von Bunsen in die Laboratorien eingeführt worden. Mit dem Hahn der Wasserleitung *W* ist durch ein starkwandiges Kautschukrohr der Glaskörper *b* verbunden, welcher aus einer inneren engeren und einer weiteren äufseren Glasröhre besteht. Letztere ist oben durch Anschmelzen mit der inneren verbunden und trägt seitlich angeschmolzen ein kurzes Rohrstück, durch welches das Wasser eintritt. Das engere Rohr *b* ist unten zu einer offenen Spitze ausgezogen, welche in das Abflufsende des weiteren Rohres ein wenig hineinragt. Dieses Abflufsende steht durch einen Kautschukschlauch mit einem langen Bleirohr in Verbindung, durch welches das Wasser abfliefst. Das Rohr *b* ist nach oben in eine gekrümmte Röhre *A* verlängert, welche mit einem Quecksilbermanometer *M* und mit dem Glaskörper *g* in Verbindung steht. Dieser endlich führt durch *a* auf möglichst kurzem Wege zu dem Hahn *U* des Experimentiertisches und kann durch diesen mit dem zu evakuierenden Gefäfse verbunden werden. Über das Rohr *g* ist unten ein kurzes Stück starkwandiger Kautschukschlauch geschoben, welcher durch einen Glasstöpsel verschlossen ist. Wird der Wasserhahn geöffnet, so saugt das fallende Wasser Luft aus der unteren Spitze des Rohres *b* und führt sie im Fallen ab.

Hierbei sind verschiedene Punkte zu beachten. Will man ein Vakuum, welches der Dampfspannung bei der Temperatur des Wassers möglichst nahe kommt, erzeugen, so mufs das Fallrohr eine Höhe von

mindestens 13 m haben und am unteren Ende etwa $^1/_2$ m nach oben umgebogen sein. Denn, obgleich eine dem Atmosphärendruck gleichkommende, ruhende Wassersäule nur 10,3 m hoch ist, so ist doch das Fallrohr niemals in seiner ganzen Höhe mit Wasser gefüllt, weil es Luft aus dem zu evakuierenden Gefäfs mit sich führt und überdies, besonders bei zu starkem Wasserstrom, das Wasser in der Fallröhre eine grofse Reibung erleidet, welche wie ein Gegendruck wirkt. Um den letzteren Übelstand möglichst zu verringern, hat Bunsen an dem Gummischlauch, welcher das Wasser zuführt, zwei Hähne angebracht, von denen der äufsere dazu dient, den Schlauch so zu verengen, dafs das Wasser nur mit ganz geringem Überdruck in das Glasrohr eintritt; der andere Hahn ist mit einem abnehmbaren Schlüssel versehen, und wird ein für allemal so gestellt, dafs die beste Wirkung erzielt wird. Man legt probeweise an den Hahn *U* des Experimentiertisches einen verschlossenen, starkwandigen Glaskolben an, evakuiert, setzt die Pumpe in Thätigkeit und reguliert unter Beobachtung des Manometers den Hahn mit dem Schlüssel durch Auf- oder Zudrehen so lange, bis die günstigste Wirkung erzielt ist. Verhütet man dann durch Beseitigung des Schlüssels, dafs der Hahn nachträglich wieder verstellt werden kann, so wird die Pumpe später immer regelmäfsig arbeiten, auch wenn der Hahn der Wasserleitung in unvorsichtiger Weise rasch aufgedreht wird; andernfalls aber geschieht es leicht, dafs Wasser durch das Rohr *A* zurückschlägt. Um für einen solchen Fall den Eintritt von Wasser in das Saugrohr zu verhüten, ist das Glasrohr *g* angebracht, welches als Wassersack wirkt.

Seit der Einführung der Wasserluftpumpe in die Laboratorien durch Bunsen ist sie in mannigfacher Weise abgeändert und verbessert worden und hat besonders in der Form, welche ihr Arzberger und Zulkowsky* gegeben haben, aufserordentliche Verbreitung gefunden. Diese Wasserstrahlpumpe hat den grofsen Vorzug, dafs sie keines Fallrohrs, dafür aber eines kräftigen Wasserstrahls unter Hochdruck bedarf. Sie wird in Metall (oder Glas) ausgeführt und ist in Figur 57 abgebildet. Das Wasser tritt seitlich unmittelbar aus der Wasserleitung ein, und läuft durch ein kurzes Rohr *b* ab. Der Eintritt der aspirierten Luft erfolgt durch das obere, seitlich angebrachte Rohr, welches im Innern des Apparats senkrecht umgebogen ist und in eine feine Spitze *a* endigt, die bis in das Ablaufrohr hinein reicht. Der an der Biegung angebrachte Hahn (Lufthahn) ist einfach gerade durchbohrt. Das Gehäuse, in dem er sich dreht, ist auf $^1/_4$ Teil seines Umfangs mit einer eingefrästen Nut (*a* der Nebenfigur) versehen, welche eine bleibende Verbin-

* *Liebigs Annalen*, Bd. 176, S 327.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dung des oben angebrachten Vakuummeters mit dem zu evakuierenden Gefäfs vermittelt, und hat gegenüber dem Lufteinsaugungsrohr eine feine Öffnung *b*. In der Stellung I verbindet der Hahn beide Teile mit der Wasserstrahlpumpe, bewirkt also das Evakuieren; in der Stellung II und III ist die Pumpe geschlossen, das Gefäfs aber mit dem Vakuummeter verbunden und in der Stellung IV endlich kann Luft durch die Öffnung *b* (Nebenfigur) zugelassen werden. Will man den Apparat in Gang setzen, so giebt man dem Lufthahn zuerst die Stellung II oder III, öffnet dann den Wasserhahn und bringt erst, nachdem das Wasser fliefst, den Lufthahn in die Stellung I, nicht aber umgekehrt, sonst tritt leicht Wasser in das auszupumpende Gefäfs oder wenigstens in das verbindende Rohr, was in der Regel grofse Unbequemlichkeiten bereitet. Um hiergegen ganz gesichert zu sein, schaltet man vorteilhaft einen Wassersack *B* ein, wie in der Figur zu sehen ist oder statt dieses ein sogenanntes Rückschlagventil, von welchem verschiedene Konstruktionen gebräuchlich sind.

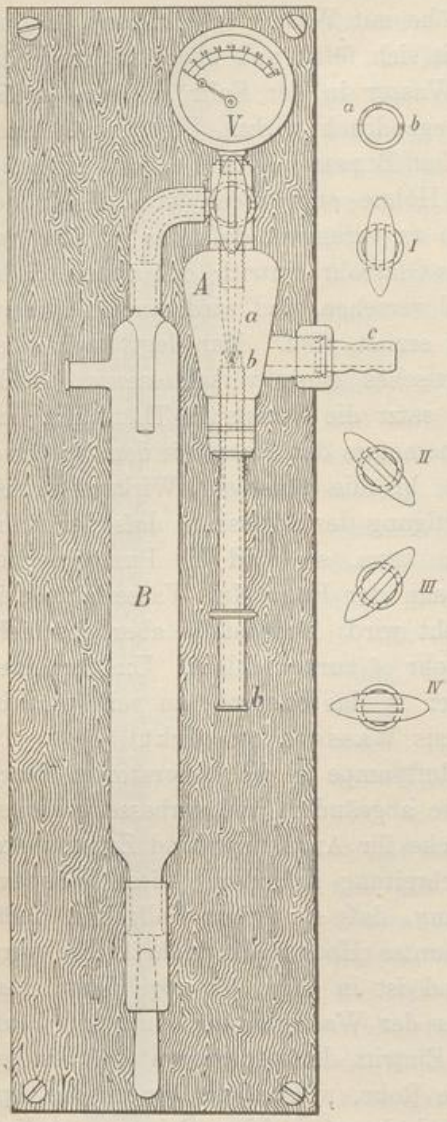


Fig. 57. Wasserstrahlpumpe nach Arzberger-Zulkowsky.

Das Rückschlagventil von Haase* hat folgende Einrichtung (Fig. 58). *A* ist ein starkwandiges Glasrohr mit Gummistöpseln *b* und *c* am oberen und unteren Ende. Darin bewegt sich ein Schwimmer *B*, welcher auf einem festen Gummiring *f* aufliegt. Dieser hat drei Einschnitte *g*, durch welche beim Evakuieren Luft in das mit der Wasserstrahlpumpe verbundene Glasrohr *e*

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 16, S. 113. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 364.

tritt. Wenn der Druck in der Leitung sich verringert, wird B durch das eindringende Wasser gehoben und an den Stöpsel b angedrückt, durch welchen das mit dem Vakuum verbundene Rohr d nicht ganz hindurchgesteckt ist, damit sich B fest anlegen und den Durchtritt von Wasser verhindern kann.

Ein anderes, einfacher konstruiertes Rückschlagventil nach Berlemont* besteht ganz aus Glas (Fig. 59). Das Gefäfs wird bei A mit der

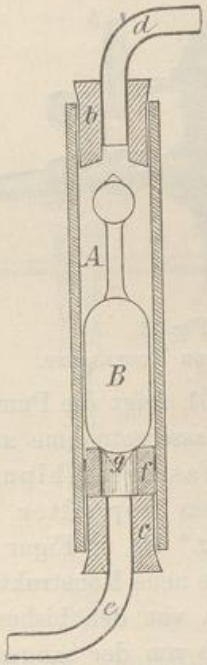


Fig. 58.
Rückschlagventil nach Haase.

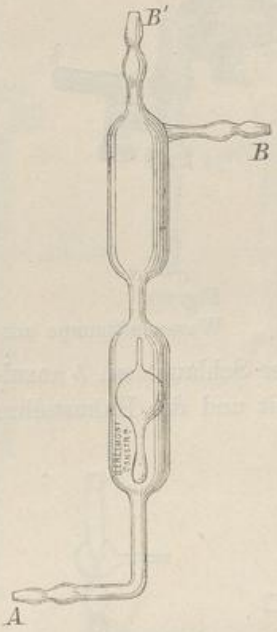


Fig. 59.
Rückschlagventil nach Berlemont.

Leitung, und bei B mit dem zu evakuierenden Apparat verbunden. Die Öffnung bei B' dient dazu, um eventuell ein zweites Gefäfs anzuschliefsen, und wird, wenn das nicht nötig ist, durch eine Kautschukklappe verschlossen, welche man nur abzunehmen braucht, um Luft einzulassen. Das Ventil in der unteren Abteilung des Gefäfses wird, wenn das Wasser bei A eindringt, gehoben und verschliefst mit seiner geschliffenen Spitze die eingeschnürte Stelle, so dafs das Wasser nicht zurücktreten kann.

Eine sehr kompendiöse Einrichtung ist die Wasserluftpumpe mit Rückschlagventil von Hugershoff** (Fig. 60 und 61). Diese Neuerung

* *Bull. Paris* [3] 13. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 467.
** *Chem. Centr.-Blatt* 1892, II, S. 769.

besteht darin, dafs das auf sehr geringe Dimensionen verkürzte Saugrohr *c* oben mit einer drehbaren Hülse *e* versehen ist, die mittels einer Schraube, *a*, an jedem Wasserleitungshahn befestigt werden kann, wodurch jede besondere Einrichtung für Aufstellung derselben im Laboratorium überflüssig gemacht ist. Figur 60 veranschaulicht die Stellung zum Saugen fertig,

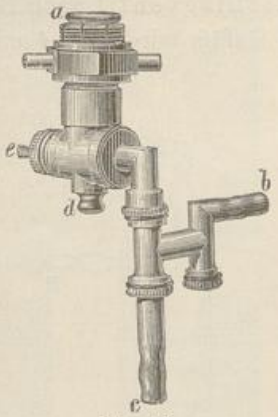


Fig. 60.

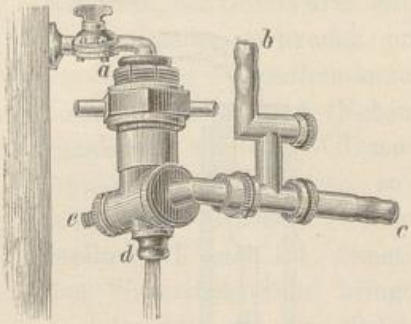


Fig. 61.

Wasserluftpumpe mit Rückschlagventil von Hugershoff.

wobei der Schlauch an *b* anzulegen ist. Figur 61 zeigt die Pumpe aufser Thätigkeit und die Hahnstellung für direkte Wasserentnahme aus *d*.

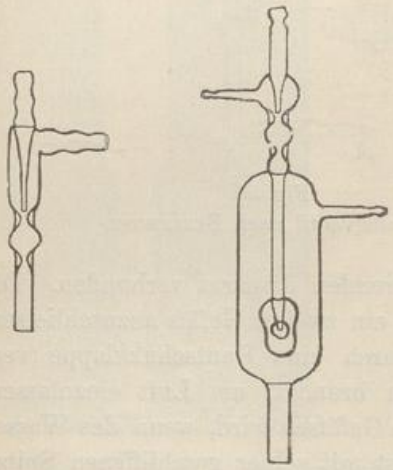


Fig. 62.
Wasserstrahlpumpe nach Wetzel.

Eine Wasserstrahlpumpe von gewissermafsen doppelter Wirkung nach Wetzel* ist in Figur 62 abgebildet. Diese neue Konstruktion unterscheidet sich von den bisher üblichen dadurch, dafs von der saugenden Wirkung des fallenden Strahls eine mehrfache Anwendung gemacht wird. Wie aus der Figur ersichtlich, befindet sich unterhalb des ersten Injektors eine kugelförmige Erweiterung, welche einen kapillaren Ausflufs hat und dann in das Abflufsrohr mündet. Das Wasser wird also in beiden Injektoren seine Saugwirkung ausüben und der Effekt wird doppelt werden. Um diesen voll ausnützen zu können, mufs man jedoch den Wasserzufluſs so regulieren, dafs die zwischen beiden Einschnürungen befindliche Kugel sich nicht mit Wasser füllt. Die Wirkung ist bei spar-

* *Ber. 30*, S. 537. — *Chem. Centr.-Blatt* 1897, I, S. 841.

samem Wasserverbrauch eine sehr befriedigende, während z. B. ein Gefäfs von 3 Liter Rauminhalt von einer gut ausgeführten Pumpe der alten Form erst in 18 Minuten unter Verbrauch von 80 Liter Wasser bis auf 9 mm Druck evakuiert wurde, erzielte das neue Modell in 5 Minuten unter Inanspruchnahme von nur $27^1/_2$ Liter Wasser ein Vakuum bis auf 7 mm.

Sehr zweckmäfsig ist auch die ganz aus Glas gefertigte Wasserstrahlpumpe von Greiner und Friedrichs* Fig. 63. Sie besteht aus

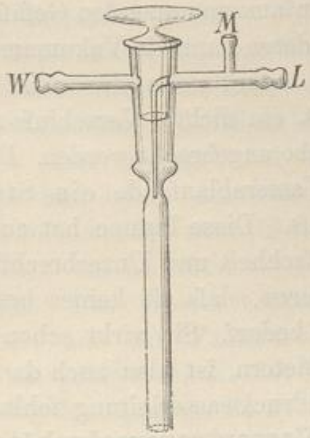


Fig. 63. Wasserstrahlpumpe von Greiner und Friedrichs.

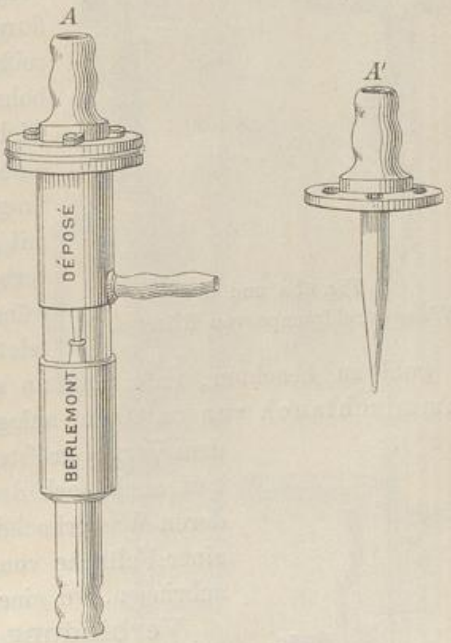


Fig. 64. Wasserstrahlpumpe von Berlemont.

zwei zusammengeschliffenen Teilen und kann daher leicht gereinigt werden. Ausserdem kann man durch Drehung des Hahns gleichzeitig Luft und Wasser absperren, wodurch das Zurücksteigen des Wassers in die Saugleitung vermieden wird.

Die Wasserstrahlpumpe von Berlemont** unterscheidet sich von den bisher angegebenen Konstruktionen nur dadurch, dafs sie mit Metallfassungen aus vernickeltem Kupfer versehen ist. Das Einspritzrohr *A* läfst sich auf diese Weise leicht herausnehmen (*A'*) und die Pumpe mit Bequemlichkeit reinigen. Auch ist das Glas durch die Fassung besser geschützt.

Eine höchst einfache Form der Wasserstrahlpumpe ist die von

* *Zeitschr. f. angewandte Chemie* 1893, S. 174. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 913.
** *Bull. Paris* [3] 15, S. 917. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 818.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Körting, Fig. 65, *a* in äufserer Ansicht und *b* im Längsschnitt. Sie besteht aus einem kreuzförmigen Gufsstück in Messing, dessen Längsarm eine sich nach der Mitte verengende und nach dem oberen und unteren Ende erweiternde Durchbohrung von genau berechneter Form hat. Senkrecht zu dieser steht eine zweite engere Durchbohrung des Querarms. Das Wasser durchströmt die Längsbohrung und reifst von beiden Öffnungen der Querbohrung Luft mit, so dafs nach beiden Richtungen hin evakuiert wird. Die eine Seite verbindet man mit der Leitung zu den auszupumpenden Gefäfsen; mit der anderen kann ein Vakuummeter verbunden, oder, wenn das nicht erwünscht ist, ein dichter Verschlufs mittels Schraube angebracht werden. Doch ist wohl zu beachten, dafs man an das Wasserablaufende ein Stück Gummischlauch von ca. 20 cm anlegen mufs. Diese Pumpe hat aufser dem Vorzug gröfster Einfachheit und Unzerbrechlichkeit auch noch den anderen, dafs sie keines besonderen Wasserhochdrucks bedarf. Sie wirkt schon bei einer Fallhöhe von vier Metern, ist also auch da anzubringen, wo eine Hochdruckwasserleitung fehlt.

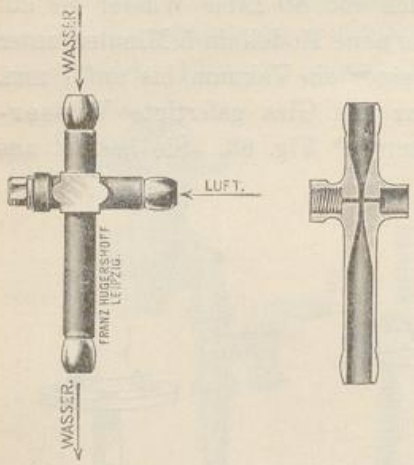


Fig. 65a und b.
Wasserstrahlpumpe von Körting.

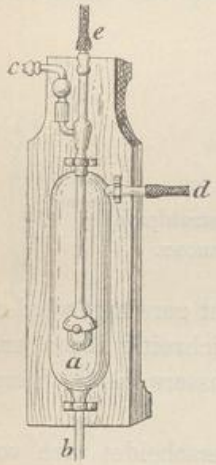


Fig. 66. Wasserstrahlpumpe nach Stuhl.

Verbindung des Wassertrommelgebläses mit der Wasserstrahlpumpe. Dafs man das Bunsen'sche Wassertrommelgebläse zugleich als Wasserluftpumpe benutzen kann, ist bereits oben S. 80 und 81 ausgeführt worden. Dies geschieht einfach dadurch, dafs man das Saugrohr *s* (Fig. 48) bis zum Experimentiertisch verlängert und dort mit einem Hahn verbindet. Doch ist die saugende Wirkung keine besonders starke und reicht etwa nur zum „Filtrieren unter vermindertem Druck" aus (s. weiter unten im Kapitel: Filtriereinrichtungen).

Wirksamer ist die Benutzung des aus einer Wasserstrahlpumpe abfliefsenden Wassers zur Erzeugung von Gebläsewind, wie z. B. in der Wasserstrahlpumpe von Max Stuhl*, welche nach Belieben als Ge-

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1891, S. 449. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, II. S. 516.

bläse und als Saugpumpe benutzt werden kann. Dieser Apparat besteht in seinem oberen Teile aus der eigentlichen Wasserstrahlpumpe (nach dem Prinzip von ARZBERGER-ZULKOWSKY) und in seinem unteren Teile aus einem Wassertrommelgebläse mit dem Luftsammelraum *a* und dem Wasserabflufsrohr *b*. Das Wassereinströmungsrohr *e* steht mit der Wasserleitung in Verbindung. Soll der Apparat als Gebläse dienen, z. B. für eine Glasbläserlampe, so verbindet man letztere mit *d* und öffnet den Wasserhahn langsam so weit, bis der Luftstrom die gewünschte Stärke hat und der Raum *a* noch wasserfrei bleibt. — Will man den Apparat als Luftpumpe benutzen, so verbindet man das Rohr *c* mit den zu evakuierenden Gefäfsen, schliefst *d* mit einer beigegebenen Gummikappe und öffnet den Wasserhahn langsam, worauf man in wenigen Minuten ein annäherndes Vakuum erzielt. Der Wasserverbrauch ist gering, und ein Wasserdruck von 1 Atm. genügt schon. Die Handhabung des Apparats ist höchst einfach, was durch Hinweglassung aller Regulierungshähne bedingt ist.

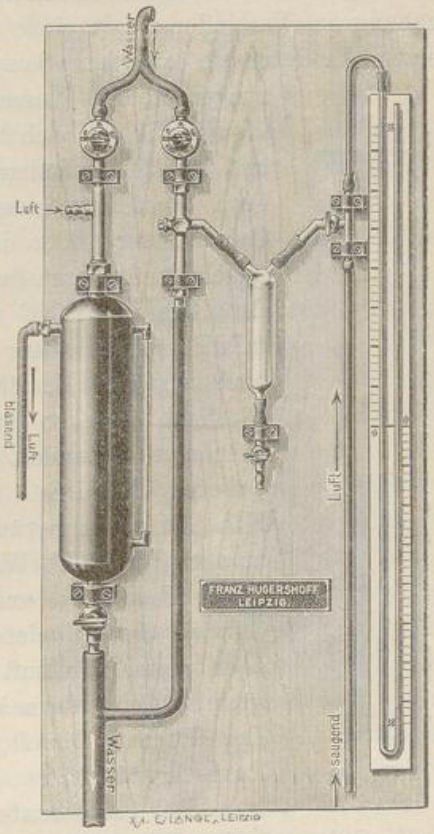


Fig. 67. Tableau zum Saugen und Blasen von FRANZ HUGERSHOFF.

Noch andere Apparate dieser Art sind konstruiert, die aber hier übergangen werden mögen, weil bei der doppelten Benutzung des Wasserstroms in demselben Apparate die Wirkung des Gebläses in der Regel zu wünschen übrig läfst.

Mehr zu empfehlen ist die Anordnung eines getrennten Saug- und Blaseapparats auf einem Brett, wie in dem durch Figur 67 dargestellten Tableau zum Saugen und Blasen von FRANZ HUGERSHOFF. Links ist eine Wassertrommel nach BUNSEN'schem Prinzip und rechts davon eine KÖRTING'sche Wasserstrahlpumpe. Der Wasserzufluſs wird für jede durch einen besonderen Apparat geregelt; der Wasserabfluſs erfolgt durch eine gemeinsame Röhre. Für die Wassertrommel läfst sich letzterer durch einen besonderen, am unteren Ende desselben angebrachten Hahn

regeln. Die anderen auf dem Tableau angebrachten Apparate sind: ein Wassersack, das Saugrohr (biegsam aus Blei) und damit verbunden ein Manometer. Der Gebrauch ergiebt sich hiernach von selbst.

Saugapparat zur Hervorbringung eines ganz gleichmäfsigen Luftstroms. Einen Apparat, welcher bei einfacher Handhabung in Verbindung mit einer gewöhnlichen Wasserluftpumpe oder einem Aspirator ein konstantes Saugen der Luft ermöglicht und Veränderungen in den Wasserdruckverhältnissen ausgleicht, findet man in Fig. 68 nach MOLNÁR* abgebildet. Derselbe besteht aus zwei Glascylindern, aus dem äufseren, weiteren *A*, von etwa 4 cm Durchmesser und einem inneren, *B*, von 3 cm Durchmesser. Der innere Cylinder ist am oberen Teil kugelig aufgeblasen (um etwaige Spritztropfen aufzufangen); der Hals ist bei *C* mit einem doppeltdurchbohrten Kork luftdicht verschlossen; durch die Bohrungen des Korks gehen zwei gebogene Glasröhren *D* und *E*, deren eine mit einem Glashahn versehen ist; die andere wird mit der Wasserluftpumpe verbunden. Beim Gebrauch beschickt man den äufseren Cylinder *A* mit Wasser bis zu einer passenden Höhe, um den gewünschten Zug hervorzubringen. Indem nämlich bei *E* die Wasserluftpumpe wirkt, steigt das Wasser in *B* so lange aufwärts, bis in *A* das Niveau die untere Öffnung des Cylinders *B* erreicht hat, z. B. bis *G*; dann kann weiter nur Luft eintreten, und es bleibt die Wassersäule, welche einen konstanten Zug bewirkt, unverändert. Der Glashahn bei *D* ist noch für weitere Regulierung des Zuges erwünscht.

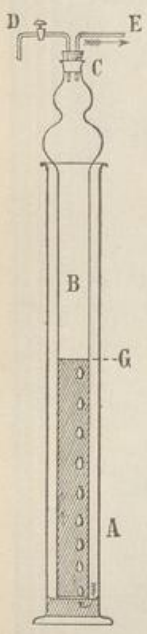


Fig. 68.

Über Apparate zur Regulierung des Drucks beim Gebrauch der Wasserluftpumpe vergl. weiter unten im Abschnitte über Destillieren.

LAMPEN.

Bei den in Laboratorien gebräuchlichen Gaslampen und anderen Heizapparaten ist allein das BUNSEN'sche Prinzip der Gasfeuerung in Anwendung, welches darin besteht, dafs gleichzeitig mit dem in den Apparat

* *Repertorium der analytischen Chemie*, Bd. 6, S. 563. — *Chem. Centr.-Blatt* 1886, S. 897.

eintretenden Gasstrome eine entsprechende Menge Luft in den Brenner eintritt, doch nicht in einer für die vollkommene Verbrennung ausreichenden Menge. Sie mischt sich mit dem Gase und giebt erst an der Öffnung des Brenners die Flamme. Diese soll rein blau, nicht leuchtend, brennen, welch letzterer Fall dann eintritt, wenn verhältnismäfsig zu wenig Luft oder zu viel Gas in den Brenner eingedrungen war. Man wird in diesem Falle die Gasausströmungsöffnung zu verengern oder das Loch, durch welches die Luft eindringt, zu erweitern haben. Tritt umgekehrt verhältnismäfsig zu viel Luft oder zu wenig Gas ein, so schlägt die Flamme zurück, und das Gas brennt gleich an seiner Ausströmungsöffnung innerhalb der Lampe, was nicht sein darf. In diesem Falle ist die Gasausströmungsöffnung etwas zu erweitern oder das Loch für die Lufteinströmung zu verkleinern. Nicht selten kommt es vor, dafs Lampen, welche anfangs gut gebrannt haben, durch den Gebrauch die Eigenschaft annehmen, während des Brennens zurückzuschlagen. Man kann das in der Regel dadurch etwas korrigieren, dafs man die Gasausströmungsöffnung, die sich etwas verstopft hat, wieder gut ausputzt. Auch die Beschaffenheit des Leuchtgases übt selbstverständlich einen Einfluſs auf die Flamme der Lampe aus; denn je nachdem es mehr oder weniger reich an Kohlenstoff ist, verlangt es mehr oder weniger Luft, um richtig zu brennen. Daher werden Lampen, die für ein kohlenstoffarmes Gas eingerichtet sind, rufsig brennen, sobald sie mit einem kohlenstoffreichen Gase gespeist werden, und umgekehrt werden Lampen, die für ein reicheres Gas reguliert waren, bei Anwendung eines ärmeren Gases zurückschlagen. Im ersteren Falle mufs die Gasausströmungsöffnung verengt, im letzteren erweitert werden. Endlich ist auch die Form der Brennerröhre von Einfluſs. Eine Erweiterung derselben nach oben begünstigt nämlich das Zurückschlagen aufserordentlich, wogegen umgekehrt durch eine Verengerung das Zurückschlagen verhütet werden kann. Rollt man einen etwa fingerbreiten, 5 bis 6 cm langen Streifen dünnen Kupferblechs in doppelten oder dreifachen Windungen zusammen und steckt diesen kurzen Blechcylinder bis zur Hälfte in die obere Öffnung des Brennerrohrs, wo er sich selbst durch die Elastizität des Kupferblechs hält, so wird die Flamme dadurch zwar etwas kleiner, aber man kann den Hahn bis fast zum Verlöschen der Flamme schliefsen oder den Brenner noch so heftig bewegen, ohne dafs dadurch ein Rückschlag der Flamme eintritt.

1. **Einfache Brenner.** Die einfachste Gestalt der Bunsen'schen Lampe ist der einfache Brenner (Fig. 69 und 70, in seine beiden Teile zerlegt). Man hat auch derartige Lampen mit Hahn (Fig. 72) und solche mit einer Vorrichtung zum Regulieren des Luftstroms (Fig. 71 bis 73), was dadurch erreicht wird, dafs man noch einen mit Einschnitten ver-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sehenen Ring über das Brennrohr schiebt, durch dessen Drehung man die Luftöffnungen beliebig verengern kann. In Figur 74 ist ein einfacher Bunsen'scher Brenner abgebildet, bei dem man durch Zudrehung des

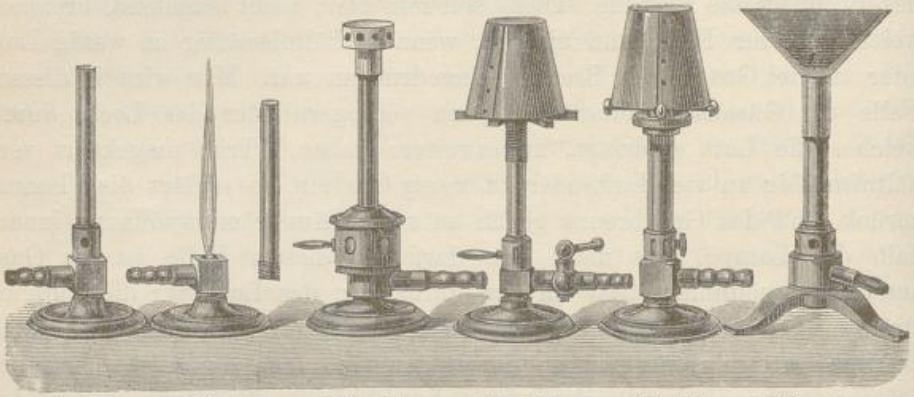


Fig. 69. Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73. Fig. 74.
Einfache Brenner.

Hahnes zugleich die Lufteinströmungsöffnungen verschliefst; indem man die Flamme verkleinert, verringert man also auch den Luftstrom, wodurch das Zurückschlagen vermieden wird. Die Anbringung von Schornsteinen bei einfachen Brennern ist durch Figur 72 und 73 illustriert; Figur 71 hat einen kurzen cylindrischen Aufsatz mit seitlich angebrachten Brenneröffnungen, wodurch ein Kranz kleiner Flämmchen entsteht, und durch den in Figur 74 dargestellten Aufsatz macht man die Flamme schmal und lang. Bei Lampen, welche eine Regulierungsvorrichtung für den Luftzuflufs nicht besitzen, kann man sich gegen das Zurückschlagen mitunter dadurch helfen, dafs man das Brennerrohr unten durch Abfeilen etwas verkürzt und dadurch die Luftöffnung etwas tiefer rückt.

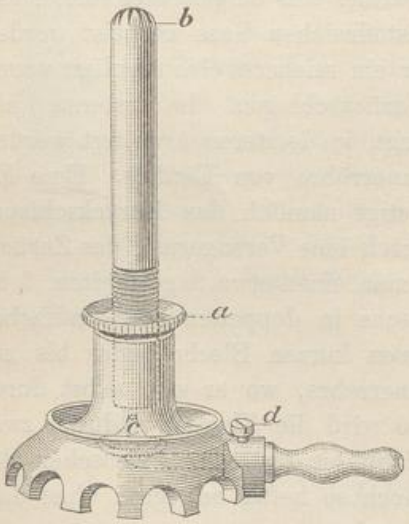


Fig. 75. Bunsenbrenner nach K. Meissner.

Eine neue Form des Bunsenbrenners rührt von K. Meissner* her. Das Gas strömt durch das Schlauchstück in ein nach oben gebogenes Rohr, welches in ein kegelförmiges Ansatzstück *c* endigt. Dies steht unter

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 14, S. 1205. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 730.

der Mitte des Brennerrohrs *a b* und wird durch die Schraube *d* festgehalten. Das Brennerrohr ist mit einem Schraubengang versehen und kann durch Drehen im Fufse, welcher bogenförmig ausgeschnitten ist, auf und ab bewegt werden. Ist es ganz eingeschraubt, so steht es dicht auf *c* und schliefst dadurch den Luftzutritt zum Gase völlig ab, wodurch die Flamme leuchtend brennt. Durch vorsichtiges Aufdrehen läfst sich der Luftzutritt für jede Flammengröfse sehr genau regulieren. Eigentümlich ist bei diesem Brenner noch, dafs die obere Austrittsöffnung des Rohrs *a b* die Form eines achtstrahligen Sternes hat, wodurch ein Zurückschlagen selbst bei der kleinsten Flamme wesentlich verhindert wird.

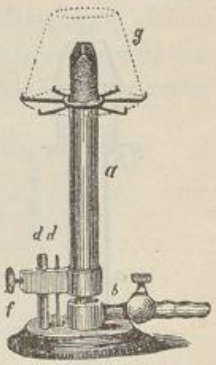


Fig. 76. Gasbrenner nach Terquem.

Zur Hervorbringung höherer Hitzegrade bei geringem Gasverbrauch ist der von A. Terquem* konstruierte Brenner sehr geeignet und hat sich gut bewährt. Auf einem eisernen Fufs (Fig. 76) ist das messingene Gaszuleitungsrohr mit der Ausströmungsspitze *b* befestigt. Über derselben steht das Brennerrohr *a*, welches durch die Schraube *f* an den beiden Tragsäulen *d d* je nach Bedürfnis in gewissen Grenzen auf- und niederbewegt werden kann. Diese Einrichtung, welche übrigens bereits früher von Vogel empfohlen worden ist, hat den Vorteil, dafs der Luftzutritt nicht von der Seite, sondern von unten her gleichmäfsig erfolgt, wodurch eine bessere Mischung der Luft mit dem Gase erzielt wird; auch läfst sich durch Herabschrauben des Brennerrohrs die Flamme beliebig verkleinern, ohne dafs ein Zurückschlagen erfolgt. An dem oberen Ende des Brennerrohrs sind im Innern desselben zwei sich kreuzende vertikal stehende Metallplättchen an der Wand der Röhre befestigt, welche die Öffnung in vier gleiche Teile teilen. Soll die Lampe benutzt werden, so schiebe man das Brennerrohr *a* dicht auf das Gaszuleitungsstück, zünde das ausströmende Gas an, und ziehe das Rohr wieder in die Höhe, bis an der Basis der Flamme vier kleine Kegel von blaugrüner Farbe (umgekehrte oder Sauerstoffflamme) entstehen. Der Vorzug dieser Lampe ist der, dafs die Flamme durch Spaltung an der Basis in allen ihren Teilen eine gleichmäfsige und bedeutend höhere Temperatur erhält. Die Hitze, die der Brenner giebt, ist eine so hohe, dafs ein Kupferdraht von 1,5 mm Stärke rasch zum Schmelzen kommt; ein Platintiegel, mit dieser Lampe erhitzt, wird rasch über und über glühend, und sehr strengflüssige Salze, wie Kochsalz, Borax, phosphorsaures Natrium etc., können rasch zum

* *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 108.

Schmelzen gebracht werden. Da aufserdem die Gase innerhalb der Flamme über den oben erwähnten blaugrünen Kegeln nur aus Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoff und Wasserdampf bestehen und keine Kohlenwasserstoffe mehr enthalten, so greifen sie die Oberfläche des Tiegels nicht an.

Lampen, bei denen die Regulierung des Gas- und Luftstromes am oberen Ende des Brennerrohrs erfolgt, sind von Gröger* konstruiert und in Figur 77—79 abgebildet.

Rundbrenner (Fig. 77). Das Brennerrohr *a* ist wie gewöhnlich an seinem unteren Teile mit zwei Luftöffnungen *b* versehen. An seinem oberen Ende ist eine Hülse *h* fest aufgeschraubt, welche einen schmalen

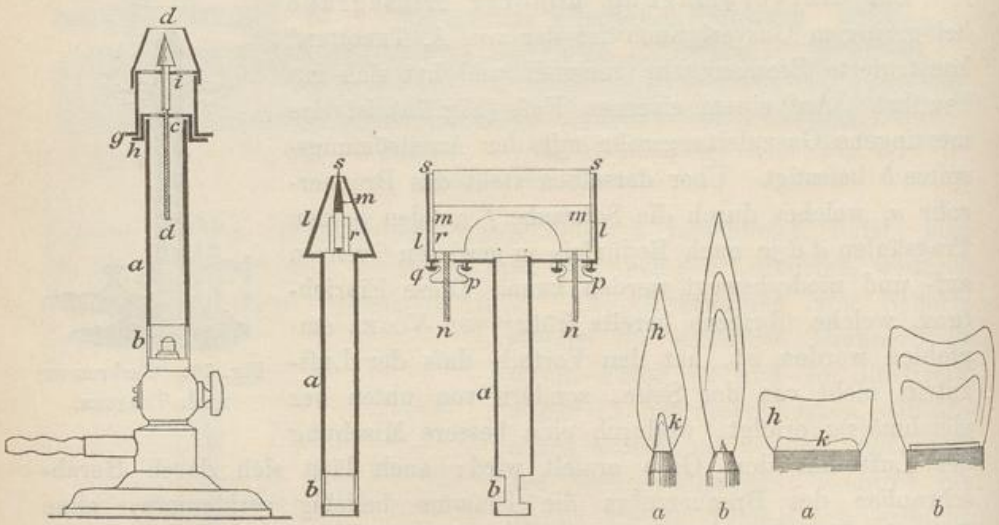


Fig. 77. Fig. 78. Fig. 79.

Gasbrenner nach Gröger.

Bügel mit einer Schraubenmutter *c* trägt. In dieser bewegt sich der an seinem unteren Ende mit einem Schraubengewinde versehene Stab *d*, welcher an seinem oberen Teile etwas verdickt und vierkantig geschnitten ist. Der oberste Teil *d* ist kegelförmig zugespitzt. Eine zweite Hülse *g* ist auf *h* drehbar; sie verjüngt sich nach oben kegelförmig. In ihrer Mitte ist eine schmale Stange *i* eingesetzt; sie hat eine quadratische Öffnung in der Mitte, die als Führung für *d d* dient. Durch Drehen der Hülse *g* kann *d* auf- und abgeschraubt werden, wodurch die Brenneröffnung verengert, bezw. erweitert wird.

Flachbrenner (Fig. 78 Quer- und Längsschnitt). Auf das Mischrohr ist hier ein dachförmiges Kästchen *l* fest aufgesetzt, dessen Seiten-

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1889, S. 329. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 305.

wände oben einen schmalen Spalt *s* freilassen, welcher als Flammenöffnung dient. Im Innern befindet sich eine nach oben keilförmig zugeschärfte Platte *m m*, welche mittels der Schraubenmuttern *p p* durch die Schrauben *n n* gehoben und gesenkt werden kann. Die Stiftchen *q* verhindern das Herabfallen der Schraubenmuttern. Vier, an den schmalen Seitenwänden des Kästchens *l l* im Innern angebrachte Leisten *r r* dienen als Führung für die Platte *m*.

Die Gröfsenverhältnisse der Teile beider Lampen sind so gewählt, dafs das Gasluftgemisch bei ganz herabgeschraubtem Kegel, bezw. Keil, eben noch brennt, ohne zurückzuschlagen. Die Flamme brennt mit knatterndem Geräusch und zeigt im Innern einen meergrünen Kern *k* (Fig. 79), umgeben von einer schwachleuchtenden, blafsvioletten Hülle *h*, wie bei der Terquemlampe. Verengt man die Ausströmungsöffnung durch Hinaufdrehen des Kegels oder Keils, so nimmt die Flamme mehr

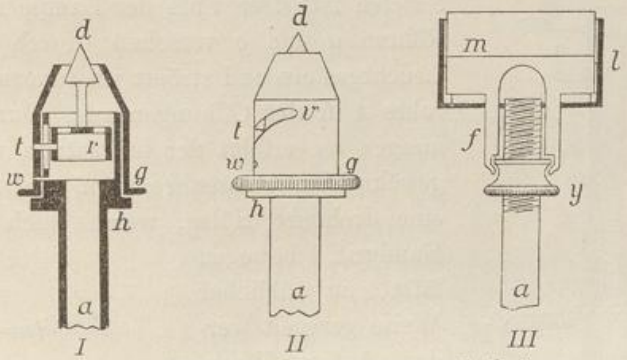


Fig. 80. Verbesserte Gasbrenner nach Gröger.

und mehr den Charakter einer gewöhnlichen Bunsenflamme an und geht schliefslich in eine leuchtende Flamme (Fig. 79 *b b*) über.

Gröger hat später* einige Verbesserungen bei diesen Lampen angebracht, welche das Auf- und Abschrauben des Kegels oder Keils erleichtern und in Figur 80, *I* bis *III*, abgebildet sind. Beim Rundbrenner (Fig. 80, *I* und *II*) bewegt sich im Innern der mit *a* festverbundenen Hülse *h* ein Ring *r*, auf welchem der Regulierungskegel *d* sitzt. Die Hülse *h t* hat an der einen Seite einen senkrechten, und die äufsere drehbare Hülse *g* einen schraubenförmigen Schlitz *o*. Durch beide ist ein kurzer Stift *t* gesteckt, welcher in *r* festgeschraubt ist. Ein zweiter Stift *w* bewegt sich in einer horizontalen Nute der Hülse *h* und verhindert das Abheben der äufseren Hülse. Hierdurch ist erreicht, dafs man mit einer halben Umdrehung von *g* den Kegel aus seiner höchsten in seine niedrigste Stellung

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1889, S. 639. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 147.

bringen und die Flamme aus einer leuchtenden sofort in eine völlig entleuchtete, heifse Flamme umwandeln kann, während hierzu bei der zuerst beschriebenen Einrichtung viele Umdrehungen nötig waren.

Beim Flachbrenner (Fig. 80, *III*) ist die keilförmige Platte *m* nach unten in zwei Fortsätze *f* verlängert, welche durch zwei gut schliefsende Öffnungen im Boden des Kästchens *l* gehen. Ihre unteren Enden umfassen den Rand der Schraubenmutter *y*, welche in einem auf dem Umfang des Mischrohres *a* eingeschnittenen Schraubengewinde läuft.

Universalbrenner von A. Stutzer.* Dieser Gasbrenner (Fig. 81) gestattet, mit niedrigen Hitzegraden anfangend, die Temperatur allmählich zur höchsten Hitze zu steigern, wie sie nur mit einem gut wirkenden Gebläse zu erzielen ist. Der Fufs der Lampe ist mit zwei Röhren *a* und *g* versehen; durch *a* tritt das Leuchtgas ein und strömt im Innern des Mischrohrs *A* in vier Öffnungen aus. Durch vier Öffnungen *c c* erfolgt der Luftzutritt, wie bei den gewöhnlichen Bunsenbrennern, und kann durch eine drehbare Hülse, welche sich durch den Handgriff *b* bewegen läfst, in üblicher Weise geregelt werden. Auf das Mischrohr kann oben eine Hülse aufgeschraubt werden, welche ein durch *e* drehbares, flach gewölbtes Drahtnetz *d* trägt. Will man niedere Hitzegrade erzeugen, so wird letzteres über die Mündung von *A* gerückt, wodurch sich die Flamme verbreitert und sehr schwach einstellen läfst, ohne dafs sie zurückschlägt. Will man volle Flamme geben, so wird durch einen Druck auf *e* das Drahtnetz zur Seite geschoben, und wenn endlich die Lampe als Gebläselampe dienen soll, so entfernt man die Hülse mit dem die Flamme verbreiternden Drahtnetz ganz, setzt dafür die Hülse *f* auf und verbindet das Rohr *g* mit einem Gebläse für Luft (oder Sauerstoff); die gepreſste Luft steigt dann durch ein im Innern des Mischrohrs befindliches Rohr in die Flamme.

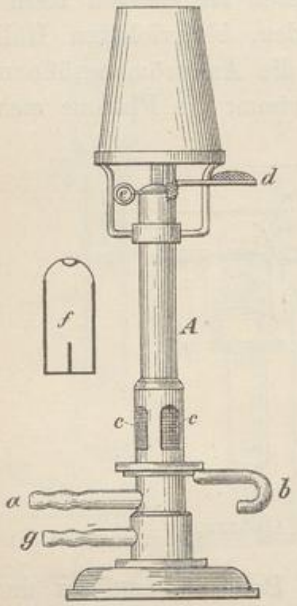


Fig. 81.

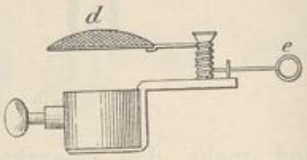


Fig. 82.

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1890, S. 259. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 1042.

Sehr weite Verbreitung hat in den letzten Jahren der Universal-Gasbrenner von Nic. Teclu gefunden, welcher in Figur 83 abgebildet ist. Derselbe ist ein Bunsenbrenner mit der Abänderung, dafs das Brennerrohr nach unten kegelförmig erweitert ist. Die Regulierung des Luftstroms erfolgt durch Auf- und Abschrauben einer kreisförmigen Platte und die des Gasstroms durch ein Kegelventil mit Schraube. Der

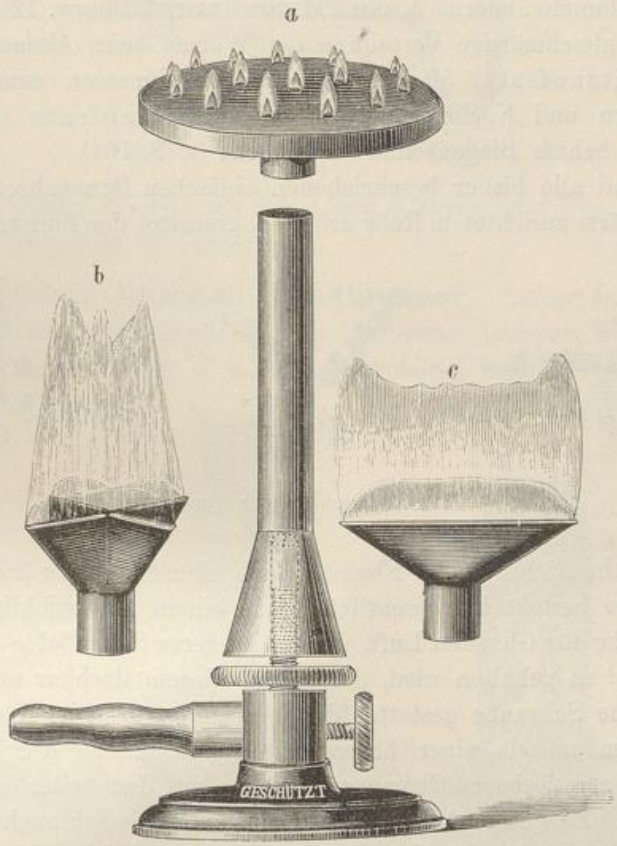


Fig. 83. Universalbrenner nach Teclu.

Brenner wird in zwei Gröfsen angefertigt mit Brennerrohr von 100 mm Länge und 10 mm lichter Weite, bezw. 145 mm Länge und 16 mm lichter Weite.

Ist der Luftstrom ganz abgeschlossen, so brennt die Flamme gelb leuchtend. Durch Herabschrauben der Luftregulierungsplatte strömt allmählich mehr Luft ein und die Flamme wird zunächst in ihrem äufseren Teile, später durch und durch entleuchtet, wie beim gewöhnlichen Bunsenbrenner; bei der tiefsten Stellung der Platte endlich entsteht eine lebhaft grün gefärbte Flamme, welche den Charakter einer Gebläseflamme hat. In demselben

Maſse steigern sich die Heizeffekte mehr und mehr und übersteigen zuletzt die aller vorher beschriebenen einfachen Brenner und kommen denen einer Gebläselampe nahe, während man andererseits durch Eindrehen von Gas- und Luftstrom die gelindeste Abdampftemperatur erzielen kann. Ein Zurückschlagen der Flamme ist fast gänzlich ausgeschlossen.

Zu diesem Brenner gehören noch verschiedene Aufsätze, welche die Form der Flamme ändern: 1. ein Pilzbrenner, 70 bezw. 120 mm Durchmesser, für gleichmäſsige Verteilung der Wärme beim Abdampfen; 2. ein Kreuzschlitzaufsatz, 50 bezw. 85 mm Durchmesser, zum Kochen in Bechergläsern und Kochflaschen; 3. ein Schlitzaufsatz zum Erhitzen von Röhren behufs Biegens und Ausziehens (s. S. 101).

Während alle bisher beschriebenen einfachen Bunsenbrenner nur mit gerade aufwärts gerichtetem Rohr arbeiten, gestattet der Bunsenbrenner von

Fig. 84—86. Bunsenbrenner von Dierbach.

Dierbach*, die Richtung der Flamme nach allen Seiten zu ändern. Dieser neue Brenner besteht im wesentlichen aus einem rechtwinklig gebogenen Mischungsrohr für Gas und Luft, dessen längerer Schenkel *c* (Fig. 84) von einem Ring *d* so gehalten wird, daſs er in diesem drehbar und verschiebbar ist. Eine Schraube gestattet das Festhalten in jeder Lage. Ring *d* ist aufserdem mittels einer hervorspringenden Zunge drehbar um die Achse eines arretierbaren Charniers, welches auf dem tellerförmigen Fuſse befestigt ist. Es gestattet ferner ein anschraubbares Schlauchverbindungsstück die Durchströmung des Gasgemisches in beiden Richtungen des Knierohrs, indem das Gas zu dem längeren Schenkel ein- und zu dem kürzeren austritt, und umgekehrt. Durch Kombinierung dieser Umkehrung der Funktionsrichtung mit der Beweglichkeit der Brennerröhre läſst sich die Flamme des Brenners in jede gewünschte Lage bringen.

Dem gleichen Zwecke dient der Gasbrenner von Beckmann (Fig. 87). Das Brennerrohr ist rückwärts in ein wie Figur zeigt, gebogenes Gasleitungsrohr verlängert, welches durch eine Klemme festgehalten werden kann.

---

* *Bericht der Deutschen Chem. Gesellschaft*, Bd. 29, S. 865. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, I, S. 1045.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Benutzt man hierzu die Beckmann'sche Universalmuffe (s. weiter hinten unter „Stative"), so ist es sehr leicht und bequem, durch eine einzige

Fig. 87. Gasbrenner von Beckmann.

Drehung der Muffenschraube die Höhe und Richtung des Flammenkörpers beliebig und momentan zu ändern.

2. Mehrfache Brenner, Rundbrenner. Aufser den einfachen Brennern hat man verschiedene Arten gröfserer Lampen, von denen in Figur 88 bis 89 einige der wichtigsten abgebildet sind. Figur 88 ist ein

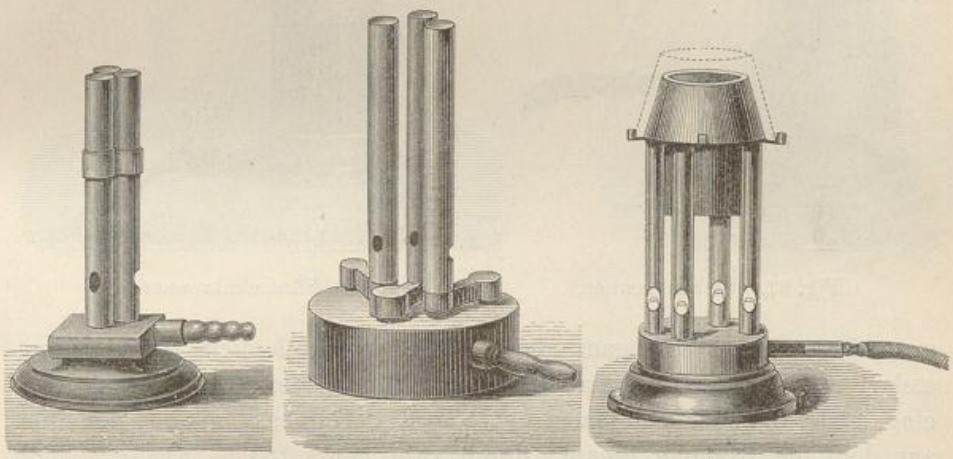


Fig. 88—89. Dreibrenner. Fig. 90. Rundbrenner.

dreifacher Brenner, bestehend aus drei dicht nebeneinander stehenden einfachen Brennern, deren Flammen zu einer zusammenfliefsen. Figur 89 zeigt einen solchen mit der Abänderung, dafs die drei Brenner beliebig voneinander entfernt und wieder näher zusammengerückt werden können; bequem, weil er sowohl zur Erwärmung einer gröfseren Fläche, als auch zur konzentrierten Wirkung auf einen Punkt benutzt werden kann.

Eine früher viel gebrauchte Lampe ist die in Figur 90 dargestellte, von Babo konstruierte. Sie besteht aus einem Fufs mit vier Bunsen'schen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Brennern, deren obere Öffnungen in einen gemeinschaftlichen Raum einmünden, der die Gestalt eines abgestumpften Kegels hat und durch Einschiebung eines Cylinders oben in einer ringförmigen Öffnung endet. Das Gas mischt sich in diesem Raume gleichmäfsig mit Luft, und die Flamme erhält die cylindrische Form einer Argandflamme. Wenn sie ganz gleichförmig sein und nicht an einer Stelle höher aufflackern soll, als an einer anderen, so müssen erstens die Gasausströmungsöffnungen am Fufs vollständig gleich grofs sein, was man daraus erkennt, dafs man den oberen Teil der Lampe abzieht und das Gas an den genannten Öffnungen direkt

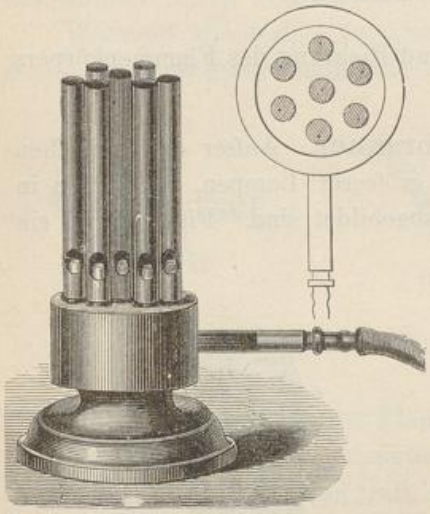


Fig. 91. Siebenbrenner.

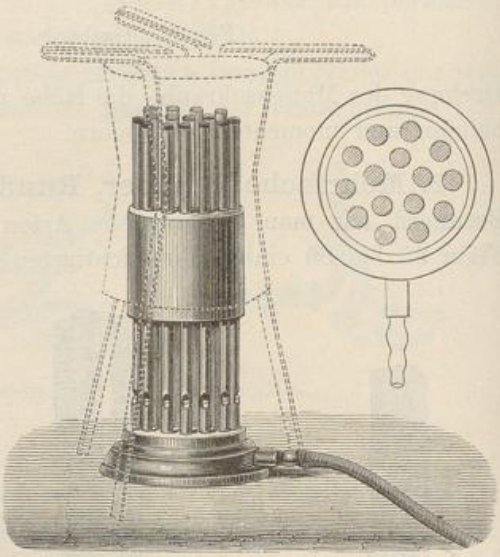


Fig. 92. Fünfzehnbrenner.

anzündet, wodurch vier ganz gleich hohe und gleich dicke Flammen entstehen müssen; zweitens mufs aber auch der in dem abgestumpften Kegel eingesetzte Cylinder mit jenem genau konaxial stehen, so dafs der Ring, aus dem die Flamme brennt, durch zwei konzentrische Kreise gebildet wird und an allen Stellen gleich breit ist. Endlich müssen drittens selbstverständlich auch die vier Lufteinströmungsöffnungen gleich grofs sein.

Figur 91 ist eine Lampe mit sieben dicht nebeneinander gestellten Brennern, welche zu einer dicken und hohen Flamme zusammenfliefsen; sie ist von sehr bedeutender Wirkung.

Von noch gröfserer Wirkung aber ist die in Figur 92 abgebildete, aus 15 einzelnen Brennern bestehende Lampe, welche, wenn sie mit einem der weiteren Gashähne *e* oder *f* des Experimentiertisches (Fig. 6) verbunden wird, eine bis 25 Centimeter hohe sehr voluminöse Flamme giebt und zum Erhitzen gröfserer Kessel benutzt werden kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durch Maste in Iserlohn ist eine Gaslampe konstruiert worden, welche im Vergleiche mit den eben beschriebenen verschiedene Vorzüge hat. Sie ist in Figur 93 in äufserer Ansicht abgebildet, und Figur 94 zeigt die innere Konstruktion. Das Gas strömt durch ein Messingrohr in einen Messingcylinder ein, welcher mit einer Holzhandhabe umgeben und in den hohlen Fufs der Lampe eingeschraubt ist. Von dieser Holzhandhabe geschützt, sind die Luftausströmungsöffnungen in dem Messingcylinder angebracht, so dafs sich das Gas gleich hier mit der Luft vermischt. Auf dem hohlen Fufse der Lampe sind vier konzentrische Cylinder aufgeschraubt, von denen die zwei äufseren und wiederum die zwei inneren so nahe bei einander stehen, dafs sie zwischen sich nur zwei schmale ringförmige

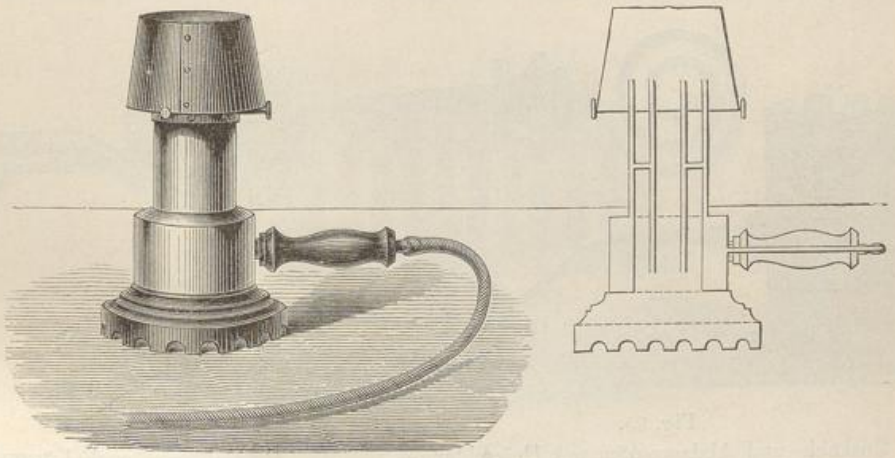


Fig. 93—94. Iserlohner Lampe.

konzentrische Räume lassen. Durch diese strömt das Gasgemisch aus und kann oben angezündet werden, wodurch es zwei konzentrisch umeinander brennende, ringförmige Flammen giebt. Luftströmungen sind durch den innersten Cylinder und in der Mitte zwischen den ringförmigen Flammen möglich. Durch drei Schrauben kann man die Stellung der Cylinder genau regeln, um die Gestalt der Flammen ganz gleichförmig zu machen. Aufserdem trägt der äufserste Cylinder noch drei Träger, auf welche der kegelförmige Schornstein aufgesetzt wird. Der Vorzug dieser Lampen besteht nicht sowohl darin, dafs durch Vereinigung zweier ringförmiger Flammen eine gröfsere Hitze erzeugt werden kann, als vielmehr in der Einrichtung der Gas- und Lufteinströmungsöffnungen. Da diese nämlich ein beträchtliches Stück von den Brenneröffnungen entfernt und nicht unmittelbar unter denselben angebracht sind, so schlägt die Flamme viel schwieriger zurück, selbst dann, wenn man den Gasstrom

durch Zudrehen des Hahns auf ein Minimum reduziert. Ist die Lampe richtig konstruiert, so wird zwar, sobald der Gasstrom bis zur Explosion des Gasgemenges vermindert wird, die Explosion eintreten, aber dadurch die Flamme auch meist verlöschen; auch hat ein Luftzug von aufsen her wenig oder gar keinen Einfluſs, weil die Luftausströmungsöffnung, durch welche jener sich in das Innere der Lampe fortpflanzen konnte, durch den Holzmantel geschützt ist. Daher ist es möglich, die Flamme dieser Lampe so klein zu stellen, daſs sie zuletzt nur wie blaue Ringe erscheint. Richtet man einen gelinden Luftstrom gegen die Flamme, so wird diese nicht gleich verlöscht, sondern kann selbst auf der einen Seite des Brenners ganz verschwinden und sich innerhalb desselben zurückziehen, um nach Aufhören des Luftzugs dennoch wieder zu erscheinen. Daher kann man

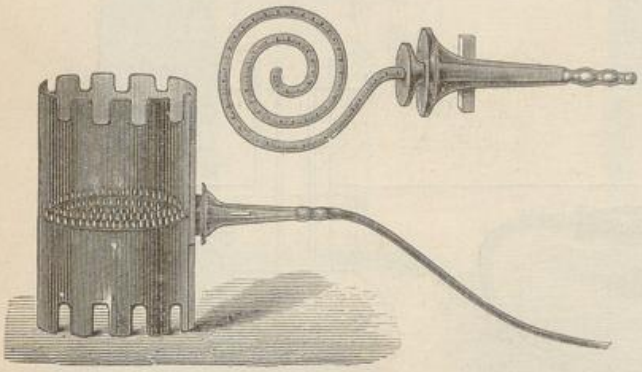


Fig. 95.
Gaskoch- und Abdampfofen mit Heizschlange.

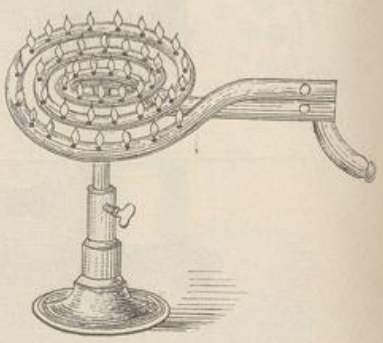


Fig. 96.
Heizschlange nach Lüdtke.

diese Lampe auch bei ganz kleiner Flamme von einem Orte zum anderen tragen, ohne die Flamme zu verlöschen. Andererseits ist bei vollem Gasstrome die Hitze eine höchst bedeutende und erreicht, wenigstens bei der gröſseren Sorte, die Kupferschmelztemperatur.

Zum gelinden Erwärmen und Abdampfen von Flüssigkeiten in gröſseren Porzellanschalen, sowie zum Erwärmen von Glaskolben ist der in Figur 95 abgebildete Gaskoch- und Abdampfofen gut geeignet. Das Gas strömt aus vielen dicht nebeneinander gestellten feinen Öffnungen einer spiralförmig gebogenen Röhre (Heizschlange, siehe die Nebenfigur) aus und bildet eine Menge kleiner leuchtender Flammen, welche innerhalb eines cylindrischen Mantels von Schwarzblech brennen. Das Brennerrohr ist in einem Einschnitt des Blechmantels auf und ab verschiebbar, wo es sich durch Reibung festhält, oder auch durch eine halbe Umdrehung des Handgriffs festgeschraubt werden kann. Die Flammen lassen sich fast bis zum Verlöschen eindrehen und geben dann eine äuſserst gelinde,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gleichmäfsige Wärme, welche zum Digerieren von Flüssigkeiten geeignet ist. Bei stärkerem Herausdrehen beginnen sie allerdings, da sie nicht durch Beimischung von Luft entleuchtet sind, leicht zu rufsen, auch nehmen sie nach dem Ende der Spirale allmählich an Grösse ab, so dafs der äufsere Ring stärkere Hitze giebt, als die Mitte.

Beide Übelstände sind bei der in Figur 96 abgebildeten neuen Heizschlange von LÜDTKE* dadurch vermieden, dafs das Ende der Spirale zum Gaseinströmungsrohr wieder zurückgeführt und mit diesem zusammengeschweifst ist. Beide Enden sind mit Lufteinströmungsöffnungen versehen, und die Scheidewand zwischen ihnen ist durchbrochen, wodurch eine vollkommene Mischung des Gases mit Luft und eine gleichmäfsige Verbreitung durch die Spirale bewirkt wird. Diese Heizschlange eignet

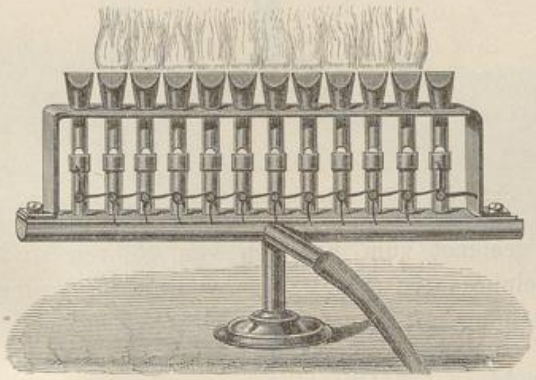


Fig. 97. Röhrenheizlampe.

sich deshalb aufser zu obigen Zwecken auch zum gleichmäfsigen Erhitzen gröfserer Flächen, z. B. von Luftbädern etc.

Zum Erhitzen von Glasröhren dienen Lampen mit reihenförmig gestellten Brennern. Figur 97 zeigt eine solche mit zwölf BUNSEN'schen Brennern, welche sich gut zum Erhitzen von Glasröhren eignet (Röhrenheizlampe). Jeder Brenner hat einen besonderen Hahn, wodurch es möglich wird, die Flamme zu verlängern und zu verkürzen. Die oberen Enden der Brenner sind etwas zusammengedrückt, so dafs sie keine kreisförmige, sondern eine längliche Gasausströmungsöffnung erhalten, wodurch die benachbarten Flammen zu einer einzigen breiten Flamme zusammenfliefsen.

Zur Regulierung des Luftzutritts ist jedes Brennerrohr mit einem verschiebbaren Ring versehen, durch den man die Luftöffnung, wenn

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 14, S. 1033. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 897.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nötig, vergrößern oder verkleinern kann. Die zu erhitzenden Röhren werden in eine halbcylindrische Rinne aus Eisen- oder Kupferblech gelegt, die auf zwei Röhrenträgern ruht.

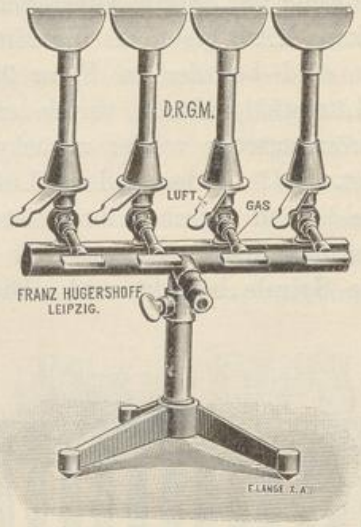


Fig. 98. Röhrenheizlampe aus Teclubrennern.

Besonders geeignet zum Erhitzen von Röhren sind Röhrenheizlampen aus Teclubrennern (Fig. 98), deren Luftregulierungsplatten behufs leichterer Einstellung mit einem Hebel versehen sind.

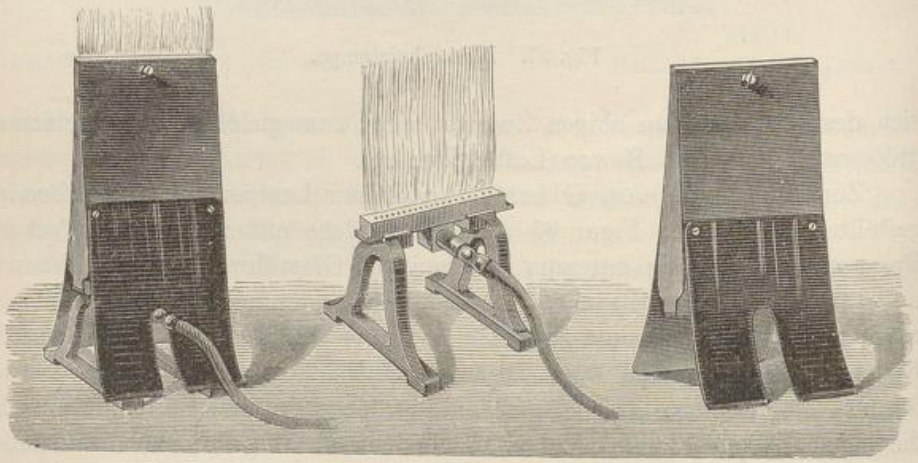


Fig. 99. Lampenofen mit Heintz'schen Brennern.

Zum Erhitzen sehr langer Röhren benutzt man den in der organischen Analyse gebräuchlichen Lampenofen (Verbrennungsofen), welcher nach demselben Prinzip konstruiert ist und hinreichend bekannt sein dürfte.

Sollen dagegen Röhren nur auf kürzeren Strecken erwärmt werden, so sind dazu die in Figur 99 abgebildeten HEINTZ'schen Brenner sehr zu empfehlen. Das Gas strömt aus zahlreichen dicht nebeneinander gebohrten, feinen Öffnungen aus, mischt sich in dem übergeschobenen schmalen eisernen Kasten mit Luft und brennt oben mit einer gleichmäfsigen breiten, nicht leuchtenden Flamme. Der Brenner ist unter anderem auch zum Biegen von Glasröhren sehr geeignet.

3. Gaskochlampen, die in Haushaltungen vielfache Verwendung finden, leisten auch in Laboratorien und für Vorlesungszwecke gute Dienste, und es sollte wenigstens ein Exemplar derselben nirgends fehlen. Sie brauchen weder Stativ noch Dreifufs und sind deshalb sehr bequem zu handhaben. Sie haben einen festen Stand bei geringer Höhe, wodurch

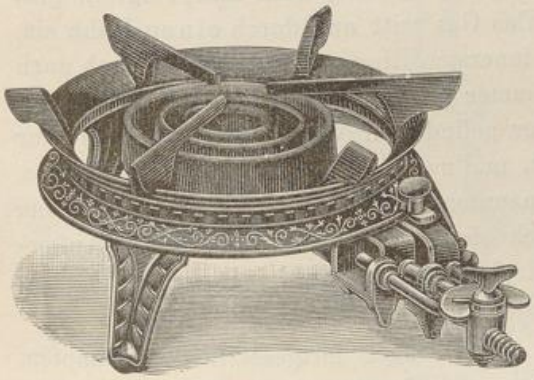


Fig. 100. Kochlampe nach BUTZKE.

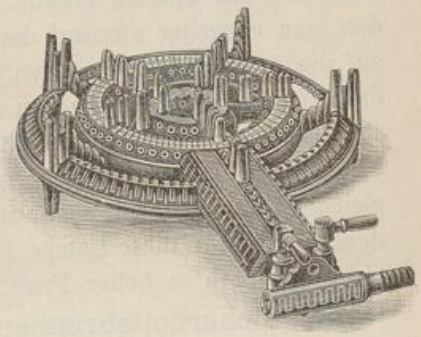


Fig. 101. Kochlampe nach FLETCHER.

nicht nur das Arbeiten damit, sondern auch das Beobachten der kochenden Flüssigkeit von seiten der Schüler erleichtert wird.

Eine Gaskochlampe von THOMAS FLETCHER in Warington ist in Figur 101 abgebildet. Sie ist ganz aus Gufseisen konstruiert, besteht aus zwei konzentrischen Brennerringen, von denen jeder einzelne durch einen Hahn für sich gespeist werden kann. Das Gas brennt entleuchtet aus kleinen Öffnungen in einzelnen Flämmchen. Der innerste Flammenring hat einen Durchmesser von 5 cm, der äufsere von 14 cm. Sie kann demnach sowohl zum Erhitzen kleinerer, als auch gröfserer Gefäfse dienen; am besten eignen sich allerdings dafür Gefäfse mit flachem Boden, doch kann man auch gut in Porzellanschalen damit kochen. Die Flammen können durch Eindrehen des Hahns aufserordentlich verkleinert werden, ohne zu verlöschen oder zurückzuschlagen, und deshalb läfst sich die Lampe einerseits, namentlich nach dem Auflegen einer dünnen Asbestpappe, zum sehr gelinden Erwärmen und langsamen Abdampfen benutzen; andererseits gestattet sie auch, unter Anwendung beider Brennerringe durch Öffnung

beider Hähne, die Hervorbringung einer mächtigen Kochhitze in gröfseren Gefäfsen. Sie bringt beispielsweise in einem Metallkocher mit flachem Boden 1 l Wasser von 10° in 4—5 Minuten zum Sieden. Auch zur Sauerstoffentwickelung im grofsen aus dem eisernen Topf (Fig. 36, S. 19) eignet sie sich ganz vorzüglich. Allerdings erhitzt sie durch Zurückstrahlen der Wärme die Fläche, auf der sie steht, sehr bedeutend; man verabsäume deshalb nicht, auch bei Anwendung eines Arbeitsbretts mindestens noch ein starkes Blech oder besser eine Thonplatte unterzulegen.

Die Butzke-Lampe (Patent Erdmann), welche in Figur 100 abgebildet ist, möchte ich neuester Erfahrung zufolge der Fletcher-Lampe noch vorziehen. Sie beruht auf demselben Prinzip, wie die Maste-Lampe, insofern das mit Luft gemischte Gas (nicht wie bei Fletcher aus einzelnen Öffnungen, sondern) aus mehreren (zwei bis vier, auch fünf) ringförmigen, konzentrischen Spalten brennt. Das Gas tritt nur durch einen Hahn ein, den man entweder nur auf den innersten Ring, oder der Reihe nach auch auf die nach aufsen folgenden, immer gröfser werdenden stellen kann, so dafs sich die Temperatur von der gelindesten Wärme allmählich bis zur stärksten Kochhitze steigern läfst, und zwar in denkbar bequemster Weise. Ein Vergleich mit der vorher genannten Fletcher'schen Lampe ergab bei gleichem Gasverbrauch sogar noch eine etwas gröfsere Wirkung. Aufserdem spricht für diese Lampe bei gleicher Dauerhaftigkeit der Ausführung ein kaum halb so hoher Preis.

4. Sicherheitsbrenner. Bei länger fortgesetztem Abdampfen, namentlich wenn man die Lampe nicht genügend beaufsichtigen kann, kommt es vor, dafs durch irgend einen Zufall die Flamme herunterschlägt, wodurch sich der Brenner mit dem Schlauchrohr stark erhitzt, der Schlauch zum Abschmelzen kommt und hierdurch Feuersgefahr veranlafst wird. Zur Verhütung dieses Unfalls sind Sicherheitsvorrichtungen konstruiert worden, welche den Gasstrom rechtzeitig zum Abschlufs bringen.

v. Klobukow* erreicht dies in folgender Weise. Der Gasschlauch ist durch einen starken Quetschhahn *a c d* (Fig. 102) geschoben, dessen Backen durch zwei kräftige Federn *f, f'* zusammengepreſst werden, sobald sie nicht mehr durch die Stangen *m n* und *o p* auseinander gehalten werden. Letzteres geschieht, während die Lampe brennt, durch einen übergeschobenen Ring *l* aus einer leicht schmelzbaren Legierung (nach Wood oder Lipowitz). Statt dessen kann man auch eine Einrichtung benutzen, wie sie in Figur 103 dargestellt ist: die Enden *n* und *p* der beiden Stangen werden mit einem weichen, 0,4—0,5 mm dicken Kupfer-

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 27, S. 168. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 654.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

draht umwunden, der durch einen Bügel l' aus leicht schmelzbarem Metall gehalten wird. Wenn die Flamme zurückschlägt, erwärmt sich der untere Teil der Lampe bald, das leichtflüssige Metall kommt zum Schmelzen, und die Federn ff' gelangen zur Wirkung, wodurch der Gummischlauch fest zugepreſst und der Gasstrom geschlossen wird.

Nach Raikow erreicht man denselben Zweck durch folgende Einrichtung: Innerhalb des Brennerrohrs und in der Höhe des Lufteinleitungslochs ist eine Feder angebracht, welche im entspannten Zustand ein kleines Asbestplättchen auf die Öffnung des Gasausströmungsrohrs drückt. Beim Gebrauch der Lampe wird diese Feder durch einen dünnen Faden so hoch gebunden, dafs das Gas frei einströmen und die Flamme

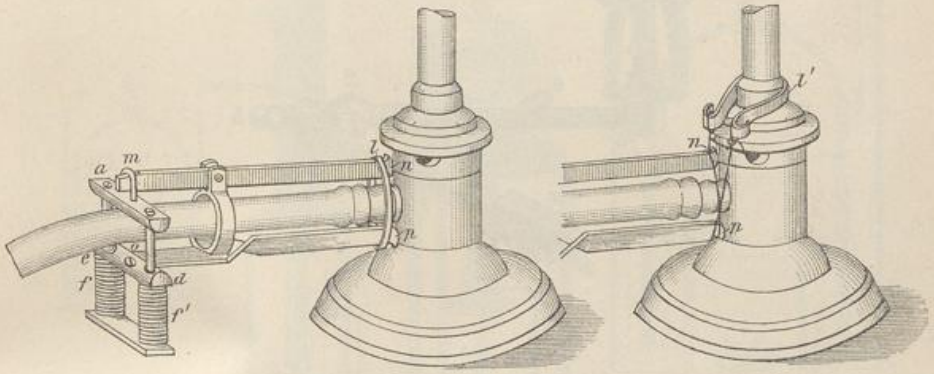


Fig. 102—103.

normal brennen kann. Nach dem Rückschlagen brennt der Faden ab, die Feder schlägt nieder und drückt die Öffnung zu.*

Eine auf anderem Prinzip beruhende Sicherheitsvorrichtung für Lampen, welche in Thätigkeit tritt, sobald das Gas aus irgend einem Grunde verlischt, rührt von Schober** her. h ist die Zuströmungsröhre für das Leuchtgas, d die Ausströmungsöffnung und k ein Hahn, dessen Hebel l verlängert ist und am Ende der Verlängerung das Gewicht m trägt. Beim Gebrauch legt man den Hebel l auf f, wodurch der Hahn geöffnet ist, und zündet das Gas bei d an. Die Flamme erwärmt die beiden Spiralfedern b und c, welche gegen die Brenneröffnung schräg zulaufen, aus verschiedenen Metallen bestehen und in entgegengesetzten Windungen aufgerollt sind. Beide Spiralen sind an einem Rohre befestigt, welches um das Brennerrohr drehbar ist. Durch die Erwärmung dehnen

* *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 209.
** *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 18.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sich die Spiralen aus, und zwar mufs diese Ausdehnung eine ungleichmäfsige werden; auch findet die letztere nach entgegengesetzten Richtungen statt. Die Folge davon ist, dafs die Spiralen sich um das Brennerrohr derart drehen, dafs man den Hebel *l* mit seinem Gewichte auflegen kann. In dieser Lage verbleiben die Spiralen und mithin auch der Hebel so lange, als das Gas brennt. Erlischt aber dasselbe, so kühlen sich die Spiralen ab und führen die entgegengesetzte Bewegung aus. Hierdurch wird dem Hebel *l* die Unterstützung entzogen, er fällt zurück und schliefst auf diese Weise die Gaszufuhr ab.

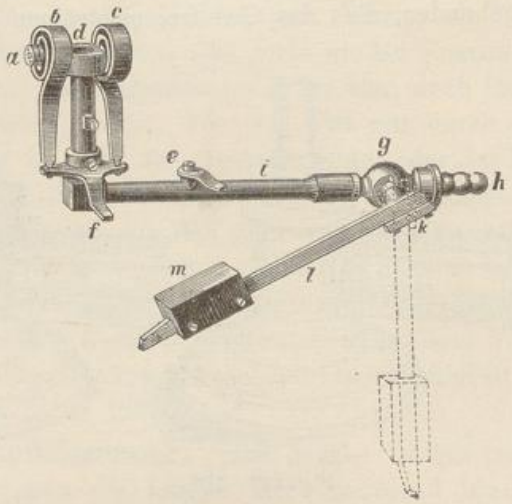


Fig. 104. Sicherheitsvorrichtung für Lampen.

5. Glühlampen, Gasschmelzöfen. Wenn die Verbrennungswärme eines Gemisches von Leuchtgas und Luft in Öfen benutzt werden und zur Erzeugung möglichst hoher Temperaturen dienen soll, so müssen folgende Bedingungen erfüllt sein: Es mufs gerade so viel Luft zugeführt werden, als zur vollständigen Verbrennung notwendig ist; Luft und Gas müssen möglichst gut vorgewärmt und vor dem Entzünden gut gemischt sein; zum Vorwärmen wird mit Vorteil die Hitze der abziehenden Verbrennungsgase benutzt; die Verbrennung mufs auf einen möglichst engen Raum konzentriert werden, in welchem sich der zu erhitzende Apparat (Schmelztiegel etc.) befindet. Der Ofen mufs mit schlechten Wärmeleitern umgeben sein, so dafs möglichst wenig Wärme durch Strahlung verloren geht. Je nachdem diese Bedingungen mehr oder weniger vollständig erfüllt sind, wird auch die in dem Ofen erzeugte Temperatur eine mehr oder weniger hohe sein.

Von der übergrofsen Zahl von Schmelz- und Glühöfen, welche für

Laboratoriumszwecke im Laufe der Zeit konstruiert worden sind, dürften sich die folgenden empfehlen.

Der HEMPEL'sche Ofen (Fig. 105, *a* und *b* kleinere, *c* und *d* gröfsere Form), welcher schon mit kleinen Lampen eine sehr beträchtliche Hitze giebt, eignet sich besonders zum Erhitzen von Tiegeln. Auf dem Dreifufse über der Brenneröffnung steht zuerst ein kurzer offener Thoncylinder, welcher den Tiegel trägt (s. d. Durchschnittszeichnungen *b* und *d*). Er ist von einem weiten, mit Deckel zu schliefsenden Thoncylinder und dieser von

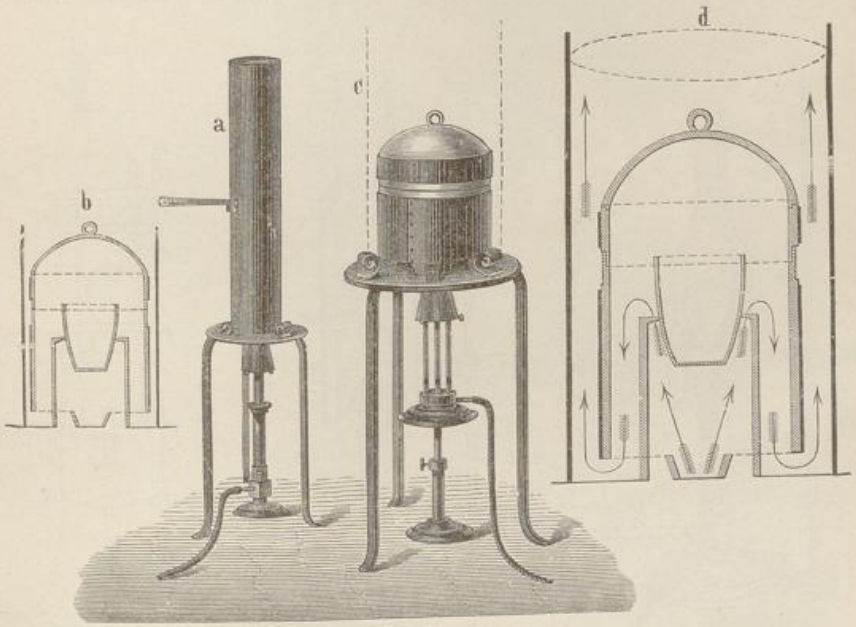


Fig. 105. HEMPEL'scher Gasofen.

einem hohen Blechrohr umgeben. Die Flamme geht erst um den Tiegel, biegt nach ihrem Austritte aus dem inneren Thoncylinder nach unten und tritt durch drei am Fufse des äufseren Thoncylinders angebrachte Öffnungen in das Blechrohr. Die Verbrennungswärme des Leuchtgases wird durch diese Einrichtung weit besser ausgenutzt als bei den offenen Lampen, weil Verlust durch Strahlung und Leitung fast ganz vermieden ist. Der Effekt ist deshalb überraschend grofs im Verhältnis zur Gröfse der Flamme.

Auch die folgenden Formen haben sich gut bewährt.*

Figur 106 Ofen für kleine Schmelztiegel bis zu 50 mm äufserem

* *Berg- und hüttenmännische Zeitung* Bd. 48, S. 169. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 10.

Durchmesser, aus feuerfestem Thon in Eisen gefafst, mit Flammen- und Tiegelmantel und Dreizackplatte zum Aufsetzen des Tiegels; an einem Stativ in verschiedener Höhe festzustellen.

Figur 107 Ofen von gleicher Gröfse wie der vorige, mit zwei Haltern am Stativ und Ring zur Verlängerung des Tiegelmantels.

Figur 108 Ofen mit fünf cylindrischen, in Eisen gefafsten, übereinander setzbaren Thonteilen *a b c d e* von 10 mm Wandstärke *i*, auf einem starken Dreifufs *B* ruhend, und mit einfachem Gasbrenner *A*, an dem Dreifufs verschieden hoch zu befestigen; *f* ein 25 cm langes eisernes Zugrohr.

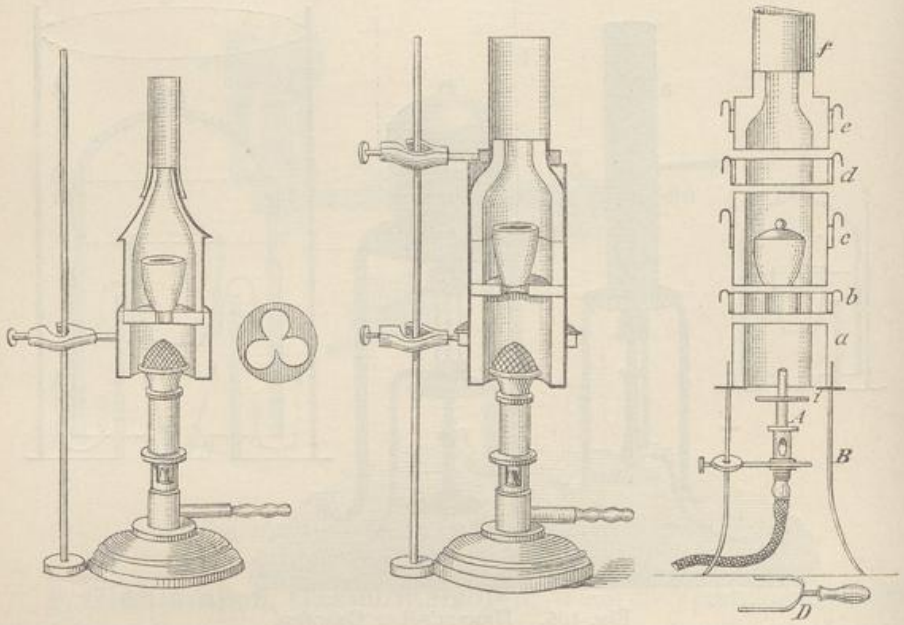


Fig. 106—108. Gasschmelzöfen.

Die in Eisenblech gefafsten Thonteile sind mit je zwei kleinen Winkeln versehen, in welchen man behufs Wegnahme einzelner heifser Teile eine Gabel *D* schiebt. Die ganze Höhe des Ofens inkl. Dreifufs und Zugrohr ist 65 cm. Der Ofen ist geeignet für Schmelztiegel bis zu 40 und 60 mm Durchmesser.

Figur 109 *A* Ofen für Tiegel bis 100 mm äufserem Durchmesser aus in Eisenblech gefafstem Flammenmantel von feuerfestem Thon mit drei durch Schrauben verstellbaren Füfsen, Dreizackplatte für den Tiegel, Tiegelmantel, Ring zur Verlängerung desselben, Dom und Schornstein von 50 cm Länge.

Figur 109 *B* Ofen für Schmelztiegel bis 60 mm äufserem Durchmesser, bestehend aus Flammenmantel, Cylindermuffel mit Deckel, Ofenmantel

und Turm von feuerfestem Thon. In Eisen gefafst, mit verstellbarer Gaslampe im Dreifufs und 50 cm langem Zugrohr.

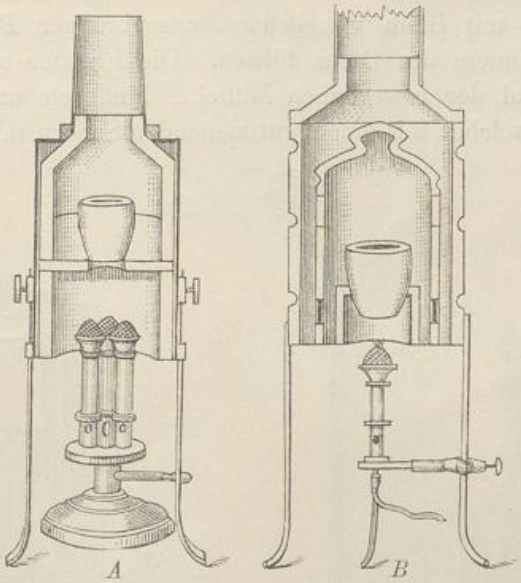


Fig. 109. Gasschmelzöfen.

Ein anderer kleiner Gasofen, welcher sich zur Erzeugung hoher Temperaturen für Laboratoriumszwecke eignet, ist von RÖSSLER* konstruiert und in Figur 110 abgebildet. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den Mantel *d* ein und wird in dem Raum *e* durch Berührung mit den heifsen Wänden von *d* vorgewärmt, ehe sie sich in dem Rohre des BUNSEN'schen Brenners *a* mit dem Gase mischt. Hierdurch wird die Verbrennungstemperatur gesteigert. Die Flamme tritt in das Innere des Thonmantels *c* und umhüllt den Tiegel *b* ganz; die Verbrennungsgase nehmen in der Richtung der Pfeile nach dem Schornstein *g* ihren Abzug. Der zweite Brenner *f* wird so gestellt, dafs gerade genug Luft, aber nicht mehr als zur vollständigen Verbrennung notwendig ist, in den Apparat gesaugt wird. Man soll mit diesem Ofen bei gutem Gang kleine Mengen von Silber, Gold und selbst eine Legierung von 90% Gold und 10% Platin schmelzen können.

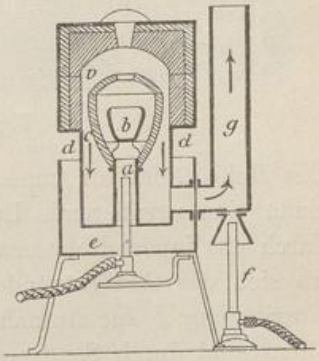


Fig. 110. Gasschmelzofen nach RÖSSLER.

* *Dinglers Polytechnisches Journal* Bd. 253, S. 79. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 754.

Das Prinzip der Regenerativheizung bringt Bigot* in seinem Regenerativgasofen in Anwendung (Fig. 111).

Durch das ringförmige Rohr *A* tritt das Gas ein und verteilt sich in einer Reihe mit Hahn versehener Bunsenbrenner *B*, welche durch Düsen in das Innere des Ofens führen. Die Flamme streicht zwischen der Wand *C* und der beweglichen Muffel *F* hindurch und geht in das Centralrohr *G*, welches mit einem gut ziehenden Schornstein kommuniziert.

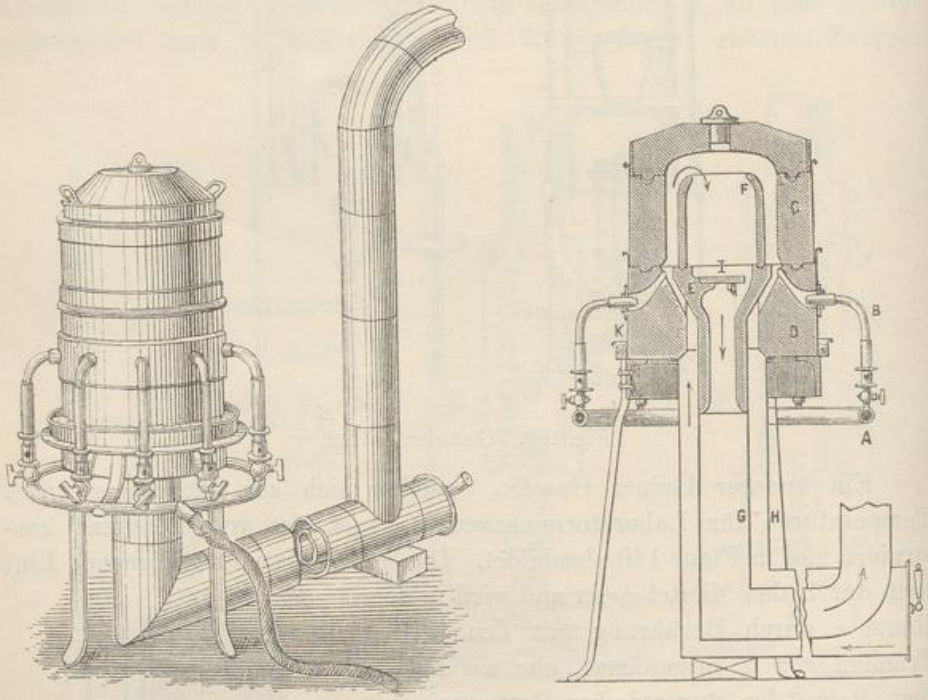


Fig. 111. Regenerativgasofen.

Das Rohr *G* ist von einem weiteren Rohr *H* umgeben, welches an seinem Ende eine regulierende Luftklappe hat. Die dort eintretende Luft wird durch das innere Rohr erwärmt und gelangt so in den Ofen an die Stelle, wo sich das Gas entzündet. *D* bildet die Basis des Ofens, *E* trägt die Vorrichtung *I* zur Aufnahme von Tiegeln etc. Die einzelnen Teile des Ofens sind durch Sandverschlüsse miteinander verbunden. Die Muffel *F* hat 18 cm Durchmesser und 27 cm Höhe. Vermöge der Regulierungsvorrichtung kann man beliebig in oxydierender oder in reduzierender Flamme erhitzen. Nach drei Stunden erreicht man die zum Brennen von Porzellan nötige Temperatur und nach fünf Stunden eine solche, die von anderen Gasöfen ohne Preſsluft nicht erreicht wird.

* *Moniteur scient.* [4], 7, S. 519. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, II, S. 553.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

6. Gebläselampen. Wenn es darauf ankommt, noch höhere Temperaturen zu erzeugen, als es mit den hier beschriebenen Lampen möglich ist, wendet man Gebläselampen an. Figur 112 zeigt eine solche Gebläselampe für Gas in äufserer Ansicht und im Durchschnitt. Auf einem eisernen Fufse ist der Brenner drehbar angebracht, so dafs man seine Ausströmungsöffnung leicht auf jeden Punkt richten kann. Er besteht aus zwei ineinander geschobenen Röhren, von denen die äufsere durch den Hahn *a* mit Gas und die innere durch den Hahn *b* mit Luft gespeist wird. Das obere Ende des letzteren kann durch Aufsetzen verschiedener Ausströmungsöffnungen erweitert und verengt werden, je nachdem man eine

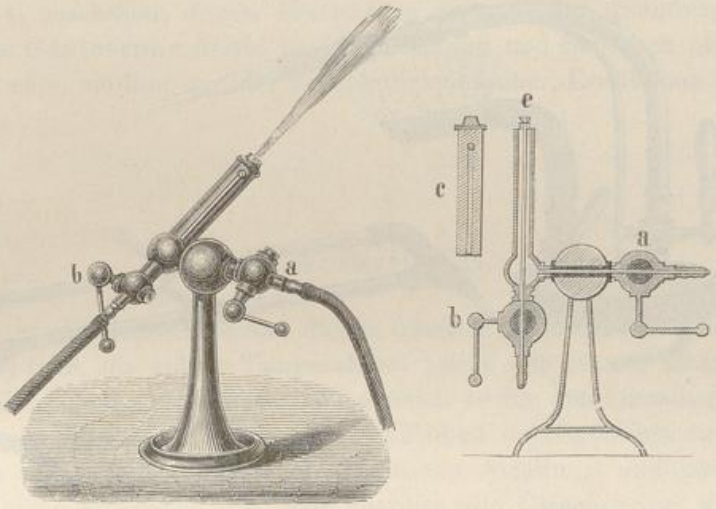


Fig. 112. Einfaches Gasgebläse.

breite oder eine spitze Flamme (Flatterflamme oder Stichflamme) haben will. Durch die Hähne *a* und *b* läfst sich sowohl der Gas- als auch der Luftstrom regulieren und die Form der Flamme noch überdies durch Auf- und Abschieben der Blechröhre *c* verändern. Den Luftstrom erzeugt man entweder durch ein Wassertrommelgebläse oder durch einen Gebläsetisch und das Gas entnimmt man aus dem gewöhnlichen Gashahne des Experimentiertisches. Man benutzt diese Lampe meistens zum Biegen, Ausziehen und Umschmelzen starker oder strengflüssiger Glasröhren, welche man damit in wenigen Minuten völlig erweicht. Sie läfst sich aber statt mit Luft auch mit Sauerstoff speisen und dient dann zur Hervorbringung der höchsten Temperaturen, welche man in Laboratorien zu erzeugen imstande ist. Bei allmählicher Öffnung des Sauerstoffhahns bemerkt man zuerst an der Spitze der inneren Ausströmungsöffnung einen hellleuchtenden Kegel,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

welcher eine umgekehrte (Sauerstoff-) Flamme im Innern der voluminösen Gasflamme des äufseren Rohrs darstellt. Bei weiterer Öffnung des Hahns gewinnt die Sauerstoffflamme immer mehr an Ausdehnung und die Gasflamme an Leuchtkraft, bis sie bei einer gewissen Stellung des Sauerstoffhahns ein Licht von intensiver blendender Weifse ausstrahlt. Dreht man den Sauerstoffhahn dann noch weiter auf, so wird das Licht schwächer, die Flamme zieht sich mehr zusammen, verlängert sich ganz aufserordentlich und hört zuletzt mit Leuchten auf, während zugleich ein grelles Zischen hörbar wird. Man reguliert die Gröfse der Flamme nach Bedarf und kann dann mit dieser Lampe ganz aufsergewöhnliche Effekte erzielen.

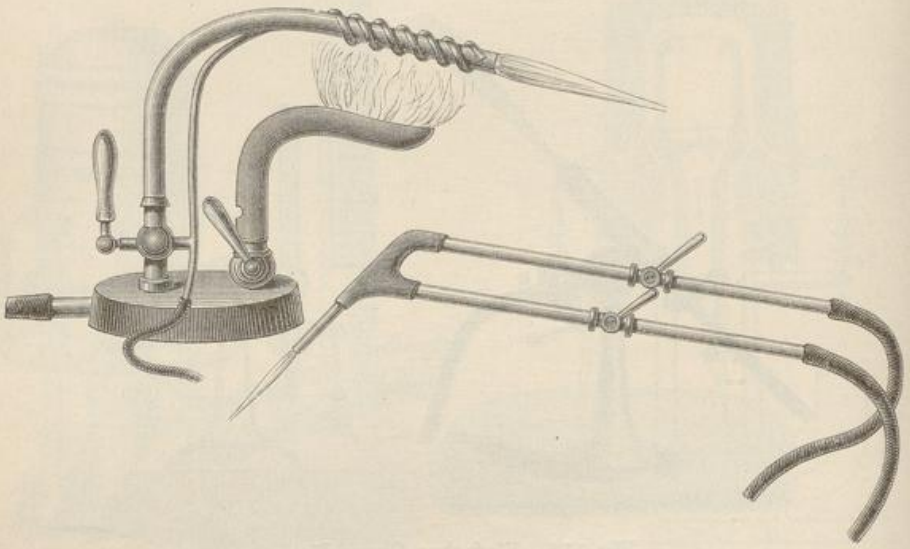


Fig. 113. Heifsluftgebläse. Fig. 114. Handgebläse.

Unedle Metalle verbrennen darin mit blendendem Glanze; Stahlstangen von drei bis fünf Millimeter Durchmesser schmelzen rasch unter prächtigem Funkensprühen ab; ganz dicke Glasstäbe fliessen in glühenden Tropfen; Kupferblech von mehreren Millimetern Dicke wird in ganz kurzer Zeit durchbohrt; Silber in Mengen bis zur Gröfse eines Fünfmarkstücks läfst sich in einer passenden Unterlage (ein dickes Stück Gasretortenkohle zu einem Herde ausgehöhlt) in wenigen Minuten in feurigen Flufs bringen; endlich gelingt es sogar, auf einer Kohlenunterlage Platin in ansehnlichen Mengen (15 g und mehr) zu schmelzen.

Der Sauerstoffverbrauch ist mäfsig. Mit 300 Litern kann man mehrere Stunden experimentieren. Die Lampe dient zugleich, um die aufserordentliche Erhöhung der Leuchtkraft einer Gasflamme durch in mäfsiger Menge eingeblasenen Sauerstoff zu demonstrieren, eine Methode der Beleuchtung,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

welche bekanntlich in letzterer Zeit mehrfach zu technischer Anwendung gelangt ist.

Die Wirkung der Flamme wird noch mehr verstärkt, wenn man das Gas und die Luft (oder den Sauerstoff) vor dem Einblasen in die Flamme erwärmt.

Eine Lampe, bei der dies möglich ist, ist in Figur 113 abgebildet. Das Blaserohr windet sich um den oberen Teil des Brenners und wird samt diesem durch eine darunter angebrachte Gasflamme erwärmt. Der Eintritt des Blaserohrs in das Brennerrohr erfolgt kurz vor der Brenneröffnung.

Nicht selten ist es erwünscht, dem Strahle der Gebläselampe eine beliebige Richtung zu geben. Dies kann leicht durch das Handgebläse (Fig. 114) geschehen, dessen Einrichtung sich aus der Abbildung ergiebt.

Das Gaslötrohr dürfte nach Einrichtung und Gebrauch hinreichend bekannt sein, um hier nur, der Vollständigkeit halber, Erwähnung zu finden.

GLASRÖHREN.

Zu gewöhnlichen Zwecken dienen Glasröhren aus leicht schmelzbarem (Natron-) Glas, für höhere Temperaturen solche aus schwer schmelzbarem (Kali- oder böhmischem) Glase. Wenngleich es für den Chemiker in vielen Fällen von Nutzen sein kann, Geschicklichkeit im Glasblasen zu besitzen, so läfst sich solche doch ohne praktische Anleitung und ohne grofse Übung nicht erreichen. Da man überdies alle Glasapparate, welche zur Ausübung des experimentellen Unterrichtes nötig sind, leicht käuflich erwerben kann, so beschränken wir uns hier auf eine kurze Anweisung zur Ausführung derjenigen Arbeiten, in denen man sich notwendig einige Geschicklichkeit aneignen mufs, um sich vorkommenden Falls leicht helfen zu können.

1. Schneiden. Zum Schneiden der Glasröhren dienen dreikantige Feilen, oder sogenannte Glasmesser von gutem Stahl oder Carborundum. Man fafst die Röhren so, dafs man mit dem Daumen die Schnittstelle markiert, setzt die Feile oder das Messer dicht neben dem Daumen scharf ein und macht damit einen Schnitt um etwa den dritten Teil des Röhrenumfangs (Fig. 115). Dann fafst man die Röhre so, wie Figur 116 zeigt, und biegt sie nach unten, worauf sie glatt abspringt. Bei Röhren von gröfserem Durchmesser mufs der Feilenstrich wo möglich um den halben Umfang gehen und darf nicht zu flach sein. Man befeuchtet hierbei die Feile mit Wasser, oder noch besser mit Terpentinöl. Wenn weitere Röhren am

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ende unregelmäfsig abgebrochen sind und wohl gar Sprünge haben, mufs man ein nicht zu kurzes Stück davon abschneiden. Will man dies in der angegebenen Weise mittels der Feile ausführen, so ist der Feilstrich mindestens drei bis vier Centimeter vom Rohrende entfernt anzubringen, weil

Fig. 115. Schneiden von Glasröhren.

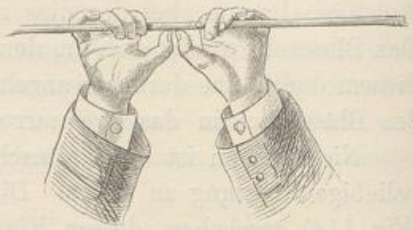


Fig. 116. Brechen von Glasröhren.

sich sonst nur mit Unsicherheit brechen läfst. Auch wickelt man hier der Vorsicht halber ein Tuch um das Ende, damit man sich bei verunglücktem Bruche nicht schneidet, was leicht eintreten kann. Besser ist es, in solchen Fällen sich der Sprengkohle zu bedienen, wodurch man ein kürzeres

Fig. 117. Absprengen unreiner Glasränder. Fig. 118. Abkneipen unreiner Glasränder.

Stück abschneiden kann und Glas spart. Die Sprengkohlen sind käuflich zu beziehen. Sie bestehen aus einer Mischung von Kohlenpulver und Harz, haben die Form eines Bleistifts und brennen, wenn man sie (in einer Lampe) zum Glühen erhitzt und Luft aufbläst, mit zugespitztem Ende weiter. Hat das Glasrohr am Ende bereits einen Sprung, so hält man die glühende Spitze einige Millimeter daneben in der Richtung, in welcher man den Sprung fortführen will (Fig. 117) und bläst stark mit dem Munde.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hierdurch setzt sich der Sprung bis zur glühenden Kohle fort, worauf man unter fortwährendem Blasen weiterrückt, bis der Sprung um das ganze Rohr geführt ist. Wenn nicht bereits ein Sprung vorhanden ist, macht man einen scharfen Feilschnitt und verlängert denselben mit der Sprengkohle in der eben beschriebenen Weise.

Statt Sprengkohle anzuwenden, verfährt Beckmann* beim Schneiden weiter und dicker Glasröhren folgendermafsen. An der betreffenden Stelle wird ein scharfer kurzer Feilenstrich gemacht und zu beiden Seiten desselben je ein 1—2 mm dicker und 1—2 cm breiter Wulst von feuchtem Filtrierpapier umgelegt, so dafs von beiden Seiten des Feilenstriches noch Bahnen von 1—2 mm Breite frei bleiben. Erhitzt man dann den Zwischenraum mit der Stichflamme einer Gebläselampe, während man die Röhre um ihre Achse dreht, so springt sie am Feilenstrich glatt ab.

Zu demselben Zwecke eignet sich nach Muck** das in Figur 119

Fig. 119. Diamant zum Schneiden von Glasröhren.

abgebildete kleine Instrument. Durch einen hohlen Griff mit Stichblatt ist eine Stange verschiebbar und durch Schraube festzustellen. Diese trägt nahe an ihrem Ende seitlich einen Glaserdiamanten. Will man ein Glasrohr an einer bestimmten Stelle durchschneiden, so schiebt man die Stange aus dem Griffe hervor, stellt sie für den richtigen Ort fest, schiebt den Diamanten in das Glasrohr vor, bis das Ende des letzteren auf dem Stichblatt sitzt und macht durch Drehen im Innern des Rohrs einen kreisförmigen Strich. Beim Ziehen an beiden Enden bricht dann das Rohr an diesem Striche glatt ab. Wenn kein Ende des Glasrohrs gerade abgeschnitten ist, so bindet man ein Stück Pappe um und verfährt ebenso.

Das Absprengen von weiten und dickwandigen Glasröhren kann auch durch einen elektrisch glühenden Draht geschehen. Man legt einen 0,5 mm dicken Draht von weichem Eisen in einfacher Lage so um die Röhre, dafs der Draht allseitig am Glase dicht anliegt, isoliert die beiden Enden, da wo sie sich berühren, und leitet einen Strom, welcher stark genug ist, den Draht zum Glühen zu bringen, hindurch. Nach dem Auftropfen von etwas Wasser springt dann die Röhre glatt ab.

---

* *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 5.

** *Zeitschrift für analytische Chemie* Bd. 25, S. 530. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 1043.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wenn beim Absprengen der Rand nicht ganz glatt geworden ist, so kann man die Unregelmäfsigkeiten durch eine gute Feile beseitigen, oder falls dieselben zu bedeutend sind, um durch die Feile weggenommen werden zu können, auch mit Hilfe einer flachen Zange (Fig. 118) oder eines Glaskneipers (Fig. 120) in der Weise vorsichtig abbrechen, dafs man mit Ruhe und Geduld an der äufsersten Spitze anfängt und möglichst kleine

Fig. 120. Glaskneiper.

Stückchen förmlich abnagt. Dies setzt eine gewisse Übung voraus, und trotzdem verunglückt die Arbeit nicht selten.

Scharfe Bruchränder werden nachher in der Lampe umgeschmolzen. Bei dünneren Glasröhren reicht hierzu ein gewöhnlicher Gasbrenner aus, bei weiteren, namentlich böhmischen Röhren mufs man die Gebläselampe anwenden. Zu diesem Zwecke läfst man die Flamme anfangs ohne Luft-

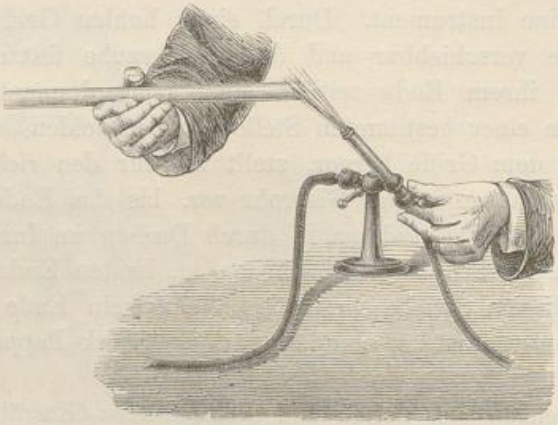


Fig. 121. Umschmelzen von Glasrändern.

strom brennen und wärmt das umzuschmelzende Ende in der Flamme gehörig vor, wobei sich Rufs auf der Röhre absetzt. Währenddessen wird der Lufthahn langsam aufgedreht, bis eine lebhafte Flatterflamme entsteht (Fig. 121). Das Ende der Röhre fängt langsam an zu glühen, und sobald die ringförmige Öffnung in lebhafter Rotglut erscheint, ist die Umschmelzung geschehen. Läfst man die Röhre zu lange in der Flamme, so zieht sich die Öffnung zusammen, was vermieden werden mufs. Man sorge dafür, dafs man während der Einwirkung der Flamme die Röhre

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

möglichst horizontal oder mit dem kalten Ende etwas nach unten geneigt hält, denn wenn man dieses Ende erhöht, so ziehen die Verbrennungsgase, welche viel Wasserdampf enthalten, hindurch; letzterer kondensiert sich im Innern und fliefst an die erhitzte Stelle zurück, wodurch regelmäfsig das Glas zerspringt. Noch mehr Vorsicht hat man beim Umschmelzen des anderen Röhrenendes anzuwenden, weil dieses, auch wenn man die Röhre horizontal gehalten hatte, immer mit Feuchtigkeit beschlagen ist. Man mufs deshalb dies Ende so lange ohne Luftstrom von aufsen gelinde erwärmen und dabei die Röhre mit dem kalten Ende nach oben gerichtet halten, bis die Innenwand genügend getrocknet ist; erst dann wendet man die Flatterflamme an und bringt die Röhre wieder in die oben angegebene Lage.

2. Biegen. Das Biegen nicht zu weiter Glasröhren gelingt in sehr

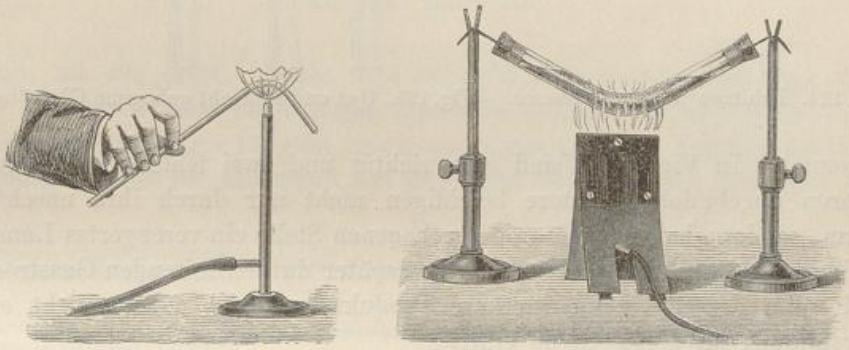


Fig. 122—123. Biegen enger und weiter Glasröhren.

einfacher Weise unter Anwendung eines sogenannten Schnittbrenners (Strafsenbrenner). Man hält das Rohr mit der zu biegenden Stelle horizontal so in die Flamme, dafs es von dem leuchtenden Teile derselben ganz eingehüllt wird, wobei man jeden Luftzug möglichst zu vermeiden hat, damit die Flamme nicht flackere. Das Glasrohr berufst rasch, kommt dann zum Glühen und biegt sich durch das Gewicht des freien Endes (Fig. 122) schön und regelmäfsig, so dafs es in dem Winkel keine Einfaltung erhält. Weite Röhren (von weichem Glase) füllt man mit Sand und läfst sie sich über der Röhrenheizlampe biegen (Fig. 123).

In Ermangelung einer Gasflamme mufs man sich einer Spirituslampe bedienen. Dünnere Glasröhren lassen sich in der Flamme einer einfachen Spirituslampe in der angegebenen Weise biegen; sind sie aber nur einigermafsen stark, so mufs man einen Berzeliusbrenner anwenden, darf aber in diesem Falle das Rohr nicht quer durch die Flamme halten, da es sonst an zwei Stellen erhitzt werden und dazwischen kalt bleiben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

würde; man hält es vielmehr tangential in die Flamme, wie Figur 124 zeigt. Biegt sich in diesem Falle das Rohr nicht von selbst durch seine eigene Schwere, so mufs man mit der Hand nachhelfen, wozu allerdings eine gewisse Übung gehört, damit es in der inneren Biegung keine Einfaltung

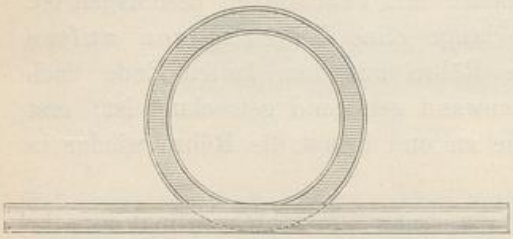


Fig. 124. Erhitzen im Rundbrenner.

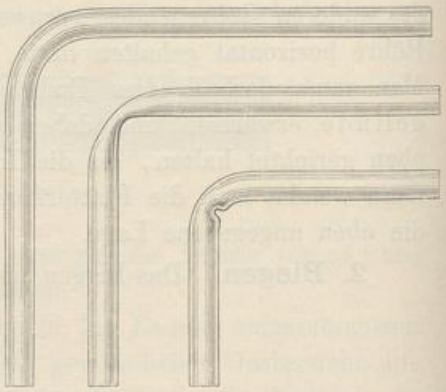


Fig. 125. Gut und schlecht gebogene Glasröhren.

bekommt. In Figur 125 sind eine richtig und zwei fehlerhaft gebogene Röhren abgebildet. Letztere beleidigen nicht nur durch ihre unschöne Form, sondern haben auch an der gebogenen Stelle ein verengertes Lumen, wodurch eine nachteilige Hemmung des später durchzuleitenden Gasstroms, und wenn derselbe kondensierbare Produkte mit sich führt, leicht eine Verstopfung an dieser Stelle eintritt.

3. Ausziehen. Zum Ausziehen von Glasröhren wendet man die

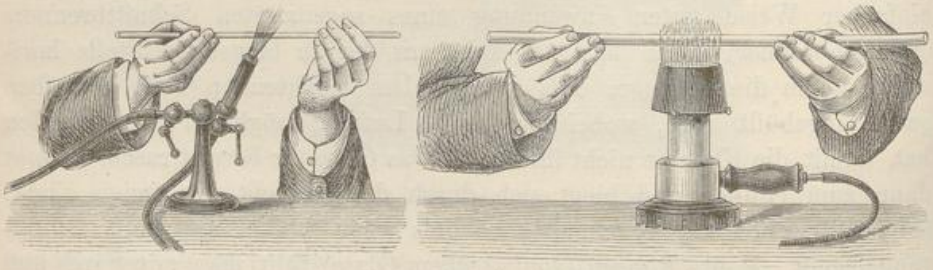


Fig. 126—127. Erhitzen zum Ausziehen.

Gebläselampe (Fig. 126), im Notfalle auch den einfachen Bunsen'schen Brenner oder den Rundbrenner (Fig. 127) unter der oben angegebenen Vorsicht an. Man mufs das Rohr so lange in der Flamme lassen und dabei zwischen den drei ersten Fingern beider Hände fortwährend und ruhig hin und her drehen, bis es vollkommen erweicht ist und sich leicht

biegt; dann entfernt man es rasch aus der Flamme und zieht es unter fortgesetztem Drehen sicher aus, wobei man Sorge zu tragen hat, dafs die Achsen der beiden ausgezogenen Teile genau eine gerade Linie bilden (Fig. 128), weil man sonst schiefe Spitzen erhält. Es kommt auch sehr darauf an, dafs die Erweichung des Rohrs in der Flamme allseitig ganz gleichmäfsig geschieht, weshalb man bei stärkeren Röhren sehr regelmäfsig drehen mufs, da der untere Teil von der Flamme eine stärkere Hitze

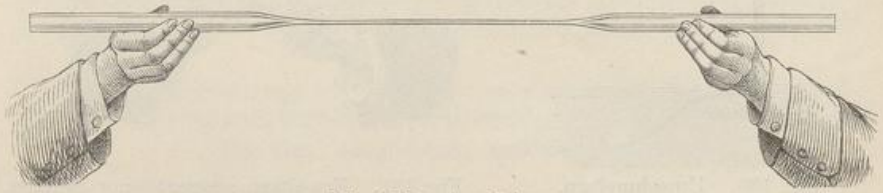


Fig. 128. Ausziehen.

erhält, als der obere. Dreht man schlecht oder unruhig, so kann man auch hierdurch beim nachherigen Ausziehen Spitzen von ungleichmäfsiger Form erhalten. Figur 129 *a* ist richtig ausgezogen, *b* beim Erhitzen schlecht gedreht, so dafs die Glaswand auf der einen Seite weicher geworden ist,

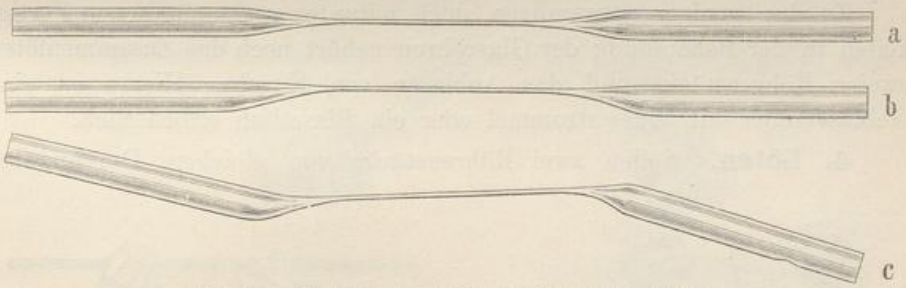


Fig. 129. Gut und schlecht ausgezogene Röhren.

als auf der anderen, *c* ist schief ausgezogen. Nach völligem Erkalten schneidet man den ausgezogenen Teil an der gewünschten Stelle mit einem scharfen Glasmesser geschickt ein, bricht in der oben beschriebenen Weise ab, feilt, wenn nötig, mit Vorsicht hervorstehende Spitzen sauber ab und schmilzt in der Flamme um. Durch das Umschmelzen läfst sich das Lumen der Öffnung beliebig verengern. Auch hierbei mufs man ruhig und vorsichtig drehen, weil sich sonst die Spitze sehr leicht umbiegt (Fig. 130). Ist durch ein zu langes Hineinhalten in die Flamme die Öffnung zu enge geworden oder hat sie sich wohl gar ganz geschlossen, so kann man sie nach dem Erkalten durch vorsichtiges Abfeilen mit der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

flachen Seite der Feile (Fig. 131) wieder öffnen. Letzteres ist besonders dann anzuraten, wenn man aus dem Rohre ein Gas (z. B. Wasserstoff) brennen lassen will, weil durch das Zusammenschmelzen die dünne Wand

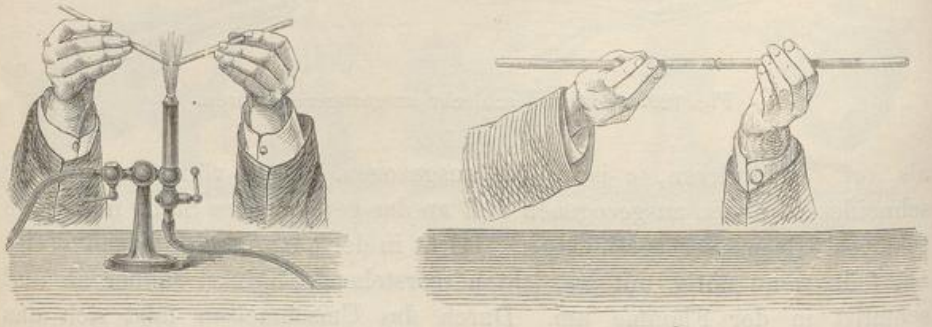
Fig. 130. Umschmelzen.

Fig. 131. Erweitern ausgezogener Spitzen.

der ausgezogenen Röhre sich wieder verdickt und nachher der Einwirkung der durch das brennende Gas erzeugten Hitze besser widersteht. Auch dann, wenn man eine Spitze mit sehr feiner Öffnung haben will, ist es ratsam, dieselbe zuerst zusammenzuschmelzen und dann wieder durch die Feile zu öffnen, da man es auf diese Weise ganz in der Hand hat, der Öffnung jede beliebige Weite zu geben.

Zu den weniger notwendigen, doch mitunter recht nützlichen Fertigkeiten in der Behandlung der Glasröhren gehört noch das Zusammenlöten zweier Röhrenstücke und das Anblasen von Kugeln. Hierzu ist eine Gebläselampe mit Wassertrommel oder ein Blasetisch erforderlich.

4. Löten. Sollen zwei Röhrenstücke von gleichem Durchmesser



a *b*

Fig. 132. Löten gerader Röhren.

zusammengelötet werden, so müssen die Enden gerade abgeschnitten sein. Man hält dieselben unter langsamem Drehen in die Flamme (Flatterflamme), Figur 132 *a*, so dafs sich beide gleichmäfsig erhitzen, ohne sich zu berühren.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dann werden sie aufserhalb der Flamme ruhig und sicher zusammengesetzt (Fig. 132 *b*). Den dadurch entstehenden wulstigen Verbindungsring entfernt man folgendermafsen. Das Ende der zusammengelöteten Röhre wird zugeschmolzen oder mittels eines Korkes verschlossen, dann der

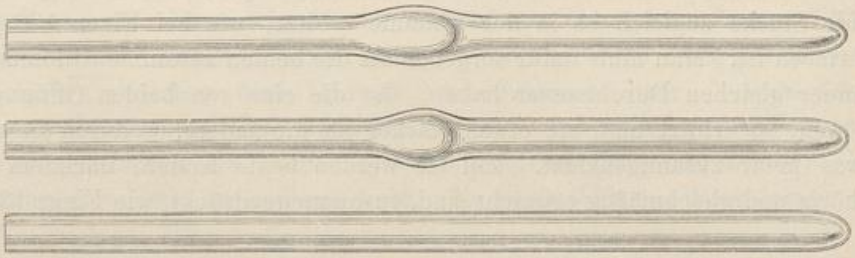


Fig. 133. Ausgleichung gelöteter Röhren.

Wulst in der Flamme unter Drehen gleichmäfsig erhitzt, wie Figur 126 zeigt, und nach dem Erweichen etwas aufgeblasen, abermals erhitzt, dabei etwas zusammengedrückt, nochmals aufgeblasen und so fort, bis die Verdickung

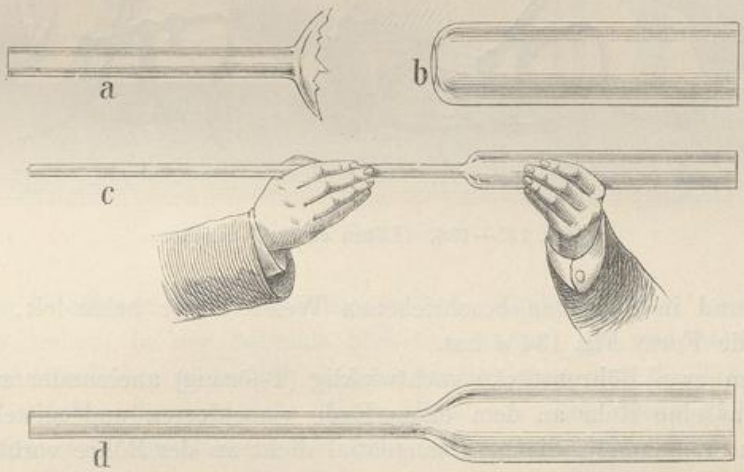


Fig. 134. Löten enger und weiter Röhren.

verschwunden ist; hierbei nimmt die Röhre nach und nach die in Figur 133 dargestellten Formen an. Es kommt hierbei hauptsächlich darauf an, dafs beim Erwärmen und Aufblasen die Achsen der beiden Röhrenstücke eine gerade Linie bilden, wozu einige Übung und Sicherheit erforderlich ist.

Soll eine engere Röhre mit einer weiteren zusammengelötet werden, so wird jene an dem einen Ende zugeschmolzen und dieses durch Erhitzen in der Flamme unter Drehen erweicht; dann bläst man in das offene Ende, wodurch eine Kugel entsteht, die man durch stärkeres Blasen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sogleich zersprengt. Sie erhält dann die Form Figur 134 *a*. Mittels einer Feile werden die Überreste der Kugel beseitigt, so daſs nur ein schmaler aufgebogener Rand, den man möglichst abrundet, übrig bleibt. Nun wird das Ende der weiteren Glasröhre durch längeres Erhitzen in der Lampe unter fortwährendem Drehen etwas zusammengezogen (Fig. 134 *b*), dann beide Stücke zugleich so in der Flamme erhitzt, wie bei Figur 132 beschrieben ist. Man muſs dafür sorgen, daſs die beiden zusammenzulötenden Ränder gleichen Durchmesser haben. Ist die eine von beiden Öffnungen zu weit, so erhitzt man sie etwas stärker als die andere, wodurch sie sich etwas mehr zusammenzieht. Zuletzt werden beide Enden, nachdem sie gehörig und gleichmäſsig erweicht sind, zusammengedrückt, wie Figur 134 *c*

Fig. 135—136. Löten eines T-Stückes.

zeigt, und in der oben beschriebenen Weise weiter behandelt, bis das Rohr die Form Fig. 134 *d* hat.

Um zwei Röhrenstücke rechtwinklig (T-förmig) aneinander zu löten, wird das eine Rohr an dem einen Ende verschlossen und mittels einer kleinen Stichflamme, die man tangential dicht an der Röhre vorüberbläst, erhitzt. Hierdurch kommt ein kleines rundes Stück der Glaswand zum Glühen, wobei man dafür sorgt, daſs die erhitzte Stelle möglichst genau kreisförmig (nicht länglich) ist. Sobald das Glas an dieser Stelle weich genug zu sein scheint, bläst man, indem man die Flamme fortdauernd in der gleichen Weise einwirken läſst, in das offene Ende der Röhre, worauf sich diese mit gelindem Knall öffnet (Fig. 135). Das anzulötende Röhrenstück wird nun mit der geöffneten Stelle zugleich in der Lampe erhitzt (Fig. 136), und dann beide Teile nach genügendem Erweichen durch sanften Druck vereinigt. Auf dieselbe Weise läſst sich auch eine Röhre seitlich an eine Kugel anlöten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

5. Kugelblasen. Um ein Glasrohr am Ende zu einer Kugel aufzublasen, wird es in der Flamme kurz abgeschmolzen und die zugeschmolzene Stelle erweicht. Zuerst erhitzt man nur die äufserste Spitze, welche in der Regel durch einen dickeren Klumpen von Glasmasse gebildet wird (Fig. 137). Durch gelindes Aufblasen dehnt man diesen zu einer kleinen Kugel aus (*a*). Dann wird ein etwas gröfseres (1—1,5 cm langes) Stück in der Flamme erweicht, wobei man, wie bereits weiter oben beschrieben, die Röhre zwischen dem Daumen und den zwei oder drei nächsten Fingern der rechten Hand hält und langsam und ruhig durch Vor- und Rückwärtsschieben des Daumens, ohne dabei die Lage der Röhre in der Flamme irgendwie zu ändern, dreht. Es kommt hierbei alles darauf an,

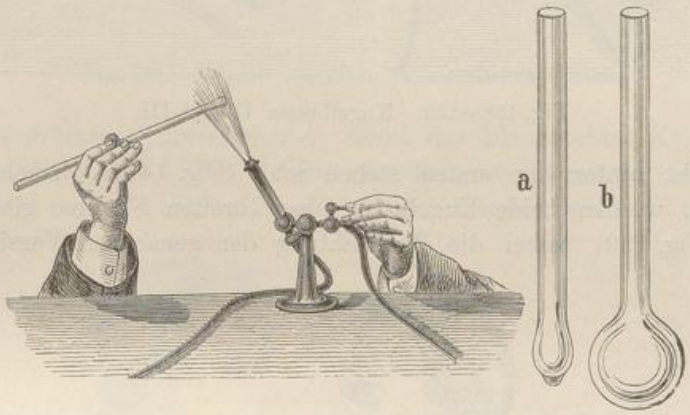


Fig. 137. Kugelblasen I.

dafs man bei diesem Drehen richtig verfährt. Zuvörderst darf man nicht zu rasch drehen, in der Sekunde höchstens einmal hin und her; dann mufs man die Röhre so in die Flamme hineinhalten, dafs die Ebene des Kreises, welcher das glühende Röhrenstück von dem nicht glühenden trennt, senkrecht zur Röhrenachse steht; ferner mufs die Röhre immer möglichst gleichförmig von der Flamme umspült sein, und man darf, wie gesagt, nicht zeitweilig die Lage in der Flamme ändern oder die Röhre gar stellenweise aus derselben herausbringen; endlich mufs man, wenn das Glas anfängt, weich zu werden und sich nach unten zu biegen, durch geschicktes Drehen und entsprechende Beschleunigung desselben dafür sorgen, dafs das nach unten sinkende Ende immer wieder gehoben wird. Dies ist übrigens der Zeitpunkt, wo man mit Erhitzen aufhört. Man bringt unter fortwährendem Drehen das offene Ende der Röhre in den Mund und bläst, ebenfalls unter fortwährendem Drehen, Luft ein, so dafs eine Kugel von etwa 1 cm Durchmesser entsteht (Fig. 137 *b*). Diese mufs

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dickwandig sein und senkrecht und centrisch auf dem Ende der Röhre aufsitzen. Um diese Kugel nun zu vergrößern, erhitzt man das ihr unmittelbar benachbarte Stück der Röhre in der eben beschriebenen Weise (Fig. 138) und bläst eine zweite Kugel von gleicher Größe an, die mög-

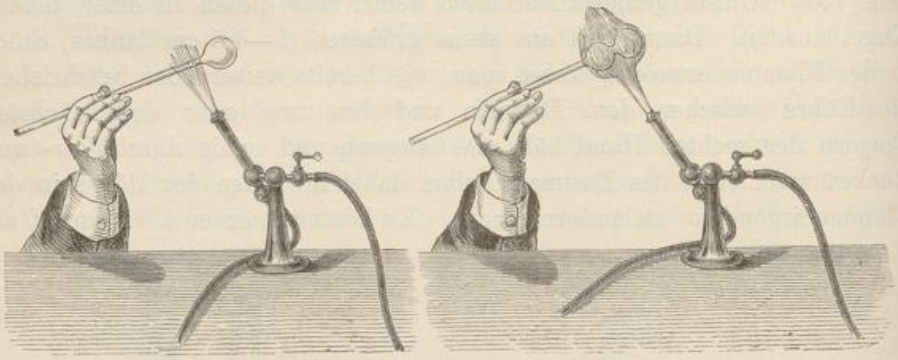


Fig. 138—139. Kugelblasen II und III.

lichst dicht hinter der ersten stehen muß (Fig. 141 *a*). Nachdem dies geschehen, werden beide Kugeln in einer breiten Flamme gleichmäßig erhitzt (Fig. 139), wobei die Beobachtung der genannten Vorsichtsmaß-

Fig. 140. Kugelblasen IV.

regeln noch nötiger ist. Namentlich muß man sich beim Aufblasen (Fig. 140) sehr in acht nehmen, daß die Kugel an der einen Seite nicht stärker aufgetrieben wird als an der anderen. Man hält während des Blasens die Röhre ziemlich horizontal und hört keinen Augenblick auf mit Drehen. Anfänglich wird schwächer, nachher stärker geblasen. Zeigt die Kugel eine Neigung, sich einseitig stärker aufzublähen, so bringt man diese Seite sogleich nach unten und giebt stärkere Luft. Die auf diese

Weise erzeugte Kugel (Fig. 141 *b*) kann je nach der Weite der Röhre einen Durchmesser von 2—3 cm haben. Um eine noch gröfsere Kugel zu erzeugen, werden anfangs nicht zwei, sondern drei Kugeln nebeneinander geblasen und diese dann zu gleicher Zeit in der Flamme erweicht.

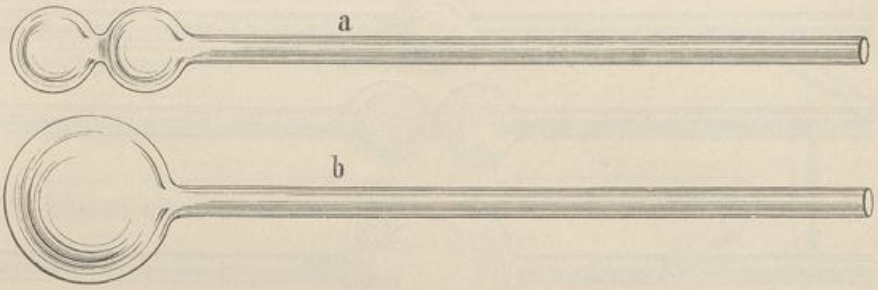


Fig. 141. Kugeln am Ende in natürlicher Gröfse.

Noch gröfsere Schwierigkeiten bietet das Blasen einer Kugel mitten in einer Röhre dar. Man erhitzt dieselbe, nachdem sie einseitig zugeschmolzen ist, wie Figur 126 zeigt, wobei man fortwährend dreht und,

Fig. 142. Kugelblasen in der Mitte.

sobald das Glas zu erweichen beginnt, aufserdem noch gelinde zusammendrückt, um die Wände ein wenig zu verstärken. Dann wird unter fortgesetztem Drehen eine erste Kugel von etwa 1—1,5 cm Durchmesser aufgeblasen (Fig. 142), welche Figur 143 *a* in natürlicher Gröfse zeigt. Dicht neben derselben erzeugt man eine zweite (Fig. 143 *b*), erhitzt dann beide gemeinschaftlich in der Flamme und bläst sie zuletzt zu einer gröfseren Kugel auf (Fig. 143 *c*). Die Hauptschwierigkeit besteht hierbei darin, dafs man die beiden Röhrenenden genau in eine gerade Linie bringt, welche

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Die ersten Versuche werden meist mit Erzeugnissen von der Form Figur 144 *a* und *b* endigen. Nur fortgesetzte Übung unter strenger Beobachtung aller Vorsichtsmafsregeln kann hier helfen.

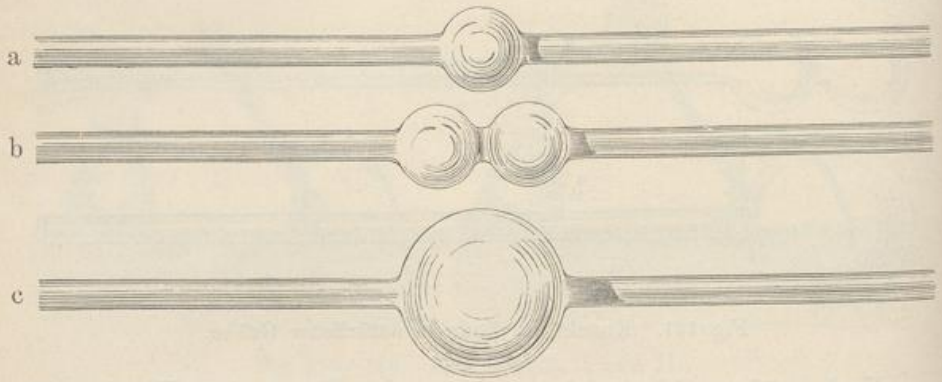


Fig. 143. Kugeln in der Mitte, natürliche Gröfse.

Diese zuletzt beschriebenen Arbeiten setzen eine lange Übung unter Aufwand von viel Geduld voraus, sie gehören aber auch nicht zu den unentbehrlichen Fertigkeiten eines Lehrers der Chemie und können nur

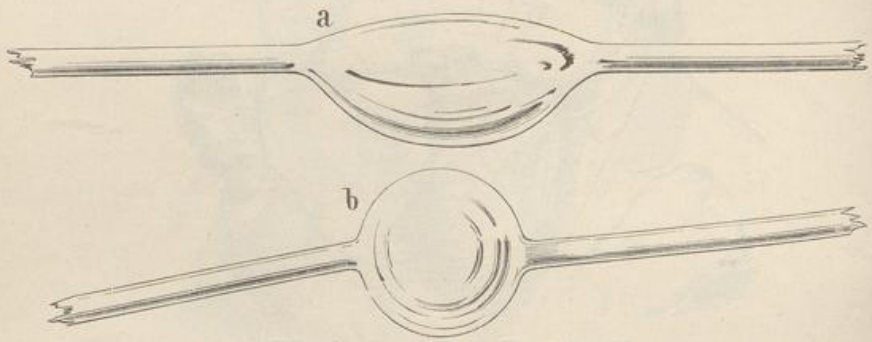


Fig. 144. Schlecht geblasene Kugeln.

für den Fall von wirklichem Nutzen sein, wenn man fern von den Bezugsquellen passender Glasapparate gezwungen ist, sich selbst zu helfen. Schliefslich ist zu erwähnen, dafs man, um ein nachheriges Springen der fertigen Stücke zu verhüten, die erhitzten Stellen, nachdem der ganze Gegenstand vollendet ist, nochmals etwa 1 Minute lang nach Abstellung des Gebläsewindes in der Flamme der Lampe erwärmt, so dafs sie sich an ihrer ganzen Oberfläche mit Rufs bedecken.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

6. Glasröhrenstücke. Zu verschiedenen Versuchen sind kürzere und längere, engere und weitere, gerade und gebogene Glasröhren nötig. Um nicht genötigt zu sein, sich solche erst, wenn man sie braucht, herzurichten, stellt man sich ein für allemal einen geeigneten Vorrat davon her und bewahrt dieselben in den Kästen des Experimentiertisches auf, so dafs man sie immer leicht zur Hand hat. Man braucht:

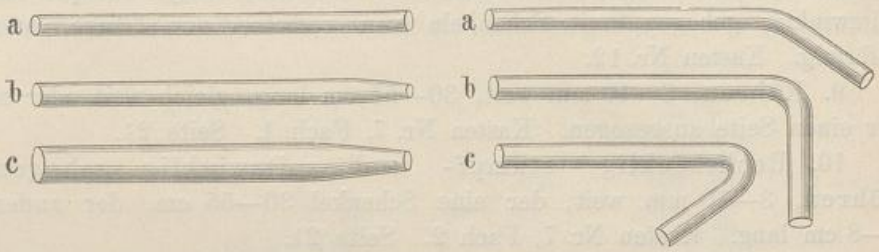


Fig. 145. Kurze, gerade und gebogene Glasröhren. Fig. 146.

1. Gerade Röhrenstücke, 5—8 cm lang, 3—8 mm weit (Fig. 145 *a*), aufzubewahren im Kasten Nr. 3, Fach 3. Seite 21.

2. Gerade Röhrenstücke, 5—8 cm lang, 3—8 mm weit, an der

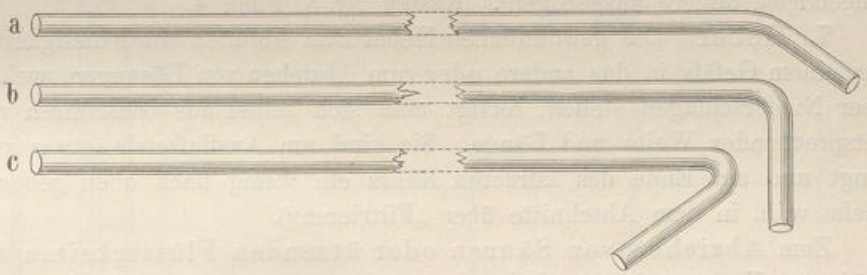


Fig. 147. Mittellange, gebogene Röhren.

einen Seite verjüngt zur Verbindung von weiten mit engen Kautschukröhren (Fig. 145 *b* und *c*), und ebensolche an der einen Seite zu einer Spitze ausgezogen als Ausströmungsröhren für Gase. Derselbe Kasten.

3. Rechtwinklig gebogene Röhren, 3—8 mm weit mit gleich oder ungleich langen Schenkeln von 4—8 cm Länge (Fig. 146 *b*). Kasten Nr. 3, Fach 3. Seite 21.

4. Stumpfwinklig und spitzwinklig gebogene Röhrenstücke, 3—8 mm weit, mit Schenkeln von 4—8 cm Länge. Derselbe Kasten. (Fig. 146 *a* und *c*).

5. Röhrenstücke, 3—8 mm weit, 10—25 cm lang, gerade, an beiden Enden gleich weit oder an der einen Seite verjüngt und zu einer Spitze ausgezogen. Kasten Nr. 3, Fach 5. Seite 21.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

6. Rechtwinklig, stumpf- oder spitzwinklig gebogene Röhren, 3—8 mm weit, der eine Schenkel 10—25 cm, der andere 4—6 cm lang (Fig. 147 *a*, *b* und *c*). Kasten Nr. 3, Fach 5.

7. Röhrenstücke, über 8 mm weit, 10—20 cm lang, an beiden Enden gleich weit oder verjüngt und zu einer Spitze ausgezogen. Kasten Nr. 3, Fach 5.

8. Röhrenstücke, über 8 mm weit, rechtwinklig, stumpf- und spitzwinklig gebogen, mit Schenkeln von verschiedener Länge, auch T-förmig. Kasten Nr. 12.

9. Röhren, 3—10 mm weit, 30—55 cm lang, gleich weit oder an der einen Seite ausgezogen. Kasten Nr. 7, Fach 1. Seite 21.

10. Rechtwinklig, stumpf- und spitzwinklig gebogene Röhren, 3—10 mm weit, der eine Schenkel 30—55 cm, der andere 4—8 cm lang. Kasten Nr. 7, Fach 2. Seite 21.

11. Böhmische Röhren, 12—20 mm weit, 20, 35—40 und 50—60 cm lang, an beiden Seiten glatt umgeschmolzen. Kasten Nr. 26, S. 22.

12. Einfach durchbohrte Korke in gröfserer Anzahl, 10—25 cm im Durchmesser, mit eingesetzten, an den Rändern umgeschmolzenen Glasröhrenstücken von 5—7 cm Länge und 3—8 mm Weite (einige davon umgebogen, andere ausgezogen). Kasten Nr. 3, Fach 4.

7. Heber. Die gewöhnlichen Heber zum Abfüllen von Flüssigkeiten aus einem Gefäfs in das andere oder zum Abziehen von Lösungen, welche über Niederschlägen stehen, fertigt man sich selbst aus Glasröhren von entsprechender Weite und Länge. Sie sind am Ausflufsende etwas verjüngt und am Ende des kürzeren Rohrs ein wenig nach oben gebogen (siehe w. u. in dem Abschnitte über „Filtrieren").

Zum Abziehen von Säuren oder ätzenden Flüssigkeiten aus gröfseren Vorratsgefäfsen sind sehr verschiedenartige Konstruktionen in Gebrauch, welche das Ansaugen des Hebers gestatten, ohne Gefahr, die Flüssigkeit in den Mund zu bekommen (sogenannte Säureheber). Wenn es nicht darauf ankommt, ob die abzuziehende Flüssigkeit mit etwas Wasser verdünnt wird, z. B. bei Ausfüllen der rohen Säuren aus den grofsen Vorratsgefäfsen in die Standgefäfse, kann man sich hierzu eines ganz gewöhnlichen, genügend langen Glashebers bedienen, welchen man durch Biegen in eine, dem Vorratsgefäfs angepafste Form bringt. Man stellt letzteres hoch, saugt den Heber aus einem Gefäfse mit Wasser an, verschliefst, während er läuft, das Ausfliefsende mit dem Daumen und senkt ihn in das Gefäfs.

Zwei Einrichtungen, bei welchen der oben erwähnte Übelstand dadurch vermieden ist, dafs man den Heber nicht durch Ansaugen, sondern durch Anblasen in Thätigkeit bringt, mögen hier beschrieben werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Säureheber nach Radiguet.* Der kürzere Schenkel des Hebers *A* (Fig. 148) ist in ein weiteres Rohr *B* eingeschmolzen, welches unten eine kleine Öffnung hat. Bläst man mit dem Munde oder einem Kautschukgebläse (Fig. 149) rasch Luft in *B* ein, und zwar so stark, dafs die verdrängte Flüssigkeit nicht rasch genug durch die untere Öffnung von *B* entweichen kann, so wird sie in den Heberschenkel gedrängt, und der Abflufs beginnt. Der Heber bleibt so lange in Thätigkeit, bis der Flüssigkeitsspiegel im Gefäfse bis zur unteren Mündung des inneren Heberrohrs

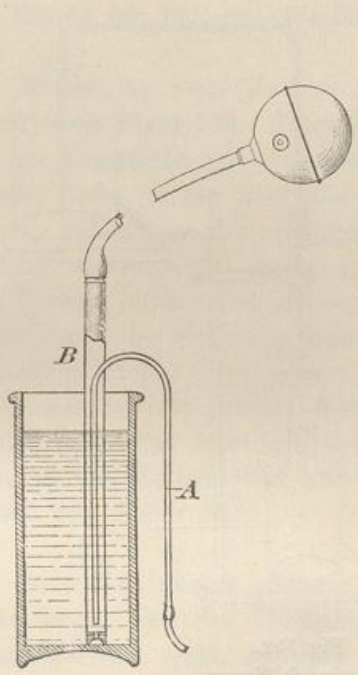


Fig. 148—149. Säureheber nach Radiguet.

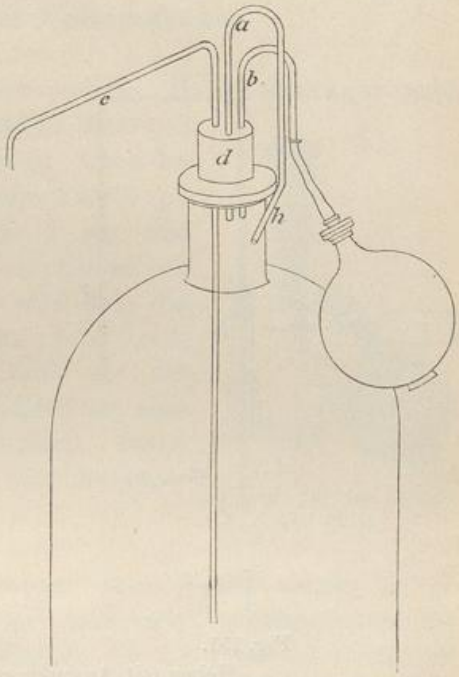


Fig. 150. Säureheber nach Dennis.

gesunken ist. Will man die Entleerung weiter treiben, so verschliefst man im rechten Zeitpunkt die obere Öffnung von *B*, worauf dieses selbst mit als Heber wirkt. Die Thätigkeit des Hebers kann auch plötzlich unterbrochen werden, wenn man während des Ganges so stark in *B* hineinbläst, dafs die Flüssigkeit aus *B* ganz verdrängt wird.

Säureheber nach Dennis.** Auf die Säureflasche wird ein dreifach durchbohrter Kautschukstöpsel *d* (Fig. 150) gesetzt, durch welchen

* *Journal de Pharm. et de Chimie* [5] Bd. 16, S. 543. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 163.

** *American Chemical-Journal* Bd. 11, S. 218. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 117.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

drei Glasröhren *a*, *b*, *c* gehen; *a* und *b* endigen dicht unter dem Stöpsel, und *c* reicht bis auf den Boden; *b* ist mit einem Kautschukgebläse verbunden und *a* so gebogen, daſs man, wenn man das Gebläse in der rechten Hand hält, das Ende *h* mit dem Daumen verschlieſsen kann. Setzt man währenddessen das Gebläse in Thätigkeit, so beginnt der Säureausfluſs aus *c* und wird sofort unterbrochen, sobald man den Daumen von *h* entfernt. Da die linke Hand frei ist, kann man damit das zu füllende Gefäſs unter *c* halten.

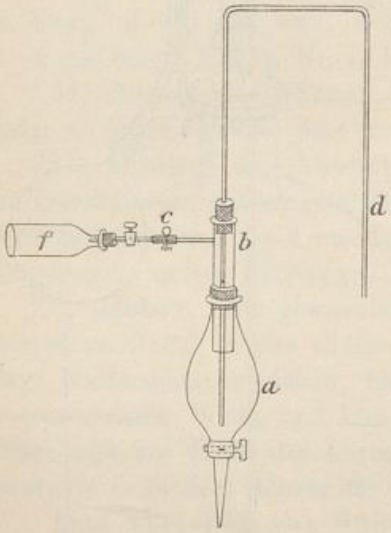


Fig. 151.

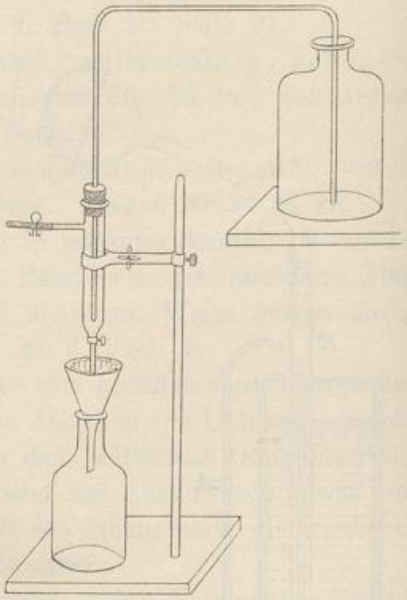


Fig. 152.

Heber mit Ansaugvorrichtung nach Ebert.

Heber mit Ansaugvorrichtung nach Ebert* (Fig. 151). Das längere Ende des Hebers ist bei *b* luftdicht in einen Scheidetrichter *a* eingeführt, mit dessen Hals ebenfalls luftdicht ein Saugrohr *b c* verbunden ist. Durch Ansaugen des letzteren läſst man in den Scheidetrichter soviel Flüssigkeit eintreten, daſs die Mündung des Hebers eintaucht, schlieſst dann das Saugrohr vermittelst des Quetschhahns *c* und kann nun durch Öffnen des Scheidetrichterhahns beliebig viel Flüssigkeit abflieſsen lassen. Der Flüssigkeitsstand im Scheidetrichter wird immer derselbe bleiben und ein Ausflieſsen des Hebers kann nicht vorkommen. Beim Überfüllen von

* *Chemiker-Ztg.* Bd. 16, S. 1955. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 289.

rauchenden Säuren bedient man sich zum Ansaugen einer vorher evakuierten, mit einem Hahne versehenen Flasche *f*. Der Scheidetrichter kann übrigens zugleich auch noch zum Filtrieren ätzender Flüssigkeiten dienen, indem seine untere Hälfte mit Glaswolle oder Asbest gefüllt wird, die man zweckmäfsig mit etwas groben Glasstücken beschwert. — Soll der Apparat zum Filtrieren durch Fliefspapier angewendet werden, so giebt man ihm die in Figur 152 abgebildete Form und stellt ihn mit der Filtrierflasche so zusammen, wie die Figur zeigt. Der Vorteil dieses neuen Hebers besteht darin, dafs man ihn beliebig abstellen kann und die Hände frei hat zum Wechseln der Auffangeflaschen.

Einen für viele Zwecke zu verwendenden Heberansauger nach Bohn* zeigt Figur 153. Eine starkwandige Glaskugel hat ein Ansatzrohr mit doppelter Öffnung. Über das gerade Ende ist ein konischer Gummischlauch gezogen, welcher an der engsten Stelle 1 mm und an der weitesten 20 mm weit ist, so dafs er auf alle Röhren pafst. Das offene Ende wird über das Ausflufsende des Hebers gezogen. Man prefst durch Zusammendrücken des Balles die Luft aus der Kugel und bewirkt, indem man den Ball sich ausdehnen läfst, das Ansaugen der Flüssigkeit. Sowie diese in den Kolben tritt, zieht man den Ansauger schnell vom Heber ab.

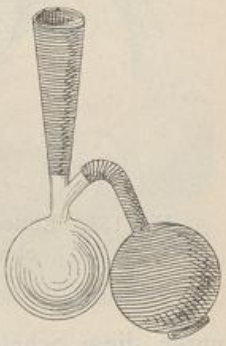


Fig. 153. Heberansauger nach Bohn.

Beim Entleeren grofser Flaschen ohne Heber dauert es oft recht lange, ehe der Flüssigkeitsspiegel innerhalb derselben unter die Ausflufsöffnung sinkt, so dafs der Eintritt der Luft nur in Form von Blasen, die durch die Flüssigkeit gehen, erfolgt. Um dies zu verhüten, führt man, wie die Figur 154 zeigt, ein wie *A* gebogenes Glasrohr durch die Öffnung der Flasche ein. Das offene Ende *a* wird beim Einbringen mit dem Finger verschlossen und erst geöffnet, wenn nach dem Neigen der Flasche das Röhrenende *B* frei geworden ist.

Ein Heber zum Konstanthalten des Niveaus ist von Bidet** empfohlen. Derselbe besteht aus einer S-förmigen Röhre (Fig. 155), an welche etwas oberhalb der unteren Biegung die seitliche Röhre *O'S* angelötet ist. Der Schenkel *C* taucht in das Gefäfs, dessen Niveau konstant

* *Chemiker-Ztg.* Bd. 18, S. 1278. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, II, S. 641.
** *Comptes rend.* 118, S. 478. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, I, S. 707.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gehalten werden soll. Das Wasser strömt kontinuierlich durch *A* und kann also entweder direkt durch *S* abfliefsen oder durch *B* in das Gefäfs strömen. Die untere Biegung des Hebers bildet eine Art Schale, die immer mit Flüssigkeit gefüllt bleibt. Sinkt das Niveau in dem Gefäfs

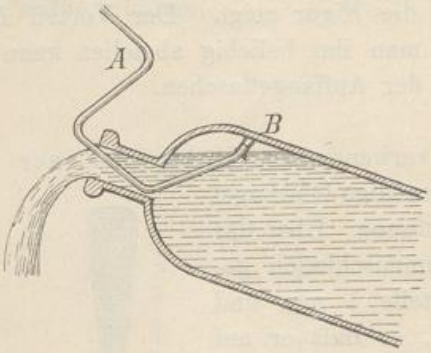


Fig. 154. Entleeren grofser Flaschen ohne Heber.

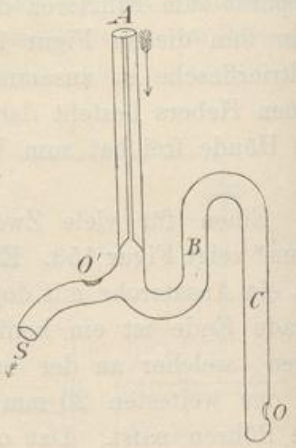


Fig. 155. Heber zum Konstanthalten des Niveaus von Bidet.

unter diese Schale, so strömt das Wasser von *B* nach *C*, also in das Gefäfs, im umgekehrten Falle in dem Heber aus diesem ab. Bei *O'* hat das angelötete Rohr eine Öffnung, damit dasselbe niemals als Heberschenkel mitwirken kann. Die Ausströmungsöffnung des Schenkels *C* ist seitlich angebracht bei *O*, damit keine Gasblasen in dem Rohre aufsteigen können.

STÖPSEL.

1. Glasstöpsel müssen sorgfältig eingeschliffen sein, was man daran erkennt, dafs sie, wenn man sie nafs einsetzt, völlig gleichmäfsig schliefsen und im Halse nicht wackeln. Mangelhaft schliefsende Stöpsel schleift man nafs mit Feuersteinpulver oder Schmirgel nach, indem man

sie geduldig mit der Hand so lange hin- und herdreht, bis der Zweck erreicht ist. Man faſst die Flasche mit der linken Hand, den mit nassem Schmirgel bestrichenen Stöpsel mit der rechten, drückt ihn gelinde in den Hals und dreht dabei um 90° nach rechts (Fig. 156), dann zieht man ihn ein wenig aus dem Halse zurück und dreht, während man ihn von neuem gelinde eindrückt, um 90° nach links (Fig. 157). In dieser Weise wechselt man fortwährend mit Rechts- und Linksdrehen ab, wobei man vor jedem Wechsel ein wenig lüftet. Der Stöpsel muſs also beim Schleifen eine doppelte Bewegung erhalten: erstens eine schiebende in den Hals hinein, und zweitens zugleich eine drehende abwechselnd rechts und links. Unkundige glauben zu schleifen, indem sie bloſs drehen, erreichen dadurch aber nichts. —

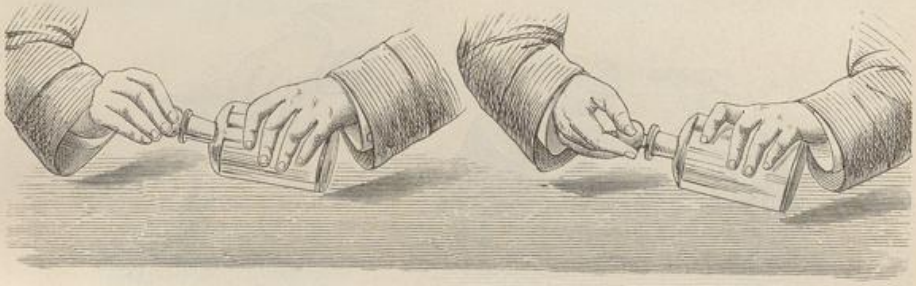


Fig. 156—157. Stöpsel einschleifen.

In den Standgefäſsen setzen sich die Stöpsel zuweilen fest. Um sie zu öffnen, setzt man die Flasche auf den Tisch und faſst sie oben mit der Hand, wie Figur 158 zeigt, hält dabei den Stöpsel mit dem Daumen und Zeigefinger fest, während man damit gleichzeitig einen Zug nach oben ausübt. Dann nimmt man einen Gegenstand aus Holz, z. B. den Griff einer Feile oder eines Messers, und klopft gelinde gegen die scharfe Kante des Stöpsels, während man fortfährt, einen Zug nach oben auszuüben. Öffnet sich die Flasche hierauf nicht sogleich, so wiederholt man das Klopfen an der andern Kante des Stöpsels, bis man sich überzeugt, daſs auf diese Weise das Öffnen nicht möglich ist. Man versuche hierauf durch Ausdehnung des Glashalses den Stöpsel zu lockern, wobei man auf zweierlei Weise verfahren kann: Entweder man hängt einen starken Bindfaden an einem Nagel in der Wand auf, faſst das Ende desselben mit der linken Hand, schlingt ihn einmal um den Flaschenhals und bewegt die Flasche, während man den Faden straff hält, rasch hin und her; oder man hält den Hals horizontal in die Flamme einer einfachen Lampe, während man die Flasche rasch dreht (Fig. 159). Hierbei muſs man sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

hüten, den Bauch der Flasche heifs werden zu lassen, weil dann leicht durch Benetzung der heifsen Stelle mit der in der Flasche vorhandenen Flüssigkeit das Glas zerspringt. Meistens gelingt es, den Stöpsel, nachdem der Hals angemessen erwärmt ist, zu befreien. Man achte aber darauf, die Flasche nicht eher wieder zu verschliefsen, als bis sich der Hals vollständig abgekühlt hat; der Stöpsel würde sonst zu tief einsinken und durch die nachfolgende Zusammenziehung des Halses erst recht geklemmt werden, der Hals vielleicht sogar springen.

Gewisse Chemikalien wirken zersetzend auf das Glas, z. B. Kali- oder Natronlauge, Kieselfluſssäure etc. In solchen Fällen muſs man Hals und Stöpsel sorgfältig trocknen, bevor man letzteren einsetzt, oder man streicht eine dünne Schicht Vaseline dazwischen.

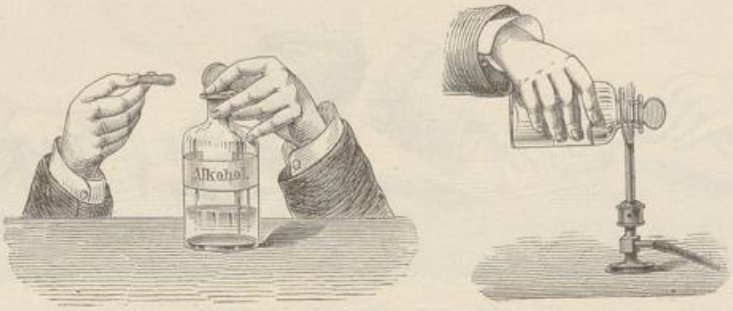


Fig. 158—159. Festsitzende Glasstöpsel befreien.

Um die Glasstöpsel nicht zu verwechseln, numeriert man sie, und in gleicher Weise auch die Flasche mit einem Schreibdiamanten.

Um Flüssigkeiten aus Glasflaschen auszugieſsen, faſst man, wenn man beide Hände frei hat, die Flasche mit der rechten und den Stöpsel mit der linken Hand (Fig. 160), ergreift dann das Glas, indem man den Stöpsel zwischen den Fingern behält, mit der linken Hand, gieſst aus (Fig. 161) und streicht nach dem Wegsetzen des Glases den letzten Tropfen am Stöpsel ab, damit ein Herunterlaufen der Flüssigkeit an der Aufsenwand der Flasche vermieden wird. Man faſst die Flasche stets so an, daſs man die Etikette mit der Hand bedeckt und die Flüssigkeit über die entgegengesetzte Seite des Randes gegossen wird, damit, wenn dennoch durch Unvorsichtigkeit etwas Flüssigkeit über den Rand herabflieſst, die Etikette nicht beschmutzt oder verdorben wird. Hat man bereits das Gefäſs, in welches man die Flüssigkeit gieſsen will, mit der linken Hand gefaſst

(Fig. 162), so zieht man, ehe man die Flasche ergreift, mit dem Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand den Stöpsel aus der Flasche und behält dann die Hand zum Anfassen der Flasche frei (Fig. 163). Man

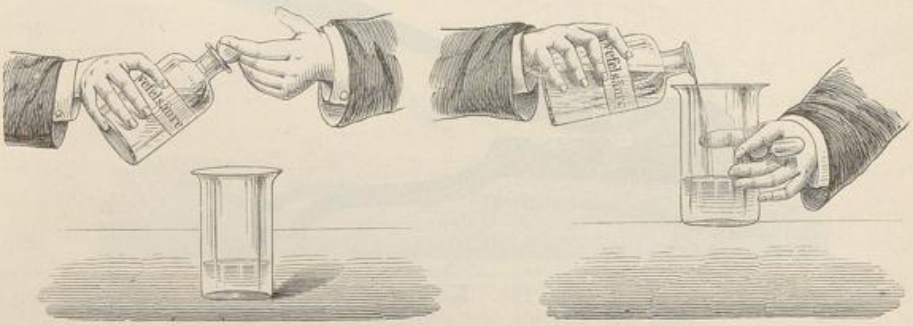


Fig. 160—161. Ausgiefsen aus Flaschen I.

gieſst aus und streicht in diesem Falle den letzten Tropfen am Glase ab. Unter Beachtung dieser kleinen Vorteile kann man es

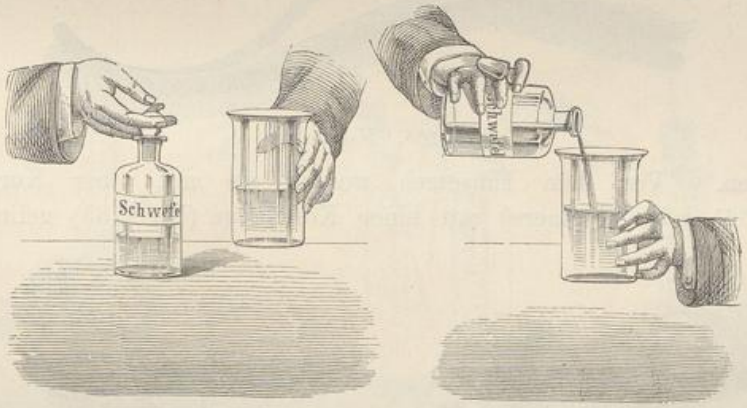


Fig. 162—163. Ausgiefsen aus Flaschen II.

vermeiden, den Stöpsel während des Ausgiefsens auf den Tisch zu legen und dadurch diesen (oder jenen) zu verunreinigen.

2. Korkstöpsel. Man wählt solche aus möglichst gleichmäfsigem, nicht porösem weichen Material. Ihre Form sei cylindrisch. Sie müssen in ungedrücktem Zustande einen etwas gröfseren

Umfang haben, als die zu verschliefsende Öffnung; doch darf der Unterschied nicht allzugrofs sein, weil sie sonst durch den zu star-

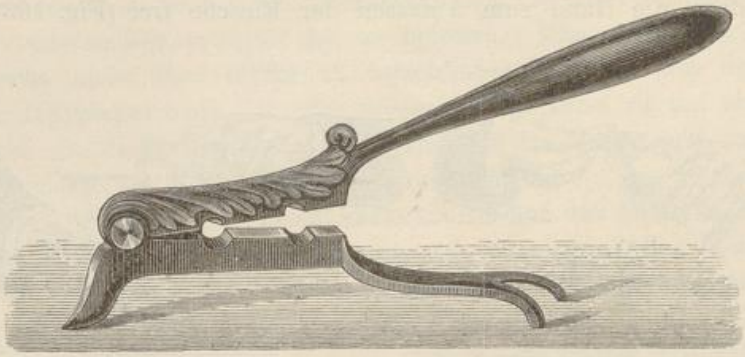


Fig. 164. Korkpresse.

ken Druck, den sie zu erleiden haben, über ihre Elastizitätsgrenze hinaus zusammengepreſst werden und dann bald aufhören, dicht zu

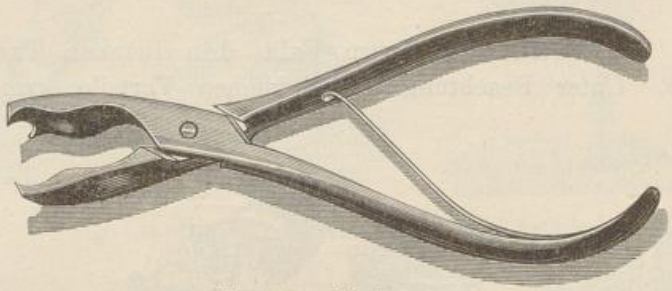


Fig. 165. Korkzange.

schliefsen. Vor dem Einsetzen werden sie mit einer Korkpresse (Fig. 164) oder (kleinere) mit einer Korkzange (Fig. 165) gelinde ge-

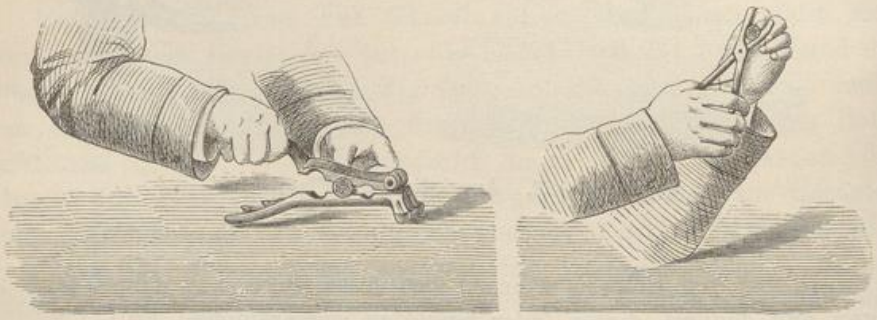


Fig. 166—167. Pressen von Korken.

drückt, damit sie weich werden und gut in die Öffnung gehen (Fig. 166 und 167).

Während des Pressens mufs man die Korke gleichmäfsig drehen.

Dies besorgt die Korkpresse von Peters und Rost* (Fig. 168) selbstthätig. Der radförmige Teil des Apparats steht fest, der andere, sich zu diesem excentrisch bewegende, kann gerade aufgerichtet werden. Wenn der Kork

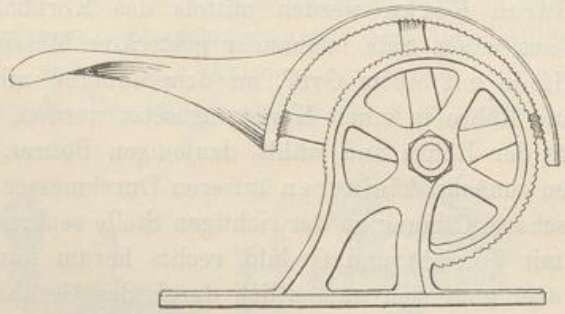


Fig. 168. Korkpresse von Peters und Rost.

zwischen die beiden Räder geschoben ist, bewegt man mittels der Handhabe den beweglichen Teil zurück, wodurch der Kork die nötige Pressung erhält.

Apparate mit Korkverschluſs, welche selten gebraucht werden und

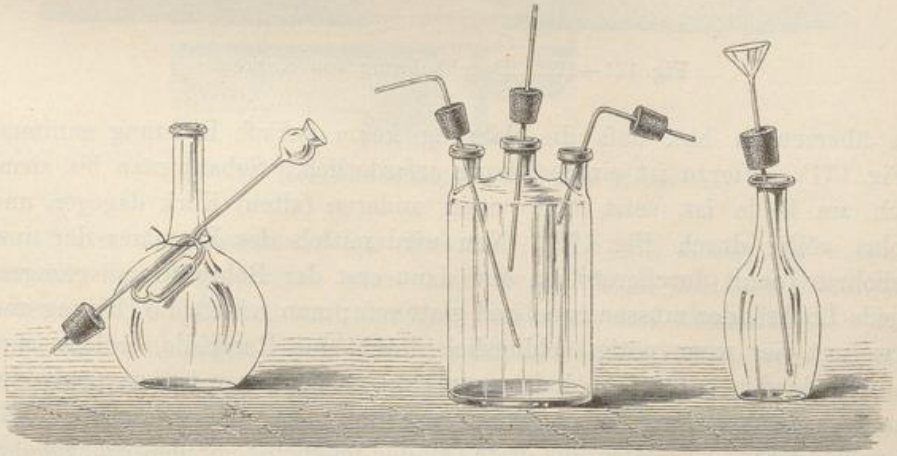


Fig. 169—170. Aufbewahrung verkorkter Flaschen.

deshalb längere Zeit in leerem Zustande unbenutzt bleiben, darf man nicht zugestöpselt stehen lassen, damit der Kork durch den langen Druck, den er dann zu erleiden haben würde, nicht zu dünn werde und seine

* *Pharm. Ztg.* 39, S. 881. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 249.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elastizität verliere. Man befestigt in einem solchen Falle den Kork auf irgend eine andere Weise am Apparat, damit er nicht verloren geht. Dies gilt namentlich von allen Gasentwickelungsflaschen, die nur zeitweilig gebraucht werden (Fig. 169—170).

Löcher durch Korke werden mittels des Korkbohrers gebohrt. Dieser besteht aus einem Satz ineinander gesteckter Messingröhren, jede an dem einen Ende mit einem Griff, an dem anderen mit geschärftem Rande. Soll eine Röhre in einen Kork eingesetzt werden, so mifst man genau die Weite der Röhre und wählt denjenigen Bohrer, welcher den gleichen oder den zunächst kleineren äufseren Durchmesser hat. Hierauf setzt man die scharfe Öffnung an der richtigen Stelle senkrecht zur Fläche auf und dreht mit Vorsicht und Geduld rechts herum immer nach derselben Seite, wobei man sich namentlich durch das Gefühl in der Hand

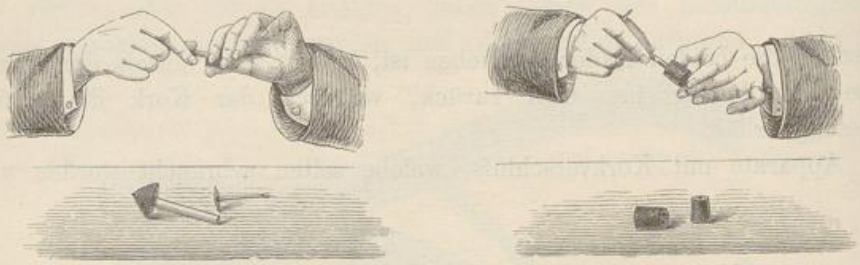


Fig. 171—172. Durchbohrung von Korken.

zu überzeugen hat, dafs die Bohrung keine schiefe Richtung annimmt (Fig. 171). Hierzu ist einige Übung erforderlich. Sobald man bis ziemlich am Ende ist, setzt man einen anderen (alten) Kork dagegen und bohrt völlig durch (Fig. 172). Nun wird mittels des Einsatzes der ausgebohrte Inhalt durchgestofsen und dann erst der Bohrer herausgezogen. Beide Lochränder müssen rund und glatt sein; man reinigt die Öffnung und erweitert sie, wenn nötig, schliefslich durch eine Rundfeile, welche man in verschiedenen Gröfsen haben mufs. — Schwieriger ist es, zwei oder mehrere Löcher durch einen Kork zu bohren, so, dafs dieselben völlig parallel gehen. Nachdem die erste Öffnung möglichst gerade durchgebohrt ist, setzt man mit der rechten Hand an der geeigneten Stelle den Bohrer für die zweite ein, während man mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand die beiden Ränder des ersten Loches verschliefst; dann dreht man in der Weise, wie es Figur 171 zeigt, den Bohrer ein kleines Stückchen ein, so dafs er im Korke stecken bleibt, und überzeugt sich durch Visieren von der richtigen Stellung. Hierauf kann das Bohren beginnen, man hat aber währenddessen sorgfältig darauf zu achten, dafs der Bohrer nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach der einen oder anderen Seite hinübergedrückt wird. Die einzige zuverlässige Leitung bietet hierbei das Gefühl in der Hand, welches man durch Übung erlangt.

Die Korkbohrmaschine von Franz Hugershoff*, deren Konstruktion aus der Figur leicht ersichtlich ist, wird in zwei Ausführungen geliefert, die eine zum Festschrauben auf dem Arbeitstische mittels Holzschrauben, die andere zum Anschrauben mittels einer Lappenschraube an den Tischrand. Beigegeben sind 8 Stück vernickelte Stahlbohrer von

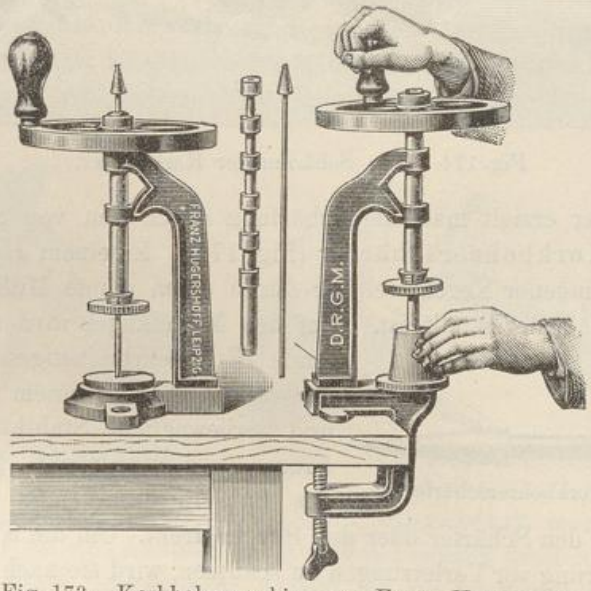


Fig. 173. Korkbohrmaschine von Franz Hugershoff.

4—15 mm Durchmesser. Die Maschine bohrt die Löcher in absolut gerader Richtung, einfach oder nach Bedarf auch mehrere Öffnungen nebeneinander parallel, mit gröfster Sicherheit und Genauigkeit. Der Stöpsel wird untergestellt und mit der linken Hand gehalten, während mit der rechten Hand das kleine Schwungrad mit leichtem Druck gedreht wird. Als Unterlage zum Schonen der Bohrer dient ein Stück starke Pappe. An dem Ausstofsstifte, welcher zum Ausstofsen der Bohrpfropfen dient, ist ein Stahlkonus zum Schärfen der Stahlbohrer angebracht.

Stumpfgewordene Korkbohrer müssen wieder nachgeschliffen werden. Man kann sich hierbei leicht selbst helfen, wenn man mit der flachen Seite einer dreikantigen Feile zuerst von aufsen her rund um die Öffnung eine Schärfe anfeilt (Fig. 174) und dann den dadurch nach innen

* *Hugershoff's Katalog.* — *Chem. Centr.-Blatt* 1899 I, S. 321.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

umgelegten Grat mit dem unteren, nicht behauenen Ende der Feile wieder wegnimmt (Fig. 175). Beides wiederholt man abwechselnd, bis die Schärfe den genügenden Grad von Feinheit erlangt hat.

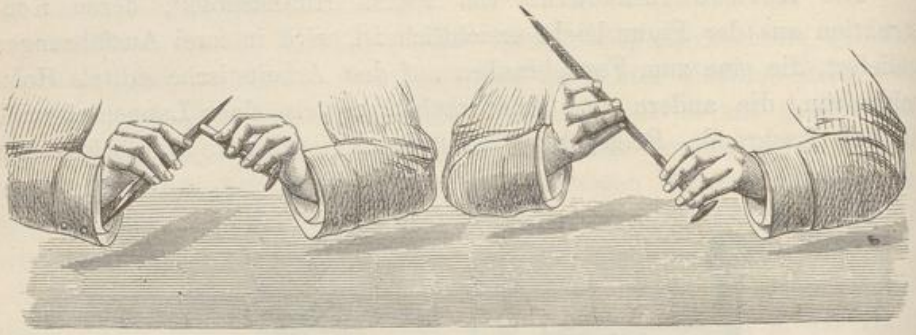


Fig. 174—175. Schärfen der Korkbohrer.

Wirksamer erzielt man die Schärfung durch den von SCHOBER* beschriebenen Korkbohrerschärfer (Fig. 176). In einem Hefte aus Holz sitzt ein messingener Kegel, welcher durch einen einige Millimeter weiten Spalt in zwei Teile geteilt ist. Auf den Metallkegel wird der zu schärfende Korkbohrer aufgesetzt und an diesen nun eine an einem Charnier hin- und herbewegliche Stahlklinge mit dem Finger leise angedrückt. Die Schärfung des Bohrers findet jetzt statt, sobald man entweder den Schärfer oder den Bohrer dreht. Um die Klinge während der Aufbewahrung vor Verletzungen zu schützen, wird sie nach jedesmaligem Gebrauch wie die Klinge bei den Taschenmessern in den Spalt des Kegels hineingedrückt. Das Instrument hat den Vorzug, dafs der Korkbohrer infolge der Führung auf dem Umfange des Messingkegels seine vollkommen runde Form beibehält und keinen Grat annimmt. Der Druck auf die Klinge während des Schärfens soll nur ein sehr schwacher sein.

Fig. 176. Korkbohrerschärfer.

Der Korkbohrerschärfer von FRANZ HUGERSHOFF (Fig. 177) gestattet das Schärfen der Schneide von beiden Seiten. Durch Aufsetzen des Rohrs auf die dreikantige Pyramide von oben und Drehen unter sanftem Druck wird zuerst der innere Rand geschärft. Dann wird das Rohr durch die kreisförmige Öffnung neben dem Handgriff von innen eingeführt und durch Drehen der Grat weggenommen. Abwechselnde Wiederholung vollendet die Schärfung in sehr vorzüglicher Weise.

Fig. 177.
Korkbohrerschärfer.

* *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 8.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Auch einer gewöhnlichen Schere kann man sich nach Lenz* zum Schärfen der messingenen Korkbohrer bedienen, wofür er folgende Anweisung giebt. Der spitze Schenkel der Schere wird so weit in die Röhre eingeführt als möglich; das heifst bis Schneide und Rücken des Scherenschenkels den Durchmesser des Korkbohrerrohrs unten, an dem schneidenden Ende desselben, ausfüllen. Alsdann wird die Schere locker geschlossen und der zweite Schenkel derselben, also mit der Schneide gegen das zu schärfende Ende des Korkbohrers ohne besonderen Druck angelegt. Wenn man nun die Schere mit der einen Hand leicht aber stetig hält und das Korkbohrerrohr mit der anderen Hand gegen die Schärfe des äufseren Scherenschenkels dreht, so wird durch dieses Drehen bei angelegter Scherenschneide die Röhre eingeschärft.

Fig. 178. Rohreinsetzen.

Fig. 179. Korkschneiden.

Röhren, die in die Bohrungen eingesetzt werden sollen, müssen vorher an den Rändern glatt umgeschmolzen werden, auch dürfen sie nicht zu leicht hineingehen. Gehen sie im Gegenteil zu streng, so befeuchte man sie mit etwas Wasser oder Öl, und drehe sie während des Einsetzens immer nach derselben Richtung (Fig. 178). Hierbei hüte man sich vor Verletzung, welche leicht eintreten kann, wenn man bei dünnwandigen Röhren zu starken Druck anwendet: die Röhren brechen und man treibt sich das im Kork sitzende Ende in die Hand.

Zum Korkschneiden reicht jedes gewöhnliche, gut geschärfte Messer mit dünner Klinge aus, nur mufs man dasselbe mehr mit Zug als mit Druck durch die Korkmasse wirken lassen. Für feinere Schnitte wendet man ein Rasiermesser an. Man übe sich, indem man versucht, den Kork um eine möglichst feine Schicht dünner zu schneiden. Dabei hält man das Messer, wie Figur 179 zeigt, und zieht es während des Drückens wiederholt nach dem Handgelenk zu. Der Kork mufs vor dem Schnitte durch sanftes Pressen erweicht werden.

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 38, S. 443. — *Chem. Centr.-Blatt* 1899, II, S. 737.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Auch durch Feilen bringt man Korke (namentlich gröfsere) in die gewünschte Form. Die Korkfeile hat eine rauhere (raspelartige) und eine feinere Seite. Mit jener beginnt man und endigt mit der letzteren. Das Instrument mufs von Zeit zu Zeit durch Auskratzen der sich eingesetzt habenden Korkteilchen gereinigt werden, damit es wieder greift.

Gröfsere Korke sind selten so frei von Poren, dafs sie gasdicht halten. Man kann in diesem Falle die Dichtung leicht durch Paraffin erreichen. Letzteres wird in einer Schale bei gelinder Wärme geschmolzen und der Kork eine Zeitlang in der flüssigen Masse gelassen, wobei man ihn so beschwert, dafs er untergetaucht bleibt. Nach dem Herausnehmen wird der Kork mit einem Tuche allseitig gut abgetrocknet und noch warm eingesetzt. Ist die Öffnung, welche er verschliefsen soll, zu eng, so drückt er sich durch seine Elastizität und infolge der Schlüpfrigkeit des Paraffins

Fig. 180. Verbinden von Korkstöpseln.

leicht wieder heraus. Kann man ihn nicht durch Binden (s. oben) befestigen, so reibt man seine Aufsenfläche mit etwas feingepulverter Kreide ein, worauf er in der Regel fest sitzen bleibt.

Korke, in Apparaten, die nicht mehr geöffnet zu werden brauchen, z. B. in Chlorkalciumtrockenröhren, treibt man bis in das Glas hinein oder schneidet, wenn dies nicht angeht, den aufsen stehenden Teil glatt ab und überzieht die Aufsenfläche des Korks samt dem Glasrande durch geschmolzenen, mit wenig Alkohol versetzten Siegellack.

Mitunter ist es erwünscht, einen Kork durch Bindfaden oder Draht zu befestigen. Man legt zu diesem Zwecke einen Bindfaden zu einer Schlinge zusammen, wie Figur 180 zeigt, bringt diese über den Kork, zieht die Fadenenden unterhalb des Flaschenrandes fest an (Fig. 180) und vereinigt zuletzt beide oben auf dem Korke zu einem festen, doppelt geschürzten Knoten. — Aus Draht macht man zu gleichem Zwecke eine Schlinge, wie dieselbe Figur zeigt, dreht den mittleren Teil unterhalb der Flaschenenden fest zusammen und vollendet den Verschlufs, indem man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

oben auf dem Korke die offenen Enden durch die Schleife steckt, mit der Drahtzange stark anzieht und daselbst zurückbiegt.

Eine feste Verschlufsvorrichtung für Flaschen nach MAULL* ist in Figur 181 abgebildet. Sie pafst für alle gebräuchlichen Flaschengröfsen mit Kork- oder Glasstöpsel und ihre Konstruktion und Anwendung ist aus der Figur leicht ersichtlich

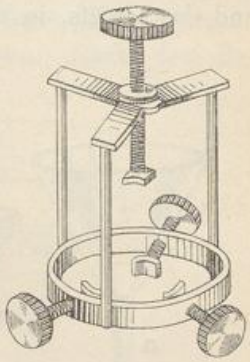


Fig. 181.
Verschlufsvorrichtung für Flaschen nach MAULL.

3. Kautschukstöpsel. Diese haben vor den Korkstöpseln den grofsen Vorzug, länger dicht zu schliefsen, da das Kautschuk wegen seiner weiteren Elastizitätsgrenze verhältnismäfsig viel stärker zusammengedrückt werden kann, ohne undicht zu werden. Sie sind daher in allen denjenigen Fällen vorzuziehen, wo Gefäfse lange Zeit verschlossen bleiben müssen (Gasentwickelungsapparate). Sollen sie durchbohrt werden, so bedient man sich dazu ebenfalls des gewöhnlichen Korkbohrers oder besser der Korkbohrmaschine, taucht den Bohrer aber zuvor in Kalilauge. Hierbei hüte man sich, die Kalilauge unter die Fingernägel dringen zu lassen, was man während des Bohrens nicht fühlt, später aber längere Zeit schmerzhaft empfindet. Selbstverständlich sind Kautschukverschlüsse überall da zu vermeiden, wo sie mit Substanzen in Berührung kommen würden, welche auflösend auf sie wirken, z. B. ätherische Öle oder Schwefelkohlenstoff, Äther etc. Säuren verträgt das Kautschuk dagegen verhältnismäfsig sehr gut, auch Gasentwickelungsapparate für Chlor und salpetrige Säure können Kautschukverschlüsse erhalten, welche zwar dadurch nicht völlig unangegriffen bleiben, aber doch mindestens ebensolange aushalten wie Kork.

FILTRIERVORRICHTUNGEN.

1. Glatte Trichter. Zum Filtrieren gehören Trichter, deren schräge Wände miteinander einen Winkel von 60° bilden, von welchem die Röhre nicht in einem Bogen, sondern unter einem scharfen Winkel (120°) abgeht. Die Röhre wird unten behufs besseren Abflusses schräg abgeschliffen (Fig. 182). Gute Formen sind *a*, *b* und *c*, schlechte: *d*, weil

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1894, S. 365.

der Winkel zu spitz, und *e*, weil das Rohr nach oben erweitert und die Verbindung mit dem Trichter geschweift ist.

Der Trichter wird in den Ring des Filtriergestelles eingesetzt (*c*) und das Gefäfs, in welches die Flüssigkeit abläuft, so untergestellt, dafs

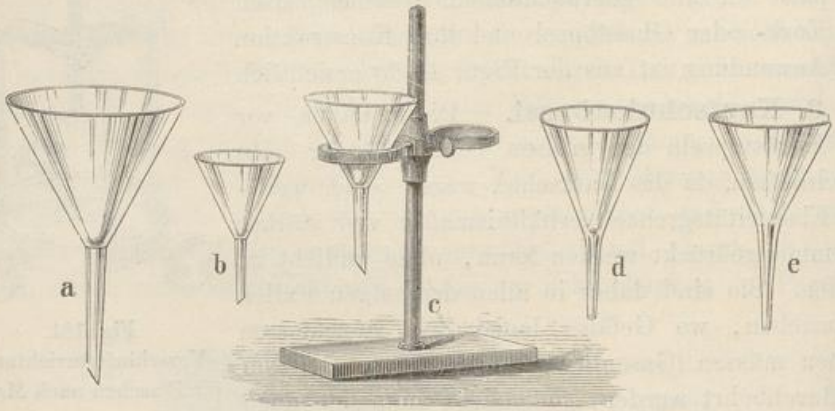


Fig. 182. Gute und schlechte Trichter. Filtergestell.

das Trichterrohr die Glaswand berührt, damit das Aufspritzen durch einfallende Tropfen vermieden wird. Figur 183 zeigt ein Filtriergestell für vier Trichter. Handlicher ist die Anwendung von Filtrierdreiecken

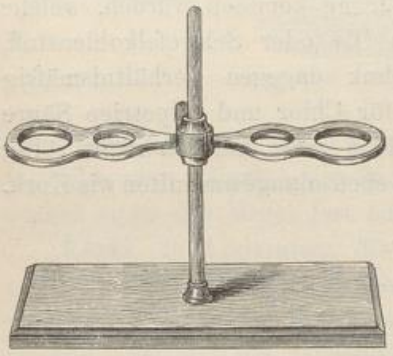


Fig. 183. Filtriergestell.

Fig. 184. Filtrierdreieck.

Fig. 185. Filtriertasse.

(Fig. 184) oder Filtriertassen (Fig. 185), welche man als Stütze für den Trichter auf den Rand des Becherglases legt. Jene sind aus Holz, diese aus Glas gefertigt und haben in der Mitte einen kreisförmigen Ausschnitt mit schräger Wand, in welche der Trichter eingesetzt wird.

2. Siebtrichter. Um günstigere Bedingungen für das Filtrieren zu beschaffen, hat zuerst Witt* Trichter mit eingelegten Siebplatten

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 19, S. 918.

(Fig. 186) empfohlen. Diese haben einen Durchmesser von 40 mm, sind 4—5 mm dick, und an ihrem Umfang so abgeschrägt, dafs sie sich genau an die Trichterwand anlegen. Das Material ist Glas oder Porzellan. Die Platte wird mit einer doppelten Scheibe aus Filtrierpapier bedeckt, die untere ist 42, die obere 46 mm im Durchmesser. Nach dem Be-

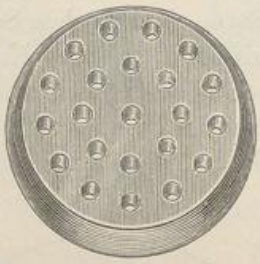


Fig. 186. Siebeinlage.

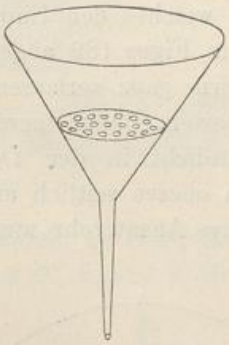


Fig. 187. Siebtrichter nach Hirsch.

feuchten legen sie sich gut an die Glaswand an. Man filtriert mit Anwendung der Filterpumpe.

Diese Art des Filtrierens ist von anderen Experimentatoren mehrfach

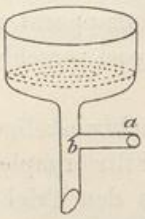


Fig. 188. Siebtrichter mit Saugrohr nach Büchner.

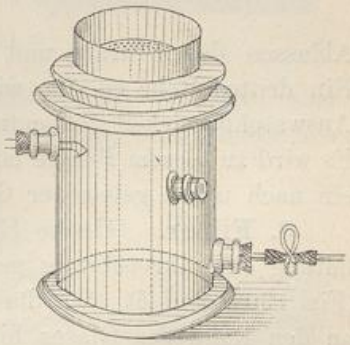


Fig. 189. Nutschfilter.

abgeändert worden. Zunächst hat Hirsch* Trichter aus Porzellan herstellen lassen, bei welchen die Siebplatte nicht lose eingelegt, sondern fest eingesetzt ist (Fig. 187). Hierdurch soll vermieden werden, dafs trübe Flüssigkeit zwischen Platte und Trichterwand durchläuft. Die Papierscheibe braucht in diesem Falle nur so grofs zu sein, dafs sie die Siebplatte eben bedeckt.

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 340. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 505.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Später hat Büchner* dem Trichter die in Figur 188 dargestellte Form gegeben, welche wegen vergrößerter Oberfläche noch schneller filtriert, und außerdem ein seitliches Ansatzrohr *a* trägt, welches mit dem Saugrohr der Luftpumpe (siehe weiter unten: Filtrieren unter vermindertem Druck) verbunden wird, so daß der Kork der Filterflasche nur eine einfache Durchbohrung zu haben braucht. Bei *b* ist ein Schutzblech angebracht, welches den Eintritt von Flüssigkeit in das Saugrohr verhütet. Bei der in Figur 189 abgebildeten Konstruktion (Nutschfilter) ist die Trichterform ganz verlassen und dafür die Form einer flachen Schale mit durchlöchertem Boden gewählt. Dieselbe wird mittels eines Kautschukringes luftdicht in den Deckel eines Glascylinders eingesetzt, welcher durch ein oberes seitlich angesetztes Rohr mit der Pumpe verbunden ist. Ein anderes Ansatzrohr mit Hahn nahe am Boden dient zum zeitweiligen

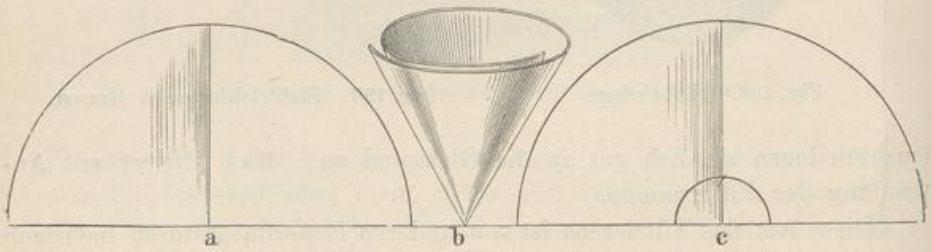


Fig. 190. Glatte Filter.

Ablassen des Filtrats und bleibt während des Filtrierens geschlossen. Ein drittes Rohr endlich wird benutzt, um Proben des Filtrats bezw. der Auswaschflüssigkeit zu entnehmen, ohne den Saugapparat zu entfernen. Es wird zu diesem Behufe mit einem Kautschukstöpsel verschlossen, in dem ein nach unten gebogener Glaslöffel steckt.

3. Filter. Glatte Filter werden durch rechtwinkelige Zusammenfaltung eines kreisförmig geschnittenen Stückes Filtrierpapier hergestellt (Fig. 190 *a* und *b*). Sie dürfen beim Einsetzen in den Trichter nicht bis an den Rand des Glases hinaufreichen. Nach dem Einlegen wird das Filter zuvor mit Wasser befeuchtet, damit die Papierfasern genügend aufquellen, um nicht zwischen sich Teilchen des Niederschlags einzuschließen, wodurch bald eine Verstopfung veranlaßt werden würde. Der untere Teil des Filters muß in eine scharfe Spitze endigen. Um die Spitze des Filters zu verstärken, legt man in der Mitte vor dem Brechen ein kleineres Filter ein (Fig. 190 *c*). Man erleichtert bei glatten Filtern das Filtrieren durch Einlegen eines dünnen Glasstabs zwischen Trichterwand und Papier.

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 94 und Bd. 14, S. 807. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 241 und 1890, II, S. 193.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zur Anfertigung eines Faltenfilters nehme man eine kreisrund geschnittene Scheibe Filtrierpapier, (welches in allen Gröfsen in den Handel kommt), falte dieselbe zu einem Halbkreis zusammen, breche diesen in

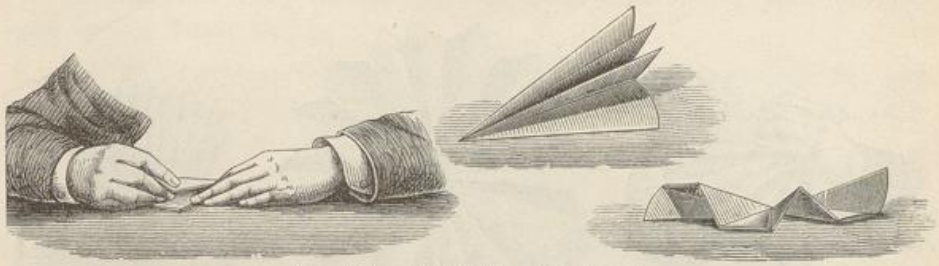


Fig. 191. Faltenfilter brechen I.

acht gleiche Sektoren, worauf es nach dem Entfalten so erscheint, wie in Figur 191 dargestellt ist. Dann breche man den 2., 3. und 6. Bruch um,

Fig. 192. Faltenfilter brechen II.

so dafs alle Brüche nach derselben Fläche des Papiers gewendet sind (Fig. 192). Hierauf falte man jeden der acht Sektoren noch einmal zu-

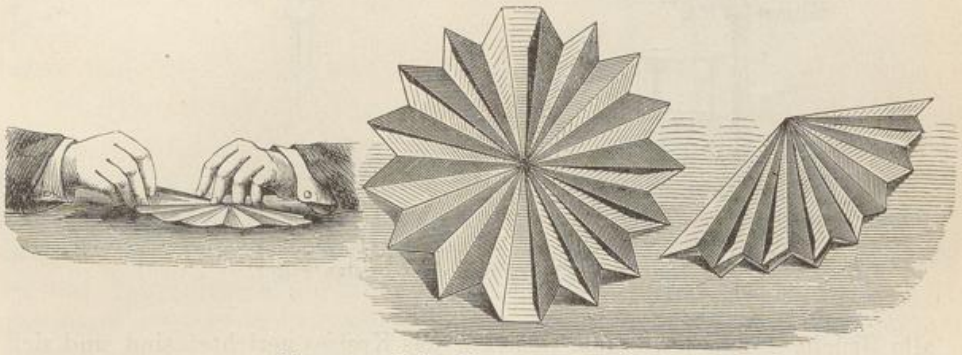


Fig. 193. Faltenfilter brechen III.

sammen, und zwar in der Weise, dafs die Kanten der dadurch entstandenen acht Brüche nach der entgegengesetzten Fläche des Papiers gerichtet sind, wodurch der Halbkreis in 16 Sektoren geteilt wird

(Fig. 193), und öffne den Kreis. Unter den 32 Sektoren befinden sich zwei gegenüberliegende mit gleich gerichteten Kanten. Diese hat man noch einmal zu halbieren (Fig. 194) und das Filter dann so zu ordnen,

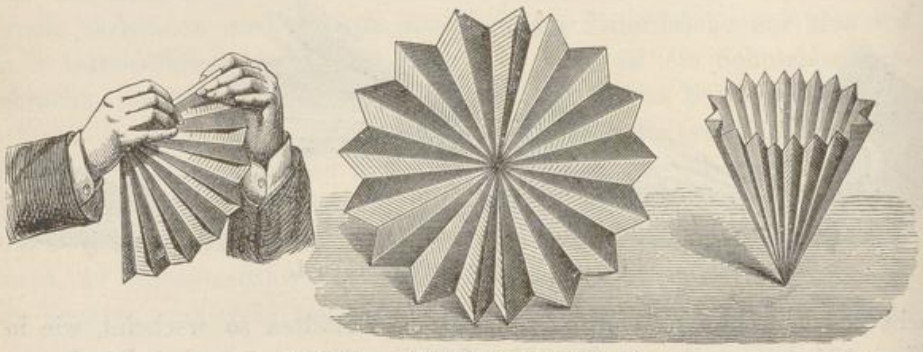


Fig. 194. Faltenfilter brechen IV.

dafs es sich ganz gleichmäfsig in den Trichter legt. Es darf ebenfall mit seinen Kanten nicht über den Rand des Trichters hervorragen. Beim Anfertigen des Filters hat man vor allen Dingen darauf zu achten, dafs

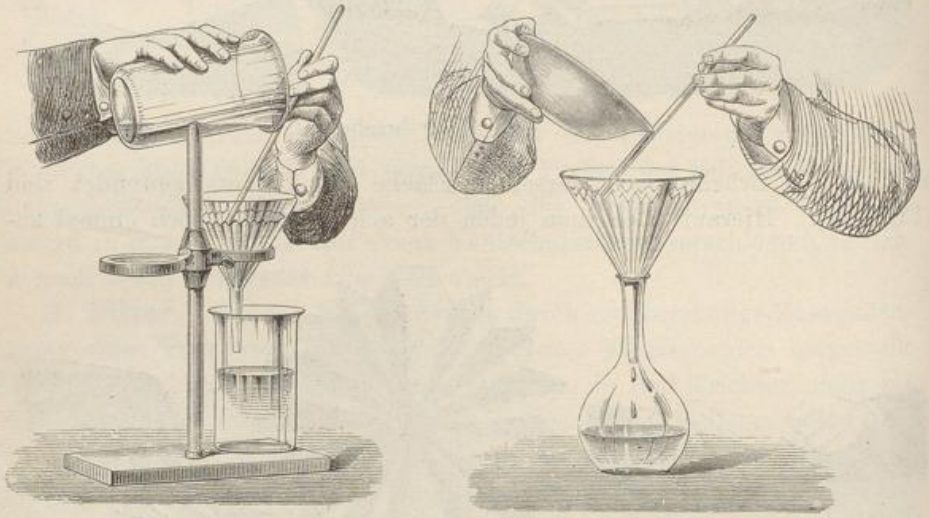


Fig. 195—196. Eingiefsen in das Filter.

alle Brüche genau nach dem Centrum des Kreises gerichtet sind und sich dort in einer scharfen Spitze vereinigen. Weniger sorgfältig gearbeitete Filter reifsen leicht.

Beim Eingiefsen der zu filtrierenden Flüssigkeit mufs der Strahl derselben auf die Seitenwand des Filters, nicht aber in dessen untere

Spitze geleitet werden. Hierzu bedient man sich eines Glasstabs, an welchem man die Flüssigkeit aus dem Glase (Fig. 195) oder aus der Schale (Fig. 196) herablaufen läfst.

Richtet man den Flüssigkeitsstrahl direkt auf die Spitze, so reifst diese in der Regel durch.

Der Filtriertrichter von v. Ponzet* (Fig. 197) gestattet, die Filtration jeglicher Flüssigkeit mit ganz glatten Filtern in der kürzesten Zeit zu bewirken, und macht Faltenfilter entbehrlich. Die im Innern angeordneten Rippen sind durch Übersetzung in derselben Stärke, wie sie am oberen Ende beginnen, bis zu ihrer Einmündung in das Abflufsrohr durchgeführt, vermöge dessen das Filter auf seiner ganzen Fläche frei liegen bleibt und das Filtrat ungehindert abfliefsen kann. Es ist einleuchtend, dafs dadurch das Filter mit seiner ganzen Fläche in Thätigkeit tritt, den Filtrationsprozefs in höchstem Mafse beschleunigt und auch bei flüchtigen Flüssigkeiten den bisher unvermeidlichen Verlust, der durch Verdunstung entsteht, wesentlich verringert. Zur besseren Cirkulation der Luft sind an dem Trichter von aufsen vier feine Rippen angebracht, welche den nötigen Abstand desselben von der untergestellten Auffangeflasche einhalten und dadurch die Luft aus derselben ungehindert abströmen lassen.

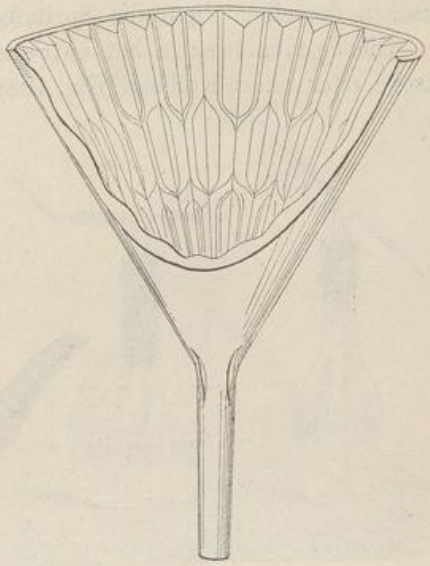


Fig. 197. Filtriertrichter von Ponzet.

Festes Filtrierpapier. Nach Francis** besitzt Filtrierpapier, welches in Salpetersäure von 1,42 spez. Gewicht eingetaucht und darauf mit Wasser gewaschen worden ist, eine auffallende Festigkeit, läfst aber Flüssigkeiten gut durchlaufen, verschieden von dem mit Schwefelsäure dargestellten Pergamentpapier. Solches Papier kann, ohne zu zerreifsen, wie ein Stück Leinen gerieben und gewaschen werden; hierbei zieht es sich zusammen und giebt Aschenbestandteile ab; es erleidet einen geringen Gewichtsverlust und enthält keinen Stickstoff. Während eine 25 mm dicke

* *Chem. Centr.-Blatt* 1893, II, S. 704.

** *Journal of the Chemical Society*, Bd. 47, S. 183. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 290.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Rolle, aus gewöhnlichem schwedischen Filtrierpapier zusammengedreht, bei einer Belastung von 100—150 g zerreifst, trägt eine ähnliche Rolle aus mit Salpetersäure behandeltem Filtrierpapier ein Gewicht von 1,5 kg. Man kann es beim Filtrieren mittels der Filterpumpe in einem gewöhnlichen Trichter ohne Platinkonus anwenden. In sehr leichter Weise lassen sich solche Filter präparieren, wenn man sie mit ihrer Spitze in Salpetersäure von der genannten Stärke eintaucht und mit Wasser auswäscht.

4. Auswaschen. Zum Nachspülen der Niederschläge und Auswaschen derselben dient die Spritzflasche und der Wasserkessel.

Die Spritzflasche hat entweder die Form einer Gasentwickelungsflasche oder eines Kolbens (Fig. 198). Die Konstruktion ergiebt sich aus

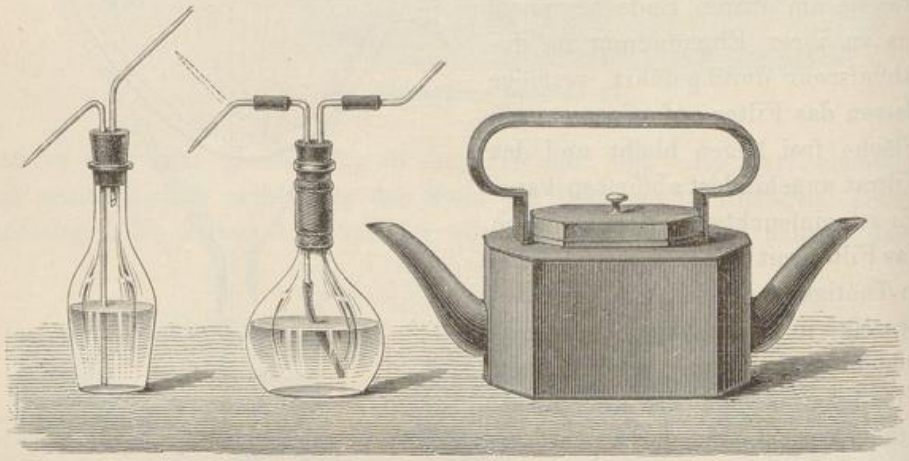


Fig. 198. Spritzflaschen. Fig. 199. Wasserkessel.

der Zeichnung. Das spitz ausgezogene Ausströmungsrohr macht man durch Vermittelung eines Stücks Kautschukschlauch drehbar, um den Wasserstrahl leicht nach allen Richtungen lenken zu können. Beim Gebrauch der Spritzflasche richte man unter vorsichtigem Anblasen den austretenden Wasserstrahl zuerst gegen die Filterwand, und erst, nachdem der Strahl ruhig fliefst, auf den Niederschlag. Um einen rascheren Wasserflufs zu erzielen, kehrt man die Spritzflasche um und benutzt das zum Blasen bestimmte Ende als Ausflufsrohr. Soll die Spritzflasche auch für heifses Wasser dienen, so umgiebt man den Hals mit einer Bandage von Filz oder Kork, um sicher anfassen zu können. Für heifses Wasser dient auch der kupferne Wasserkessel (Fig. 199) mit einem weiten und einem engen Ausgufsrohr; sehr bequem zum Auswaschen der Niederschläge.

Ein Übelstand bei der gewöhnlichen Spritzflasche besteht darin, dafs nach dem Blasen die Flüssigkeit aus dem Steigrohr zurücksinkt, während einige Tropfen in der Spitze hängen bleiben. Bei wiederholtem Gebrauch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

müssen diese zuerst ausgetrieben werden, und dann fliefst das nachströmende Wasser in der Regel mit einem Stofs heraus, wodurch Umherspritzen von Flüssigkeit etc. veranlafst werden kann. Zur Vermeidung dieses Übelstands sind mannigfache Mittel vorgeschlagen worden, von denen hier einige angegeben werden mögen.

Beutell* giebt dem unteren Ende des Steigrohrs die in Figur 200 dargestellte Form. Dieselbe hat unten eine kleine Öffnung und in einiger Höhe darüber eine Einschnürung. Eine kleine lose Glaskugel spielt inner-

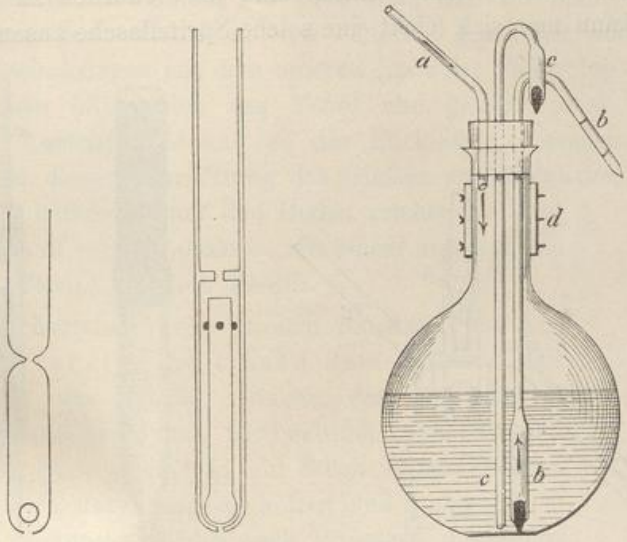


Fig. 200. Fig. 201. Fig. 202.

Spritzflaschen mit Glasventil.

halb des Rohrs und verschliefst nach dem Blasen die untere Öffnung, wodurch das Zurückfliefsen des Wassers verhütet wird.

Etwas vollkommener ist die von Wendriner** angegebene Abänderung. Auch hier ist das unten halbkugelig endigende Steigrohr mit einer kleinen Öffnung versehen. In ihm bewegt sich ein unten kugelförmig verdickter Glasstab, welcher durch oben angeschmolzene Glaströpfchen vor seitlichen Schwankungen geschützt ist. Um die Hebung desselben zu begrenzen, ist ein flacher Glasring innerhalb des Rohrs eingeschmolzen.

Kalecsinszky*** benutzt einen Ventilverschluſs von der in Figur 202 abgebildeten Form. Das Steigrohr *b b* ist an seinem unteren Ende erweitert

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 53. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 317.

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 858. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1019.

*** *Jahresbericht der kgl. ungar. geolog. Anstalt für 1888.* — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 899.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und mit einem als Ventil wirkenden, gut passenden Glaskonus verschlossen. Da man die Spritzflasche auch häufig zum Gieſsen aus der Einblaseöffnung benutzt (s. oben), diese Einrichtung aber hierzu unbrauchbar ist, weil sie den Eintritt von Luft verhindert, ist noch ein drittes Rohr *c c* angebracht, welches bis zum Boden der Flasche reicht und an seinem oberen Ende aufserhalb der Flasche umgebogen und mit einem nach innen sich öffnenden Ventil versehen ist. Durch dieses gelangt nun die Luft in die Flasche, und somit kann man den Wasserstrahl bei *a* ausflieſsen lassen. Röhren mit solchen Ventilen sind jetzt käuflich zu haben, und mit diesen kann man sich leicht eine solche Spritzflasche zusammenstellen.

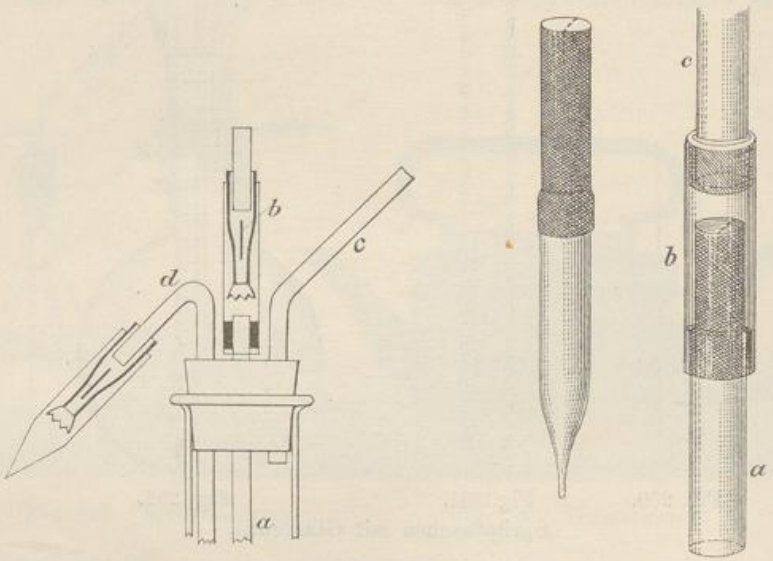


Fig. 203—205. Spritzflaschen mit Kautschukventil.

Bei anderen Konstruktionen wird derselbe Zweck durch Anbringung von Bunsen'schen Kautschukventilen erreicht.

Luzi* empfiehlt folgende Einrichtung. Das Steigrohr *d* wird oben kurz unterhalb seiner Umbiegung abgeschnitten und mit einem Bunsen'schen Ventil nebst darüber geschobener Ausflufsspitze geschlossen. Beim Anblasen durch *c* öffnet sich das Ventil, und das Wasser tritt aus. Nach dem Aufhören des Blasens schliefst sich das Ventil sofort und verhindert den Rückflufs des Wassers. Zu gleichem Zwecke, wie bei der vorher beschriebenen Einrichtung, ist auch hier noch ein drittes Rohr *a* in den Kork gesetzt, welches bis auf den Boden der Flasche reicht und am oberen Ende mit einem Bunsen'schen doppeltgeschlitzten Ventil (in der

* *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1225.

Figur ist nur der vordere Schlitz *b* zu sehen) geschlossen ist. Beim Umkehren der Flasche tritt dann durch dieses Ventil Luft ein und das Wasser fliefst ungehindert aus *c*.

Eine andere Form des Kautschukventils ist von STROSCHEIN* angegeben worden. Dasselbe wird aus einem Kautschukröhrchen hergestellt, wie man es in den Apotheken zu Augentropfpipetten (Fig. 204) haben kann. Man verkürzt dieses an seinem offenen Ende so, dafs es im ganzen etwa 3 cm Länge hat und versieht es am oberen, flachgeschlossenen Ende mit einem Einschnitt. Es wird dann auf eine kurze Glasröhre *a* (Fig. 205) und diese wieder in eine weitere *b* geschoben und das Ganze mittels Kautschukringes mit dem unteren Ende des Steigrohrs *c* verbunden. Beim Anblasen öffnet sich das Ventil und gewährt dem Wasser ungehinderten Austritt, während es das Rücklaufen desselben verhindert. Um auch bei dieser Einrichtung das Giefsen zu ermöglichen, setzt man ebenfalls ein drittes bis auf den Boden reichendes Rohr in den Kork und versieht dasselbe mit einem umgekehrten (nach oben offenen) gleichen Ventil.

In sehr einfacher Weise erreicht BROWNE** den Abschlufs der inneren Luft nach dem Blasen. Die Durchbohrung des Korks, welche das Blaserohr *a* (Fig. 206) aufzunehmen hat, wird seitlich angebohrt und dann von der Seite des Korks ein Stück weggeschnitten. Das Rohr *a* wird unten zugeschmolzen und erhält seitlich eine kleine Öffnung, welche nach Einsetzen des Rohrs auf die seitliche Bohrung trifft. Durch eine geringe Seitendrehung von *a* nach dem Blasen wird die Öffnung verschlossen.

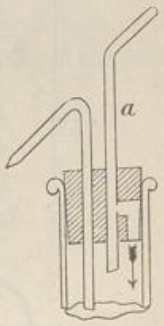


Fig. 206. Spritzflaschenverschlufs.

Eine Vorrichtung zum Auswaschen mit heifsem Wasser, welche, wenn einmal zusammengestellt, immer leicht in Thätigkeit gesetzt werden kann, beschreibt JEWETT***. Dieselbe ist in Fig. 207 dargestellt. Durch den Stopfen der Flasche *A* sind drei Röhren geführt. *C* mündet unterhalb des Stopfens und dient, wenn der Quetschhahn geöffnet ist, zum Austrittsrohr für die Dämpfe. *D* ist mit dem gebogenen Rohr *G* verbunden, und reicht bis auf den Boden von *A*. Auch *E* reicht bis auf den Boden und tritt in den leeren Kolben *B* ein. Will man auswaschen, so schliefst man den Quetschhahn *C* und hält *G* so, dafs die durch den

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 464. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 657.

** *Journal of the Analytical Chemistry*, Bd. 4, S. 141. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 369.

*** *Journal Amer. Chem. Soc.*, 17, S. 517. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895. II. S. 331.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dampf emporgepreſste Waschflüssigkeit auf den Niederschlag geleitet wird. Bei zu starker Dampfentwickelung wird ein Teil des Wassers durch das Rohr *E* in den Kolben *B* gepreſst und verdrängt aus dieser die Luft durch das Rohr *F*. Sowie man den Quetschhahn öffnet, entweicht der Dampf von *C* und das Wasser tritt in den Kolben *A* zurück. So ist man während des Waschens nicht durch die Dämpfe des siedenden Wassers belästigt.

Zur raschen Bereitung von warmem Wasser ist die Heizschlange* (Fig. 208) wohlgeeignet. Das kalte Wasser geht durch eine doppelt

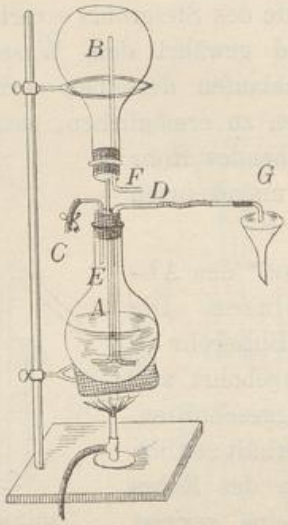


Fig. 207.

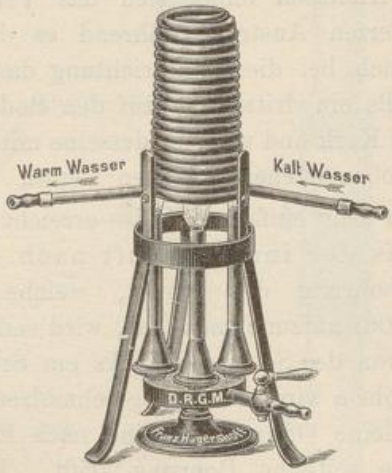


Fig. 208. Heizschlange.

ineinander gewundene Kupferspirale von 5 Meter Länge, worin es durch drei untergestellte Teclubrenner sehr rasch erhitzt wird.

Da das Filtrieren von Flüssigkeiten, in denen ein Niederschlag aufgeschwemmt ist, sehr langsam von statten geht, so läſst man den Niederschlag, wenn die Zeit dazu ausreicht, erst möglichst gut absetzen; dann entfernt man die darüber stehende klare Flüssigkeit durch vorsichtiges Abgieſsen oder Dekantieren und bringt schlieſslich den Niederschlag allein auf das Filter, wobei man sich zum Ausspülen des Glases, in welchem er sich abgesetzt hat, der Spritzflasche bedient. Bleiben Teile des Niederschlags an den Glaswänden haften und kommt es darauf an, diese nicht verloren gehen zu lassen, so kratzt man sie durch Reiben mittels einer wie Figur 209 zugeschnittenen Federfahne unter Zusatz von

* *Chem. Centr.-Blatt* 1899, I, S. 322.

wenig destilliertem Wasser ab (Fig. 210) und spült sie nach genügendem Auswaschen der Feder auf das Filter; oder man löst die anhaftende dünne Schicht durch Zusatz eines entsprechenden Lösungsmittels wieder

Fig. 209—211. Dekantieren.

auf und schlägt sie von neuem nieder. (Anhaftende Metalloxyde z. B. werden durch Salz- oder Salpetersäure abgelöst und mit wenig Ammoniak und Kali wieder gefällt etc.)

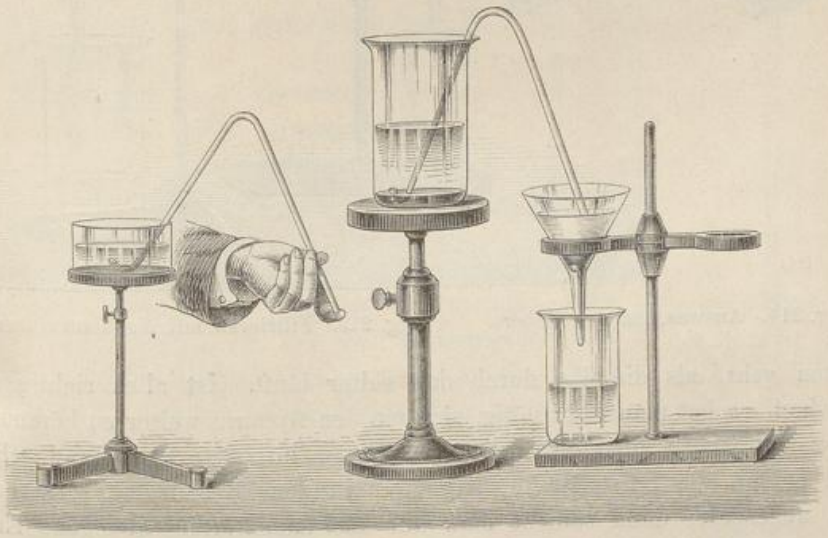


Fig. 212—213. Filtrieren mit dem Heber.

Um das Dekantieren ohne grofse Aufrührung der Niederschläge zu bewirken, bringt man das Gefäfs, wenn es angeht, während des Absetzens in eine geneigte Lage, was bei Kolben sehr einfach durch Aufsetzen auf ein Filtriergestell oder einen Dreifufs geschehen kann (Fig. 211), und vermehrt dann die Neigung ganz allmählich; oder man

bedient sich auch eines am kürzeren Ende hakenförmig umgebogenen Hebers, welchen man mit destilliertem Wasser vollsaugt, an der Ausflufsspitze mit dem Finger verschliefst (Fig. 212) und in das neben dem Filtriertrichter aufgestellte Becherglas so einsetzt, dafs das hakenförmig gebogene Ende etwas über die Oberfläche des Niederschlags herausragt (Fig. 213) (je nach der Dicke des letzteren wählt man unter den verschiedenen Hebern, die man vorrätig hat, einen passenden aus). Man entfernt nun den Finger und setzt das Filter unter. Die Spitze mufs so fein ausgezogen sein, dafs der Ausflufs der klaren Flüssigkeit nicht rascher von

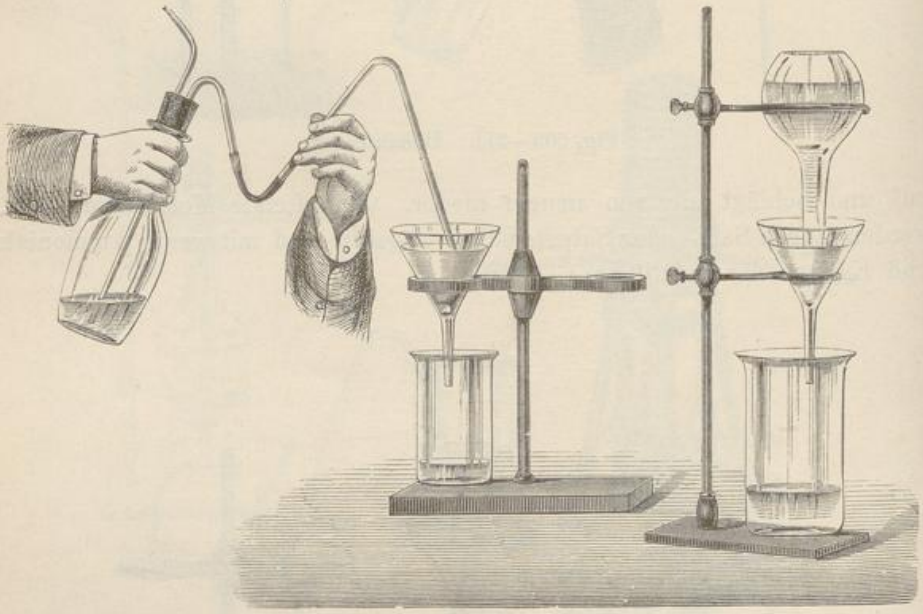


Fig. 214. Auswaschen des Hebers. Fig. 215. Filtrieren mit Nachlaufkolben.

statten geht, als dieselbe durch das Filter läuft. Ist alles richtig angeordnet, so hat man nicht nötig, sich um den Apparat weiter zu kümmern, bevor der Heber aufgehört hat zu fliefsen. Um letzteren auszuwaschen, wird er mit der Spritzflasche, soweit er in dem Becherglase gestanden hat, abgespült; dann schiebt man auf das hakenförmig gebogene Ende einen kurzen reinen Kautschukschlauch, welchen man mit der Spritzflasche verbindet, und bläst Wasser hindurch auf das Filter (Fig. 214). Wenn nötig, übergiefst man den Niederschlag im Becherglase nochmals mit kaltem oder heifsem destillierten Wasser, läfst absetzen, zieht durch den Heber ab etc., bis man schliefslich den schon hierdurch teilweise ausgewaschenen Niederschlag mit der Spritzflasche in den Trichter spült.

Eine andere Art, um sich beim Filtrieren das fortwährende Nach-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gieſsen zu ersparen, läſst sich in folgender Weise ausführen. Die zu filtrierende Flüssigkeit samt Niederschlag wird in einen Kolben von entsprechender Gröſse gebracht, und dieser mit Wasser bis an den Rand vollgefüllt, worauf man ein kreisrund geschnittenes Stück Filtrierpapier, welches nur um weniges gröſser ist, als die obere Öffnung des Kolbens, auf letzteren auflegt, so daſs keine Luftblase darunter bleibt und der Rand der Öffnung überall gut berührt wird. In diesem Zustande kann man den Kolben bekanntlich umkehren, ohne daſs etwas herausläuft. Der Filtriertrichter ist vorher richtig aufgestellt und über ihm am Filtriergestell in passender Höhe ein Ring angebracht worden, welcher den Kolben zu tragen bestimmt ist. Die richtige Höhe muſs vorher durch Probieren mit dem leeren Kolben bestimmt sein. Nachdem das Filter befeuchtet ist, wird der Kolben vorsichtig mit dem Halse nach unten durch den Ring gesteckt und schlieſslich durch sanftes Abziehen der Papierscheibe die untere Öffnung freigemacht (Fig. 215). Die Flüssigkeit im Filter stellt sich nun immer so hoch, daſs sie den Kolben unten hydraulisch verschlieſst.

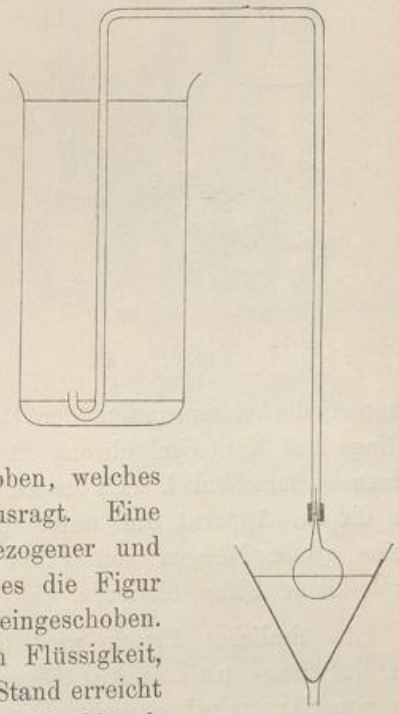


Fig. 216.

Ferner sei einer Einrichtung gedacht, mittels deren Robinson* die automatische Filtration bewirkt (Fig. 216). Über den langen Schenkel eines heberartig gebogenen Rohrs ist ein kurzes Stück Kautschukrohr geschoben, welches nur wenig über den Glasrand hinausragt. Eine kleine hohle Glaskugel mit gut ausgezogener und zugeschmolzener Spitze wird so, wie es die Figur zeigt, mit ihrer Spitze in den Heber hineingeschoben. Sie schwimmt auf der zu filtrierenden Flüssigkeit, und wenn diese einen genügend hohen Stand erreicht hat, verschlieſst das Rohr den Kautschukschlauch und unterbricht das Nachlaufen der Flüssigkeit. Beim Sinken öffnet sich der Heber von neuem u. s. f.

Besser ist die von Augustus E. Knorr** angegebene Einrichtung (Fig. 217). Der Apparat beruht auf dem Prinzip der Mariotte'schen

* *Chemical-News*, Bd. 48, S. 262. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 94.
** *Journ. Amer. Chem. Soc.* 19, S. 817. — *Chem. Centr.-Blatt* 1897, II, S. 1092.

Flasche. Der Heber ist in einer Drahtschlinge mit Reibung verstellbar, welche auf dem die zu filtrierende Flüssigkeit enthaltenden Gefäfs liegt. Das längere Ende ist unten etwas ausgeweitet und nimmt ein Ventil auf, dessen Konstruktion aus der Skizze ohne weiteres ersichtlich ist. Ist der Trichter mit Flüssigkeit gefüllt, so schwimmt die Ventilkugel auf dieser und verhindert den Nachfluſs weiterer Flüssigkeit durch den Heber; ist sie im Trichter abgelaufen, so öffnet sich das Ventil. Die Nebenfigur

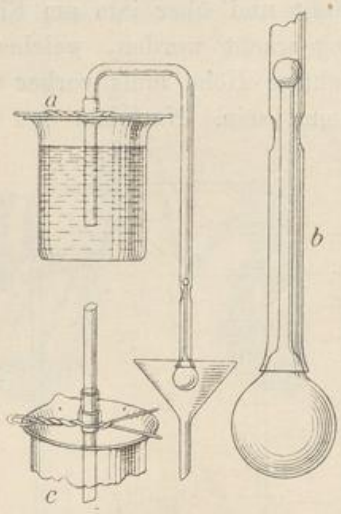


Fig. 217.

erläutert die Konstruktion der Drahtschlinge mit Kautschukführung für den kurzen Heberschenkel. Es lassen sich mit diesem Apparat auf automatische Weise grofse Mengen von Flüssigkeit durch kleine Filter filtrieren.

Ein ähnlicher Zweck wird durch den Filtrier- und Dekantierapparat von Saulmann* erreicht (Fig. 218). Ein Glasstutzen *e* ist am unteren Ende mit einem Hahnrohr *b* und seitlich mit einem knieförmig gebogenen Abfluſsrohr *s* verbunden, welches an seinem längeren Schenkel *r* ebenfalls einen Hahn *a* hat. Es ist an einem Stativ so befestigt, daſs das Rohr *b* tief genug in die zu filtrierende Flüssigkeit eintaucht. An seinem oberen Ende ist der Stutzen durch *c* verschlieſsbar. Nachdem der Apparat

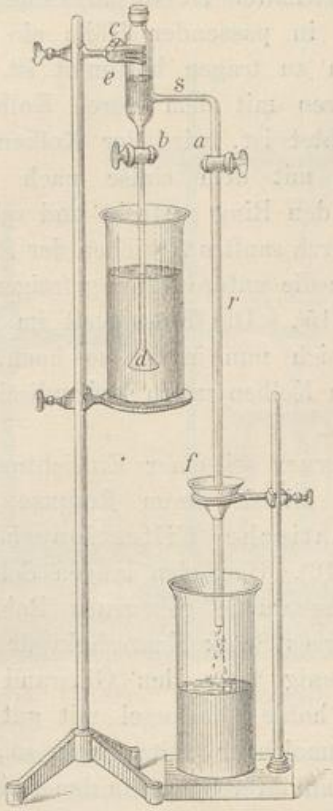


Fig. 218. Filtrier- und Dekantierapparat von Saulmann.

* *Chemiker-Ztg.* Bd. 16. S. 183. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 514.

so zusammengestellt ist, wie die Figur zeigt, füllt man bei geschlossenen Hähnen *a* und *b* den Stutzen mit Wasser, öffnet dann beide Hähne kurz, so dafs sich die Röhren *b* und *r* mit Wasser füllen. Dann setzt man den Stöpsel *c* in das obere Ende des Stutzens ein und reguliert durch Stellung der Hähne *a* und *b* den Flüssigkeitsstrom, so dafs er der Filtrationsgeschwindigkeit entspricht. Das Rohr *b* ist unten noch mit einer trichterförmigen Erweiterung *d* versehen. In diese kann man, wenn der Niederschlag in der Flüssigkeit sehr fein ist, noch ein zweites Filter *d* einbringen, und auf diese Weise die Flüssigkeit doppelt filtrieren.

Soll eine Flüssigkeit warm filtriert werden, so heizt man den Trichter von aufsen unter Benutzung eines Warmwassertrichters, welcher doppelte Wände hat und aus Blech besteht. Der Zwischenraum zwischen beiden wird mit heifsem Wasser gefüllt und durch Erhitzen eines seitlichen Ansatzrohrs die Temperatur desselben immer bis nahe beim Sieden erhalten. Der eigentliche Filtriertrichter steckt in diesem Blechtrichter und ragt mit seiner Röhre unten durch.

Denselben Zweck erreicht man, wenn man den ganzen Trichter aufsen mit einem dünnen weichen Zinnrohr, wie es im Handel unter dem Namen „Klingelrohr" zu pneumatischen Klingeln verwendet wird, umwickelt und während der Filtration Dampf hindurch leitet.

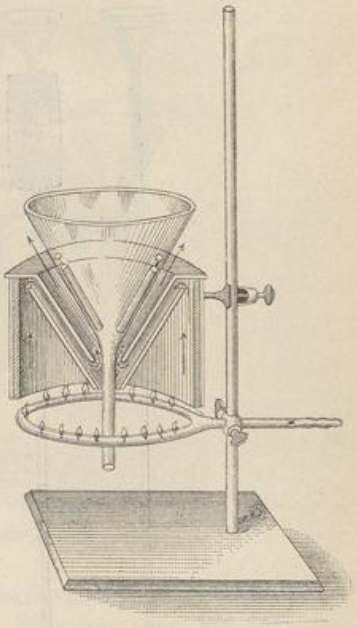


Fig. 219. Heifslufttrichter nach L. Meyer.

Eine Vorrichtung zum Heifsfiltrieren mit Luftheizung nach dem Prinzip von Lothar Meyer ist in Figur 219 abgebildet. Der Trichter hängt, durch eingelegte Porzellanstäbe gehalten, in einem Mantel von Kupferblech, welcher von einem äufseren, gleichgestalteten und aufserdem noch von einem cylindrischen umgeben ist. Die Erwärmung erfolgt durch eine Heizung mit kleinen Brenneröffnungen. Die warme Luft nimmt den durch die Pfeile angegebenen Weg und hält den Trichter gleichmäfsig warm.

4. Filtrieren unter vermindertem Druck. Sehr beschleunigt kann das Filtrieren werden, wenn man den Luftdruck am unteren Ende des Trichters vermindert, so dafs die äufsere Luft durch den Überdruck, den sie auf die Oberfläche der Flüssigkeit im Trichter ausübt, letztere durchtreibt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Teilweise kann dieser Zweck schon dadurch erreicht werden, dafs man das Abflufsrohr des Trichters entsprechend verlängert, weil die mit beschleunigter Geschwindigkeit in der Röhre herabfliefsenden Tropfen eine saugende Wirkung ausüben. Um zu verhüten, dafs das Abfliefsen nur an der einen Wand des Rohrs erfolgt, wodurch der Zweck verfehlt werden würde, macht man jenes entsprechend eng oder biegt es

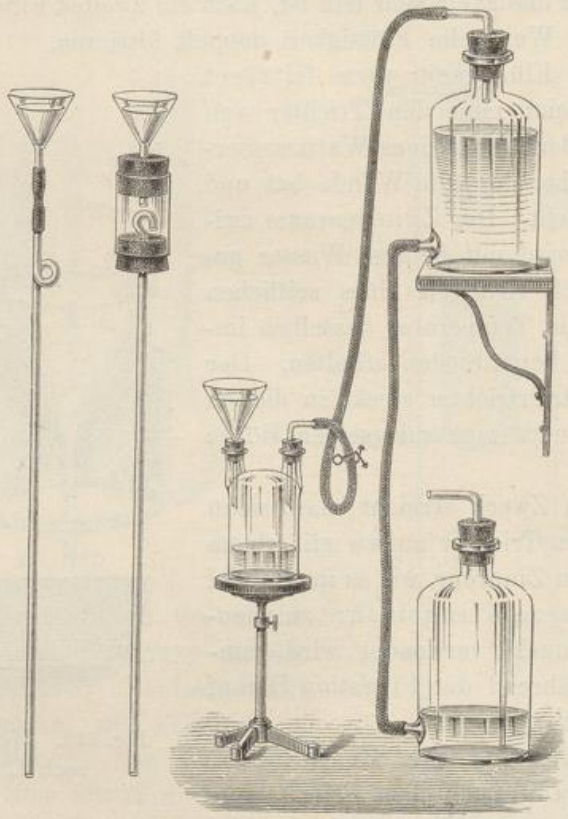


Fig. 220—221. Filtrieren unter vermindertem Druck I.

unterhalb des Trichters schleifenförmig um oder verbindet das unten kurz abgeschnittene Trichterrohr mit einer schleifenförmig umgebogenen Röhre (Fig. 220).

Wirksamer ist die Anwendung eines durch irgend eine Luftverdünnungsvorrichtung herzustellenden Vakuums. Zu diesem Behufe setzt man den Trichter mittels eines durchbohrten Korks auf eine Woulff'sche Flasche oder einen Glaskolben (Fig. 221—223) und bringt noch eine zweite, mit einer Pumpvorrichtung zu verbindende Röhre an. Schon blofses Saugen mit dem Munde unter Anwendung eines Quetsch-

hahns (Fig. 222 und 223) ist von Wirkung und in vielen Fällen vollkommen ausreichend. Bequemer ist es, das Vakuum durch Wasserabfluſs (vermittelst des Aspirators) oder einer solchen Vorrichtung, wie in Figur 221 abgebildet ist, herzustellen. Letztere besteht aus zwei hinreichend groſsen, nahe am Boden tubulierten Flaschen, welche durch einen langen Kautschukschlauch verbunden sind. Die eine wird mit Wasser gefüllt und höher aufgestellt als die andere. Indem aus ihr das Wasser nach der unteren flieſst, übt sie eine saugende Wirkung aus. Man verbindet daher

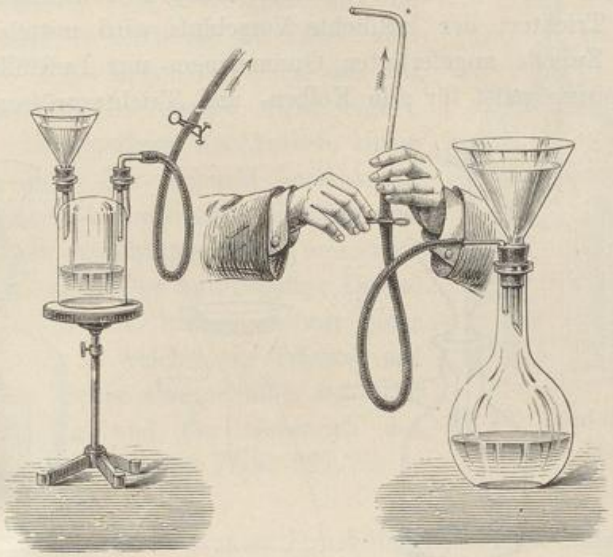


Fig. 222—223. Filtrieren unter vermindertem Druck II.

das Rohr der oberen Flasche mit der Filtrierflasche. Nach Ablaufen des Wassers wechselt man die Stellung beider Flaschen und die Schlauchverbindungen derselben.

Wenn man im Besitze einer Wasserleitung ist, läſst sich zum Filtrieren unter vermindertem Druck mit gröſster Bequemlichkeit irgend eine Wasserluftpumpe (Fig. 56—67) oder auch das Saugrohr des Wassertrommelgebläses (Fig. 48, *V'*, *s*) benutzen. Einer näheren Anleitung hierzu bedarf es nach den am angeführten Orte gegebenen Erläuterungen nicht; nur ist zu beachten, daſs man bei Öffnung des Saughahns mit Vorsicht verfährt, um das Filter nicht durch plötzlich eintretende, starke Druckverminderung zum Zerreiſsen zu bringen. Man drehe also den Saughahn ganz allmählich auf und verstärke das Vakuum langsam. Die Anwendung eines Präzisionshahns (s. w. unten) erweist sich hier sehr vorteilhaft.

Die zum Filtrieren zu benutzenden Kolben müssen starke Wände besitzen, um dem äuſseren Luftdruck einen genügenden Widerstand

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

entgegenzusetzen. Man versieht sie, wie in Figur 223 dargestellt ist, mit einem gut passenden, doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel für Trichter und Saugrohr.

Bessere Dienste leisten Flaschen, bei denen das Saugrohr gleich oben in den Hals angeschmolzen ist (Fig. 224), und noch mehr zu empfehlen ist die von ALLIHN* angegebene Konstruktion (Fig. 225) mit eingeschliffenem Trichterrohr, bei welcher jede Korkverbindung umgangen ist.

Nach WALTHER** wendet man Absaugekolben von der in Figur 226 abgebildeten Form an. In den trichterförmigen Kolbenhals kommt der eigentliche Trichter; der luftdichte Verschluſs wird mittels eines eigens zu diesem Zwecke angefertigten Gummiringes mit Luftfüllung erreicht. Ein Gummiring paſst für alle Kolben- und Trichtergröſsen; durch das

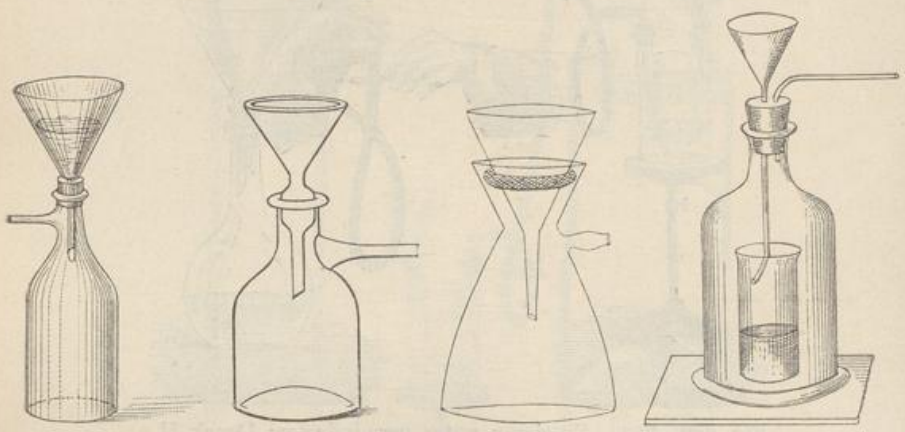


Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226. Fig. 227

Flaschen zum Filtrieren unter vermindertem Druck.

Eigengewicht des aufgesetzten Trichters wird der Ring zusammengedrückt und bildet nach dem Verbinden mit der Luftpumpe einen unbedingt dichten Verschluſs. Die Elastizität des Ringes paſst sich selbst unregelmäſsig gebildeten Formen an. Auch erleichtert die Ringvorrichtung das Herausnehmen und Umwechseln der Trichter, da andererseits bei gefälligerer Form der Rauminhalt des Kolbens und seine Stabilität vergröſsert werden. Das Absaugrohr ist erheblich verkürzt und ausgezogen.

Um das Filtrat gleich in einem Becherglase aufzufangen, benutzt man

---

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 26, S. 721. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 360.

** *Pharm. Centr.-Halle*, 39, S. 550. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 570.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach Burgemeister* eine Filtrierglocke (Fig. 227), welche mit ihrem unteren ebengeschliffenen Rand auf eine Glasplatte luftdicht aufgesetzt ist. Das untere Ende des Trichterrohrs ist seitwärts umgebogen, damit die Flüssigkeit am Rande des Becherglases herabläuft, ohne zu spritzen.

Die Filtriervorrichtung von O. N. Witt** dient gleichem Zwecke, sie ist brauchbar, wenn es sich darum handelt, eine Flüssigkeit mit der Wasserstrahlpumpe zu filtrieren, das Filtrat aber in einem Gefäfs aufzufangen, welches sich zur Verbindung mit der Luftpumpe nicht eignet, z. B. in einem dünnwandigen Kochkolben, einem Becherglase u. dgl. Der Apparat besteht aus einem dickwandigen, cylindrischen Gefäfse, welches ein seitliches Ansatzstück zur Verbindung mit der Pumpe trägt. Der halbkugelige Deckel ist luftdicht aufzusetzen und oben mit einer Tubulatur versehen, in welche ein Trichter mit seinem verdickten Rohre eingeschliffen ist. Die sonstige Einrichtung und der Gebrauch des Apparats ergiebt sich aus der Figur 227.

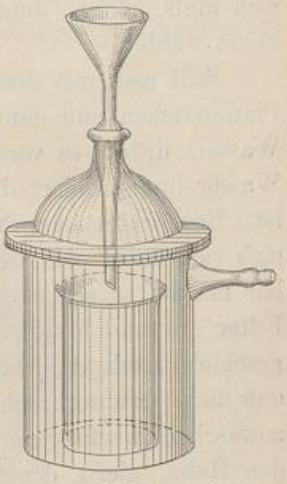


Fig. 228. Filtriervorrichtung von O. N. Witt.

In allen Fällen, wo man unter Druckdifferenz filtriert, ist es nötig, dem Filter an der unteren Spitze im Trichter eine solche Unterlage zu geben, dafs es hinreichend geschützt ist. Bei mäfsig starker Luftverdünnung genügt schon die Anwendung eines doppelten Filters oder wenigstens die Verdoppelung der Spitze. Man schiebt zu diesem Zwecke, nachdem man das Filter halbkreisförmig gebrochen hat, noch ein kleines kreisförmig ausgeschnittenes Stück Filtrierpapier über den Mittelpunkt des Halbkreises (Fig. 190 *c*) und vollendet hierauf das Filter. Auch lassen sich mit Vorteil Filter anwenden, deren untere Spitze durch Eintauchen in Salpetersäure widerstandfähiger gemacht ist (s. oben S. 155 „Festes Filtrierpapier"). Bei Anwendung des Wassertrommelgebläses und der Wasserluftpumpe genügt dieser Schutz nicht. Deshalb fertigt man sich nach Bunsen's Vorschlag kleine kegelförmige Hütchen aus Platinblech, welche genau in die Spitze des Trichters hineinpassen. In allen Fällen mufs das

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 281, S. 676. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 626.

** *Die Chemische Industrie*, Bd. 22, S. 510. — *Chem. Centr.-Blatt* 1900, I, S. 1.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Papierfilter überall ganz dicht an der Wand des Trichters anliegen, damit nicht Luft zwischen beiden hindurchgesaugt und dadurch das Vakuum unwirksam werde; auch soll die Spitze des Papierfilters genau in der Spitze des Platinhütchens endigen. Letzteres hat bei kleinen Trichtern nur eine feine Öffnung in seiner untersten Spitze, bei gröfseren Trichtern, wobei es natürlich entsprechend gröfser und aus stärkerem Blech gemacht sein mufs, können auch die Seitenwände mit sehr feinen Öffnungen durchbohrt werden.

Will man mit diesem Apparate filtrieren, so legt man zuerst das Platinhütchen und dann das Filter sorgfältig ein, befeuchtet letzteres mit Wasser, drückt es vorsichtig an die Glaswand, füllt es mit destilliertem Wasser und probiert durch Öffnen des Saughahns, ob alles in Ordnung ist. Beobachtet man, dafs das Wasser ruhig und rasch unten abfliefst, ohne dafs sich dabei ein zischendes Geräusch (von eintretender Nebenluft) hörbar macht, so schliefst man den Saughahn, gieſst das Wasser aus dem Filter aus und bringt die zu filtrierende Flüssigkeit hinein. Das Ablaufen geschieht nach vorsichtiger Öffnung des Hahns in der Regel so schnell, dafs man ununterbrochen nachgiefsen kann. Um den Niederschlag auszuwaschen, wartet man, bis alle Flüssigkeit ausgesogen ist, schliefst den Hahn, gieſst den Trichter mit destilliertem Wasser voll und öffnet vorsichtig u. s. f.

Bei Anwendung der Wasserluftpumpe, sei es der Bunsen'schen oder der Arzberger-Zulkowsky'schen, ist es immer geraten, der Sicherheit halber ein Rückschlagsventil einzuschalten, damit bei etwaigem Zurückschlagen der Pumpe das Wasser nicht in den zu evakuierenden Apparat eindringe. Zu empfehlen ist die von H. Wislicenus* angegebene, in Figur 229 abgebildete Form, welche dem Bunsen'schen Kautschukventil nachgebildet ist. Dies Ventil ist aus starkwandigem Glase konstruiert und besteht aus zwei Teilen, dem inneren *A*, der mit dem auszupumpenden Gefäfs verbunden wird, und dem äufseren an dem Schlauch der Pumpe zu befestigenden *B*. Die untere Erweiterung *f* von *A* pafst in den oberen Teil von *B*, wo sie mit dickem Schmierwachs gut eingefettet wird. In den ausgebogenen Rand von *B* legt sich ein zwischen *k* und *f* übergeschobener Ring aus massivem, weichem Kautschuk von kreisförmigem Querschnitt beim Ansaugen fest ein und bewirkt vollkommene Dichtung. *A* setzt sich bei *e* in eine engere unten zugeschmolzene Röhre fort, welche bei *o* eine seitliche Öffnung hat. Über diese wird ein in der Weise, wie die Figur zeigt, ausgeschnittenes Stück dünnwandigen Kautschukrohrs

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 23, S. 3292. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891. I, S. 1.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

geschoben, welches sich beim Saugen von der Öffnung abhebt, und beim Rückschlagen der Pumpe dieselbe verschliefst. Ist ein solcher Zufall eingetreten, so löst sich der Verschluſs bei *r*, und das Wasser kann leicht entfernt werden.

5. Filtrieren bei Abschluſs von Luft in einem indifferenten Gase, nach BACHMEYER.* In den Hals der Flasche *A* (Fig. 230) ist das untere Ende des Gefäſses *B* eingeschliffen. Letzteres ist durch einen

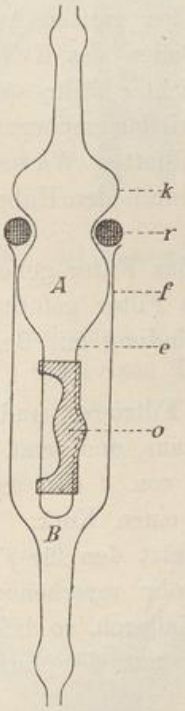


Fig. 229. Rückschlagventil nach H. WISLICENUS.

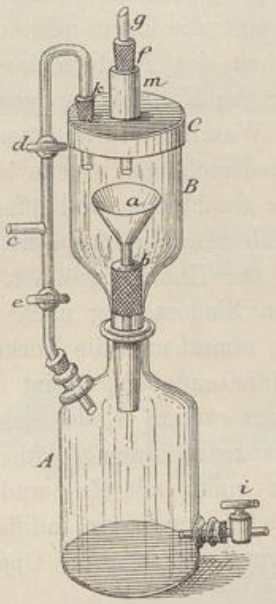


Fig. 230. Filtrieren bei Abschluſs von Luft.

aufschraubbaren Messingdeckel luftdicht zu verschliefsen. In diesem Deckel stecken ebenfalls luftdicht ein Messingrohr *m* und durch den Stöpsel *k* ein, wie die Figur zeigt, gebogenes Rohr mit Hähnen, welches nach dem seitlichen Tubus von *A* führt. In *m* ist durch den Stöpsel *f* ein Glasrohr *g* eingesetzt, so daſs es darin auf- und abgeschoben werden kann. Es ist nach oben zweimal rechtwinkelig wie ∩ gebogen und führt zu einem Kolben,

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 24, S. 59. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 230.

in welchem sich die zu filtrierende Flüssigkeit mit Niederschlag befindet. Dieser hat einen dreifach durchbohrten Kork; durch die eine Öffnung desselben geht das Rohr *g*, durch die mittlere eine Trichterröhre und durch die dritte ein umgebogenes Glasrohr, welches mit einem Gasentwickelungsapparat verbunden ist. Während die Mündung des Rohrs *g* im Kolben, in welchem sich der zu filtrierende Niederschlag befindet, sowie das Gaszuleitungsrohr über dem Niveau der Flüssigkeit stehen, taucht die Trichterröhre in dieselbe ein. Soll filtriert werden, so verbindet man das Röhrenstück *c* mit der Wasserluftpumpe, öffnet den Hahn *e* und leitet zugleich das indifferente Gas einige Zeit lang durch den ganzen Apparat; dann schiebt man die Röhre *g* bis fast auf den Boden des Kolbens, welcher den Niederschlag enthält, worauf sich der Trichter füllt; sobald dies geschehen ist, mufs die Röhre selbstverständlich wieder emporgezogen werden. Zum Waschen des Niederschlags wird destilliertes Wasser durch das Trichterrohr des Kolbens nachgegossen, und durch den Hahn *i* kann man Filtrat und Waschwasser ablassen.

Für Niederschläge, welche leicht durch das Filter gehen, läfst man den Hahn *e* geschlossen und öffnet *d*, bis das Filter gefüllt ist; hierauf wird *d* geschlossen, der Apparat aufser Verbindung mit der Luftpumpe gesetzt und der Hahn *e* geöffnet.

Um den Niederschlag nach vollendetem Filtrieren und Auswaschen zu trocknen, nimmt man die Korke *k* und *f* heraus, und setzt dafür andere luftdicht schliefsende ein, trennt das Gefäfs *B* von *A* und verschliefst das trichterförmige untere Ende ebenfalls durch einen Kork. Dann bringt man das Ganze in einem Luftbad unter, ersetzt den für *f* eingesetzten Kork durch einen mit Zu- und Ableitungsrohr versehenen und leitet während des Trocknens ein indifferentes Gas hindurch, so dafs der Niederschlag während der ganzen Operation nicht mit der Luft in Berührung kommt.

6. Kolieren. Zur Trennung mancher Niederschläge ist es geraten, an Stelle des Filtrierpapiers ein Stück leinenen oder wollenen Zeuges (Kolatorium) anzuwenden. Dasselbe wird durch das Tenakel (Fig. 231) gehalten: ein aus vier rechtwinkelig zusammengesetzten Stäben bestehender hölzerner Rahmen, der an den Kreuzungsstellen der Stäbe kurze, aufrechtstehende, dünne, cylindrische, oben zugespitzte Stifte hat. Man legt ihn über das Gefäfs, welches die ablaufende Flüssigkeit aufnehmen soll, und spannt das Filtriertuch über die Stifte; dann bringt man den zu filtrierenden Brei darauf und läfst ruhig abfliefsen, wobei man durch Rühren mit dem Spatel oder Löffel (Fig. 232) etwas nachhelfen kann. Da die Flüssigkeit freiwillig meist sehr unvollkommen abläuft, mufs man sie durch Aus-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

drücken vollends beseitigen. Dies geschieht, indem man das Kolatorium zuerst von zweien der haltenden Stifte löst, die freigewordene Seite des Kolatoriums bis zum gegenüberliegenden Rande desselben bringt, dann

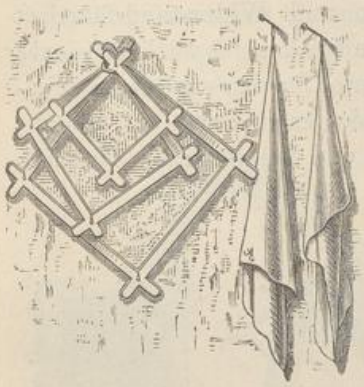


Fig. 231. Tenakel und Kolatorien.

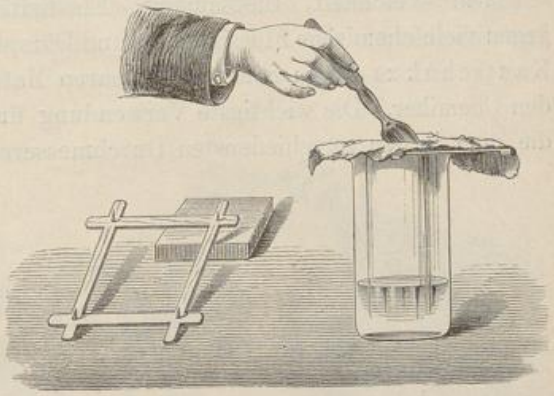


Fig. 232. Kolieren.

zwei- oder dreimal durch Einbrechen des Randes zusammenfaltet (Fig. 233), das Koliertuch ganz vom Tenakel abnimmt und die beiden Enden, die

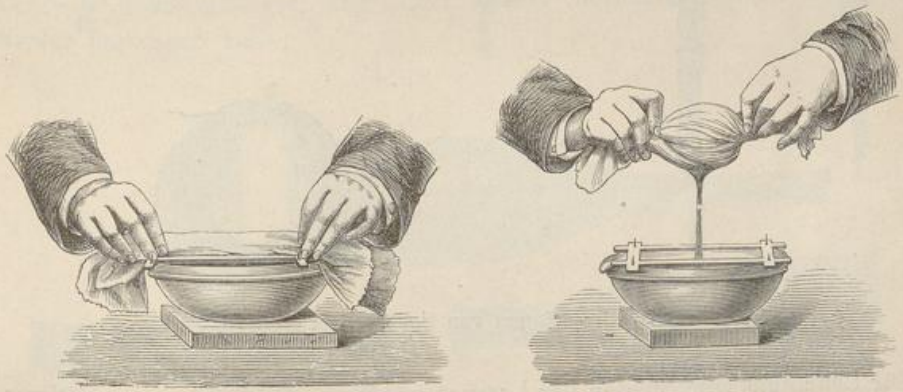


Fig. 233—234. Auspressen des Kolatoriums.

man in der Hand hält, in entgegengesetzter Richtung zusammendreht (Fig. 234), bis man zuletzt unter immer mehr gesteigerter Kraftanwendung den Inhalt so trocken wie möglich preſst. Da die kolierte Flüssigkeit nicht klar ist, muſs man sie nachträglich, wenn nötig, durch Papier filtrieren.

KAUTSCHUKRÖHREN.

Die Weichheit, Biegsamkeit, Elastizität und Widerstandsfähigkeit gegen viele chemische Flüssigkeiten und Dämpfe machen das vulkanisierte Kautschuk zu einem höchst schätzbaren Material für den experimentierenden Chemiker. Die wichtigste Verwendung findet es in Form von Röhren, die man in den verschiedensten Durchmessern und Wandstärken fabriziert.

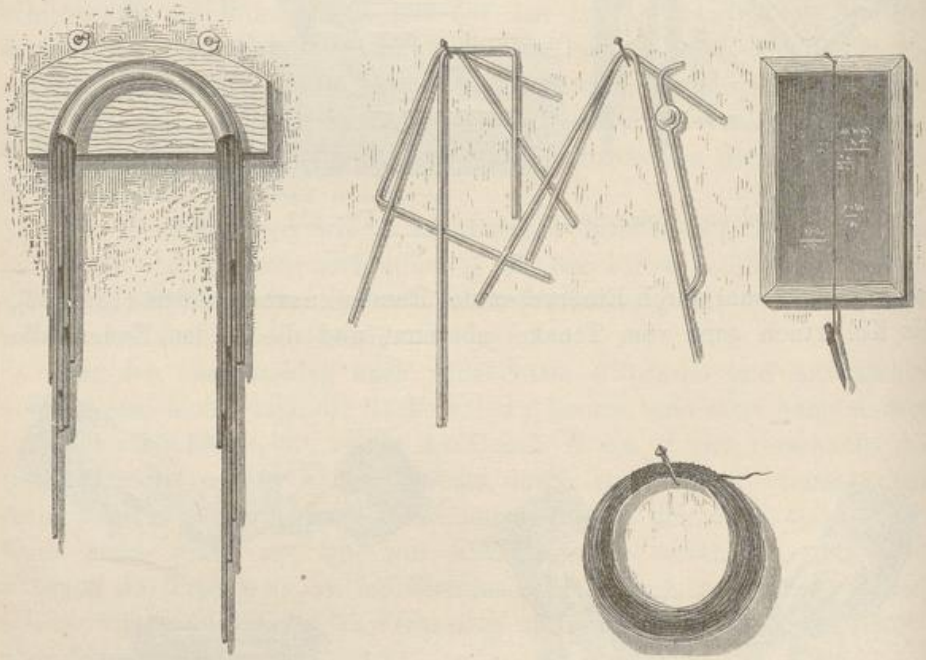


Fig. 235—236. Aufhängen von Schläuchen, Hebern, Draht.

Für Leuchtgas zum Speisen der Lampen wählt man Schläuche von mittlerer Wandstärke, die sich bei Biegung nicht leicht einknicken; für Evakuierungsapparate, welche einen starken äufseren Druck auszuhalten haben, sind Röhren von sehr bedeutender Wandstärke mit ganz geringem Lumen erforderlich. Zum Verbinden der gewöhnlichen Gasentwickelungsapparate braucht man dünnwandige Schläuche in drei bis vier verschiedenen Weiten von 3, 4, 5—6 mm Lumen. Hieraus schneidet man Stücke von 5, 10, 20, 30, wohl auch 40 cm Länge und bewahrt diese, wohl gereinigt und getrocknet, in einem Kasten des Experimentiertisches auf, wo sie leicht zur Hand sind. Längere Stücke werden aufgehängt. Man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schlägt drei oder fünf Nägel, welche zusammen einen nach oben konvexen Bogen bilden, in die Wand und hängt die Schläuche darüber. Besser geeignet ist die in Figur 235 abgebildete Vorrichtung. Auf einem an die Wand zu hängenden Brette ist eine gebogene halbrunde Rinne angebracht, weit genug, um sechs bis acht Schläuche aufzunehmen. (Die nebenstehende Figur 236 zeigt die Aufbewahrung von Hebern, der Defekttafel und von Draht.)

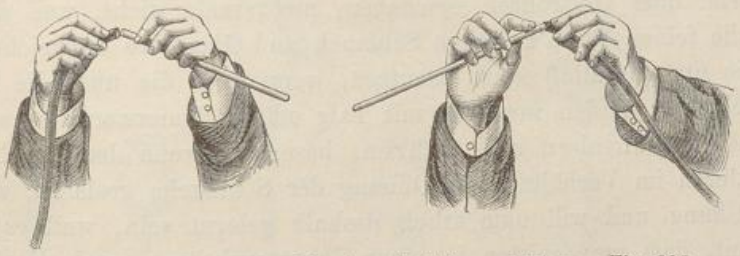


Fig. 237. Kautschukschlauch auf Röhre schieben. Fig. 238.

Manche Sorten von Kautschukröhren werden durch die Aufbewahrung, namentlich in der Kälte, hart und steif, welchen Fehler man durch vorsichtiges, gleichmäfsiges, allmählich stärker werdendes Ziehen meistens wieder beseitigen kann.

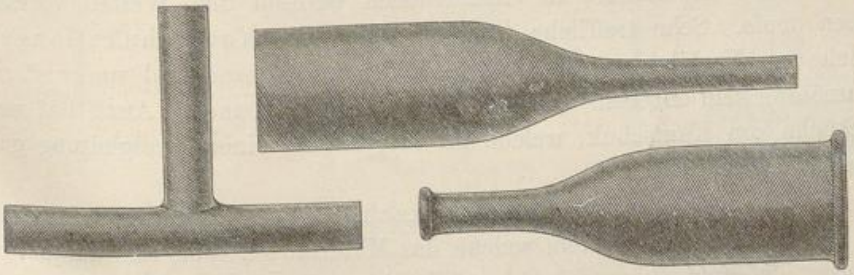


Fig. 239. T-Stück und Kautschukallongen.

Nach dem Gebrauche spült man die Schläuche jedesmal gut aus, namentlich solche, die zur Leitung von sauren Gasen oder Chlor gedient haben, und bedient sich in letzterem Falle zuerst einer verdünnten Kalilösung und darnach des reinen Wassers. Schliefslich hängt man sie zum Ablaufen und Abtrocknen in der erwähnten Weise auf.

Mit der Zeit werden die Röhren brüchig und undicht. Daher mufs man ältere vor dem Gebrauch probieren, indem man sie an dem einen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ende fest zusammenpreſst und dann an dem anderen die Luft kräftig aussaugt, wonach sie durch den Luftdruck zusammengepreſst bleiben müssen; oder man hält sie einseitig zu, taucht sie ganz unter Wasser und bläst hinein, wodurch man die schadhaften Stellen entdeckt. Chlorleitungsschläuche bekommen, namentlich, wenn man sie nicht immer sogleich gut auswäscht, an der inneren Wand tiefgehende Risse, während sie von aufsen noch unversehrt erscheinen. Man merkt diese Veränderung schon beim Drücken und Biegen am Knirschen. In diesem Zustande halten sie, über Glasröhren geschoben, nicht mehr dicht, weil das Gas durch die feinen Risse zwischen Schlauch und Glasröhre entweicht. Man kann sie (im Notfalle!) noch benutzen, wenn man die über die Röhren zu schiebenden Enden inwendig mit Talg oder Schmierwachs ausstreicht.

Das Aufschieben auf Röhren, besonders wenn der Durchmesser der letzteren im Verhältnis zur Öffnung der Schläuche grofs ist, verlangt einige Übung und will namentlich deshalb gelernt sein, weil es häufig vorkommt, dafs man mitten in einer Gasentwickelung rasch die Röhren oder Schläuche zu wechseln hat. Man bedient sich hierzu des in Figur 237 und 238 dargestellten Handgriffs, welchen man für beide Hände gehörig zu exerzieren hat. Befeuchtung des Glasrohrs mit Wasser (Speichel) oder Öl erleichtert die Arbeit. Ehe man einen Schlauch in Gebrauch nimmt, versäume man nie, hindurch zu blasen, um sich zu überzeugen, dafs er gehörig rein und nicht etwa verstopft ist. Zur Verbindung verschieden weiter Schläuche dienen kurze, an den Enden verjüngte Glasröhrenstücke, von denen man mehrere in verschiedenen Gröfsen und Weiten vorrätig haben mufs. Sehr treffliche Dienste leisten die Kautschukallongen, welche zur Verbindung von Retortenhälsen mit Röhren und von weiteren Glasröhren mit engeren vielfach benutzt werden können. Auch hat man T-Stücke von Kautschuk, welche für Herstellung einer Zweigleitung gute Dienste leisten (Fig. 239).

Die Benutzung von Kautschukschläuchen ist ausgeschlossen bei Gasen und Flüssigkeiten, welche das Material auflösen und aufquellen. Hierher gehören namentlich Schwefelkohlenstoff, Äther und die flüchtigen Teeröle, sowie die Dämpfe dieser Substanzen. Auch bei Versuchen mit Ozon ist die Anwendung von Kautschuk zu vermeiden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

GASENTWICKELUNGSAPPARATE.

Diese haben je nach der Darstellungsart des Gases verschiedene Gestalt und Einrichtung.

1. Gasentwickelungsflaschen. Für Gase, die sich schon in der Kälte entwickeln, dienen dickwandige Flaschen (s. unten Fig. 244 und 248)

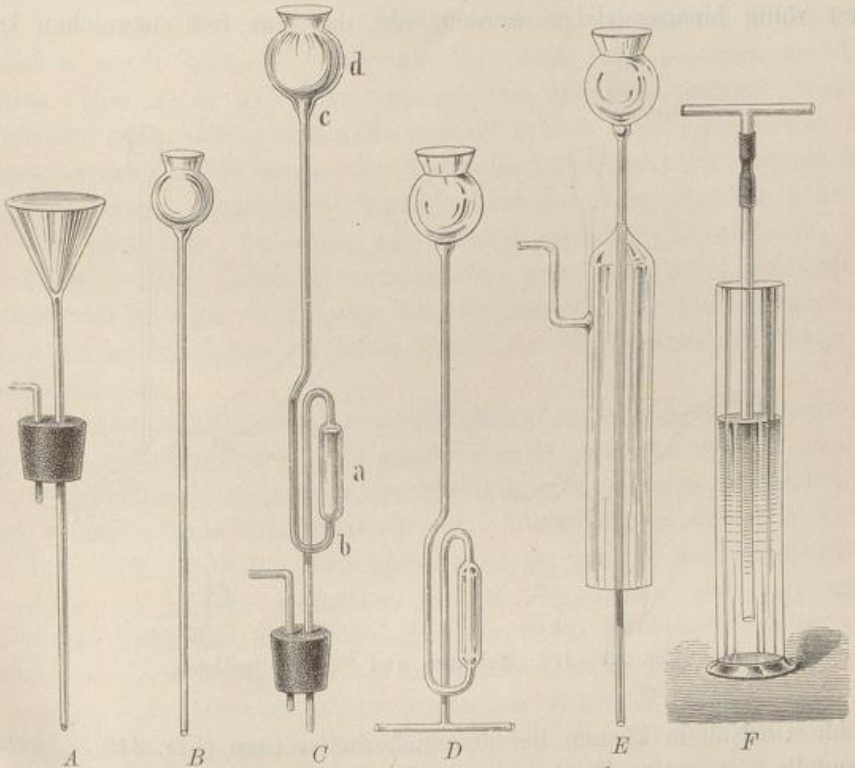


Fig. 240. Trichter- und Sicherheitsröhren.

oder Kolben (Fig. 245—247), welche, damit sie den Druck des Stöpsels besser aushalten, einen umgelegten, innen schwach konisch ausgeschliffenen Rand haben. Die Pfropfen sind doppelt durchbohrt. In der einen Durchbohrung steckt ein kurzes, rechtwinklig umgebogenes Gasentwickelungsrohr, in der anderen ein Trichterrohr oder ein Sicherheitsrohr. Ohne letzteres sollte man niemals einen Gasentwickelungsapparat in Gebrauch nehmen, selbst wenn man bei der Entwickelung nicht nötig hat, Flüssigkeiten nachzugießen. Denn es ist ja von Wichtigkeit, immer von dem Spannungszustande des Gases im Innern des Apparats unterrichtet zu sein. Figur 240 zeigt die gebräuchlichsten Einrichtungen dieser Art: Trichterröhren

(*A*, *B* und *E*) wirken zwar auch zugleich als Sicherheitsröhren: sie tauchen mit ihrem unteren Ende in die Gasentwickelungsmischung, und durch den inneren Gasdruck wird diese ein Stück in die Röhre hinaufgedrückt; allein wenn feste, pulverförmige oder grobkörnige Teile in der Flüssigkeit schwimmen, kann eine Verstopfung des Rohrs eintreten und dieses dann als Sicherheitsrohr versagen; ferner mufs die Flüssigkeit, wenn der Gasstrom auf dem Wege seiner Leitung gehemmt wird, durch den verstärkten Druck in der Gasentwickelungsflasche durch das Trichterrohr erst völlig hinausgetrieben werden, ehe das Gas frei entweichen kann.

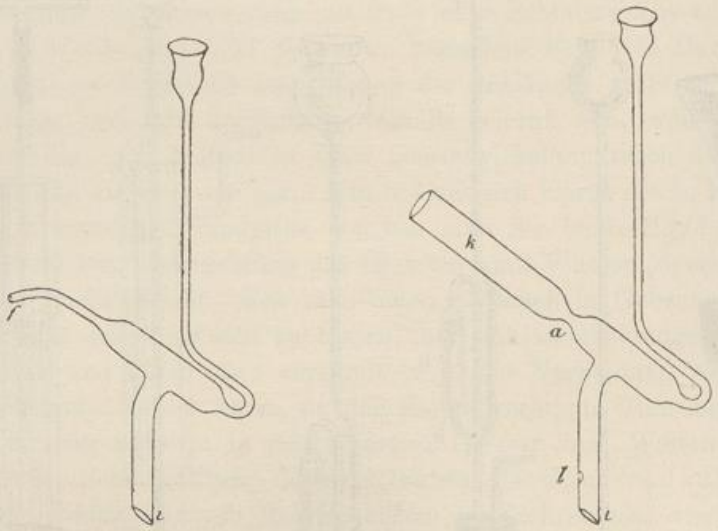


Fig. 241—242. Trichter- und Sicherheitsröhren.

Beide Übelstände können bei den Sicherheitsröhren (Fig. 240 *C*), welche ebenfalls mit einem Trichter zum Nachfüllen von Flüssigkeit versehen sind, nicht vorkommen: sie können sich nicht verstopfen, und wenn bei gehemmtem Gasstrom der Druck im Innern zunimmt, so wird die in dem Mittelkörper *a* des Rohrs befindliche, den hydraulischen Verschlufs bewirkende Flüssigkeit nur soweit hinaufgetrieben, dafs jener Körper frei wird, wonach das überschüssige Gas durch die Flüssigkeit entweicht. Diese Röhren werden indes von den Glasfabriken nicht immer in richtiger Beschaffenheit geliefert. Man beachte folgendes: der Rauminhalt des Mittelkörpers *a* mufs so grofs sein, dafs die in ihm enthaltene Flüssigkeit das ganze obere Stück der Glasröhre bis zum Trichter *d*, und letzteren noch etwa zu einem Drittteil vollkommen füllt. Da nämlich die Höhendifferenz zwischen den beiden Flüssigkeitsspiegeln *b* und *c* im Sicherheits-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

rohr dem im Apparate herrschenden Druck das Gleichgewicht zu halten hat, jene Differenz aber durch die Menge der in *a* enthaltenen Flüssigkeit und durch die Weite des oberen Glasrohrs bestimmt wird, so mufs der hydraulische Verschlufs um so eher versagen, je kleiner *a* ist; eine gröfsere Höhe der Glasröhre bis zum Trichter ist in diesem Falle ganz überflüssig, weil sie bei zu kleinem Mittelkörper doch nicht ganz gefüllt wird. Andererseits darf der Trichter nicht zu klein sein, denn wenn er sich, sobald die Flüssigkeit aus *a* vollständig hinaufgedrückt ist, dadurch ganz oder fast ganz füllt, so wird, falls Gas durch den inneren Druck ausgetrieben wird, auch ein Teil der Flüssigkeit mit hinausgeschleudert werden. Dies ist an sich schon unangenehm und kann nachteilig wirken, aufserdem aber wird dadurch auch noch infolge der Verminderung der Flüssigkeitsmenge die Stärke des hydraulischen Drucks bei fortgesetzter Gasentwickelung vermindert. Endlich darf das Rohr zwischen *b* und *c* nicht zu kurz sein, da sonst, bei übrigens richtiger Konstruktion, der Spannung in den Entwickelungsapparaten kein genügender Widerstand geleistet wird. Man wird daher bei der Auswahl der Sicherheitsröhren darauf zu achten haben, welchen Druck das Gas auf seinem Wege zu überwinden hat.

Hat man zufällig eine Gasentwickelungsflasche ohne Sicherheitsrohr oder läfst sich ein solches nicht gut auf dem Stöpsel anbringen, so schaltet man gleich hinter dem kurzen, rechtwinklig umgebogenen Gasableitungsrohre ein besonderes Sicherheitsrohr ein. Hierzu eignen sich Röhren von der Form Figur 240 *D*. Oder man macht es, wie bei der Sauerstoffentwickelung im grofsen angegeben ist (S. 37), indem man mit einer T-förmigen Glasröhre eine senkrecht nach unten gehende Glasröhre verbindet und diese hinreichend tief in Wasser tauchen läfst (Fig. 240 *F*).

Wenn eine Gasentwickelungsflasche mit enger Mündung mit dem Sicherheitsrohr versehen werden soll, der Kork aber zu dünn ist, um zwei Röhren durch ihn hindurchzuführen, so kann man mit Vorteil ein Rohr benutzen, welches nach Bellamy* zugleich als Gasentwickelungs- und Sicherheitsrohr wirkt. Es ist in Figur 241 abgebildet. Das senkrechte Rohr *i* wird in den Kork eingesetzt; es soll soweit wie möglich und unten schräg abgeschliffen sein. Das schräge Rohr ist 15—20 mm weit und 60—70 mm lang. Das umgebogene Rohr *f* dient zur Gasableitung. — Figur 242 zeigt eine andere Form des Apparats, wo zugleich ein Rohr *k* zur Reinigung des Gases angebracht ist. Dieses ist etwa 100 mm lang und von dem Sicherheitsrohr durch eine Verengung *a* getrennt. Es wird

* *Journal de Pharmacie et de Chimie* [5], Bd. 5, S. 509. — *Chem. Centr.-Blatt* 1882, S. 420.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit der zur Reinigung geeigneten Substanz gefüllt und oben mit einem durchbohrten Kork geschlossen. Was die Form der unteren Röhre *i* betrifft, so mufs diese, wenn sie nicht weit genug ist, noch eine seitliche Öffnung *l* haben, durch welche das Gas entweicht, wenn das untere schräg abgeschliffene Ende zeitweilig durch einen Tropfen verschlossen ist, oder wenn man Flüssigkeit nachgiefst. Immerhin mufs man beim Nachfüllen vorsichtig verfahren, damit die Flüssigkeit nicht etwa durch einen etwas stärkeren Gasstrom in das Gasableitungsrohr hineingetrieben wird.

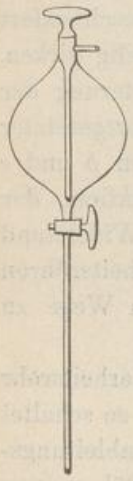


Fig. 243.

Für gewisse Zwecke werden bei Gasentwickelungsapparaten Tropftrichter gebraucht, welche gestatten, eine Flüssigkeit je nach Bedarf schneller oder langsamer ausfliefsen zu lassen. Hierzu können zwar gewöhnliche Trichterröhren, die mit einem Hahn versehen sind, dienen; allein da während des Ausfliefsens der Flüssigkeitsstand im Trichter sinkt, so nimmt auch der Druck entsprechend ab und der Ausflufs wird allmählich langsamer.

Einen Tropftrichter mit konstantem Ausflufs hat E. Pollak* konstruiert, welcher in Figur 243 abgebildet ist. Das Gefäfs des Trichters hat Kugelform und ist oben mit einem hohlen Glasstöpsel verschlossen, welcher nach unten in eine Glasröhre verlängert und seitlich mit einem am Halse angeschmolzenen kurzen Glasrohre versehen ist, das bei richtiger Stellung des Stöpsels genau auf dessen Durchbohrung stöfst. Hierdurch kommuniziert das Innere der Kugel mit der äufseren Luft oder kann durch einen Kautschukschlauch mit einem Absorptionsapparat und dergl. verbunden werden. Öffnet man nach Füllung der Kugel den Hahn in entsprechender Weite, so tritt, während die Flüssigkeit ausfliefst, Luft durch das Glasrohr in die Kugel, welche sonach als Mariotte'sche Flasche wirkt und den Ausflufs konstant erhält.

Es ist anzuraten, für die verschiedenen Gase ein für allemal bestimmte Gasentwickelungsflaschen mit allen nötigen Einrichtungen fertig montiert vorrätig zu halten, also für Wasserstoff, Kohlensäure, Chlor, schweflige Säure, Stickoxyd etc. (wenn man es nicht vorzieht, für die ersteren drei Gase kontinuierlich wirkende Apparate, wie sie sogleich weiter unten, bezw. später am geeigneten Orte zu beschreiben sind, zu benutzen). Die festen Materialien, welche zur Entwickelung des betreffenden Gases dienen, bleiben in den Flaschen, die Flüssigkeiten werden abgegossen und der Rückstand mit Wasser nachgewaschen. Hat man Kautschukstöpsel zum Verschlufs (was für diesen Fall unbedingt anzuraten

* *Repertor. d. anal. Chemie*, Bd. 7, S. 287. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 770.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist), so bleiben dieselben fest aufgesetzt im Halse; Korkstöpsel müssen abgenommen werden (s. Fig. 169—170). Zur Vermeidung von Verwechselungen hängt man ein Schild mit dem Namen des Gases an (Fig. 244—248).

2. Kontinuierlich wirkende Gasentwickelungsapparate. Es ist unstreitig eine grofse Annehmlichkeit, bei länger fortzusetzenden Gasentwickelungen des Nachfüllens von Flüssigkeit und der fortdauernden

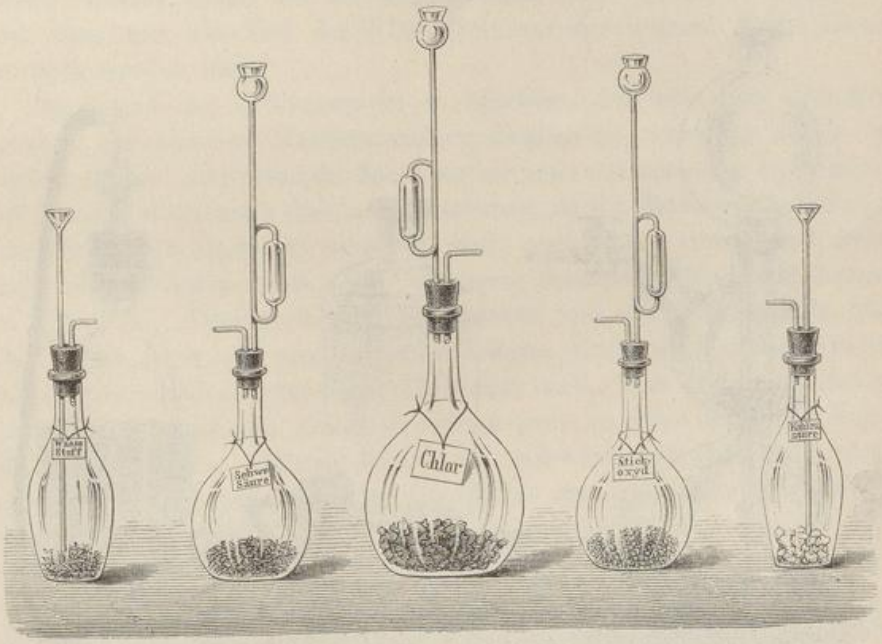


Fig. 244. Fig. 245. Fig. 246. Fig. 247. Fig. 248.
Gasentwickelungsflaschen.

Überwachung des Apparats überhoben zu sein. Durch Anwendung des Kipp'schen Apparats (Fig. 249) erreicht man dies für die Zwecke des experimentierenden Unterrichtes unstreitig am leichtesten und besten. Derselbe eignet sich für Wasserstoff und Kohlensäure und mit geeigneten Abänderungen auch für Chlor (s. bei Chlor im „Besonderen Teil"). Die obere Kugel endigt nach unten in ein Glasrohr, welches in den Hals der mittleren Kugel luftdicht eingeschliffen ist. Letztere ist mit der unteren Kugel direkt verbunden, so dafs die Flüssigkeit aus der einen in die andere fliefsen kann. In die mittlere bringt man das zur Gasentwickelung nötige Material (Marmor, Zink, gepreſsten Chlorkalk etc.) in groben Stücken, pulverfrei, so dafs es nicht in die untere fallen kann. Um dies noch besser

zu verhüten, ist auf den Boden der mittleren eine runde Kautschukscheibe gelegt, durch deren Durchbohrung das Glasrohr der oberen geht. Die mittlere hat in ihrem Tubulus einen gutschliefsenden Glashahn, durch welchen der Gasstrom reguliert wird. Die Flüssigkeit wird bei geöffnetem Hahne durch die obere Kugel eingegossen, bis sie die mittlere halb füllt. Die Gasentwickelung beginnt sogleich und dauert so lange fort, als man den Hahn geöffnet läfst. Schliefst man ihn ab, so wird die Flüssigkeit aus der mittleren Kugel nach der unteren und aus dieser nach der oberen

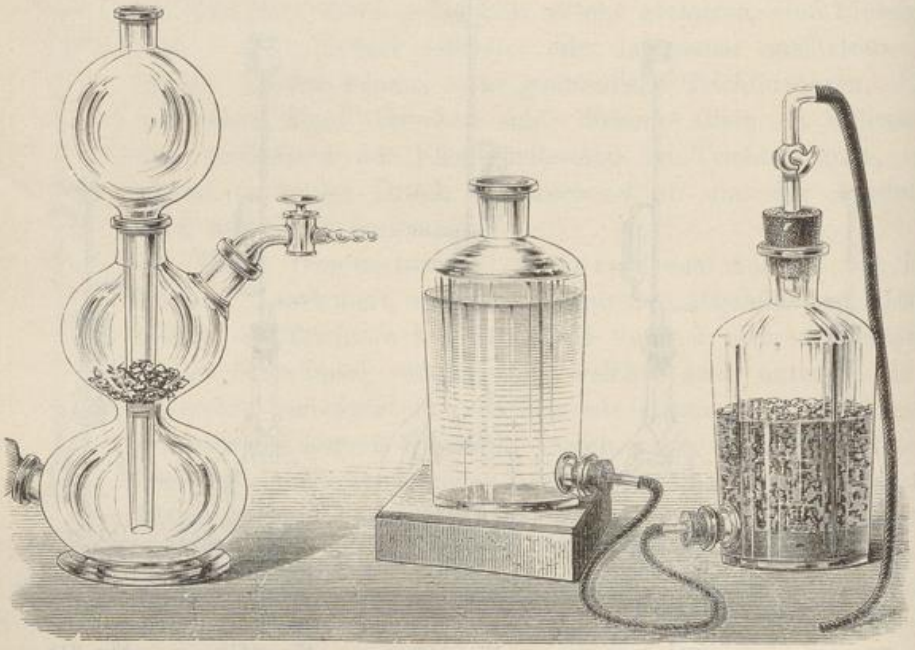


Fig. 249. Kontinuierlich wirkende Gasentwickelungsapparate. Fig. 250.

gedrückt, worauf die Gasentwickelung sogleich aufhört, um nach Öffnung des Hahns sofort von neuem zu beginnen. Dabei hat man es ganz in der Hand, durch mehr oder weniger weite Öffnung des Hahns die Stärke des Stroms beliebig zu regeln, von der gröfsten Lebhaftigkeit bis zum Austritt einzelner Blasen.

Bezüglich der Konstruktion und Bedienung des Apparats sind aber mancherlei Kleinigkeiten zu beachten.

Zuvörderst mufs die Gröfse der drei Kugeln zu einander in einem richtigen Verhältnisse stehen. Um den Apparat darauf hin zu prüfen, fülle man ihn mit Wasser, so dafs dies bei geöffnetem Hahne die mittlere Kugel halb füllt. Dann blase man mittels eines aufgesetzten Kautschukschlauchs

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch den Hahn kräftig Luft ein, bis nach Verdrängung des Wassers aus der unteren Kugel nach der oberen Luftblasen durch das senkrechte Glasrohr treten, und verschliefse den Hahn. Die obere Kugel darf jetzt höchstens zu zwei Dritteilen gefüllt sein. Steht das Wasser höher, so ist der Apparat fehlerhaft; denn es wird dann nicht ausbleiben, dafs, wenn man beim Gebrauch nach einer lebhaften Gasentwickelung den Hahn rasch schliefst, ein Teil der Flüssigkeit zur oberen Öffnung hinausgeschleudert wird. Man kann diesem Übelstande abhelfen, wenn man das Glasrohr an seinem unteren Ende um ein angemessenes Stück verkürzt. Dies hilft, weil dann nur ein Teil der Flüssigkeit aus der unteren Kugel hinauf gedrückt werden kann.

In betreff der Bedienung ist zu beachten, dafs nur dann eine fortdauernd gleichmäfsige Gasentwickelung möglich ist, wenn für die in der mittleren Kugel abgestumpfte Säure immer neue von unten her nachströmt. Der Theorie nach mufs dies auch geschehen, da die Säure durch Auflösen (von Zink, bezw. Marmor) schwerer wird, nach unten sinken und freier Säure Platz machen mufs. Bei langsamer Gasentwickelung aber kommt der Strom der Flüssigkeit bald ins Stocken und die Entwickelung hört nicht selten ganz auf, obwohl in der unteren Kugel noch grofse Mengen freier, nicht abgestumpfter Säure vorhanden sind. Man drehe, um dies zu vermeiden, in passenden Zeiten den Hahn ganz zu, lasse die untere Kugel sich halb entleeren, schüttele lebhaft um und wiederhole dies, wenn nötig, noch einmal. Ferner ist zu beachten, dafs der Hahn eine sehr genaue Regulierung gestatte, was bei den käuflichen Apparaten selten der Fall ist. Deshalb ist es geraten, mittels eines Kautschukschlauchs den Präzisionshahn (s. unten Fig. 332) vorzulegen und durch ihn zu regulieren, während man den Glashahn ganz offen hält. Endlich erfüllt der Apparat seinen Zweck nur dann ganz, wenn man ihn beliebig lange gefüllt stehen lassen kann, um dann nach Öffnung des Hahns sogleich wieder einen Gasstrom von gewünschter Stärke zu erhalten. Dies ist aber nur möglich, wenn die Dichtungen am Hahn und zwischen der oberen und mittleren Kugel ganz vollkommen sind, eine Anforderung, die selten in aller Strenge erfüllt ist. Es wird dann langsam Gas entweichen, neue Säure in die mittlere Kugel gelangen, und bald der ganze Vorrat der letzteren neutralisiert sein, so dafs die Wirkung, wenn man sie haben will, völlig ausbleibt. Man hilft diesem Übelstande dadurch ab, dafs man unmittelbar nach dem Gebrauche und nachdem der Apparat nach Schliefsung zur Ruhe gekommen, also die obere Kugel zu zwei Dritteilen gefüllt ist, die Öffnung der letzteren durch einen gut schliefsenden (Kautschuk-)Stöpsel verschliefst, den Hahn öffnet, den Apparat in diesem Zustande sechs bis acht Stunden stehen läfst, und nun erst den Hahn wieder schliefst. Die Flüssigkeit kann jetzt nicht aus

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der oberen Kugel herunterfliefsen, selbst wenn der Hahn und der Schliff in der mittleren Kugel nicht völlig dicht sind. Ja man kann sogar den Hahn ganz offen lassen, wodurch jede Gefahr ausgeschlossen ist. Denn wenn durch Zufall ein Stück Zink oder Marmor aus der mittleren Kugel in die untere fallen sollte, so bringt dies keinen Nachteil, weil das sich infolgedessen entwickelnde Gas frei entweichen kann, während es bei geschlossenem Hahne und geschlossener oberer Öffnung den Apparat gefährden könnte.

Ein anderer kontinuierlich wirkender Apparat, der aber nur dann zu empfehlen ist, wenn es sich um die Entwickelung starker Gasströme handelt, ist in Figur 250 abgebildet. Er besteht aus zwei Flaschen, die durch zwei untere Tubusse mittels eines weiten Kautschukschlauchs verbunden sind. Die eine ist in ihrer oberen Öffnung mit einem Hahn verschlossen, unten mit grobem Kies und darüber mit dem Gasentwickelungsmaterial (Zink, Marmor etc.), die andere mit der Säure gefüllt. Bei Nichtbenutzung des Apparats steht jene höher als diese; soll der Gasstrom beginnen, so wird sie (bei geschlossenem Hahne) herabgenommen. Durch allmähliche Öffnung des Hahns leitet man dann die Gasentwickelung ein und reguliert den Strom.

Aufser den oben beschriebenen Apparaten für konstante Gasentwickelung sind in neuerer Zeit noch zahlreiche andere Formen empfohlen worden, von denen nur die folgenden, weil sie für gewisse Zwecke dem Kipp'schen Apparate in seiner gewöhnlichen Form vorzuziehen sind, Erwähnung finden mögen.

Zunächst ist eine verbesserte Form des letzteren zu erwähnen, welche von Reinhardt* angegeben und in Figur 251 abgebildet ist, und dessen Einrichtung sich hieraus leicht ergiebt. Die Vorzüge dieses Apparats sind folgende: Man kann durch die zweite Öffnung des mittleren Gefäfses neues Gasentwickelungsmaterial nachschütten, ohne den Stöpsel, welcher das Gasableitungsrohr trägt, herauszunehmen, wenn man zuvor die Säure durch den noch vorhandenen Gasdruck aus dem untersten Gefäfs durch das Fallrohr in die obere Kugel hinaufdrücken läfst und den Hahn, der unterhalb dieser angebracht ist, schliefst. Die abgestumpfte Flüssigkeit wird durch den an dem unteren Gefäfs angebrachten Hahn abgelassen. Die obere Kugel ist genügend weit, um die ganze Flüssigkeit aufzunehmen; sie ist mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen, welcher, wenn nötig, ein Rohr zu dem Absorptionsapparat für nachträglich entwickeltes Gas, und ein zweites mit einem Hahne versehenes Verbindungsrohr zum mittleren Gefäfse trägt. Letzterer wird geöffnet, wenn man

* *Dingler's Polytechnisches Journal*, Bd. 257, S. 73. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 737.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach dem Gebrauch des Apparats die Flüssigkeit aus dem mittleren Gefäfse nach der Kugel hinaufgedrückt und den Hahn des Fallrohrs geschlossen hat. Auf diese Weise wird jeder schädliche Druck im Innern des Apparats vermieden. Endlich ist das Fallrohr an seinem untersten Ende nach oben umgebogen, wodurch bewirkt wird, dafs die am meisten abgestumpfte, spezifisch schwerere Flüssigkeit sich unten in dem weitesten Teile des Gefäfses ansammelt und beim Verschliefsen des Apparats nicht wieder in die Kugel hinaufgedrückt wird. Die beiden Ansätze des mittleren Gefäfses sind gleich weit, so dafs man die Stöpsel verwechseln

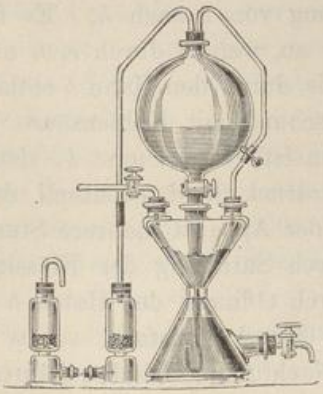


Fig. 251. Verbesserter Kipp'scher Apparat nach Reinhardt.

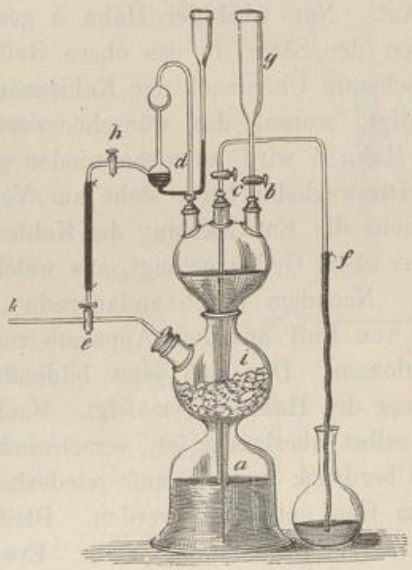


Fig. 252. Verbesserter Kipp'scher Apparat nach Muencke.

kann, ohne den Apparat zu drehen. Der Apparat wird auf einen Holzklotz gestellt, damit man bequem unter den Ablafshahn ein zur Aufnahme der abgestumpften Säure bestimmtes Gefäfs setzen kann.

Bei dem von Muencke* verbesserten Kipp'schen Apparate hat das oberste Gefäfs drei Tubulatoren: die eine, *b*, mit Hahn zum Nachfüllen der Säure durch *g*, die mittlere, *c*, zum Abziehen der verbrauchten Flüssigkeit, ebenfalls mit Hahn, und die dritte dient zur Anbringung eines Manometerrohrs für Quecksilber, dessen Einrichtung aus der Figur ersichtlich ist. Der Hahn *e* ist ein Dreiweghahn und kann auf Verbindung von *i* nach *h*, sowie von *i* nach *k* gestellt werden. Der

* *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 179.

Apparat ist von seinem Erfinder hauptsächlich zur Entwickelung reiner, luftfreier Kohlensäure bestimmt. Zu diesem Zwecke soll er nach dessen Vorschrift in folgender Weise in Betrieb gesetzt werden. Zuerst wird kohlensaurer Kalk, welcher in Wasser ausgekocht ist, in das mittlere Gefäfs gebracht und die Röhre *f* mit einem gewöhnlichen Kohlensäureentwickelungsapparate verbunden. Die Kohlensäure verdrängt allmählich, von unten ansteigend, durch *e*, *h* und *d* in das oberste Gefäfs gelangend, die Luft, welche durch den Hahn *b* entweicht. Hierauf wird so lange luftfreie Säure in den Trichter *g* gefüllt und in den Apparat eingelassen, bis sie in das mittlere Gefäfs eindringt und Kohlensäure zu entwickeln beginnt. Nun wird der Hahn *h* geschlossen und dadurch das Emporsteigen der Säure in das obere Gefäfs bewirkt. Der in dem letzteren herrschende Überdruck der Kohlensäure wird durch Öffnen des Hahns *b* beseitigt, worauf das wünschenswerte Säurequantum eingelassen wird. Der Hahn *b* wird nunmehr wieder geschlossen und der bei *h* geöffnet; der Dreiweghahn bei *e* steht auf Verbindung von *i* nach *h*. Es fängt nunmehr die Entwickelung der Kohlensäure an, welche durch *e*, *h* und *d* in das obere Gefäfs gelangt, aus welchem sie durch den Hahn *b* entlassen wird. Nachdem durch andauernde Auswaschung mit Kohlensäure jede Spur von Luft aus dem Apparate vertrieben ist, wird zuerst *b*, dann *h* geschlossen. Der sich jetzt bildende Überdruck wird eventuell durch Öffnung des Hahns *b* ermäfsigt. Nachdem der Apparat mehrere Stunden sich selbst überlassen ist, verschwindet durch Sättigung der Flüssigkeit der Überdruck und es mufs wiederholt durch Öffnung des Hahns *h* von neuem Gas entwickelt werden. Bleibt der Druck konstant, so ist der Apparat zur Verwendung fertig. Etwaige Nachfüllung frischer Säure erfolgt nach Ablassung eines Teils der gebrauchten durch Öffnung von *c*, hierauf Schliefsen desselben und Beseitigung des Überdrucks durch Öffnung von *b*. Die Einfüllung geschieht unter Öffnung des Hahns *h* und Stellung des Dreiweghahns *e* auf die Verbindung von *h* nach *k*.

Der folgende von v. Kalecsinszky* empfohlene Apparat vermeidet die mancherlei Übelstände des Kipp'schen Apparats. Er wirkt konstant, nutzt die Säure vollständig aus, besitzt den Vorzug, dafs sich die verbrauchte Säure nicht mit der noch aktionsfähigen mischt und dafs das Niveau und der Druck der reinen Säure und damit die Geschwindigkeit der Gasentwickelung konstant bleiben. Die Säure strömt hier nicht von unten, sondern von oben nach unten zu.

---

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 31, S. 344. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, S. 1058.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Gefäfs *A* (Fig. 253) wird mit Zink, Calciumcarbonat oder Schwefeleisen gefüllt, damit die zufliefsende Säure immer mit einem Überschufs an fester Substanz in Berührung tritt und vollständig ausgenutzt wird. Das Säurezufluſsrohr *dd'* reicht bis über das Niveau der festen Substanz; das Abflufsrohr mit Hahn *g* ist im Innern von *A* mit einer siebartigen Röhre verbunden, damit es nicht verstopft werde. Stellt man das Säuregefäfs *B* mit *A* in gleiche Höhe, so kann keine Säure nach *A* überfliefsen, sondern nur in der Röhre *dd'* die Höhe *d'* erreichen; wird dagegen *B* höher gestellt, so tritt Säure bei *d'* aus und entwickelt Gas, das durch *e* abgeleitet wird. Wird dabei mehr Gas entwickelt als durch *e* abgeführt werden könnte, so treibt das Gas die Säure in *dd'* zurück, ja es kann sogar Gas nach *B* übertreten und von da ausströmen. Die Säure kann alsdann nur wieder nach *A* übertreten, wenn die bereits ausgeströmte Säure verbraucht ist. Bei dieser Einrichtung kann die Säure nur tropfenweise auf die Substanz fliefsen. Damit der Säurestand stets derselbe bleibe, ist eine mit verdünnter Säure gefüllte Mariotte'sche Flasche *C* aufgesetzt, aus der die Säure von selbst nachfliefst. Der Apparat gestattet aufserdem, die ganze Menge der Säure mit entwickeltem Gas vollständig zu sättigen und die in der Flüssigkeit gelöste Luftmenge zu entfernen. Zum Verschlufs dienen mit Paraffin ausgekochte und damit bestrichene Korke; zur Verbindung von *A* und *B* dient eine starkwandige Kautschukröhre oder eine Bleiröhre mit Hahn. Als Verdünnungsgrenze der Säure gelten folgende Verhältnisse: Für Wasserstoffentwickelung 45 Vol. konzentrierte H_2SO_4 und 100 Vol. Wasser; für Entwickelung von Schwefelwasserstoff 21 Vol. konzentrierte H_2SO_4 und 100 Vol. Wasser.

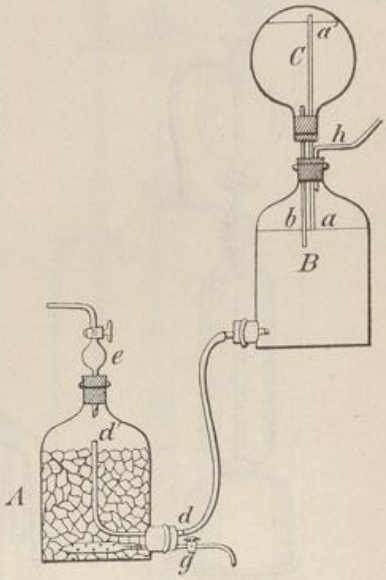


Fig. 253.

Pollak und Wilde* geben ihrem Apparat die Gestalt eines geräumigen Absorptionsturmes (Fig. 254), in dessen Einschnürung ein Sieb mit angeschmolzener Glasröhre eingeschliffen ist. Die zur Gasentwickelung nötige

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 695 und 775. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 845 und 991.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Flüssigkeit ist in einem Tropftrichter mit konstantem Ausfluſs (S. 180) enthalten und fließt durch den am unteren Ende des Rohrs angeschliffenen spinnenförmigen Flüssigkeitsverteiler (Fig. 255) auf das Gasentwickelungsmaterial, je nach Bedarf in gröſserer oder kleinerer Menge. Das seitlich neben dem Tropftrichter in den Kork eingesetzte Gasableitungsrohr ist mit dem Hals des ersteren derart verbunden, daſs bei richtiger Stellung des Hahnstöpsels der Gasdruck über der Flüssigkeit sich mit dem im Apparat vorhandenen ausgleicht. Bei richtiger Stellung des Hahns kann der Gasstrom längere Zeit konstant erhalten werden.

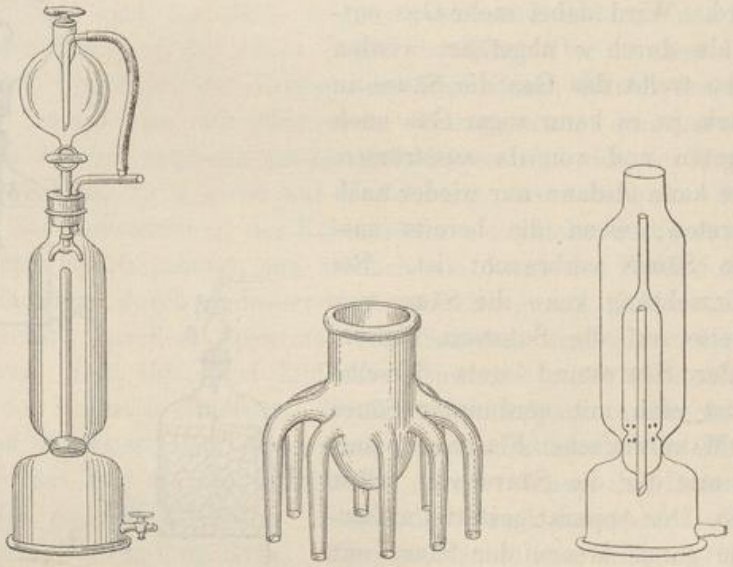


Fig. 254. Fig. 255. Fig. 256.

Apparat für kontinuierliche Gasentwickelung nach Pollak und Wilde.

In dieser Form eignet sich der Apparat besonders für die Entwickelung von Kohlensäure aus Marmor. Soll er auch für die Entwickelung von Wasserstoff dienen, so giebt man ihm statt des Siebeinsatzes ein weites eingeschliffenes Glasrohr, welches oben verengt, unten mit Löchern versehen ist und ein zweites, eingeschmolzenes Abflufsrohr trägt (Fig. 256). Durch diese Einrichtung wird bewirkt, daſs die Flüssigkeit im oberen Teile des Apparats längere Zeit mit dem Zink in Berührung bleibt, weil die abfliefsende Salzlösung bis zur Höhe des eingeschmolzenen Rohrs steigen muſs.

Bei allen oben beschriebenen Apparaten muſs die Abfallflüssigkeit aus dem Sammelgefäſs von Zeit zu Zeit entleert werden, was unter Umständen mit Beschwerden verbunden sein kann. Einen Gasentwickelungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

apparat mit kontinuierlichem Abfluſs der Abfallflüssigkeit hat THEODOR BREYER* konstruiert (Fig. 257). Das Entwickelungsmaterial ist in dem unten verjüngten Cylinder *A*, und die Zersetzungsflüssigkeit in dem umgekehrten Ballon *C* (oder statt dessen in einem der Gefäſse C_1 oder C_2) enthalten. *J* ist die Waschflasche und *K* das Gefäſs, in welchem das Gas Verwendung finden soll. *G* ist das Aufnahmegefäſs für die Abfallflüssigkeit. Die Verbindung aller dieser Teile ergiebt sich aus der Figur. Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so beschickt man *A* mit dem Zersetzungsmaterial, setzt *B* (bei geschlossenem Hahn) und *C* auf, verbindet *H* mit der Waschflasche, füllt *E* ganz mit Wasser, bringt es an seinen Platz und stellt *G* möglichst hoch. Nach Öffnung des Hahns *B* beginnt die Gasentwickelung und der Druck des Gases treibt das Wasser aus *E* durch *F* nach *G*. Ist jener so weit gestiegen, daſs er die Flüssigkeitswiderstände in *J* und *K* überwinden kann, so wird *G* soweit gesenkt, daſs der Druck in *F* nur wenig höher ist, als in *J* und *K* zusammen. Von nun ab bleibt die Gasentwickelung bei richtiger Stellung des Hahns lange Zeit hindurch konstant und man hat nichts weiter zu thun, als von Zeit zu Zeit die Zersetzungsflüssigkeit in *C* zu erneuern und die Abfallflüssigkeit aus *G* zu entfernen. Ist auf dem Experimentiertisch ein Säureabfluſs vorhanden, so stellt man über denselben einen vertikal beweglichen Trichter auf und hängt das ∩-förmig gebogene Rohr am oberen Ende des Schlauchs *F* über den

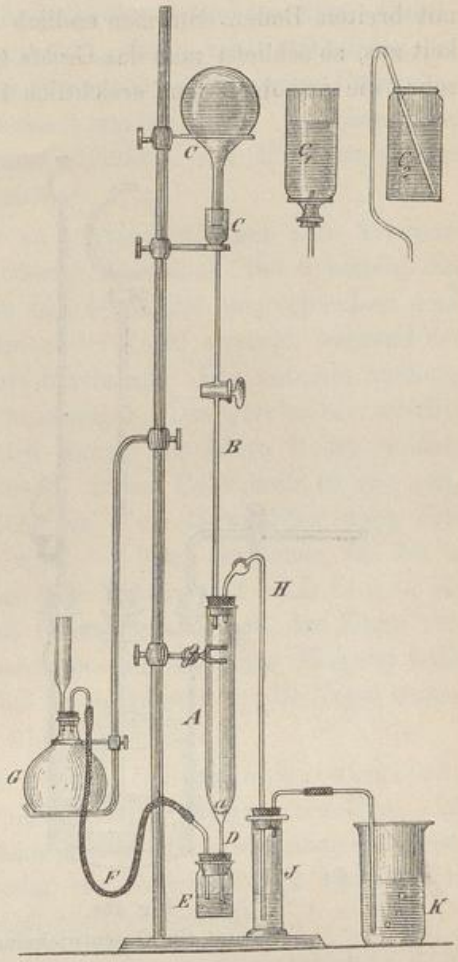


Fig. 257. Apparat für kontinuierliche Gasentwickelung nach BREYER.

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 28, S. 438. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 626.

Rand des Trichters. Wenn sich aus der Abfallflüssigkeit eine gröfsere Menge Bodensatz abscheidet (wie z. B. bei der Chlorentwickelung aus Chlorkalkwürfeln nach WINKLER, s. im „Besonderen Teil“ dieses Werkes), so giebt man dem Gefäfs *E* die Gestalt eines ERLENMEYER'schen Kolbens mit breitem Boden. Strömen endlich schädliche Gase aus der Abfallflüssigkeit aus, so schliefst man das Gefäfs *G* mit einem aufgesetzten Absorptionsrohr, wie aus der Figur ersichtlich ist.

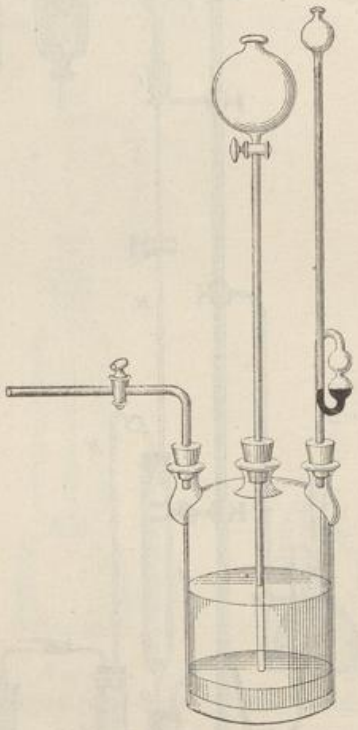
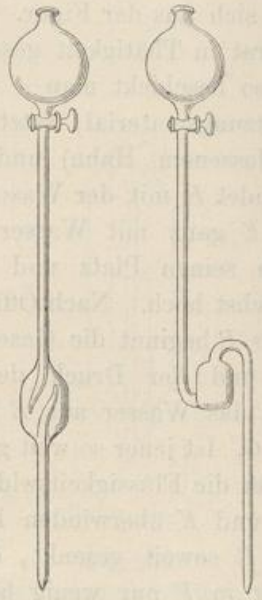


Fig. 258.



a. *b.*

Fig. 259.

Apparat für Gasentwickelung aus zwei Flüssigkeiten.

Wenn Gase durch Mischen zweier Flüssigkeiten entwickelt werden sollen, so benutzt man dazu mit Vorteil einen von JOH. THIELE* konstruierten Apparat, den man sich leicht aus einer WOULFE'schen Flasche, einem langen Hahntrichterrohr und einem Sicherheitsrohr zusammenstellen kann (Fig. 258). Auf dem Boden der Flasche wird eine Schicht Quecksilber gebracht und darauf die eine Flüssigkeit gegossen. Die andere Flüssigkeit bringt man in das Trichterrohr. Soll die Gasentwickelung beginnen, so braucht man nur den Hahn im Gasableitungs-

* *Liebigs Annalen*, Bd. 253, S. 242. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 628.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

rohr zu öffnen, worauf durch Eindringen der oberen Flüssigkeit durch das Quecksilber die Reaktion erfolgt. Schliefst man den Gasableitungshahn, so wird durch den Gasdruck im Innern der Flasche das Quecksilber in das Trichterrohr ein Stück in die Höhe gedrückt und beide Flüssigkeiten sind voneinander getrennt. Das Sicherheitsrohr, in welches etwas Quecksilber gegossen ist, ist deshalb angebracht, damit nach Abstellung der Gasentwickelung bei etwa zu grofsem inneren Gasdruck keine Flüssigkeit durch das Trichterrohr hinausgeschleudert werden kann. Man kann den Hahn dieses letztgenannten Rohrs ganz schliefsen, weil das überschüssige Gas durch das Sicherheitsrohr entweicht.

Um den Bedarf an Quecksilber zu vermindern, kann man Trichterröhren von der Form Figur 259*a* oder *b* anwenden. Bei *a* besteht das Rohr aus zwei Stücken, welche so in eine Glaskugel eingeschmolzen sind, dafs das obere Rohr beinahe den Boden der Kugel erreicht, während das untere in den obersten Teil derselben hineinragt. Das unterste Ausflufsende des letzteren ist zu einer Spitze ausgezogen. Das Quecksilber, welches die beiden Flüssigkeiten trennt, wird durch das obere Rohr, welches 25 cm Länge hat, in die Kugel gegossen. Dieses Rohr mufs so eng sein, dafs es durch eine Schicht von höchstens 1 cm Quecksilber nach dem Aufdrücken desselben ganz gefüllt wird. — Noch bequemer ist die in Figur 259*b* abgebildete Röhre. Das Quecksilber wird auch hier in die Kugel gegossen. Der obere Teil des Rohrs mufs so mit der Kugel verbunden sein, dafs er vor dem Eintritt in dieselbe keine Biegung nach unten macht, damit die Flüssigkeit bei ihrem Eintritt in die Kugel keinen unnötig hohen Quecksilberdruck zu überwinden hat.

Dieser Apparat läfst sich zur kontinuierlichen Entwickelung von Chlorwasserstoffgas und schwefliger Säure benutzen. Im ersteren Falle bringt man in die Flasche konzentrierte wässerige Salzsäure, im letzteren eine konzentrierte Lösung von Natriumdisulfit und füllt in beiden Fällen die Kugel mit konzentrierter Schwefelsäure.

Ein sehr einfacher kleiner Apparat für kontinuierliche Gasentwickelung, welchen man sich leicht selbst zusammenstellen kann, ist nach BURGEMEISTER* in Figur 260 abgebildet. Ein Lampencylinder wird oben und unten mit durchbohrten Korken verschlossen, die mit Röhren versehen sind; der obere Kork trägt das Hahnrohr zur Ableitung des Gases, der untere ein kurzes Rohr *a* und ein langes nach oben gebogenes Rohr *b*. Die verbrauchte spezifisch schwerere Flüssigkeit sinkt durch *a*

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 28, S. 676. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 626.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

stetig nach unten, und neue Flüssigkeit fliefst durch *b* nach, bis sie ganz erschöpft ist.

Auch bei dem in Figur 261 dargestellten Apparat von SEIDLER* fliefst die Lauge kontinuierlich ab. Er ist besonders zur Entwickelung von Kohlensäure bestimmt. Das Rohr *A* wird bis *a* mit Marmor gefüllt. *F* ist das Gasableitungsrohr. In dem oberen Tubus steckt ein mit Salzsäure zu füllender Ballon *B* mit dem Hahn *D*. Durch das gebogene Rohr *H* fliefst die verbrauchte Lauge ab. Man füllt bei Beginn des Versuches den Cylinder *A* mit einer gesättigten Chlorcalciumlösung, bis die-

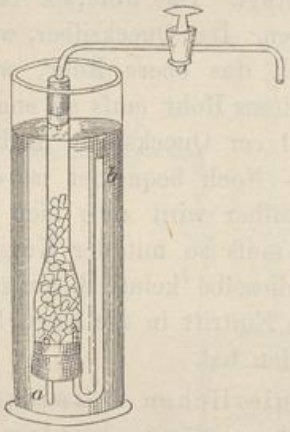


Fig. 260. Apparat für kontinuierliche Gasentwickelung nach BURGEMEISTER.

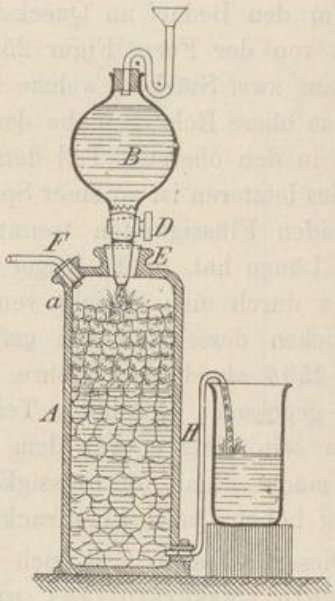


Fig. 261. Apparat für kontinuierliche Gasentwickelung nach SEIDLER.

selbe aus *H* abzufliefsen beginnt, und öffnet dann *D* nach Bedarf. Der Apparat kann auch zur Entwickelung von Wasserstoff und Schwefelwasserstoff dienen.

Der Gasentwickelungsapparat von GALLENKAMP** ist sehr einfach herzustellen. *C* (Fig. 262) ist ein Chlorcalciumturm, der oben mit Hahntrichter *S* und Gasabführungsrohr *h* und unten mit einer Ablafsvorrichtung für die gesättigte Säure versehen ist. Die Flüssigkeit fliefst nur tropfenweise aus *S* auf das Gasentwickelungsmaterial, und ebenso fliefst die

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 22, S. 529. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 98.

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 17, S. 1452. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, II, S. 897.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gesättigte Säure durch den Hahn *H* nur in einzelnen Tropfen ab, was sich genau regulieren läfst. Je nachdem ein gröfserer oder geringerer Druck im Innern zu überwinden ist, steigt oder fällt die Säure in dem Rohr *M*. Man reguliert so, dafs die Höhe der Flüssigkeit in *M* konstant wird. Der Säureverbrauch ist ein geringer und dieselbe wird vollständig ausgenützt. Die Schmutzteilchen sammeln sich auf dem Boden des unteren Teiles *O* an und können nicht in das Rohr *H* gelangen und die Kapillare verstopfen.

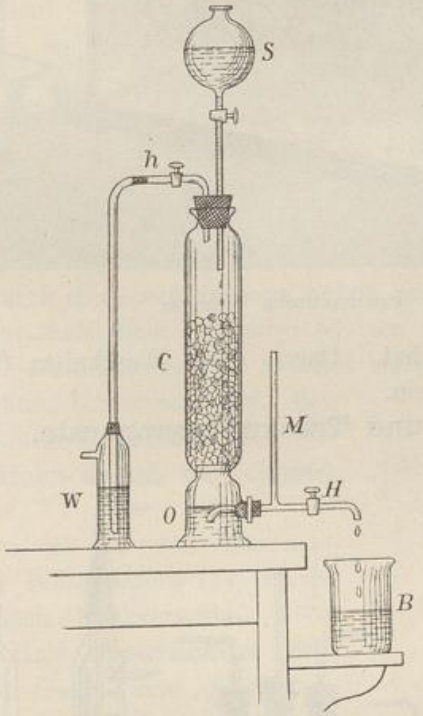


Fig. 262. Gasentwickelungsapparat von Gallenkamp.

3. Pneumatische Wanne. Sie ist zum Auffangen der Gase bestimmt und wird am besten im Experimentiertisch selbst angebracht (s. oben Seite 14 Fig. 6 u. 7). Wo dies nicht der Fall ist, benutzt man eine transportable Wanne aus Blech oder Glas (Fig. 263), deren Einrichtung übrigens ganz mit der im Tisch anzubringenden übereinstimmt. Auch gröfsere Schalen (Krystallisationsschalen aus Glas), oder Näpfe (Schüsseln) von genügender Tiefe können als pneumatische Wanne benutzt werden, wenn man für die zum Gasaufsaugen bestimmten Gläser (Fig. 264) eine geeignete Unterlage in das Wasser bringt. In der Figur sind davon zweierlei abgebildet: der eine Cylinder steht auf einem cylindrischen, an der einen

Seite ausgeschnittenen Holzklotz, der mit Blei ausgegossen ist, der andere auf einem kugelschalig geformten Thonscherben, der gleichfalls einen seit-

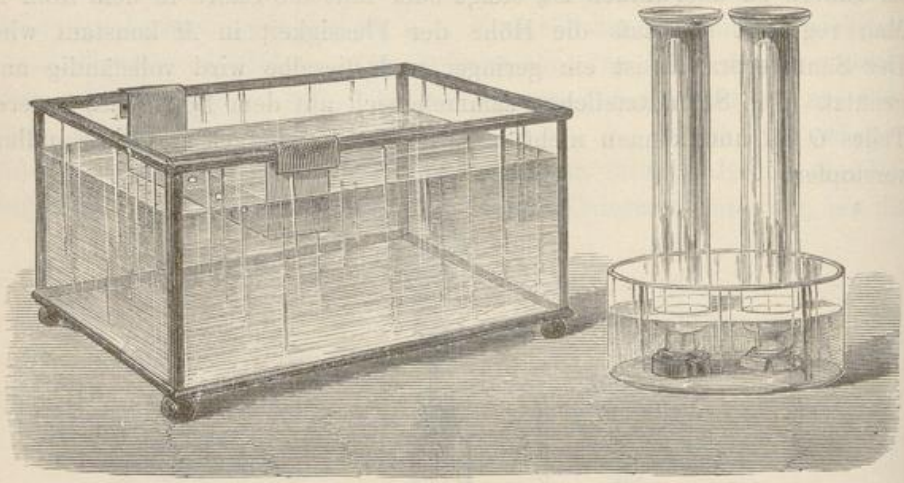
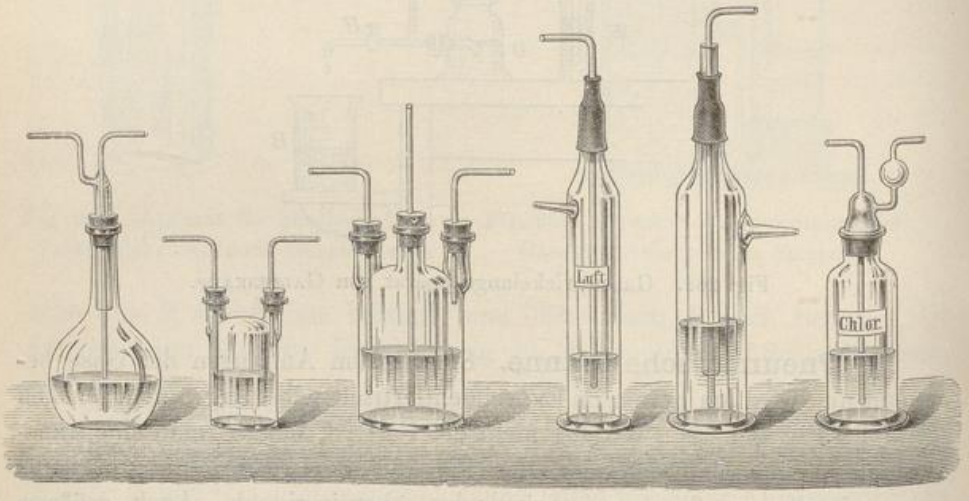


Fig. 263. Pneumatische Wannen. Fig. 264.

lichen Einschnitt hat. Durch diese Einschnitte führt man das Gasentwickelungsrohr ein.

4. Wasch- und Trocknungsapparate. Meistens müssen die



a *b* *c* *d* *e* *f*

Fig. 265. Waschflaschen.

Gase, mit denen man arbeiten will, vor der Benutzung gereinigt und getrocknet werden. Hierzu dienen Waschflaschen und Absorptionsröhren (-Türme).

Als Waschflasche kann man jede beliebige Flasche benutzen, indem man ihren Stöpsel doppelt durchbohrt und zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren einsetzt, von denen die eine bis fast auf den Boden der Waschflasche geht, während die andere dicht unter dem Korke endigt. Eine einfache Durchbohrung genügt bei Anwendung eines Rohrs wie Figur 265*a*. Häufig benutzt man zu dem genannten Zwecke auch doppelt tubulierte (*b*) und WOULFE'sche Flaschen (*c*), durch deren mittleren Tubus man dann noch eine beiderseits offene lange Glasröhre einsetzen kann, die als Sicherheitsrohr dient. Bequem zu handhaben ist die BUNSEN'sche Waschflasche (*d* und *e*), welche keinen Stöpselverschluſs nötig macht; die obere Öffnung wird durch eine passende Kautschukallonge mit dem Gaszuleitungsrohre verbunden, und die seitliche Gasableitungsröhre verbindet man direkt mit dem Kautschukschlauche. Diese Flaschen werden von den Glashütten nicht selten in unpassender Form geliefert. Man achte darauf, daſs die seitliche Röhre nicht zu weit ist, so daſs man selbst enge Kautschukschläuche noch bequem darüber schieben kann. Nach BUNSEN's Angaben soll man durch die obere Öffnung zuerst ein weiteres Glasrohr einführen, durch Kautschuk dicht verbinden (*e*), um dann in dieses das entsprechend engere Gaszuführungsrohr, welches bis fast auf den Boden der Flasche reichen muſs, hineinzustecken. Man übersieht leicht, daſs diese Einrichtung die Wirkung eines Sicherheitsrohrs ausübt, was mitunter von Nutzen sein kann.

Noch vorteilhafter ist die von DRECHSEL empfohlene Form der Waschflasche (*f*), welche weder Kautschuk- noch Korkverschluſs nötig macht. Die in den Hals eingeschliffene Glaskappe, in welche die Gaszu- und -ableitungsröhre eingeschmolzen ist, ist jederzeit leicht zu lüften und die Waschflüssigkeit bequem zu erneuern.

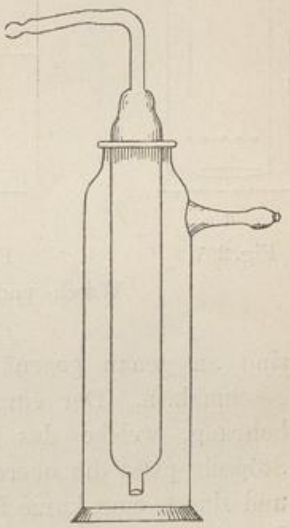
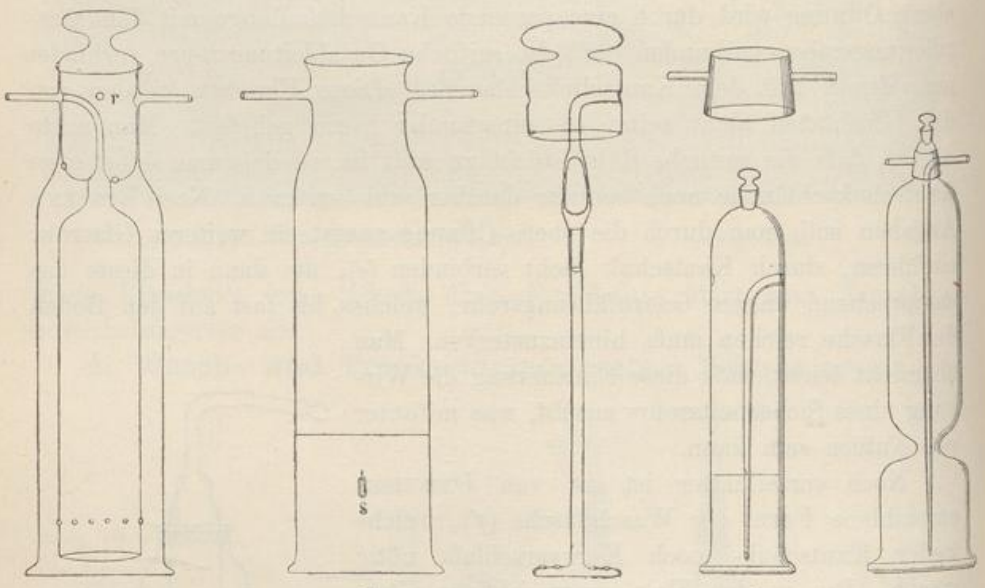


Fig. 266. Waschflasche nach HABERMANN.

Alle diese Waschflaschen, bei denen das Gas durch eine gewöhnliche enge Glasröhre eingeleitet wird, leiden an dem Übelstand, daſs sie der Waschflüssigkeit unter Umständen gestatten, in das Gasentwickelungsgefäſs zurückzusteigen, wodurch sehr unliebsame Störungen des Versuchs oder noch andere Zufälle herbeigeführt werden können. Dieser Fall tritt namentlich ein, wenn das Gas in Kolben durch Wärme entwickelt wird, wo dann durch zufällige rasche Abkühlung, selbst bei Anwendung eines Sicherheitsrohrs, das

Zurücksteigen in der Waschflasche dennoch geschehen kann. Dieser Übelstand wird nach HABERMANN* durch Erweiterung des Gaseinführungsrohrs beseitigt. Die Flasche erhält dann die in Figur 266 abgebildete Form. Die innere Röhre, welche in den Hals eingeschliffen ist, mufs so weit sein, dafs sie die ganze Waschflüssigkeit aufnehmen kann, ohne mehr als bis zur Hälfte damit gefüllt zu sein. Hierauf ist beim Abmessen der Waschflüssigkeit zu achten.

Andere Formen von Wasch- bezw. Trockenflaschen nach POLLAK und WILDE** sind in Figur 267—271 abgebildet. In den weiten Hals



a *b* *c* *d* *e*

Fig. 267. Fig. 268. Fig. 269. Fig. 270. Fig. 271.

Wasch- und Trockenflaschen nach POLLAK und WILDE.

sind an genau gegenüberliegenden Punkten zwei kurze Glasröhren angeschmolzen. Der eingeschliffene Stöpsel hat eine rechtwinklige Durchbohrung, welche das Waschrohr trägt. Bei richtiger Stellung dieses Stöpsels pafst die obere Öffnung genau auf die der seitlichen Ansatzröhren, und durch eine kurze Drehung desselben kann Verschlufs bewirkt werden. Das Waschrohr ist, um ein Zurücksteigen der Waschflüssigkeit zu verhüten, entweder wie bei Figur 267 seiner ganzen Länge nach erweitert,

* *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 881.

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 11, S. 1317. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 123 und 1889, II, S. 63.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

oder wie bei Figur 269 mit einem Rückschlagventil versehen. Durch seine Öffnungen nahe am unteren Ende des Waschrohrs wird das Gas gleichmäfsig in der Flüssigkeit verteilt. Bei Figur 267 hat der Stöpsel noch eine Querbohrung *r*, welche, wenn sie mit den Ansatzröhren kommuniziert, dem Gas direkten Durchgang gestattet.

Die Figuren 270 und 271 weisen zunächst die Verbesserung auf, dafs die Kappe, welche die Ansatzröhren trägt, nicht durch Innen-, sondern durch Aufsenschliff mit der Flasche verbunden ist und sich deshalb weniger leicht festsetzen kann. Ferner erleiden diese Kappen, wie sich leicht

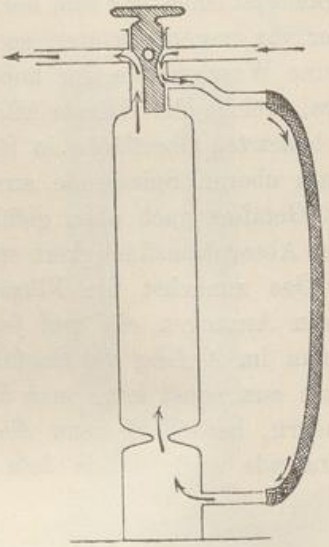


Fig. 272. Gaswaschflasche von KALESS.

Fig. 273. Waschflasche von WALTER.

übersehen läfst, von innen heraus keinen Gasdruck und können deshalb durch diesen nicht abgehoben werden. Soll eine Flasche, wie Figur 271 zum Waschen von Gasen dienen, so kann der untere Teil mit Waschflüssigkeit und der obere mit Glasperlen beschickt werden.

Die Gaswaschflasche von KALESS* (Fig. 272) ist mit einem Stöpsel versehen, der sowohl Ein- und Ausschaltung, als auch Abschlufs der Leitung zuläfst. Das Gas geht in der durch die Pfeile angegebenen Richtung durch das Medium. Dreht man den Stöpsel um 90°, so geht das Gas direkt durch die Bohrung des Stöpsels, ohne das Waschmittel zu berühren. Eine weitere Drehung um 45° bewirkt gänzlichen Abschlufs.

Die Waschflasche von WALTER** soll die Berührung der durch-

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 22, S. 581. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 595.

** *Journal für prakt. Chemie*, Bd. 55, S. 507. — *Chem. Centr.-Blatt* 1897, II, S. 321.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tretenden Gasblasen mit der Waschflüssigkeit möglichst verlängern. Das Gaszuführungsrohr reicht, wie Figur 273 zeigt, bis auf den Boden der Flasche, wo es verengt und nach aufwärts gebogen ist. Die Mündung befindet sich unter einer kleinen Glocke, die das Ende einer Glasspirale bildet, welche das Gaszuleitungsrohr umgiebt und an diesem befestigt ist. Die Waschflüssigkeit kann bis über das obere offene Ende der Spirale reichen, oder es braucht auch nur soviel angefüllt zu sein, das etwa ¼ der Anzahl der Windungen noch darüber hinausragt. Die Gasblasen, welche unter der kleinen Glocke austreten, gelangen in die Spirale und jede Blase schiebt in dieser ein Flüssigkeitssäulchen vor sich her, welches die innere Spiralwandung immer wieder von neuem benetzt, so dafs das Gas auf diesem langen Wege — für eine Waschflasche der hohen Form von etwa 30 cm Höhe ist die Glasröhre, welche die Spirale bildet, circa 90 cm lang — mit einer sehr grofsen benetzten Oberfläche in Berührung kommt. Gas und Flüssigkeit treten am oberen Spiralende aus; indem die Flüssigkeit immer vom Boden des Getäfses nach oben geführt wird, findet eine fortwährende Cirkulation der Absorptionsflüssigkeit statt. Bei Beginn des Einleitens verdrängt das Gas zunächst die Flüssigkeit in einigen Spiralwindungen, dann tritt ein Ansaugen ein und jede Blase nimmt Flüssigkeit mit sich. Öffnet man im Anfang die Gasführung zu rasch, so treten ein paar Blasen daneben aus, sonst kann man die Stärke des Stroms in weiteren Grenzen verändern, besonders wenn die Waschflüssigkeit bis nahe an das obere Spiralende reicht, ohne dafs ein Versagen eintritt.

Die Waschflaschen werden je nach Bedarf mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt: häufig blofs mit Wasser, wenn sie mechanische Beimengungen zurückhalten oder Dämpfe kondensieren, mit Schwefelsäure, wenn sie das Gas zugleich trocknen, mit alkalischen Flüssigkeiten, wenn sie saure Gase oder Chlor zurückhalten sollen etc. Hierüber sind bei den einzelnen Versuchen nähere Angaben gemacht. Man hat ein für allemal mehrere Waschflaschen: eine für Chlor, eine für Luft, Kohlensäure, Wasserstoff und andere indifferente Gase, eine für Salzsäuregas (alle drei sind mit Schwefelsäure gefüllt); ferner eine mit Kalilauge zur Absorption von Kohlensäure und aufserdem noch eine oder zwei ungefüllte für besondere Fälle. Die Bestimmung der Waschflaschen wird auf einer angeklebten Etikette bezeichnet.

Die Absorptionsröhren sind weite, in der Regel U-förmig gebogene Röhren mit Stativ (Fig. 274). Sie werden je nach Bedarf mit Chlorcalcium, festem Kalihydrat oder Bimssteinstücken gefüllt, welche man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit geeigneten Flüssigkeiten tränkt. Sie gewähren den Waschflaschen gegenüber den Vorteil, dafs durch ihre Einschaltung der Druck, den das Gas zu überwinden hat, nur sehr unbedeutend vermehrt wird; aufserdem hält sich das Gas, namentlich dann, wenn die Röhren sehr weit sind, längere Zeit in diesen auf und kommt in viel innigere Berührung mit den absorbierenden Substanzen als bei den Waschflaschen, und deshalb erfüllen sie ihren Zweck mit gröfserer Sicherheit. Aufserdem liefern sie einen

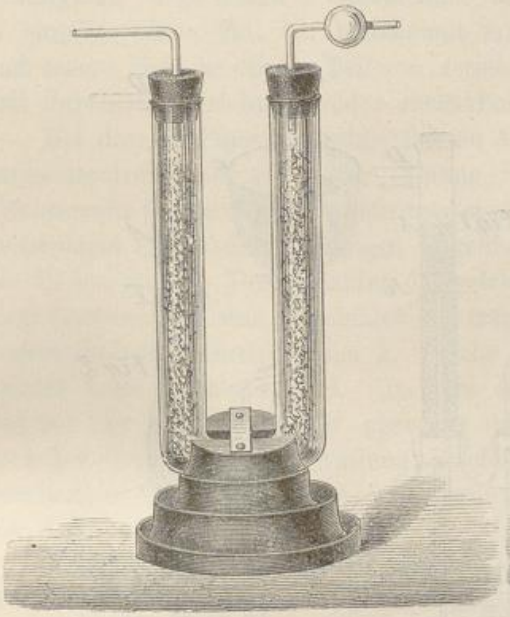


Fig. 274. Absorptionsröhre.

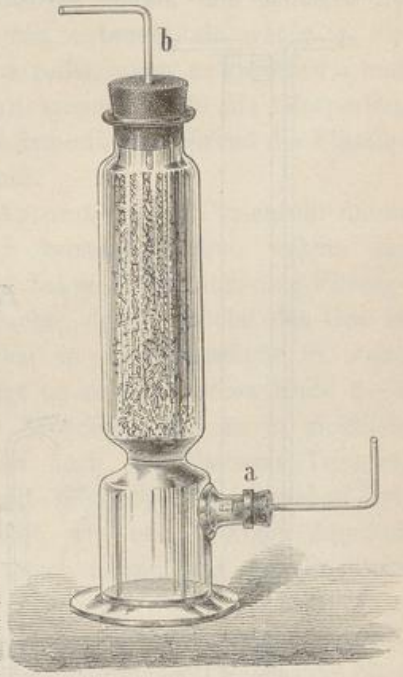


Fig. 275. Absorptionsturm.

konstanten Gasstrom, während die Waschflaschen das Gas nur in einzelnen Blasen hindurchlassen.

Statt dieser U-Röhren sind Trockenröhren (Absorptionstürme) von der Form Figur 275 sehr in Gebrauch gekommen. Die absorbierende Substanz füllt hier nur den oberen längeren Teil und ist durch ein Sieb von Porzellan oder Hartgummi vor dem Herabfallen geschützt. Das Gas wird in der Regel durch *a* eingeleitet. Sie haben den Vorzug, dafs die Flüssigkeit, welche durch Absorption entstehen kann (z. B. beim Trocknen mit schwefelsäuregetränktem Bimsstein oder Chlorcalcium), in den unteren Raum herabfliefst und so den Gasstrom nicht hemmt, während sich solche in den U-Röhren in der Biegung ansammelt und einen hydraulischen Verschlufs verursacht, der erst durch den Gasdruck geöffnet werden mufs.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ein Trockenrohr nach HARCOURT* ist in Figur 276 abgebildet. Eine sogenannte GAY-LUSSAC'sche Bürette wird an ihrem weiteren Rohr mit einer Einschnürung versehen. Darauf legt man ein gröfseres Stück Bimsstein und darüber kleinere Stücke, die man mit konzentrierter Schwefelsäure übergiefst. Das engere Rohr dient zum Einleiten des Gases. Wenn das Volumen der Schwefelsäure sich durch Aufnahme von Wasser beträchtlich vermehrt hat, giefst man die Säure durch das engere Rohr ab und füllt frische Säure durch das weite Rohr zu.

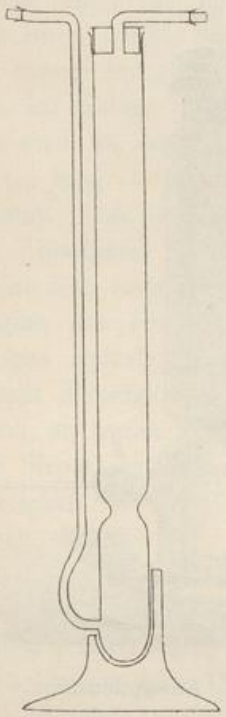


Fig. 276.
Trockenrohr nach HARCOURT.

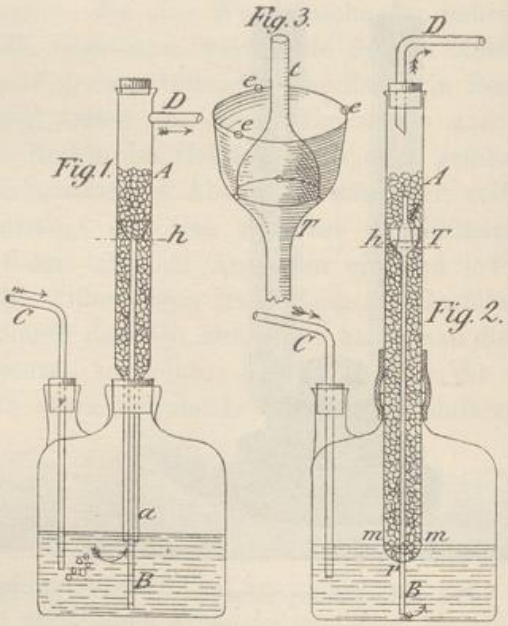


Fig. 277. Fig. 278.
Absorptionsflaschen nach WALTER.

Sehr wirkungsvolle Wasch- und Trockenapparate für Gase mittels Flüssigkeiten erhält man, wenn man das Gas durch Röhren streichen läfst, die mit Glasperlen gefüllt und von der absorbierenden Flüssigkeit benetzt sind. Solche sind nach WALTER** in Figur 277 und 278 abgebildet. Die Waschflasche hat aufser ihrer mittleren Öffnung noch einen seitlichen Tubus. In letzteren ist das Gaseinleitungsrohr *C* eingesetzt, welches bis in die Flüssigkeit reicht, und in der mittleren Öffnung

* *Chem. News*, Bd. 78, S. 156. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 953.
** *Dinglers Polyt. Journal*, Bd. 251, S. 368. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 369.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch Kork ein weiteres, nach unten verjüngtes Rohr *A a* befestigt, welches oben bei *D* mit einem seitlich angelöteten Gasableitungsrohr *D* versehen ist. Aufserdem ist noch ein Trichterrohr *B* in die Röhre *A a* eingeführt. Um diese mit Glasperlen zu füllen, wird das Rohr *B* zuerst nur soweit eingesteckt, dafs der Trichter noch ein Stück über die obere Mündung von *A* hervorragt, während das untere Ende schon in den engeren Teil *a* hineinragt. In dieser Lage füllt man *A* mit Glasperlen durch Einschütten bis zur Höhe *h*, schiebt dann das Trichterrohr herab, und schüttet die übrigen Perlen auf. Das untere Ende von *a* taucht ein wenig in die Flüssigkeit. Das durch *C* eintretende Gas reifst, wenn es zwischen *a* und *B* eintritt, einen Teil der Flüssigkeit mit empor, bis in die Glasperlen, und trennt sich im oberen Teil von *A* von demselben, während die Flüssigkeit durch den Trichter wieder zurückläuft.

Bei dem in Figur 278 abgebildeten Apparat ist das Perlenrohr unten zugeschmolzen und mit einer Öffnung *r* versehen, durch welche das Trichterrohr hindurchgeht; aufserdem sind bei *m* dicht unter dem Flüssigkeitsspiegel vier kleine Öffnungen angebracht, durch welche das Gas in die Röhre steigt. Der Trichter *T*, welcher in der Nebenfigur in etwas vergröfsertem Mafsstab abgebildet ist, trägt an seinem oberen Ende 3—4 angeschmolzene Glaströpfchen *e*, welche bewirken, dafs er in richtiger axialer Lage erhalten wird. In ihm ist noch ein kleinerer Trichter, welcher an seinem Rande ebenfalls mit Glaströpfchen versehen ist, verkehrt eingesetzt; die Füllung geschieht, wie beim vorigen Apparat beschrieben ist, zuerst bis *h*, und dann nach Einsenkung des Trichters bis *A*.

Je nach dem Druck des zu waschenden Gases müssen die Absorptionsröhren mehr oder weniger tief in den Flüssigkeitsspiegel eingesenkt oder von demselben entfernt werden.

Absorptionsrohr zum Trocknen, Reinigen und Absorbieren von Gasen und Dämpfen. Nach C. Hensgen.* Dieser Apparat (Fig. 279) ist geeignet, wenn es sich darum handelt, gröfsere Mengen Gas zu trocknen oder zu reinigen, ohne dafs die Absorptionsflüssigkeit geschwächt wird. Das Gas tritt durch das Rohr *E* ein, durchströmt von unten nach oben das Absorptionsrohr *R*, geht durch das Verbindungsstück *V* nach dem Abzugsrohr *O* und tritt bei *A* aus. *A* liegt in derselben Höhe wie *E*. Der Scheidetrichter *F* enthält die Absorptionsflüssigkeit, deren Abflufs durch einen Hahn reguliert werden kann, und steht mittels der Röhren V^1, *T*, *V* mit dem Innenraume von *R* in Verbindung,

* *Recueil des travaux chimiques des Pays-bas*, Tom. 9 p. 305. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 1025.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wodurch die Luft in R und F immer unter gleichem Drucke steht. Die erschöpfte Absorptionsflüssigkeit sammelt sich in S, von wo aus sie durch ein schwanenhalsförmig gebogenes Rohr in das Gefäfs C abläuft. Wenn das Gas zu Versuchen verwandt wird, bei denen es unter einem gröfseren Drucke steht, als der Flüssigkeitshöhe im Abflufsrohre entspricht, so taucht man letzteres tief genug in Quecksilber ein. Die Absorptionsröhre wird mit groben Scherben eines nicht zu dünnen Glases gefüllt, wobei man Sorge zu tragen hat, dafs dieselben sich stellenweise nicht zu dicht aneinanderlegen und überall genügenden Raum zwischen sich lassen. Sie wirken dann besser als Glasperlen. Der Apparat läfst sich in 3 Stücke R, F und S zerlegen, wodurch seine Reinigung erleichtert wird. Was die Gröfse anbetrifft, so braucht für nicht zu grofse Mengen eines schwachen Gasstroms das Rohr R nur 3 cm weit und 20 cm lang zu sein; für gröfsere Mengen eines starken Gasstroms ein Rohr von 40 cm Länge, die übrigen Teile im Verhältnis.

Fig. 279. Absorptionsapparat nach Hensgen.

5. Prüfung der Gasentwickelungsapparate. Bei einer jeden Gasentwickelung mufs man, bevor man dieselbe einleitet, den ganzen Apparat zusammengestellt haben (z. B. wie in Fig. 280). Ist das geschehen, so prüft man auf Dichtheit der Verbindungen, indem man in das letzte, nach E führende Kautschukrohr Luft hineinbläst, bis aus der Kugel der Sicherheitsröhre Luft austritt. Hierauf verschliefst man das Kautschukrohr fest durch Pressen mit den Fingern oder mittels eines Quetschhahns und beobachtet, ob der Stand im Sicherheitsrohr eine genügende Zeitlang unverändert bleibt. Sollte dies nicht der Fall sein, so prüft man in derselben Weise bei dem Rohre zwischen C und D, dann zwischen B und C und zuletzt, wenn nötig, noch zwischen A und B, bis man die Stelle der Undichtheit aufgefunden hat. Dies ist mitunter gar nicht so leicht, weil die Ursache eine verschiedene sein kann. Entweder können die Kautschukschläuche selbst undicht sein: man prüft sie deshalb einzeln in der oben auf S. 175 angegebenen Weise. Oder die Korke halten nicht

dicht: man gießt, um sich davon zu überzeugen, mit der Spritzflasche Wasser auf und sieht zu, ob beim Hineinblasen Luftbläschen durchkommen. Ferner kann es vorkommen, daſs ein Kautschukschlauch dicht an der Glasröhre einen Riſs bekommen hat, was nicht selten während des Aufschiebens geschieht, oder daſs er durch Zerstörung seiner inneren Wand, wie ebenfalls oben (S. 175) erwähnt, das Glasrohr nicht allseitig dicht berührt. Ist die Undichtheit nur unbedeutend, so läſst sie sich in der Regel durch Auftragen von etwas Wachs, Paraffin oder Mehlkleister beseitigen, was meistens genügen wird, wenn die Gasentwickelung nur eine kurze Zeitlang fortgesetzt werden soll. Doch ist es wohl immer richtiger, daſs man die Mühe nicht scheut, den schadhaften Teil durch einen neuen

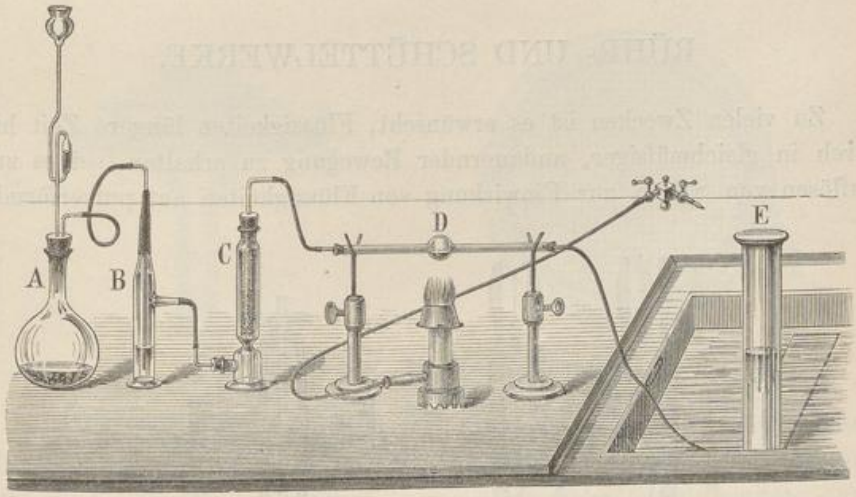


Fig. 280. Prüfung eines Gasentwickelungsapparats.

zu ersetzen, da man nie wissen kann, wie weit sich der Übelstand während der Gasentwickelung vergröſsern wird und ob er nicht vielleicht den ganzen Versuch zum Scheitern bringen kann. Hier ist scheinbarer Zeitverlust bei der Zusammenstellung des Apparats gar häufig reeller Zeitgewinn, abgesehen von all den Unannehmlichkeiten und Gefahren, denen man ausgesetzt ist, und ganz besonders, wenn man mit gesundheitswidrigen oder explosiven Gasen arbeitet und nicht im Besitze eines Abzugs und eines gut ventilierten Experimentiertisches ist. In diesem Falle muſs man natürlich die Gasentwickelung auf dem Experimentiertische vornehmen und die abziehenden, überschüssigen Gase, damit sie sich nicht im Zimmer verbreiten, absorbieren lassen, was an sich zwar miſslich ist, aber bei gehöriger Vorsicht und Geschicklichkeit keine übeln Folgen haben kann. Sind indessen in einem solchen Falle die Apparate undicht, ohne daſs

man dies vorher durch sorgfältige Prüfung bemerkt hat, so kommt man leicht in die Gefahr, dafs man bei Dichtungsversuchen während der Gasentwickelung irgend ein Glasrohr zerbricht oder einen Kautschukschlauch unbemerkt zusammendrückt oder einknickt und dadurch vielleicht sogar eine Explosion veranlafst u. dergl. mehr. Fälle dieser Art sind selbst bei den anscheinend gefahrlosesten Versuchen denkbar und häufig genug vorgekommen. Daher ist es dringend anzuempfehlen, sich bei jeder Gasentwickelung stets zuvor von der Zuverlässigkeit des Apparats zu überzeugen.

RÜHR- UND SCHÜTTELWERKE.

Zu vielen Zwecken ist es erwünscht, Flüssigkeiten längere Zeit hindurch in gleichmäfsiger, andauernder Bewegung zu erhalten, sei es zum Auflösen von Salzen, zur Einwirkung von Flüssigkeiten auf pulverförmige

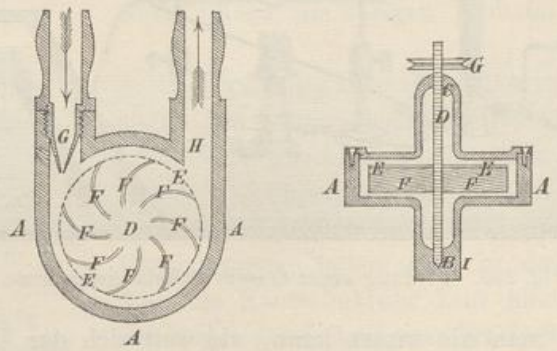


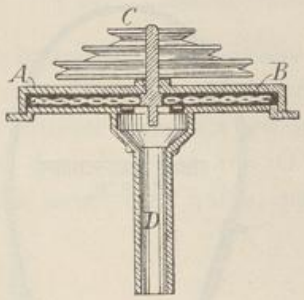
Fig. 281. Turbine nach Rabe. Fig. 282.

Körper, die darin suspendiert sind, zur Reinigung des Quecksilbers u. dergl. Zu diesem Zwecke hat man verschiedene Rühr- und Schüttelwerke, die durch geeignete Wasser-, Heifsluft- oder Elektromotoren in Bewegung gesetzt werden.

Motoren. Am gebräuchlichsten sind die Wassermotoren, die von dem Strome der Wasserleitung ihren Antrieb erhalten.

Die Rabe'sche Turbine ist in Figur 281 im Querschnitt und in Figur 282 im senkrechten Längsschnitt dargestellt. Sie besteht aus einem gufseisernen Gehäuse *A*, in welchem in den Lagern *B* und *C* eine Achse *D* mit einem messingenen Schaufelrad *E* läuft. Die Schaufeln desselben sind

gekrümmt. Das Wasser tritt durch die Röhre *G* ein, spritzt kräftig gegen die Schaufeln und läuft durch *H* wieder ab. Man kann die Turbine, wenn sie nicht festgemacht ist, an dem Zapfen *I* vermittelst einer Klemme auf einem beweglichen Stativ befestigen und ihr dabei die für die jeweilige Benutzung passendste Stellung geben. Mit der Wasserleitung ist das Rohr *G* durch einen Gummischlauch zu verbinden, welcher bei starker Belastung des Triebrads *G* (Fig. 282) sehr starkwandig sein mufs, damit er durch den Wasserdruck nicht aufgeblasen oder gesprengt wird. Besser ist es, das Wassereinströmungsrohr *G* (Fig. 281) gleich durch ein festes Metallrohr mit dem Hahn der Wasserleitung zu verbinden, der an der Säule *S* des Experimentiertisches (s. S. 14 Fig. 6 u. 7) befestigt ist, wodurch dann freilich die Beweglichkeit des Apparats wegfällt.



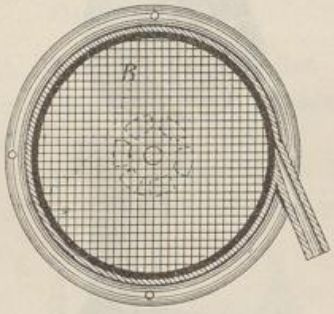


Fig. 283—284. Turbine von Tryller.

Eine andere Konstruktion, die Turbine von Tryller,* unterscheidet sich von der Rabe'schen wesentlich dadurch, dafs die Kraftentfaltung nicht durch den Stofs des Wassers gegen ein Schaufelrad, sondern durch Reibung desselben an einer Scheibe von Drahtnetz bewirkt wird (Fig. 283 und 284). Der Hohlraum der Dose *A* (Höhe 5 mm, Durchmesser 100 mm) wird fast vollständig von einer doppelten Lage gewöhnlichen Eisendrahtnetzes ausgefüllt, die auf der Welle *C* befestigt und mit dieser leicht drehbar ist. Das an der Peripherie tangential zuströmende Wasser mufs, um das als Ausflufs dienende Rohr *D* zu erreichen, spiralförmige Bahnen beschreiben, bis es mehrere in der Nähe der Achse befindliche Öffnungen erreicht, die ihm den Durchtritt nach *D* gestatten. Der neue Apparat, den man mit Hilfe des Ablaufrohrs leicht befestigen kann, besitzt nach Angabe des Erfinders vor der Rabe'schen Turbine folgende Vorzüge: gleichmäfsiger und nahezu geräuschloser Gang, leichte Regulierbarkeit der Umlaufgeschwindigkeit, geringer Wasserverbrauch.

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 30, S. 1729. — *Chem. Centr.-Blatt* 1897, II, S. 457.

Eine Turbine neuester Konstruktion ist in Figur 285 abgebildet. Ihre innere Einrichtung ist aus der Figur zu ersehen. Zu ihr gehört ein schwerer eiserner Fuſs, in welchen sie entweder, wie die Figur zeigt, in senkrechter oder auch in horizontaler Lage eingesetzt werden kann. In ihren Lagern ist sie mit starker Reibung drehbar, so daſs sie leicht in jede beliebige Stellung gebracht werden kann. Die Drehungsachse des Turbinenrads ist sowohl nach der Vorder- als auch nach der Rückseite in einem stärkeren und einem schwächeren Zapfen verlängert. Von diesen wird die Bewegung vermittelst einer biegsamen Welle (Fig. 286), welche auf einem der Zapfen festzuschrauben ist, übertragen. Diese Welle,

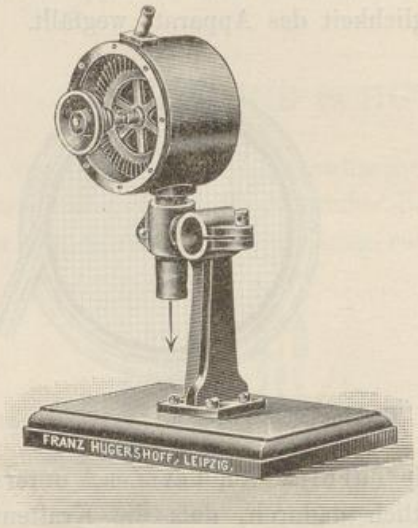


Fig. 285. Turbine neuester Konstruktion.

Fig. 286. Biegsame Welle.

welche einen Durchmesser von 4,5 mm und eine Länge von ca. 50 cm hat, besteht aus einem vierfachen, dünnen Stahldraht (Klavierdraht) als Seele, welcher von einem ebensolchen Draht ganz dicht spiralig umwunden ist. An ihren Enden hat sie zwei mit Schrauben versehene Hülsen, mit denen sie einerseits mit der Turbinenwelle und andererseits mit dem zu drehenden Apparat verbunden werden kann. Die Stellung der beiden Apparate kann wegen der Biegsamkeit der Welle beliebig geändert werden. Auch noch zu anderen Zwecken ist diese sehr praktische Kraftübertragung zu verwenden, z. B. zum Drehen einer Carborundumscheibe (Fig. 287), die man während der Drehung entweder mit der Hand führt, oder nach dem Einspannen in eine Klemme wie einen Schleifstein zum erfolgreichen Schärfen von Gerätschaften benutzt. — Diese Turbine wird in zwei Gröſsen ausgeführt: a) kleines Modell, 130 mm Durchmesser, Wasserverbrauch bei

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

etwa 3 Atm. Druck ca. 5,5 Liter per Minute; b) grofses Modell, mit ca. 7,5 Liter Wasserverbrauch.

Statt der Turbinen sind zum Treiben von Rühr- und Schüttelwerken, namentlich von gröfseren Exemplaren dieser Art, auch Heifsluft- und Elektromotoren in Gebrauch, deren Beschreibung hier übergangen werden kann.

Rühr- und Schüttelwerke. Die Rührer werden mit dem Motor verbunden, wie Figur 287 zeigt. Die Stange derselben wird innerhalb

Fig. 287. Carborundumscheibe.

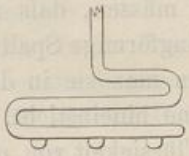


Fig. 288. Rührer.

einer cylindrischen Metallhülse, die durch eine Klemme gehalten wird, durch eine Schmierwelle in mäfsig rasche Drehung versetzt. Als einfachster Rührer kann ein gebogener Glasstab (Fig. 288) dienen.

Bei dem Rührer von O. N. Witt* (Fig. 289) ist an einem festen Glasstabe unten eine hohle, nach unten offene Birne angeblasen, welche

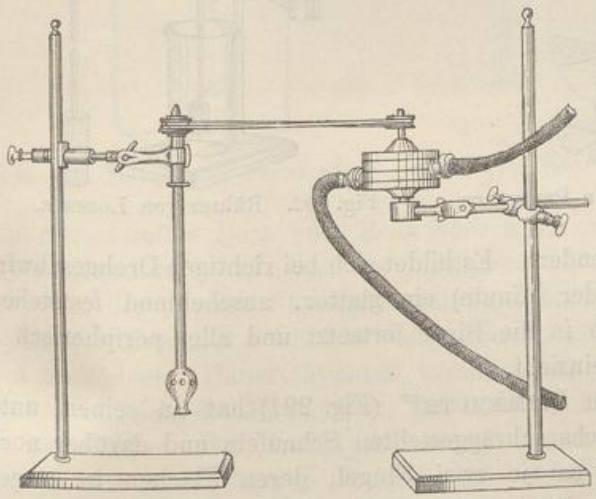


Fig. 289. Rührer von O. N. Witt.

Fig. 290.

vier seitliche Löcher trägt. Die Birne bewegt sich drehend in der Flüssigkeit, die in einem untergesetzten Becherglase enthalten ist. Sie saugt durch ihre untere Öffnung Flüssigkeit empor und stöfst sie infolge der Fliehkraft seitlich aus.

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 26, S. 1694.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dieser Rührer bewährt sich, wenn es sich darum handelt, feste Körper in Flüssigkeiten dauernd suspendiert zu erhalten, oder schwerere Flüssigkeiten, die untersinken, mit leichteren zu emulgieren, nicht aber wenn leichtere, aufschwimmende Flüssigkeiten mit schwereren emulgiert werden sollen. Für solche Fälle ist die von WITT* empfohlene neue Form (Fig. 290) bestimmt. Die Glasbirne ist so an den Glasstab angesetzt, dafs sie sich nach oben öffnet und zwischen ihrem oberen Rand und dem Stabe eine ringförmige Spalte läfst. Die Birne ist von vier Löchern durchbohrt, die so grofs sein müssen, dafs ihr gesamter Flächeninhalt dreimal so grofs ist, als die ringförmige Spalte. Die Löcher können sehr leicht hergestellt werden, indem man sie in den fertigen Rührer mit Hilfe einer sehr spitzen Knallgasflamme hineinsticht. Die Thätigkeit dieses Rührers besteht darin, dafs er die Flüssigkeit von oben nach unten einsaugt und das Aufgesogene

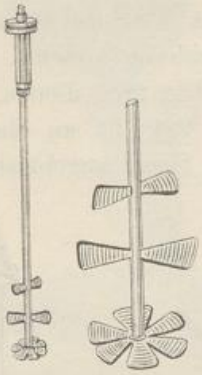


Fig. 291. Rührer von PRIESEMUTH.

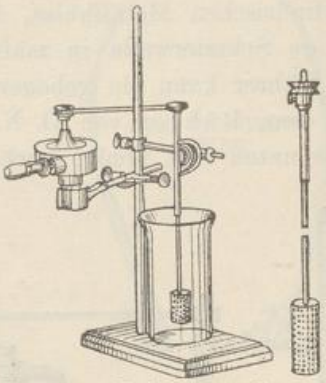


Fig. 292. Rührer von LOESNER.

radial wieder ausschleudert. Es bildet sich bei richtiger Drehgeschwindigkeit (500 Touren in der Minute) ein glatter, anscheinend feststehender Trichter, der sich bis in die Birne fortsetzt und alles peripherisch Aufsteigende in sich hineinzieht.

Der Rührer von PRIESEMUTH** (Fig. 291) hat an seinem unteren Ende ein Rad von sechs schräggestellten Schaufeln und darüber noch in Abständen von 5—6 cm je zwei Flügel, deren Flächen in entgegengesetzter Richtung zu den unteren stehen. Dadurch kommt eine bessere Mischung der Flüssigkeit zustande.

Der Rührer von LOESNER*** ist in Figur 292 dargestellt. Er besteht aus einer kleinen cylindrischen, am Mantel und Boden durchlöcherten

* *Die Chemische Industrie*, Bd. 22, S. 509. — *Chem. Centr.-Blatt* 1900, I, S. 1.
** *Chem. Centr.-Blatt* 1899, II, S. 577.
*** *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 249.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schleudertrommel, welche an einem Stabe befestigt ist und durch die Turbine in Rotation versetzt wird. Der Rührer wird aus Metall oder aus Porzellan mit emailliertem Eisenstab hergestellt. An letzterem ist er entweder so befestigt, dafs die Öffnung nach oben oder umgekehrt, dafs die Öffnung nach unten gerichtet ist. Im ersteren Falle wird ein am Boden des Gefäfses liegender fester Körper oder Niederschlag emporgezogen, und bei löslichen Körpern die Lösung rasch bewirkt. Im anderen Falle wird eine aufschwimmende leichtere Schicht oder eine Flüssigkeit nach unten herabgewirbelt und mit der unteren Flüssigkeit gemischt.

Das letztere Resultat erreicht man auch durch den Rührer von Frankenstein* (Fig. 293). Dieser besteht aus einem gebogenen, mittelweiten, unten offenen Glasrohr, welches an den beiden Biegungspunkten

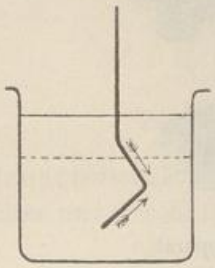


Fig. 293. Rührer von Frankenstein.

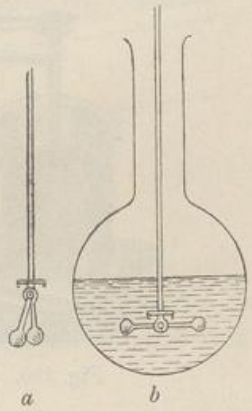


Fig. 294. Rührer von H. Schultze.

je ein erbsengrofses Loch hat. Beim Rühren durch eine Turbine bewirkt die Centrifugalkraft, dafs aus der mittleren Öffnung ein Gemisch der oberen und der unteren Flüssigkeit herausgeschleudert wird.

Ein von Hermann Schultze** angegebener Rührer ist in Figur 294*a* und *b* abgebildet. Dieser Apparat vereinigt mit einer sehr intensiven Wirkung zugleich die Möglichkeit, ihn in einen Kolben mit sehr engem Hals einzuführen. Er besteht aus einem durch eine Turbine in Umdrehung versetzbaren langen Glasstab, an welchem mittels eines starken Platin-Iridiumdrahts zwei Glasklöppel befestigt sind. Beim Eintauchen in die Flüssigkeit stellen sich infolge der Fliehkraft die Klöppel horizontal und bewirken selbst in breiigen Massen nach Antrieb durch die Turbine ein sehr energisches Durchmischen.

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 20, S. 630. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 697.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 29, S. 2883. — *Chem. Centr.-Blatt* 1897, I, S. 313.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zu manchem Zwecke ist ein Ausschleuderapparat* gut zu brauchen, zu dessen Betrieb sich die Turbine ebenfalls gut eignet (Fig. 295). Derselbe dient beispielsweise zum Austrocknen von Mineralien, von Filtern etc. Er besteht aus einem emaillierten Eisengefäfs mit einem teilweise und ganz geschlossenen Deckel. Dieses hat für die kleineren Apparate 65 mm Höhe und 85 mm Durchmesser, für gröfsere 100 mm Höhe und 125 mm Durchmesser.

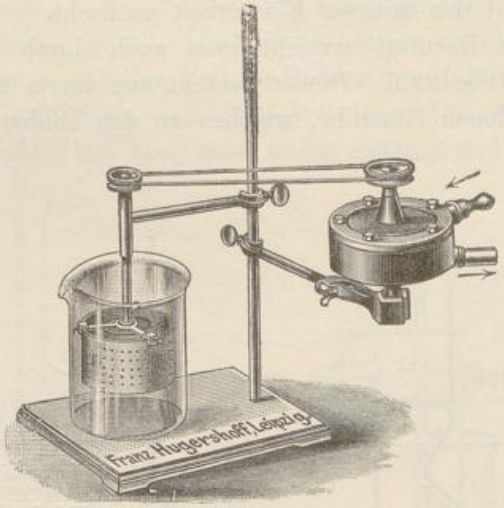


Fig. 295. Ausschleuderapparat.

Das Schüttelwerk von Maull** ist in Figur 296 abgebildet. Es läfst sich überall, selbst wo nur geringer Wasserdruck vorhanden ist, anwenden und wird mit Hilfe der Turbine in Bewegung gesetzt. Der Apparat ist auf einer starken eisernen Platte montiert und so konstruiert, dafs die Flaschen und Gefäfse jeder Form leicht eingespannt und geschüttelt werden können. Auch ist die Länge des Schüttelweges und damit die Geschwindigkeit auf einer an der Scheibe angebrachten Schraube beliebig verstellbar. Es ist sehr wirksam. So lassen sich z. B. 100 ccm Wasser und 100 ccm Benzol nach kaum zwei Minuten langem Schütteln zur völligen Emulsion bringen. Es ist für Flaschen bis etwa 500 ccm Inhalt eingerichtet. Sollen gröfsere Quantitäten bis zu 5 Liter andauernd geschüttelt werden, so ist die Anordnung des Schüttelwerks so gewählt,

---

* *Hugershoff's Katalog.* — *Chem. Centr.-Blatt* 1899, I, S. 321.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 27, S. 1732. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, II, S. 305.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dafs die Flaschen unten auf einem auf der Platte angebrachten Schlitten bewegt werden. Als Triebkraft mufs in diesem Fall ein Heifsluftmotor angewendet werden.

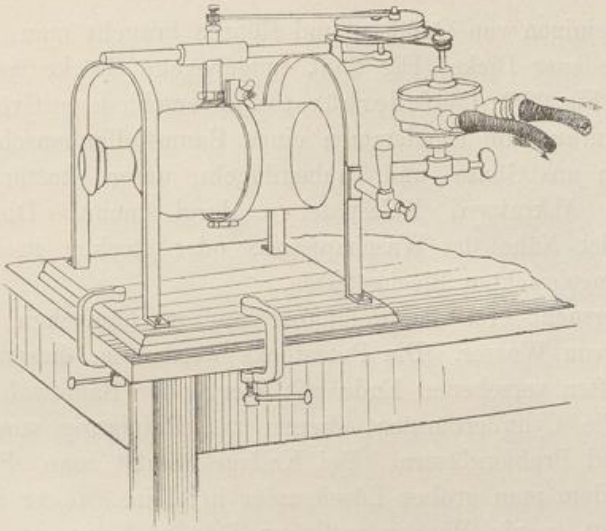


Fig. 296. Schüttelwerk von Maull.

Das Schüttelwerk von J. König (Fig. 297) ist für zwei Flaschen à ½ bis 2 Liter und sowohl für Hand- als auch für Motorbetrieb eingerichtet.

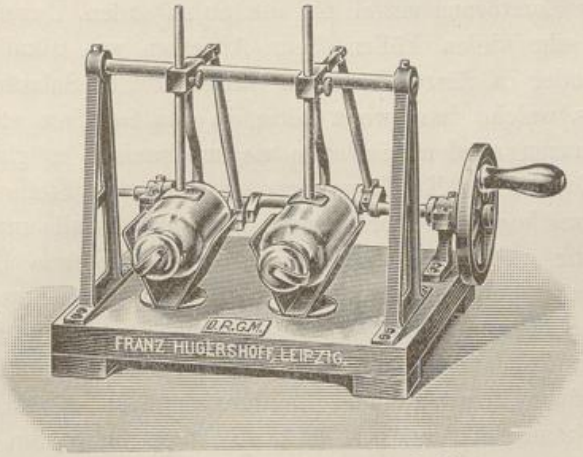


Fig. 297. Schüttelwerk von J. König.

Die Wirkung ist der des vorigen Apparats ähnlich. Die Flüssigkeit bewegt sich beim Schütteln langsam vom Boden der Flasche zum Stöpsel hin und umgekehrt.

REINIGUNG DER APPARATE.

Zum Reinigen von Gefäfsen und Röhren braucht man: Putzstöcke von verschiedener Dicke (Fig. 298), umgebogene Stöcke aus Glas oder Holz (Form: Fig. 299); Cylinderbürsten in verschiedener Gröfse (Fig. 300), Drahtklemmen zum Einklemmen eines Baumwollenbausches (Fig. 301) und Federn aus Gänse- und Taubenflügeln, unter Umständen stumpfe Messer zum Abkratzen, Holzspatel u. dergl. mehr. Die Putzgeräte hängen in der Nähe des Waschapparats oder stecken in kleinen über demselben angebrachten Blechgefäfsen.

Man versucht erst die Reinigung auf mechanischen Wege unter Anwendung von Wasser. Die Putzstöcke werden zu diesem Zwecke an dem mit Stiften versehenen Ende mit Werg oder Baumwolle umwickelt; sie, sowie die Cylinderbürsten, dienen zur Reinigung von Glasröhren, Cylindern und Probiergläsern. Bei Kolben wendet man die gebogenen Stäbe an, indem man grobes Löschpapier in kleine Stücke reifst, in den Kolben stopft, wenig Wasser zufliefsen läfst und nun an den Wänden tüchtig reibt. Auch durch blofses Schütteln mit zerrissenem groben, durch Wasser nur bis zu einem dicken Brei angefeuchteten Löschpapier lassen sich die Kolben meist leicht und gut reinigen.

Gelingt dies auf mechanischem Wege nicht vollständig, so mufs man Lösungs- oder Zerstörungsmittel für die anhaftenden Unreinigkeiten anwenden. In sehr vielen Fällen (beim Absetzen von alkalischen Erden, Metalloxyden oder in Säuren löslichen Salzen) reicht Salzsäure oder Salpetersäure aus, welche man, wenn nötig, in den Gefäfsen etwas erwärmt. Fettige Substanzen werden, nachdem sie mechanisch möglichst beseitigt sind, durch Kochen mit Kalilauge zerstört, teerartige Stoffe zersetzt man unter Anwendung konzentrierter Schwefelsäure, nötigenfalls unter Erwärmen. Viele durch die genannten Mittel nicht zu beseitigende Unreinigkeiten organischer Natur endlich lassen sich mit einer erwärmten Lösung von chromsaurem Kali und Schwefelsäure (Chromsäuremischung, S. 61) entfernen. Auch Terpentinöl oder rohes Benzin ist ein unter Umständen mit gutem Erfolge anzuwendendes Reinigungsmittel, so bei Wachs, Harz, Fett. Wenn keines dieser Mittel hilft, so ist es am besten den Apparat, falls er nicht besonders wertvoll ist, ganz zu beseitigen, da die Reinigung zu viel Zeit und Material erfordern würde, um noch vorteilhaft zu erscheinen.

Alle Apparate werden zuletzt mit Wasser sorgfältig abgespült und müssen, wenn sie von Glas sind, so klar und durchsichtig wie neue er-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fig. 298.

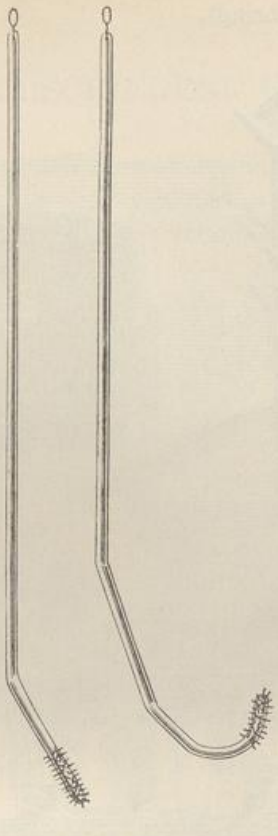


Fig. 299.

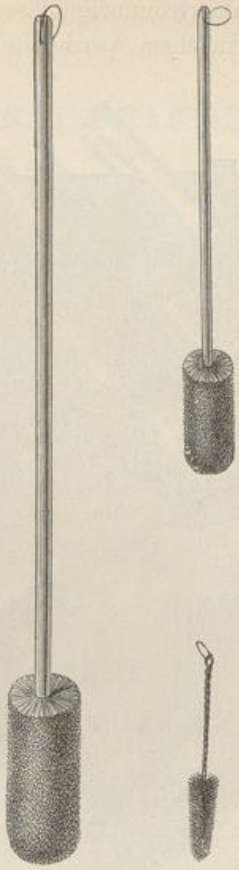


Fig. 300.

Fig. 301.

Putzgeräte.

scheinen; auch Porzellanschalen und Tiegel dürfen, wenn ihre Glasur nicht angegriffen ist, bei aufmerksamer Beobachtung keinerlei Unreinigkeiten mehr zeigen. Zum Trocknen stürzt man die Gefäfse so um, dafs das Wasser gut ablaufen kann. Kolben oder Flaschen werden über senkrechte Stäbe oder umgekehrte Trichter gestellt, hohe Fufscylinder oder Röhren über schräg angebrachte Stäbe gesteckt (Fig. 302). Sollen die Apparate aber sogleich wieder gebraucht werden, so trocknet man sie, wenn nötig, aus, was man in zweierlei Weise erreichen kann. Entweder erwärmt man sie nach dem Ausspülen mit destilliertem Wasser vorsichtig über der Lampe, während man durch ein hineingeschobenes langes Glasrohr fortwährend Luft aussaugt oder man spült sie der Reihe nach, zuerst mit Wasser, dann mit Alkohol, und zuletzt mit Äther aus und bläst dann

mittels des Wassertrommelgebläses oder eines Blasebalges Luft ein, welche den Äther zu raschem Verdunsten bringt.

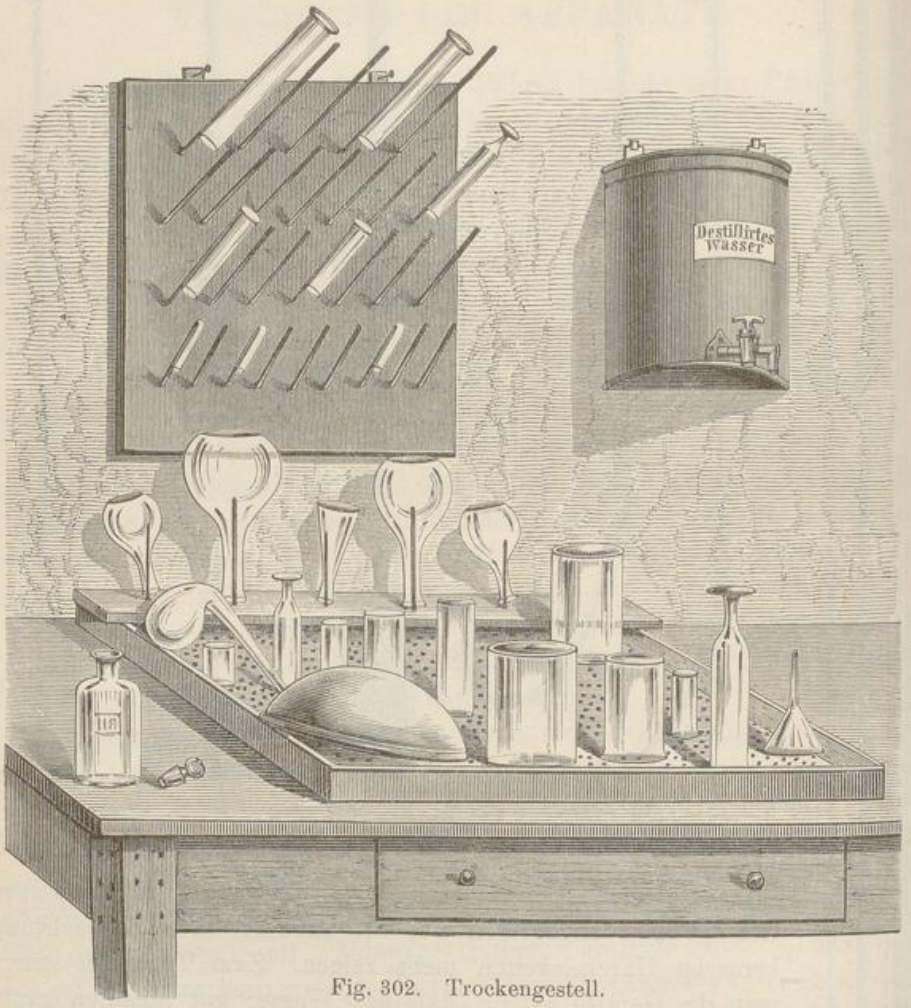


Fig. 302. Trockengestell.

Metallgeräte werden nach Anwendung indifferenter Lösungsmittel mit Seesand ausgescheuert.

Platintiegel und Schalen können mit saurem schwefelsauren Kali ausgeschmolzen werden.

VERSCHIEDENE GERÄTSCHAFTEN.

In der folgenden Zusammenstellung sollen durch Wort und Bild nur diejenigen Gerätschaften erläutert werden, die für den Vortrag der Experimentalchemie entweder unentbehrlich, oder doch sehr nützlich sind.

Fig. 303. Reibschalen. Fig. 304. Mörser. Fig. 305.

Sie finden ihren Platz in den Schränken, Fächern und Schubkästen des Experimentiertisches, welch letztere zu diesem Zwecke mit besonderen Fächern versehen sind, wie weiter oben (Seite 20—25) auseinandergesetzt worden ist. Für die Vorlesungswage ist ein eigener Kasten vorhanden, welcher am besten aufserhalb des Hörsaals aufzustellen ist.

1. Reibschalen und Mörser. Die Reibschalen (Fig. 303) sind von Porzellan mit flacher Höhlung, aufsen glasiert, innen matt (nicht rauh); am Rande haben sie einen Ausgufs. Zu jeder Reibschale gehört ein passendes Pistill, dessen Wölbung ein wenig stärker gekrümmt sein mufs, als die Höhlung der Reibschale, sonst würde es das zu Reibende nicht fassen. Die gröfseren Pistille sind mit Holzgriff versehen. Die Reibschalen dienen zum Verreiben von Pulvern, trocken oder nafs (nicht zum Stofsen). — Die Mörser sind entweder auch von Porzellan oder von Eisen (Stahl). Man hat sie in zwei Formen: die kleineren wie Figur 304 (sogenannte Pillenmörser), die gröfseren, wie Figur 305 (Stampf- oder Stofsmörser). Sie dienen zum Zerstofsen harter Gegenstände. Will

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

man damit feine Pulver erzeugen, so gehören auch noch Siebe dazu; doch wird man besser thun, die in Pulverform nötigen Reagenzien gleich in diesem Zustande zu verschreiben.

Fig. 306. Reiben.

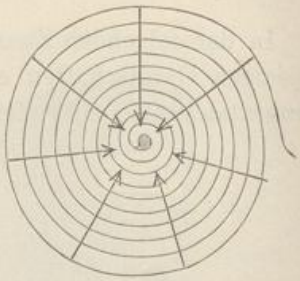


Fig. 307.

Beim Reiben fasse man das (kleine) Pistill mit einer Hand, wie Figur 306, und führe es in Spirallinien von aufsen nach innen (Fig. 307), dann wieder rückwärts von innen nach aufsen. Das Material,

Fig. 308. Reiben. Fig. 309. Ausputzen.

welches dadurch mehr an den Rand getrieben worden ist, hole man wieder nach der Mitte, indem man das Pistill in radialer Richtung führt (Fig. 307). In dieser Weise bringt man allmählich alle Körner unter das Pistill, andernfalls könnten sich einzelne Partien dem Reiben längere Zeit oder gänzlich entziehen. Die grofsen Pistille fasse man mit beiden

Händen, wie Figur 308. Die obere Hand reibt nicht mit, sondern hält das Ende in Ruhe über dem Centrum der Reibschale. Hierdurch wird das Pistillende zu einem Drehpunkt und die Arbeit wesentlich erleichtert. Zum Abschaben des Pistills nimmt man Horn- oder Eisenspatel und bedient sich dazu des in Figur 309 gezeichneten Handgriffs: man schabt nach dem unteren Ende des Pistills, dreht dasselbe dabei langsam in der linken Hand herum und streicht den Spatel zuletzt am Rande der Reibschale ab. Zum Ausschaben der letzteren selbst endlich nimmt man ein Hornblatt (s. unten Fig. 324, *e*). Will man sie mit Wasser nachspülen, so wird man zuletzt die Spritzflasche nehmen müssen.

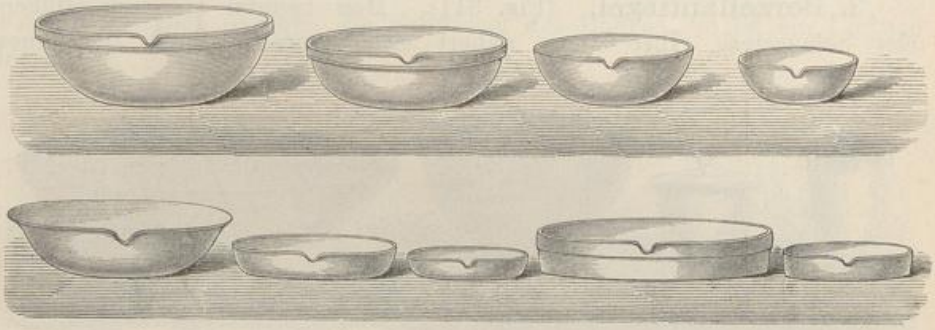


Fig. 310. Porzellanschalen und -Näpfe.

Zum Zerkleinern harter Substanzen sind Mörser aus Stahl oder Achat nötig, die man in verschiedenen Gröfsen käuflich erhält.

2. Porzellanschalen. Diese haben annähernd die Form eines Kugelsegments oder eines flachen Napfes (Fig. 310). Erstere sind unten ein wenig flach gedrückt, um stehen zu können (fehlerhaft geformte wackeln hierbei). Sie haben oben einen Ausgufs. Die gröfseren sind am Rande mit einer Verstärkung versehen, die kleineren glatt. Sie müssen durch die ganze Masse möglichst gleiche Wandstärke besitzen, um vor dem Springen bewahrt zu sein. Die kleineren sind durchscheinend. Mit einer Glasur sind sie nur an der inneren Seite versehen. Beim Erhitzen darf man nur dann, wenn eine klare oder wenigstens von festen Teilen freie Flüssigkeit in ihnen enthalten ist, die Flamme einer gewöhnlichen Lampe direkt die Aufsenwand berühren lassen. Befindet sich dagegen in der Schale ein Niederschlag oder eine zu lösende Substanz, oder hat man eine dichtere, teigige Masse auszutrocknen, so mufs man entweder die Flamme der Lampe so weit erniedrigen, dafs sie die Schale nicht mehr berührt, oder, was noch besser ist, man setzt eine eiserne Schale unter,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

welche ein wenig stärker gewölbt ist als die Porzellanschale, so dafs zwischen beiden ein Luftraum bleibt (s. unter Luftbäder). Bei Anwendung eines Gasabdampfungsofens (s. Seite 106, Fig. 95) oder eines Kohlenofens ist eine eiserne Schale nicht nötig, doch mufs man im letzteren Falle Sorge tragen, dafs die Schale nicht direkt auf den Kohlen steht.

Zu manchen Zwecken sind flache Porzellannäpfe mit geradem Boden und senkrechten Seitenwänden (Fig. 310, die vier letzten Exemplare in der unteren Reihe) gut verwendbar, z. B. als Untersatz für Glasglocken, zum Absperren von Gasen, zum Amalgamieren von Zinkplatten für galvanische Elemente etc. —

3. Porzellantiegel. (Fig. 311). Man benutzt sie zum Glühen oder Schmelzen. Ihre Form nähert sich entweder mehr der eines

a *b* *a* *b*

Fig. 311. Porzellantiegel. Fig. 312. Eisenschalen.

Cylinders (*a*) oder der eines abgestumpften Kegels (*b*). Erstere gestatten die Anwendung einer gröfseren Hitze, weil sie von der Flamme der Lampe besser eingehüllt werden. Die Tiegel müssen ihrer Gröfse entsprechend möglichst dünnwandig und überall gleich stark gearbeitet sein. Sie sind mit einem passenden Deckel versehen, dessen Rand nicht zu weit übergreifen darf. Will man grofse Hitze geben, so benutzt man zum Erhitzen die oben Seite 113—116 beschriebenen Glühlampen oder Glühöfen.

4. Schalen aus Metallblech. Eiserne Schalen (Fig. 312) werden meistens zu Sandbädern benutzt. Sie sind aus Blech getrieben und mehr oder weniger stark gewölbt. Für Retorten können Schalen von der Form *a* benutzt werden, weil diese wegen ihrer gröfseren Tiefe die Einsenkung des Retortenbauches besser ermöglichen. Zu Kolben benutzt man hingegen flachere Schalen von der Form *b*. Um ein Sandbad einzurichten, bringt man zuvörderst eine dünne Schicht Sand auf den Boden der Schale, setzt dann die Retorte oder den Kolben ein und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schüttet mittels einer Hornkapsulatur oder eines Löffels Sand darum (Fig. 313), so dafs die Gefäfse darin gut eingebettet stehen. Der Sand mufs frei von gröfseren Stücken sein, daher vorher gut durchgesiebt werden. Statt dessen kann man auch Eisenfeile nehmen, welche wegen ihres gröfseren Leitungsvermögens die Wärme leichter an das Gefäfs überträgt. Endlich kann man die Schalen auch ohne Sand oder Eisenfeile benutzen, in welchem Falle sie aber, wie bei den Porzellanschalen erwähnt, stärker gewölbt sein müssen, als der Boden des Gefäfses, damit keine unmittelbare Berührung von Eisen und Glas stattfindet. Der Apparat wirkt dann wie ein Luftbad (Fig. 314). Sandbäder wird man immer dann anwenden, wenn es darauf ankommt, den ganzen Inhalt des Gefäfses möglichst gleichmäfsig zu erhitzen, was bei Destillationen aus Retorten in der Regel der Fall ist; genügt dagegen die Erhitzung des Bodens, so ist ein Luftbad bequemer.

Fig. 313. Sandbad.

Fig. 314. Luftbad.

Eiserne Schalen mit Emailüberzug werden neuerlich in so vorzüglicher Ausführung hergestellt, dafs sie für viele Zwecke statt der Porzellanschalen benutzt werden können, vor denen sie den grofsen Vorzug der Unzerbrechlichkeit besitzen. Man hat solche mit weifsem und dunklem Email. Erstere benutzt man für dunkle, letztere für helle Flüssigkeiten und Pulver, um diese wegen des Farbenunterschiedes besser wahrnehmen zu können. — Auch statt der gewöhnlichen eisernen Schalen für Sandbäder u. dergl. wendet man mit Vorteil solche Emailschalen an, welche im Preise nur wenig höher stehen.

Nickelschalen, gleichfalls ein Produkt der neueren Metallindustrie, sind für manche Zwecke zu empfehlen, z. B. zum Schmelzen wässeriger Alkalien, wofür man sonst Silberschalen anwenden mufste.

5. Platintiegel und -Schalen haben ungefähr die Form, wie die entsprechenden Porzellangefäfse. Ihre Oberfläche mufs stets blank erhalten

werden, weil sie im unpolierten Zustande weit leichter von manchen Substanzen angegriffen werden, die auf blankes Platin ohne Einwirkung sind. Aus demselben Grunde mufs man auch Beulen und Einknickungen vermeiden, weil an solchen Stellen leicht geringe Mengen von Substanzen hängen bleiben, welche bei späterem Gebrauch verunreinigend wirken und den Tiegel selbst schädigen. Es ist deshalb zu empfehlen, sich für den Tiegel wie für die Schalen aus Buchsbaum- oder Buchenholz Kapseln machen zu lassen, welche der Form der Platingefäfse entsprechend ausgedreht sind. Dazu gehört dann ferner ein aus demselben Holze gedrehter Einsatz, der das Innere des Platingefäfses genau ausfüllt (Fig. 315 u. 316). In diesen Kapseln, die aufserdem noch mit einem Deckel versehen sind, bewahrt man das Platin auf, um es vor mechanischer Beschädigung zu schützen, und bedient sich ihrer zur Glättung von Beulen oder Eindrücken,

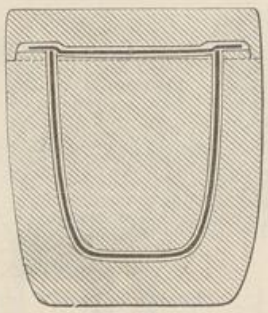


Fig. 315. Platintiegel.

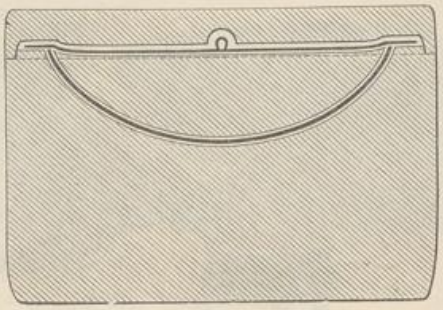


Fig. 316. Platinschale.

wenn solche durch irgend eine Unvorsichtigkeit in das Gefäfs gebracht worden sind. Nach jedesmaligem Gebrauch müssen die Gefäfse sorgfältig gereinigt werden, wozu man sich passender Reinigungsmittel (Salzsäure oder Salpetersäure, aber nicht Königswasser, auch nicht unreine salpetersäurehaltige Salzsäure oder umgekehrt) bedient. Sehr wirksam ist Schmelzen von saurem schwefelsaurem Kali in oder auf dem Tiegel, wodurch Verunreinigungen beseitigt werden, die auf keine andere Weise zu entfernen sind. Ist dann das Gefäfs vollkommen rein, so wird es mit Seesand und etwas Wasser innen und aufsen abgescheuert, indem man wenig davon mit dem Finger auf der Oberfläche so lange herumreibt, bis der reine Metallglanz wieder vorhanden ist.

Obwohl das Platin den meisten chemischen Agentien kräftig widersteht, so giebt es doch einige Substanzen, welche aufserordentlich zerstörend auf das Metall einwirken und die deshalb nicht in Platingefäfsen erhitzt werden dürfen. Hierher gehören:

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Ätzende Alkalien im geschmolzenen Zustande oder in konzentrierter, wässriger Lösung und die salpetersauren Salze der Alkalien und alkalischen Erden. Beide wirken oxydierend auf das Metall, greifen deshalb die Oberfläche stark an;

b) Schwefelmetalle mit alkalischer Base oder schwefelsaure Alkalisalze mit Kohle vermengt, welche womöglich noch zerstörender einwirken als jene;

c) Metalle, namentlich leicht schmelzbare: Zinn, Blei, Zink etc., welche sich mit dem Platin legieren, so dafs das Gefäfs schon bei verhältnismäfsig niedriger Temperatur rasch durchschmilzt. Obwohl man die schwerer schmelzbaren Metalle, Gold, Silber, Kupfer, bis zu angehender Rotglühhitze gefahrlos im Tiegel erhitzen kann, mache man es sich dennoch zur Regel, in solchen Fällen lieber Porzellantiegel anzuwenden, weil man besonders bei Anwendung stark heizender Gasflammen die Temperatur nicht genau regulieren kann;

d) Die Oxyde mehrerer schwerer Metalle, welche bei sehr hoher Temperatur geneigt sind, einen Teil ihres Sauerstoffes abzugeben, wodurch sich ebenfalls eine Platinlegierung bildet; hierher gehören namentlich die Oxyde von Blei und Wismut;

e) Phosphor und Mischungen, aus denen Phosphor beim Glühen reduziert wird, z. B. Phosphorsäure mit Kohle vermengt; in einem solchen Falle würde sich Phosphorplatin bilden, welches schmilzt oder wenigstens Risse verursacht;

f) Endlich sind selbstverständlich Königswasser, sowie alle Mischungen, in denen sich freie Salzsäure und Salpetersäure nebeneinander befinden, zu vermeiden, ebenso alle Mischungen, aus denen sich Chlor im freien Zustande entwickelt.

Kleine Risse in Platintiegeln kann man sich selber löten, wenn man dazu nach Pratt* Goldchlorid anwendet. Dasselbe wird durch Einwirkung der Wärme zuerst zu Chlorür reduziert und verliert bei höheren Temperaturen sämtliches Chlor unter Zurücklassung von metallischem Gold. Das Verfahren ist folgendes. Man bringe einige mg Goldchlorid auf das zu verstopfende Loch und erhitze bis zum Schmelzen des Salzes auf ungefähr 200°. Bei weiterem Erhitzen wird das Gold in metallischem Zustand reduziert. Man läfst dann das Lötrohr auf den unteren Teil des Tiegels und zwar auf den zu lötenden Teil einwirken, wobei das Gold schmilzt. Es bildet sich dabei eine sehr schöne Lötung. Diese Arbeit wird einigemal wiederholt, bis die Reparatur eine vollständige ist. Durch

* *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 10.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dieses Verfahren wird eine Hauptschwierigkeit der gewöhnlichen Lötung vermieden, bei welcher der Goldfaden lange Zeit hindurch in einer gleichen Lage gehalten werden mufs.

6. Silbertiegel. Diese finden ihre Hauptanwendung beim Schmelzen von Alkalien, bei denen man, wie oben gezeigt ist, das Platin nicht benutzen darf. Wegen des verhältnismäfsig niedrigen Schmelzpunktes des Silbers mufs man beim Erhitzen sehr vorsichtig verfahren, namentlich bei Anwendung stark heizender Gasflammen. Dünnwandige Silbertiegel schmelzen selbst über starken Spiritusflammen.

7. Dreifüfse und Drahtdreiecke. Die Dreifüfse (Fig. 317) sind aus starkem Eisenblech, der Ring, welcher die Beine zusammenhält, ist

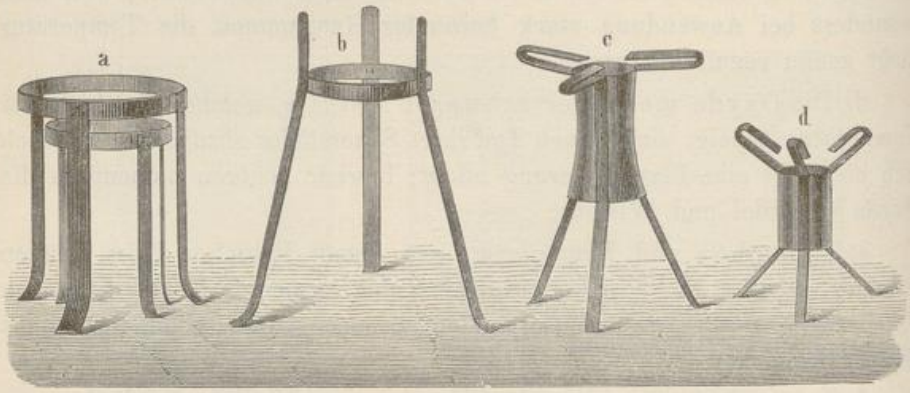


Fig. 317. Dreifüfse.

entweder am obersten Ende der letzteren (*a*) oder ein wenig unterhalb derselben (*b*) angebracht. Dreifüfse der letzten Art braucht man dann, wenn ein gröfseres Gefäfs mit Flamme erhitzt werden soll, damit letztere frei um den Boden des Gefäfses herumschlagen kann. Für Gaslampen mit einfachem Brenner sind Dreifüfse von der Form *d* empfehlenswert, welche zugleich die Flamme der Lampe gegen seitlichen Luftzug schützen und Gefäfse von allen Gröfsen ohne Anwendung eines Drahtdreiecks gut aufsetzen lassen. Für die grofse fünfzehnfache Lampe (s. oben Seite 104 Fig. 92) dient der Dreifufs *c*.

Drahtdreiecke (Fig. 318) müssen in sehr verschiedenen Gröfsen und Drahtstärken vorhanden sein (*a*). Sie sind notwendig beim Erhitzen von Tiegeln und Kolben auf Dreifüfsen oder Glühringen. Platingefäfse soll man nicht unmittelbar auf eiserne Drahtdreiecke setzen, da das Eisen in der Glühhitze erweicht und sich oberflächlich mit dem Platin legiert, wodurch der Tiegel Flecke bekommt. Man hat deshalb zu diesem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zwecke ein besonderes Dreieck aus starkem Platindraht (*b*), oder umgiebt die Seiten des Dreiecks mit dünnen Porzellanröhrchen (*c*), oder umwickelt endlich ein Eisendrahtdreieck von passender Gröfse an den Stellen, welche von dem Tiegel beim Erhitzen berührt werden, mit dünnem Platindraht (*d*).

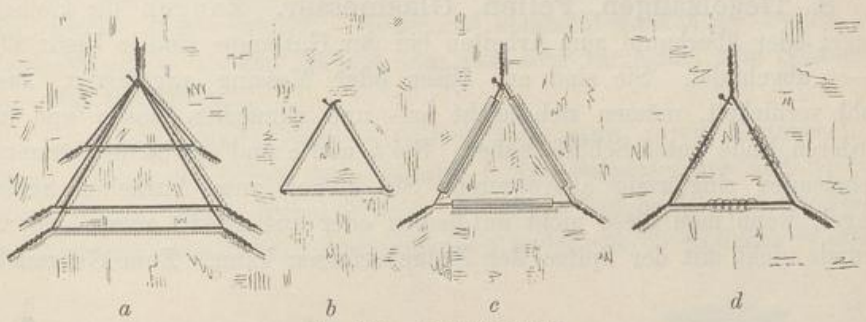


Fig. 318. Drahtdreiecke.

Kolben soll man nicht direkt auf Dreiecke oder Ringe setzen, weil sie dadurch in der Regel springen; man legt deshalb ein feinmaschiges Netz aus Messing- oder Eisendraht oder ein Stück Asbestpappe unter, wodurch fast immer genügender Schutz geboten ist.

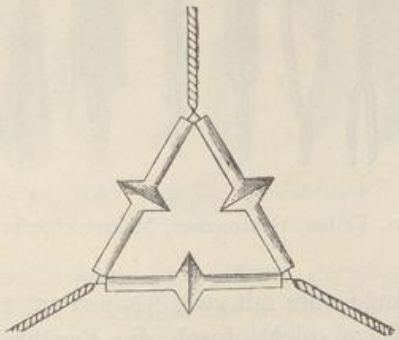


Fig. 319. Dreieck von Coleman.

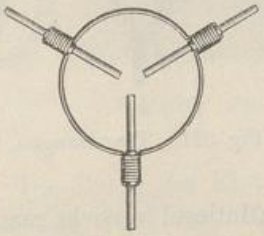


Fig. 320. Dreieck mit verschiebbaren Radien von Schmelck.

Statt der glatten Porzellanröhrchen wie unter *c* wendet man nach einem Vorschlag von Coleman* solche an, welche in der Mitte mit einer scharfkantigen Verdickung versehen sind, wie Figur 319 zeigt. Hierdurch erreicht man, dafs der eingesetzte Tiegel allseitig von der Gasflamme umspült und eine viel stärkere und viel raschere Erhitzung erreicht wird.

Recht praktisch sind auch die Dreiecke mit verschiebbaren Radien von Schmelck (Fig. 320). Diese sind aus verzinktem Eisendraht

* *Journ. Chem. Soc. Ind.*, Bd. 11, S. 326. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, II, S. 18.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit übergeschobenen dünnen Biscuitporzellanröhren, welche sich in den drei Öffnungen des Ringes mit gelinder Reibung verschieben lassen. Hierdurch kann das Dreieck für jeden Tiegel passend gemacht werden; auch wird letzterer wie beim vorigen Dreieck allseitig von der Flamme umspült.

8. Tiegelzangen, Feilen, Glasmesser. Zangen für kleinere Tiegel oder überhaupt zum Arbeiten bei der Gaslampe sind in Figur 321, *a*—*c*, abgebildet. Sie sind aus Eisen oder Messing angefertigt, auch wohl vernickelt, müssen sich leicht auf- und zumachen lassen und am vorderen Ende guten Schluſs haben. Bei *b* und *c* sind die beiden kürzeren Hebelenden ringförmig ausgeweitet. Sie dienen zum Aufheben heiſser Tiegel, wenn man diese nicht aufdecken oder aus irgend einem anderen Grunde nicht mit der Spitze der Zange erfassen kann. Zum Gebrauche

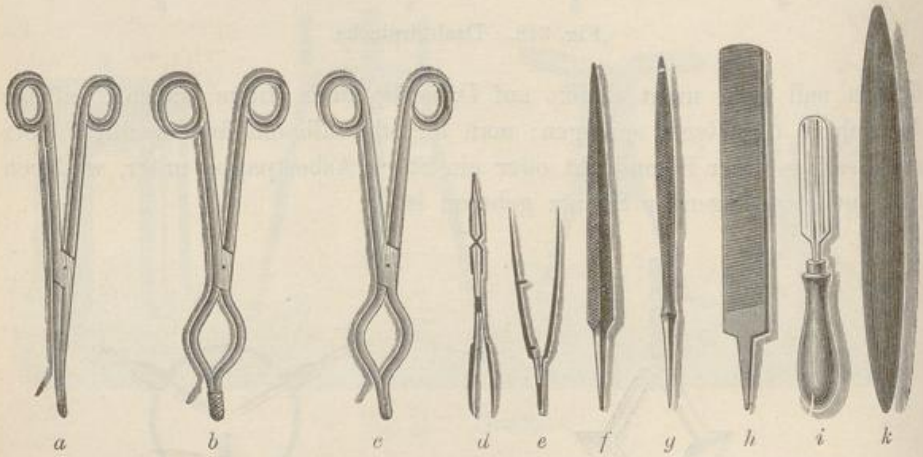


Fig. 321. Tiegelzangen, Pinzetten, Feilen, Glasmesser, Messerschärfer.

für Platintiegel versieht man die Zange vorn mit zwei Kappen aus starkem Platinblech (*b*), damit der heiſse Tiegel nicht durch die Berührung mit dem Eisen verdorben werde.

Für viele Zwecke sind Pinzetten praktisch, welche entweder, wie Figur 321 *d*, sich auf Druck öffnen und beim Loslassen wieder schlieſsen, oder wie *e*, sich umgekehrt auf Druck schlieſsen und nachher von selbst wieder öffnen. Jene braucht man zum Halten, diese zum Aufheben kleiner Gegenstände.

Die Feilen sind dreikantig (Fig. 321 *f*) zum Glasschneiden (s. oben Glasröhren Seite 119) oder rund (*g*) zum Korkbohren (s. oben Korke Seite 144). Beide Sorten müssen in verschiedenen Gröſsen vorhanden sein. Flache Feilen (*h*) und Raspeln können zu vielerlei Zwecken (u. a. auch zum Zurichten der Korke) dienen, und sollten auch mindestens

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in zwei Gröfsen vertreten sein. Die dreikantigen und runden Feilen benutzt man ohne Heft.

Statt der dreikantigen Stahlfeilen kann man zum Glasröhrenschneiden mit gutem Erfolge auch ein Glasmesser aus hartem Stahl (Fig. 321*i*) benutzen, welches man sich mit einem Messerschärfer aus Schmirgel (Fig. 321*k*) selbst schärft. Neuerlich kommen dreikantige Feilen aus Carborundum in den Handel, die sich sehr vorzüglich zum Schneiden von Glas bewähren.

Stumpfgewordene Stahlfeilen kann man durch Eintauchen in Säure wieder schärfen. Man mischt 1 Teil Salpetersäure und 3 Teile Schwefelsäure mit 7 Teilen Wasser. In dieses Bad bringt man die Feilen ein, nachdem man sie von Unreinigkeiten und Fettkörpern durch Waschen

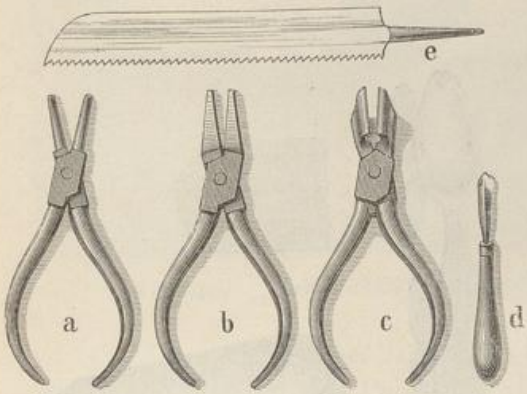


Fig. 322. Zangen, Blechschere.

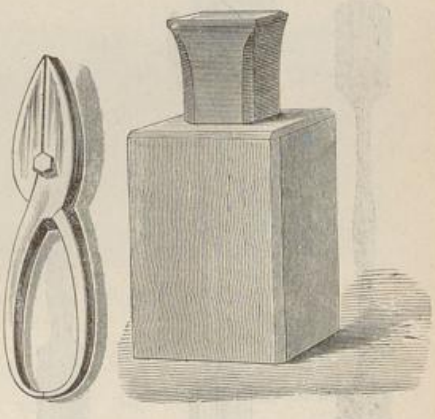


Fig. 323. Amboſs.

mit Seifenwasser und Bürste gereinigt hat. Die Dauer des Eintauchens beträgt 10 Sekunden bis 5 Minuten, je nach dem Grad der Abnutzung, der Gröfse und namentlich der Feinheit und Härte des Korns. Das Schärfen eines sehr weichen und sehr feinen Korns geschieht weit schneller, als das eines sehr harten und groben. Nachher werden die Feilen reichlich mit fliefsendem Wasser gewaschen, durch Kalkmilch gezogen und im erhitzten Trockenraum getrocknet, und mittels einer Bürste, welche in eine Mischung von gleichen Teilen Olivenöl und Terpentinöl getaucht ist, abgerieben. Die Feilen können dieser Operation zu wiederholten Malen unterworfen werden, d. h. so oft sie wieder abgenutzt sind.

9. Drahtzange, Blechschere, Amboſs etc. Zur Bearbeitung von Metalldraht und Blech sind verschiedene Instrumente nötig, deren Gebrauch allgemein bekannt ist. Figur 322*a* ist eine Rundzange, *b* eine

Flachzange, *c* eine Beifszange, und weiter rechts eine Blechschere.* Figur 323 ist ein Amboſs aus Stahl. Er ist fest in einen Holzklotz eingesetzt und kann beim Gebrauch unmittelbar auf den Tisch gestellt werden. Die Oberfläche wird beim Nichtgebrauche des Instruments durch einen gut schliefsenden Pappdeckel, der innen mit weichem Tuche ausgefüttert ist, bedeckt, und dasselbe möglichst aus dem Bereiche der Laboratoriumsluft entfernt. — In den für die Eisengeräte bestimmten Kasten gehören ferner: ein Holzmeifsel, ein Steinmeifsel, ein Schraubenzieher, eine Kneipzange, eine Kohlenzange, ein Beil, einige Bohrer, ein gröfserer und ein kleinerer Hammer, eine Säge, ein Korkzieher, eine gewöhnliche Schere und eine Papierschere, Nägel, Schrauben, Nadeln in Etui; alle diese Gegenstände in den gebräuchlichen, hinreichend bekannten Formen.

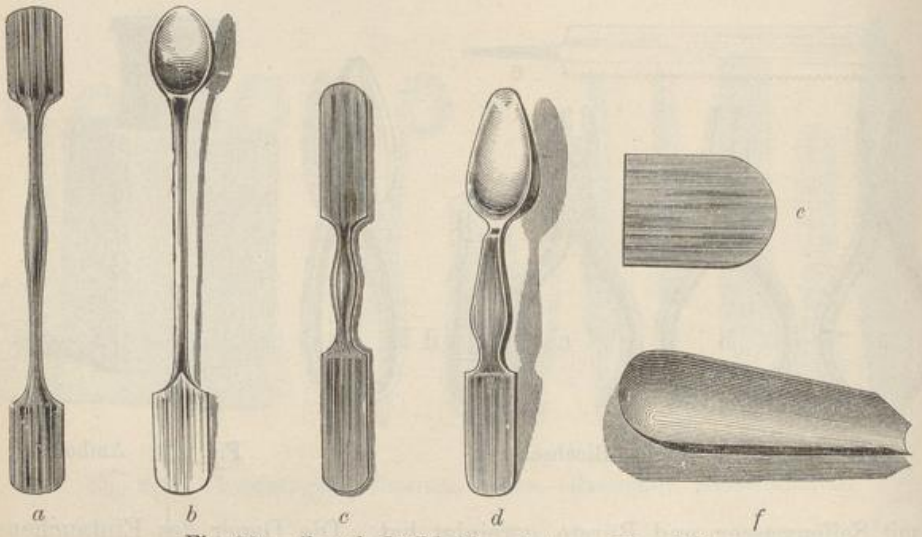


Fig. 324. Spatel, Löffel, Kapsulaturen, Hornblätter.

10. Spatel, Löffel, Kapsulaturen, Hornblätter (Fig. 324). Zum Umrühren von Flüssigkeiten, geschmolzenen Substanzen, Pulvern u. dergl. sowie zum Auskratzen von offenen Gefäfsen sind Spatel von Eisen, Holz, Porzellan oder Horn nötig. Sie haben entweder die Form *a* und *c*, oder sind an dem einen Ende gleich mit einem Löffel versehen, wie *b* und *d*. Kapsulaturen *(f)* benutzt man zum Schütten und Verteilen von Pulvern, Hornblätter *(e)* zum Auskratzen von Reibschalen etc.

Soll ein Pulver in eine Flasche geschüttet werden, so umfafst man die Öffnung derselben am Halse mit der vollen linken Hand (Fig. 325),

* Figur 322 *d* stellt einen Kohlenbohrer und *e* eine Kohlensäge dar, welche beide für die Zurichtung der Lötrohrkohle Benutzung finden.

so dafs sich durch die Finger eine Art kurzer Trichter bildet, und füllt das Pulver, welches auf ein Stück Papier (grünes Glanzpapier) geschüttet ist, genau in der Art ein, wie es die Figur zeigt. Man mufs das Papier mit der rechten Hand vor dem Ergreifen der Flasche richtig fassen, weil man dazu beide Hände braucht. Während des Schüttens klopft man sanft mit Mittel- und Zeigefinger der rechten Hand gegen das Papier.

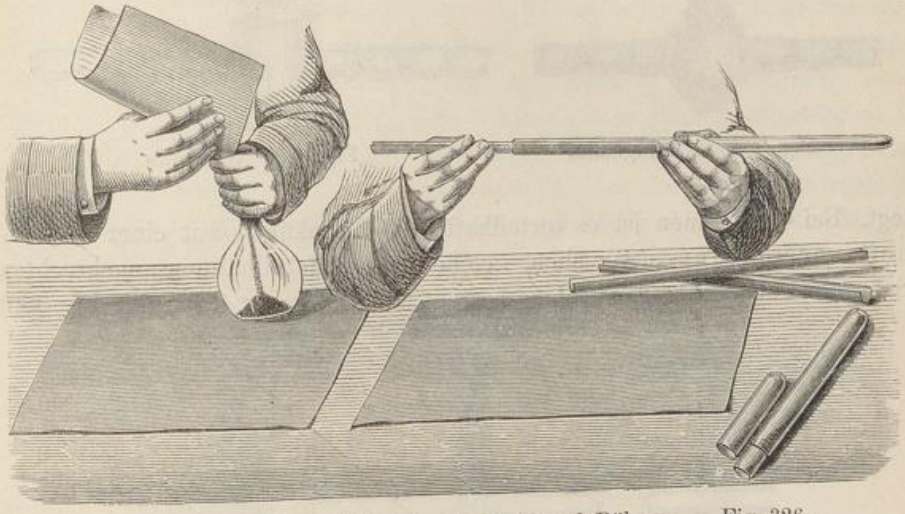


Fig. 325. Pulverschütten in Flaschen und Röhren. Fig. 326.

Um Pulver in Röhren zu bringen, hat man Blechrinnen (Fig. 326). Diese füllt man mit dem Pulver, schiebt sie ein und dreht sie dann um, so dafs das Pulver im Rohre zurückbleibt. Alles über Glanzpapier!

Bequem ist die Benutzung eines Pulvertrichters nach Pollak.* Der obere Teil desselben hat eine flachere Form als beim gewöhnlichen Trichter, der Stiefel ist kurz und nach unten konisch erweitert, wodurch das Verstopfen vermieden wird. Der Apparat wird aus schwarzem Glas oder aus Milchglas in verschiedenen Gröfsen angefertigt, je nachdem man ihn zum Einfüllen von hell- oder dunkelgefärbten Pulvern benutzen will. Er kann auch für feuchtes Material Anwendung finden und gestattet ein sorgfältiges Nachspülen.

Fig. 327.
Pulvertrichter.

11. Hähne. Es ist vorteilhaft aufser den auf dem Experimentiertisch, an den Gasometern, den Gasentwickelungsapparaten und den Wasserleitungszuflüssen angebrachten Hähnen noch einige andere zu haben, die

* *Repert. der anal. Chemie*, Bd. 7, S. 287. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 770.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

man für die Regulierung von Gas- und Wasserströmen durch Vermittelung von Kautschukschläuchen in die Leitung einschaltet. Für viele Zwecke genügt ein einfacher Messinghahn (Fig. 328), ein Glashahn (Fig. 329) oder ein Hornhahn (Fig. 335 *a*), welche man beim Gebrauche auf den Tisch

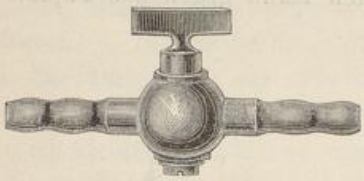


Fig. 328. Messinghahn.

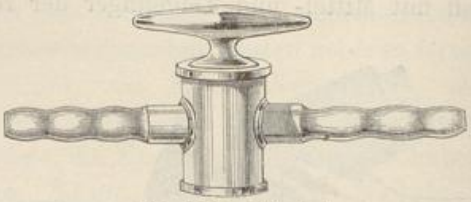
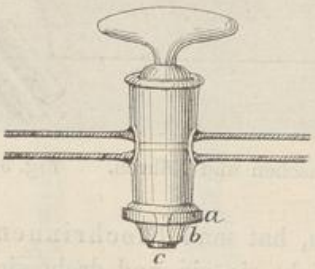


Fig. 329. Glashahn.

legt. Bei Glashähnen ist es vorteilhaft, den Hahnküken mit einer Sicherheitsvorrichtung zu versehen, welche der bei Metallhähnen angebrachten Schraube entspricht. Eine solche besteht nach Ephraim Greiner*(Fig. 330)



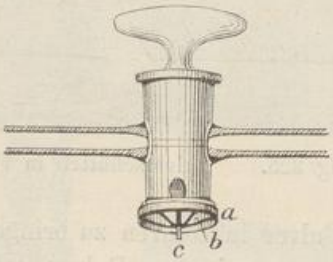


Fig. 330. Sicherheitsvorrichtung. Fig. 331.

aus einem kugelartigen Ansatz *c*, an welchem ein Gummikonus *b* befestigt ist; durch letzteren wird das Küken elastisch an die Ebonitscheibe *a* angezogen, dadurch ein dichter Verschluſs erzielt und ein Herausschleudern oder Herausheben des Küken verhindert. Gummikonus *b* und Ebonitscheibe *a* sind abnehmbar.

Eine andere Vorrichtung (Fig. 331), die demselben Zwecke dient, besteht aus einer Sicherheitsscheibe *a* von Ebonit, welche durch am Gewinde *c* regulierbare Federn *d* gegen das Küken gedrückt wird.

Als ein geeignetes Mittel zum Einschmieren von Glashähnen empfiehlt Phillips** eine Mischung von 70 Teilen Kautschuk und 30 Teilen gelben ungebleichten Bienenwachses. Das Wachs wird zu dem geschmolzenen Kautschuk heiſs hinzugefügt und gut verrührt. Die

* *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 580.

** *Journ. Amer. Chem. Soc.*, Bd. 20, S. 678. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 842.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mischung ist in dünner Schicht durchsichtig, wird selbst von konzentrierter Lauge wenig angegriffeu nnd kann mit wenig Salpetersäure leicht wieder von dem Glase entfernt werden.

Bequem zum Gebrauch sind Hähne mit Füfsen, welche man für einfache Leitung (Fig. 332 und 333), sowie für doppelte Leitung (Fig. 334) hat. Mit letzterem kann man einen Gasstrom nach zwei verschiedenen Richtungen leiten, oder zwei Ströme zu einem verbinden. Zur besseren Regulierung des Stroms ist der Kopf des Hahns mit einem langen Hebel versehen (Fig. 333) oder trägt ein Zahnrad mit Schraube ohne Ende (Präzisionshahn, Fig. 334), wodurch man die Regulierung so in die Gewalt bekommt, dafs man das Gas in einzelnen Blasen beliebig langsam austreten lassen kann. Dieser Hahn leistet für viele Versuche vortreffliche Dienste und ist kaum zu entbehren. Vorteilhaft ist es, die Röhren

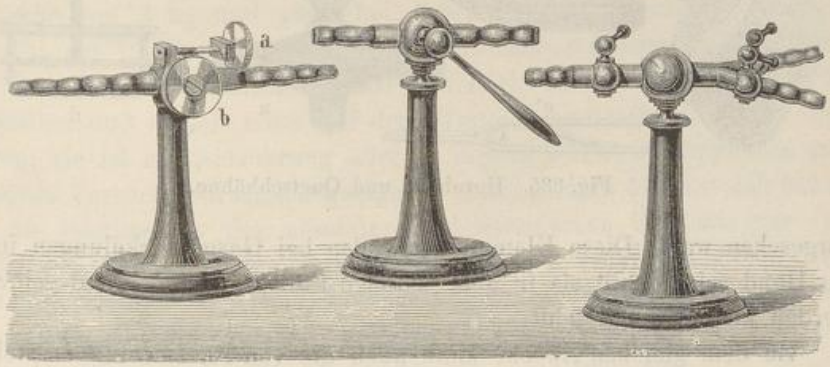


Fig. 332. Präzisionshahn. Fig. 333. Hebelhahn. Fig. 334. Dreiweghahn.

der Verbindungshähne an den Enden zu verjüngen und nach der Mitte hin an Stärke zunehmen zu lassen, um ebensowohl enge als auch weite Schläuche dicht überschieben zu können.

Zum Verschliefsen von Kautschukschläuchen braucht man Quetschhähne von verschiedener Konstruktion (Fig. 335). Die einen (*b* und *c*) bestehen aus einem federnden Metallringe mit zwei Armen, die durch einen Druck auf zwei Knöpfe voneinander entfernt werden können (*b*), so dafs man den Kautschukschlauch dazwischen schieben kann. Nach Aufhören des Drucks schliefst sich der Hahn von selbst. Soll er längere Zeit geöffnet bleiben, so mufs er an dem einen Metallarm eine Stellschraube (*c*) haben, welche man beliebig weit hinein- oder zurückschrauben kann. Zum festen Verschlusse starkwandiger Schläuche, gleichzeitig auch zum genauen Regulieren des Gasstroms können Quetschhähne von der Form *d* angewendet werden, welche nicht durch die Federkraft eines Metallringes,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sondern durch eine Schraube beliebig fest zusammenzuziehen sind. Figur 335 *e* und *e'* zeigt eine Klemme, welche von aufsen an die Schlauchleitung gelegt werden kann, ohne dafs man den Schlauch vor der Zusammenstellung des Apparats hindurchzuziehen braucht. Man benutzt sie in Notfällen, wenn es gilt, einen Gasstrom während der Arbeit aus irgend welchem Grunde an einer Stelle abzuschliefsen, wo keine Hahnleitung

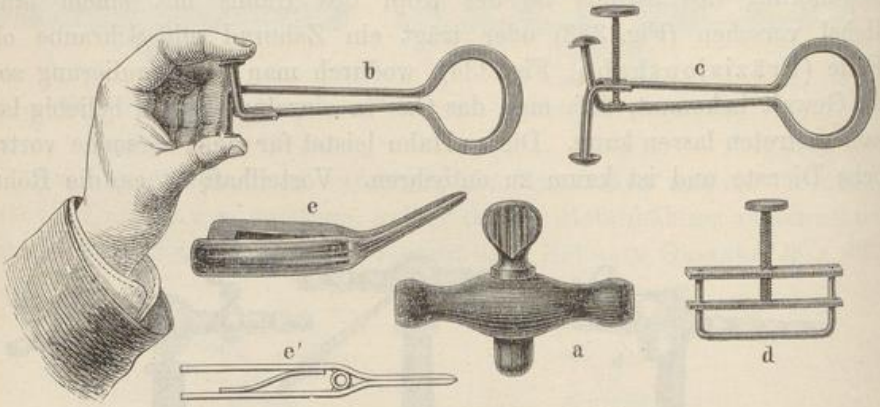


Fig. 335. Hornhahn und Quetschhähne.

vorgesehen war. Diese Klemme mufs also bei Gasentwickelungen immer zur Hand sein, damit sie in dem seltenen Falle, wo sie einmal gebraucht werden könnte, nicht fehlt.

Zu dem gleichen Zwecke kann auch die von Proskauer* empfohlene Form (Fig. 336) dienen. Eine Schraube drückt beim Einschrauben auf einen Dorn, welcher die beiden Schlauchklemmen, deren Bewegung stets eine parallele ist, voneinander entfernt, und umgekehrt. Die Zeichnung zeigt die Stellung der Schraube bei vollständiger Öffnung des Hahns. In dem Mafse, wie man sie rückwärts dreht, gehen auch die beiden Schlauchklemmen aneinander und werden durch den schon erwähnten Dorn an einem plötzlichen nicht gewünschten Schliefsen verhindert. Will man den Hahn auf den Schlauch setzen, so werden der Daumen auf die Schraube, Zeige- und Mittelfinger auf die Ansätze gesetzt und durch einen leichten Druck die Klemmen auseinander gebracht. Der Schlauch wird dann nur so weit zusammengedrückt, als es die vorher bewirkte Einstellung gestattet. Dieser Hahn verbindet also die Vorteile der Hähne (Fig. 335 *c*, *d* und *e*) miteinander.

Fig. 336. Quetschhahn nach Proskauer.

* *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 565.

Bei Apparaten, welche mit Quetschhahnverschlufs versehene Kautschukschläuche haben, darf man beim Nichtgebrauch, wenigstens für längere Zeit, die Quetschhähne nicht geschlossen lassen, da sonst die Erneuerung des Kautschukschlauchs, der hierdurch seine Elastizität verliert, nötig wird. Man nimmt daher die Quetschhähne entweder ganz ab oder schiebt sie über die mit dem Kautschukschlauch verbundene Glasröhre; die mit Stellschraube versehenen schraubt man auf.

12. Vorlesungswage. Eine Wage, durch welche sich bei verhältnismäfsig starker Belastung Gewichtsdifferenzen von wenigen Milligramm auf eine gröfsere Entfernung hin noch deutlich wahrnehmbar machen lassen, ist für den experimentellen Unterricht unentbehrlich. Eine solche, die diesen Anforderungen entspricht, ist auf der diesem Werke beigegebenen Tafel in Figur 1 abgebildet. Sie ist 65 cm hoch, hat ein gufseisernes Gestell, einen Messingbalken und Messingschalen; sie besitzt eine Tragfähigkeit von 3 kg und giebt bei dieser Belastung noch für ein Übergewicht von 0,005 g einen deutlich wahrnehmbaren Ausschlag. Sie steht auf drei festen Stellschrauben, läfst sich leicht auf dem Experimentiertisch aufstellen und mittels einer auf dem Gestell angebrachten Libelle orientieren; sie ist zur Ausführung aller in diesem Werke beschriebenen quantitativen Versuche vorzüglich geeignet. Insbesondere hat sie sich bewährt für die Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts der Gase, sowie zur Demonstration ihres Verhaltens bei Veränderung von Druck und Temperatur. An den Schalengehängen sind oben Haken angebracht, an welche sich Glasglocken und Doppelhaken aufhängen lassen. Erstere dienen dazu, um den Auftrieb von Gasen, die leichter als Luft sind, zu zeigen, letztere, um kürzere oder längere Glasröhren einzulegen. Die Schwingungen der Zunge sind an einem vorn und hinten mit Gradteilung versehenen Kreisbogen aus Elfenbein sowohl von der Seite der Schüler als auch von der des Lehrers deutlich abzulesen und die Arretierung mittels einer Hebelschraube leicht zu bewirken. Zur Aufbewahrung dient ein besonderer Schrank oder Kasten, der aufserhalb des Hörsaals seinen Platz hat.

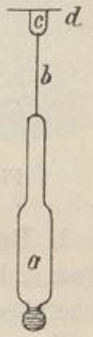


Fig. 337. Aräometer als Vorlesungswage.

Kleine Gewichtsveränderungen von leichten Substanzen lassen sich auch nach ROSENFELD* in rascher und bequemer Weise deutlich sichtbar machen, wenn man sich dazu eines Gewichtsaräometers bedient, wie es in Figur 337 abgebildet ist. Der Glaskörper *a* desselben trägt einen 1 mm dicken Draht *b* und dieser ein kleines

* *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 806.

Schälchen *c* von Glas. Ein auf dem Schälchen liegendes Platinblech *d* dient als Unterlage für die Substanz. Das Aräometer ist so adjustiert, dafs es, in Wasser gebracht, bei einer auf dem Platinblech befindlichen Belastung von 0,8—1 g so weit einsinkt, dafs der Draht etwa zur Hälfte ins Wasser taucht. In dieser Stellung ist das Instrument so empfindlich, dafs das Tiefersinken desselben schon bei einer Mehrbelastung von 2 mg in gröfserer Entfernung deutlich sichtbar ist.

GLASAPPARATE.

Aufser den unter Gasentwickelung auf Seite 177 u. fgde. bereits erwähnten Gasentwickelungsflaschen und Sicherheits- und Trichterröhren (Fig. 240 bis 248), von denen man immer noch mehrere in verschiedenen Gröfsen vorrätig besitzen mufs, sind folgende Glassachen notwendig:

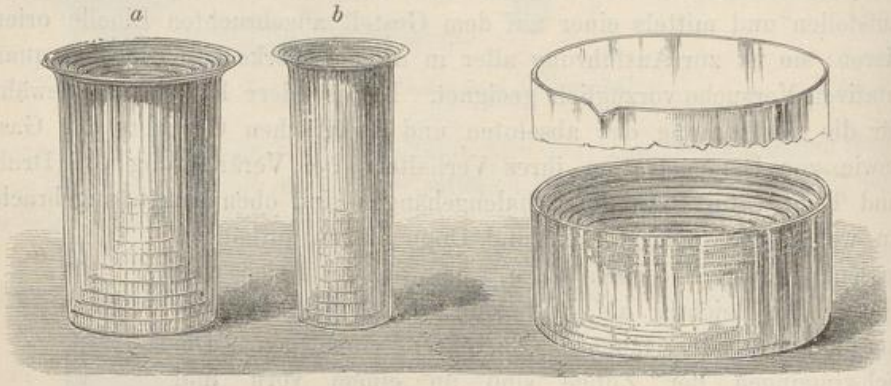
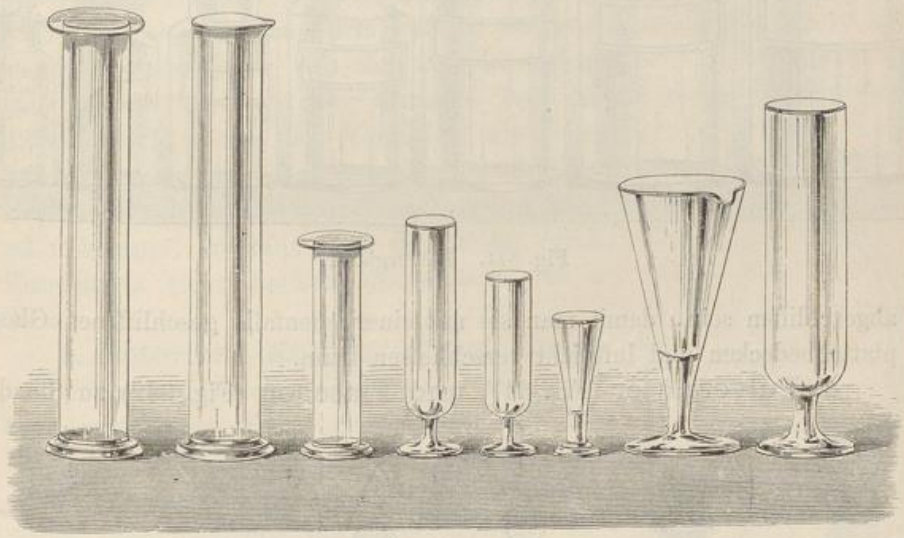


Fig. 338. Bechergläser. Fig. 339. Krystallisationsschalen.

1. Bechergläser in zweierlei Formen (Fig. 338 *a* und *b*). Erstere eignen sich zum Kochen, letztere zum Erzeugen von Niederschlägen. Die Bechergläser müssen dünnwandig, überall gleich dick und möglichst frei von Blasen, Knoten und Schlieren sein. Sie müssen so sorgfältig gekühlt sein, dafs man siedendheifses Wasser gefahrlos hineingiefsen kann. Beim Erhitzen über der Lampe stelle man sie immer auf ein Drahtnetz, sorge dafür, dafs dabei kein Absatz fest auf dem Boden liege und lasse Glasstäbe, mit denen man umgerührt hat, nicht während des Erhitzens darin stehen. Verabsäumt man eine dieser Vorsichtsmafsregeln, so ist das Springen der Gläser fast immer die unvermeidliche Folge. Sind die Gläser ganz gefüllt, so mufs man höchst sorgfältig beim Niedersetzen, besonders auf

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stein, zu Werke gehen, da schon ganz geringfügige Stöfse, denen man kaum eine solche Wirkung zutraut, einen Bruch herbeiführen. Beim Umrühren mit einem Glasstabe hüte man sich vor einer unsanften Berührung der Glaswand und setze den Stab mit äufserster Vorsicht darin ab, denn es gehört gar nicht viel dazu, das dünne Glas zu durchstofsen. Heifse Bechergläser setze man nicht direkt auf den lackierten Tisch, sondern lege einen Pappdeckel, Asbestpappe oder ein nicht angestrichenes Holzklötzchen unter. Sie kleben sonst an und lassen sich nach dem Kaltwerden kaum wieder abnehmen, ohne zu zerbrechen.



a *b* *c* *d* *e* *f* *g* *h*

Fig. 340. Fufscylinder und Kelchgläser.

2. Krystallisationsschalen sind niedrige cylindrische Glasgefäfse von der Form Figur 339. Sie werden in verschiedenen Gröfsen fabriziert und sind zum Ausgiefsen von Flüssigkeiten, zum freiwilligen Verdunsten, zum Absperren von mit Gas gefüllten Cylindern und manchen anderen Zwecken nützlich. Da sie nicht zum Erhitzen bestimmt sind, so können sie aus dickerem Glase bestehen und brauchen nicht mit der Sorgfalt behandelt zu werden, wie die Bechergläser.

3. Fufscylinder und Kelchgläser. Jene sind entweder mit glatt abgeschliffenem (Fig. 340 *a* und *c*) oder umgebogenem oberen Rande (Fig. 340 *b*) versehen. Man braucht sie in verschiedenen Gröfsen von einigen Centimetern bis 5 oder 6 dm Höhe und entsprechender Weite. Sie werden vornehmlich zum Auffangen von Gasen benutzt. Zu denen mit abgeschliffenem Rande sind ebengeschliffene Glasplatten erforderlich. Kelch-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gläser oder Reagierkelche (Fig. 340 *d*—*h*), gröfsere und kleinere, sind zur Demonstration der Erzeugung von Niederschlägen und mancherlei Reaktionen auf nassem Wege geeignet. Bei einigen kann der Rand

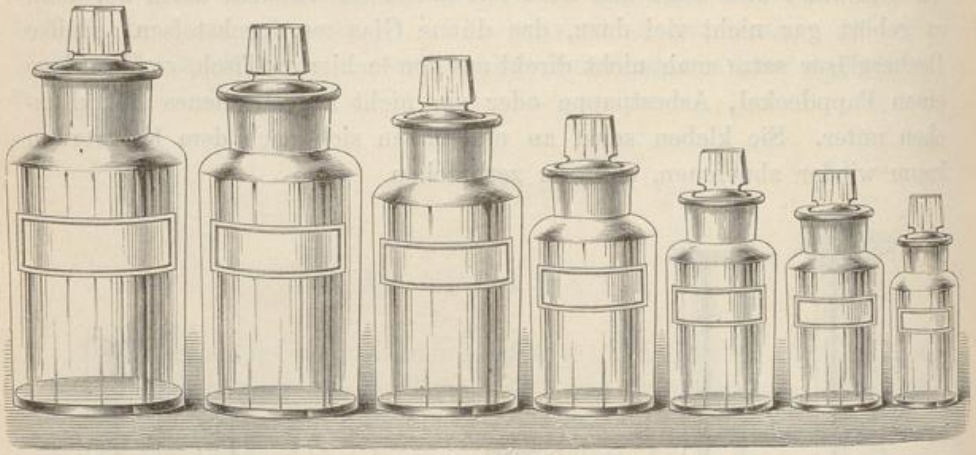


Fig. 341. Pulvergläser.

abgeschliffen sein, damit man sie mit einer ebenfalls geschliffenen Glasplatte bedecken und luftdicht verschliefsen kann.

4. Pulvergläser (Fig. 341) **und Flaschen** (Fig. 342) zu Stand-

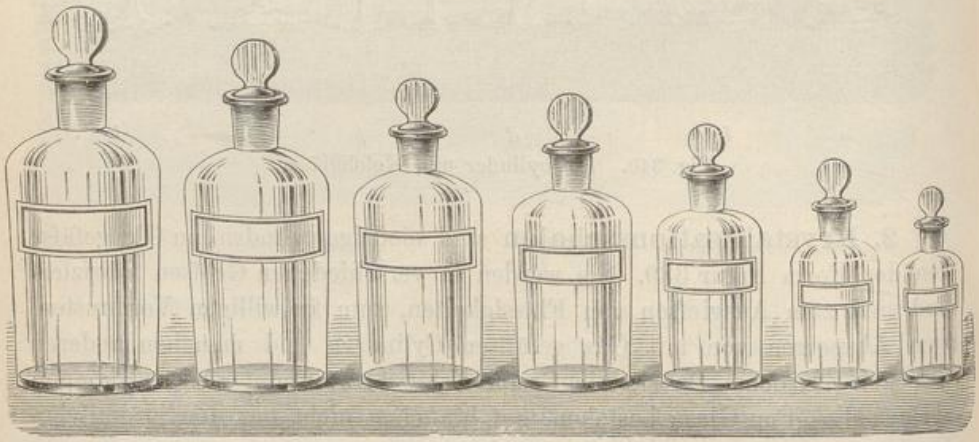


Fig. 342. Flaschen.

gefäfsen. Man hat diese von 1 Liter Inhalt an abwärts bis zu etwa 50 g, am besten alle mit eingebrannten Schildern. Wo dies nicht thunlich ist, schreibt man die Namen auf Papierschilder, klebt diese mit Gummi auf, reibt sie nach dem völligen Trocknen mit Paraffin ein und glättet sie mit einem Falzbein. So behandelte Papierschilder halten zwar die Verunreini-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gung mit Säuren nicht lange aus, vertragen aber oft wiederholtes Abwaschen mit Wasser sehr gut. Man kann die Schilder, statt zu paraffinieren, auch mit Dammar- oder Kopallack überziehen. Dann müssen sie aber vorher mit Stärkekleister überstrichen und gut getrocknet werden, damit der Lack nicht in das Papier eindringt und dieses transparent macht. Mit Tinte geschriebene Etiketten lassen sich freilich auf diese Weise nicht behandeln, da die Schrift durch den Kleister zum Auslaufen gebracht werden würde.

Das Festsitzen der eingeschliffenen Glasstöpsel im Halse der Flaschen wird bei der in Figur 343 abgebildeten Form, welche SWARTS* empfiehlt, vermieden. Wie sich aus der Zeichnung ergiebt, schliefst der konische Teil des Stöpsels nicht dicht; der Verschluſs wird vielmehr durch die genau aufeinander geschliffenen Horizontaflächen *a a* bewirkt. Hat sich der Stöpsel festgesetzt, so kann man ihn leicht durch Einschieben einer flachen Messerklinge bei *a* lösen.

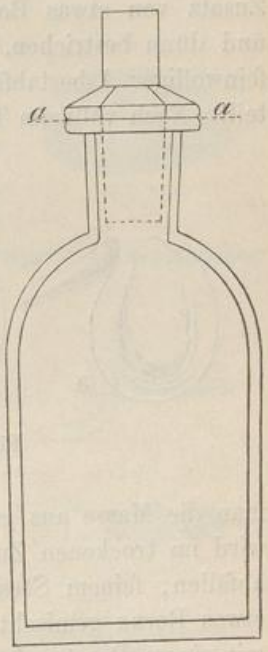


Fig. 343. Flasche mit Glasstöpsel nach SWARTS.

5. Retorten, Kolben, Kugelröhren. Retorten sind bauchige Gefäſse mit umgebogenem, verjüngtem Halse zum Destillieren von Flüssigkeiten (Fig. 344). Sie sind entweder ganz geschlossen (*a*, *b*) oder oben, da wo der Bauch in den Hals übergeht, mit einem Tubulus versehen, zum Eingieſsen der Flüssigkeiten, Einbringen fester Körper, Einschütten von Pulvern, Einsetzen eines Thermometers oder Anbringung eines Trichter-, Sicherheits- oder Gaseinleitungsrohrs. Der Tubulus muſs so angesetzt sein, daſs Glasstäbe, Thermometer, Trichterröhren etc. durch ihn möglichst senkrecht in den Bauch der Retorte eingeführt werden können (*c*) und nicht die seitliche Glaswand berühren (*d*); letztere sind nicht gerade verwerflich, aber für manche Zwecke nicht brauchbar. Auch auf die Form der Umbiegung des Halses kommt es an: Die innere Biegung muſs möglichst scharf eingedrückt sein, ohne daſs dabei die Halsweite verengert wird (*a*); nicht darf sie wie *b* gestaltet sein (obgleich dies für gebogene Glasröhren die richtigere Form ist, siehe oben Seite 124). Der Grund hierfür liegt

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 14, S. 836. — *Chem. Centr.-Blatt* 1899, II, S. 130.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in dem Umstande, dafs aufspritzende Tropfen bei der Biegung *b* leicht in den Hals geraten, in die Vorlage hinabfliefsen und das Destillat verunreinigen, was bei der Form *a* weit weniger leicht möglich ist. Wie Retorten in Sandbäder eingesetzt werden, ist bereits oben besprochen, und wie sie bei der Destillation behandelt werden, wird später gezeigt.

Um Retorten gegen die Hitze widerstandsfähiger zu machen und vor dem Springen zu bewahren, versieht man sie mit einem Thonbeschlag, welchen man nach Mareck* folgendermafsen erzeugt. Der Bauch der Retorte wird mittels eines weichen Borstenpinsels mit syrupdickem, durch Zusatz von etwas Boraxpulver verdicktem Wasserglas ganz gleichmäfsig und dünn bestrichen, und auf dieser Unterlage mittels eines Drahtsiebes feinwolliger Asbestabfall, mit wenig scharfem Sand gemischt, darauf verteilt. Nach völligem Trocknen streicht man einen Thonüberzug auf, wozu

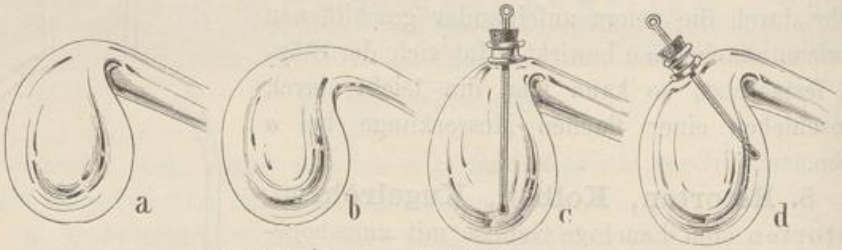


Fig. 344. Gute und schlechte Retorten.

man die Masse aus gutem, weichem plastischen Thon herstellt. Derselbe wird im trockenen Zustande gepulvert, mit ebensolchen wolligen Asbestabfällen, feinem Seesand oder statt dessen feinsandigem Chamotte und etwas Borax gemischt und mit Wasser zu einem Brei angerührt, der sich mit einem Borstenpinsel gut aufstreichen läfst. In der Regel genügt ein einmaliger Anstrich schon, um einen glatten Überzug zu erzeugen, der selbstverständlich nach Belieben mehrfach wiederholt werden kann. Vor dem Gebrauch mufs der Beschlag völlig trocken sein, und das Erhitzen darf anfangs nur ganz allmählich geschehen.

Kolben oder Kochflaschen sind Flaschen mit fast kugelförmigem, unten sanft eingedrücktem Bauch (siehe weiter unten Fig. 349) und cylindrischem, gerade aufgesetztem Halse, welcher entweder dünn und ausgebogen (zum Ausgiefsen) oder mit dickem Glasrande umlegt ist (zum Verstöpseln). Boden und Seitenwand des Bauches müssen ganz gleichmäfsig dünn sein, damit jener beim Erhitzen nicht abspringt. Die Kolben haben vielfache Verwendung: sie dienen ebensowohl zum Kochen und

* *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 364.

Destillieren, als auch zur Gasentwickelung etc. (siehe Fig. 245—247). Beim Erhitzen werden sie auf ein Drahtnetz, ein Stück Asbestpappe, ein Schutzblech oder in eine eiserne Schale gesetzt mit oder ohne Sand.

Kolben mit rundem Boden bedürfen eines Untersatzes, wozu bei gröfseren Apparaten Strohkränze oder Korbuntersetzer dienen. Für mittlere und kleine Kolben sind Unterlegringe von Suberit, einer Masse aus Korkabfällen (Fig. 345), sehr bequem. Die Masse ist glatt und weich und verträgt sehr gut die Temperatur erhitzter Kolben mit siedenden Flüssigkeiten.

Fig. 345.

Die sogenannten Erlenmeyer'schen Kolben haben einen ganz flachen Boden und schräg nach oben gehende Wände, wie ein umgekehrter Trichter. Sie lassen sich leicht reinigen und sind besonders dann zu empfehlen, wenn es sich um Beseitigung, bezw. Wiedergewinnung von Niederschlägen, die sich an der Glaswand festsetzen, handelt, wie oben (Seite 161) beschrieben worden ist.

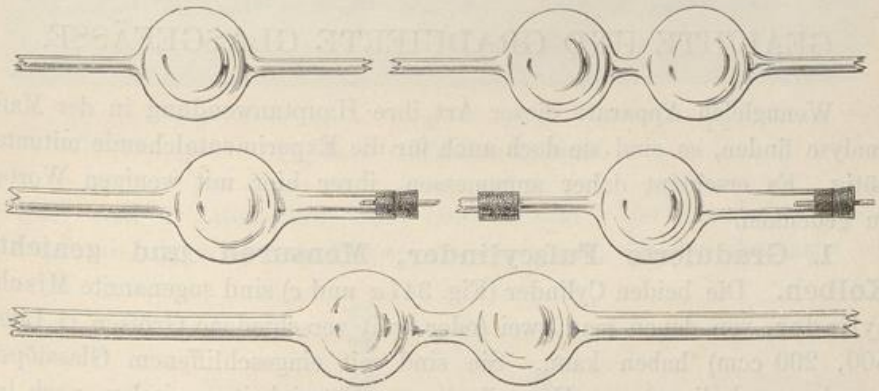


Fig. 346. Kugelröhren.

Kugelröhren sind engere oder weitere Röhren mit einer oder zwei Kugeln in der Mitte (Fig. 346). Sie werden zum Erhitzen kleiner Mengen von Substanz im Gasstrome benutzt. Man hat solche, deren Röhren auf beiden Seiten der Kugel gleich weit sind, und andere, mit einerseits weitem, andererseits engem Rohr. Durch das letztere können sie vermittels eines Korks in ein anderes Rohr oder auf einen Kolben etc. gesetzt werden. — In den meisten Fällen kann man statt der Kugelröhren:

Böhmische Röhren aus schwer schmelzbarem (Kali-) Glas anwenden, deren Handhabung entschieden einfacher und bequemer ist. Sollen darin schmelzende Körper oder Flüssigkeiten erhitzt werden, so schiebt

man ein Porzellanschiffchen ein. Da diese Röhren sehr häufig gebraucht werden, so hält man sich einen Vorrat von verschieden langen und weiten, zurechtgeschnittenen und am Rande umgeschmolzenen Stücken, 12—50 und 70 cm lang, in einem besonderen Fache des Experimentiertisches (siehe oben Seite 22). Ebenso richtet man sich eine gröfsere Anzahl durchbohrter Korke von verschiedener Dicke und mit eingesetzten Glasröhren (5—12 cm lang) her, die in einem anderen Fache des Experimentiertisches ihren Platz finden. Soll ein böhmisches Rohr gebraucht werden, so wählt man ein solches von passender Länge und Weite aus, pafst die Korke ein, und der Apparat ist fertig. Gute Röhren können wiederholt benutzt werden; waren sie glühend, so läfst man sie langsam abkühlen, reinigt sie sogleich wieder und bringt sie an ihren Ort zurück. Auch die Korke können viele Male hintereinander dienen.

GEAICHTE UND GRADUIERTE GLASGEFÄSSE.

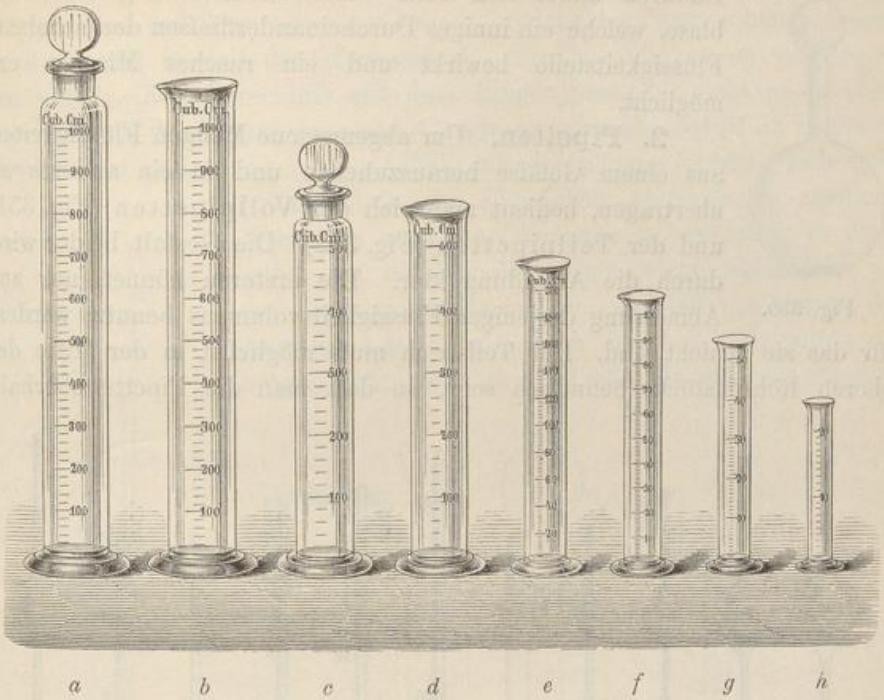
Wenngleich Apparate dieser Art ihre Hauptanwendung in der Mafsanalyse finden, so sind sie doch auch für die Experimentalchemie mitunter nötig. Es erscheint daher angemessen, ihrer hier mit wenigen Worten zu gedenken.

1. Graduierte Fufscylinder, Mensuren und geaichte Kolben. Die beiden Cylinder (Fig. 347 *a* und *c*) sind sogenannte Mischcylinder, von denen man zwei (oder drei) verschiedene Gröfsen (1 Liter, 500, 200 ccm) haben kann. Sie sind mit eingeschliffenem Glasstöpsel versehen und dienen zur Herstellung von Flüssigkeitsgemischen nach bestimmtem Mafs. Die Cylinder *b* und *d*—*h* sind mit Ausgufs versehen (Ausgufscylinder). Auch von dieser Sorte hat man verschiedene Gröfsen (1 Liter, 500, 200, 100, 50 und 20 ccm). Man benutzt sie zum Abmessen bestimmter Flüssigkeitsmengen. Kommt es hierbei nicht auf besonders grofse Genauigkeit an, so sind geaichte Porzellanmafse oder Mensuren (Fig. 348) von 1 Liter oder 500 ccm etc. Inhalt passend, welche im Innern Teilstriche für je 100 oder 50 ccm haben.

Die geaichten Kolben (Fig. 349) werden benutzt, wenn man Flüssigkeiten mit gröfserer Genauigkeit auf ein bestimmtes Volumen bringen will, als das durch die Mischcylinder möglich ist. Der Hals dieser Gefäfse mufs verhältnismäfsig eng und ihre Gröfse so bemessen sein, dafs

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Niveau der bestimmten Menge Flüssigkeit, für die sie geaicht sind, ungefähr in der Mitte des Halses zu stehen kommt. Die gebräuchlichsten



a *b* *c* *d* *e* *f* *g* *h*

Fig. 347. Graduierte Cylinder.

Gröfsen sind 1 Liter, 500, 200, 100, 50 ccm. Der Literkolben kann passend mit eingeriebenem Stöpsel versehen sein, da man ihn meist be-

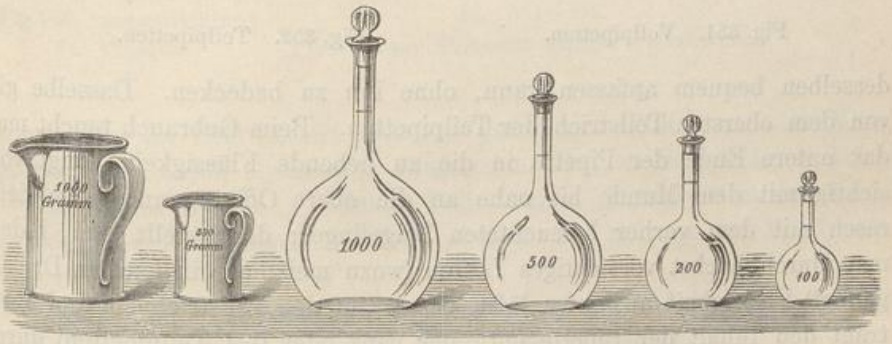


Fig. 348. Mensuren. Fig. 349. Geaichte Kolben.

nutzt, um eine Flüssigkeit durch Mischen mit einer anderen oder durch Zusatz von Wasser mit möglichster Genauigkeit auf das Volumen eines Liters zu bringen.

Mit Vorteil giebt man solchen Mefskolben nach Biltz* über der Marke am Halse eine kugelförmige Erweiterung (Fig. 350). Dadurch bildet sich beim Umschütteln eine grofse Luftblase, welche ein inniges Durcheinanderfliefsen der einzelnen Flüssigkeitsteile bewirkt und ein rasches Mischen ermöglicht.

Fig. 350.

2. Pipetten. Um abgemessene Mengen Flüssigkeiten aus einem Gefäfse herauszuheben und in ein anderes zu übertragen, bedient man sich der Vollpipetten (Fig. 351) und der Teilpipetten (Fig. 352). Die Gestalt beider wird durch die Abbildung klar. Die ersteren können nur zur Abmessung desjenigen Flüssigkeitsvolumens benutzt werden, für das sie geaicht sind. Der Teilstrich mufs möglichst in der Mitte des oberen Röhrenstücks befindlich sein, so dafs man die Pipette oberhalb

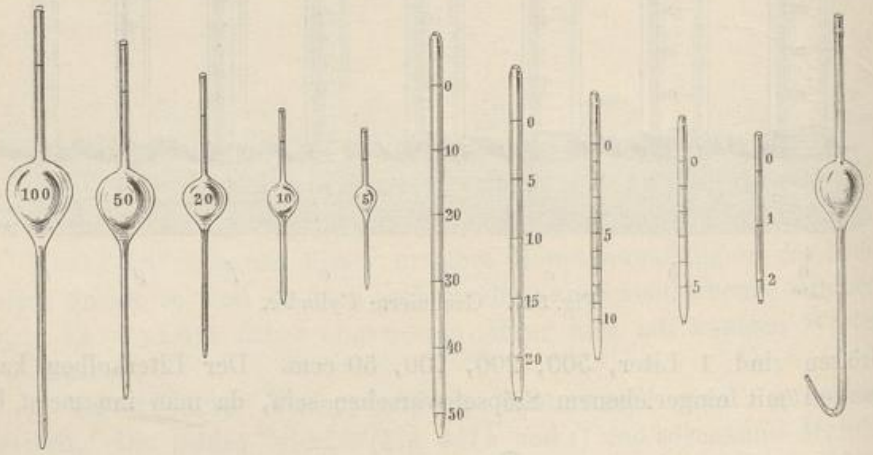


Fig. 351. Vollpipetten.

Fig. 352. Teilpipetten.

desselben bequem anfassen kann, ohne ihn zu bedecken. Dasselbe gilt von dem obersten Teilstrich der Teilpipetten. Beim Gebrauch taucht man das untere Ende der Pipette in die zu hebende Flüssigkeit, saugt vorsichtig mit dem Munde bis nahe an die obere Öffnung und verschliefst rasch mit dem vorher befeuchteten Zeigefinger; dann stellt man, indem man durch höchst vorsichtiges Lüften (wozu meistens ein leichtes Drehen genügt) Flüssigkeit auslaufen läfst, genau auf den Teilstrich ein und überträgt den Inhalt der Pipette entweder ganz oder (bei Teilpipetten) durch Ablesen an den unteren Teilstrichen in das andere Gefäfs. Die Vollpipetten sind meistens (was man wissen mufs) „auf Abstrich“ geaicht, das heifst,

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 29, S. 282. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 817.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

man mufs die letzten Flüssigkeitstropfen durch Abstreichen an der Wand des Gefäfses ablaufen lassen; die Teilpipetten dagegen streicht man nicht ab, sondern läfst nur bis zu dem bestimmten Striche ausfliefsen. Die Genauigkeit und Bequemlichkeit beim Gebrauche der Pipetten hängt wesentlich von der Gestalt der Öffnungen ab. Sind die oberen zu weit, so ist es schwer, den Verschlufs mit dem Finger genügend dicht zu erhalten, um während des Übertragens und Abmessens keine Flüssigkeit zu verlieren; sind sie zu eng, so ist es unmöglich, mit der nötigen Vorsicht so leise zu lüften, dafs die Flüssigkeit tropfenweise ausfliefst. Wenn die unteren Öffnungen zu weit sind, so fliefst selbst bei dichtem Verschlufs leicht Flüssigkeit ab, und wenn sie wiederum zu eng sind, so dauert das Ausfliefsen zu lange. Auch darf bei Vollpipetten das untere Rohr nicht zu kurz sein, da man die Pipetten

Fig. 353. Saugvorrichtung für Pipetten.

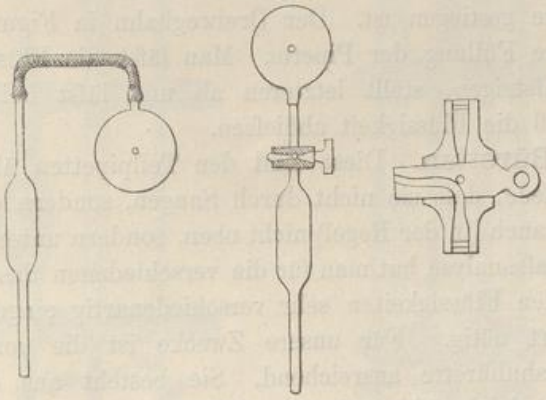


Fig. 354—356. Pipette zum Abmessen giftiger Flüssigkeiten.

sonst nicht für tiefe Gefäfse benutzen kann; und endlich mufs der Mittelkörper nach unten etwas spitz ausgezogen sein, so dafs er innen keinen Wulst besitzt; in einem solchen Falle würde Flüssigkeit in der Pipette zurückbleiben und deren Volumen je nach der Haltung der Pipette veränderlich sein.

Die letzte Abbildung in Figur 352 ist eine Hakenpipette zum Einbringen von Flüssigkeiten in Röhren von unten her.

Wenn Pipetten nicht mit dem Munde angesaugt werden können, z. B. bei Flüssigkeiten, welche schädliche Dämpfe entwickeln, wie Brom etc., so setzt man entweder ein Absorptionsrohr auf oder versieht die Pipette oben mit einem Gummihütchen, wie bei den in der Medizin oder Mikro-

skopie gebräuchlichen Tropfapparaten. Empfehlenswert ist folgende von Stroschein* angegebene Einrichtung, welche sich besonders gut für Mefspipetten von geringerem Inhalt eignet. Ein oben zugeschmolzenes Glasrohr von wenig gröfserem Durchmesser als das Pipettenrohr wird über letzteres geschoben und durch ein kurzes Stück steifen Gummischlauch damit verbunden (Fig. 353). Man fafst das obere Ende des Pipettenrohrs mit der linken Hand, Glasrohr und Schlauch mit der rechten, und schiebt diesen durch drehende Bewegungen nach oben oder unten, je nachdem man die Pipette füllen oder leeren will.

Dem gleichen Zwecke dient die von Reid** angegebene Pipette zum Abmessen giftiger Flüssigkeiten (Fig. 354). Die Pipette ist mittels Gummischlauch mit einem Gummiball verbunden, der in der Mitte eine Öffnung hat. Man prefst bei verschlossener Öffnung den Ball zusammen, taucht die Pipette in die Flüssigkeit, läfst den Ball sich ausdehnen und prefst den Schlauch mit der anderen Hand zu, sobald die Flüssigkeit bis zur Marke gestiegen ist. Der Dreiweghahn in Figur 355 gestattet eine bequemere Füllung der Pipette. Man läfst die Flüssigkeit bis über den Hahn aufsteigen, stellt letzteren ab und läfst bei einer Stellung wie Figur 356 die Flüssigkeit abfliefsen.

3. Büretten. Diese sind den Teilpipetten ähnlich, nur mit dem Unterschiede, dafs sie nicht durch Saugen, sondern durch Eingiefsen gefüllt und auch (in der Regel) nicht oben, sondern unten geschlossen werden. In der Mafsanalyse hat man für die verschiedenen daselbst zur Anwendung kommenden Flüssigkeiten sehr verschiedenartig eingerichtete Instrumente dieser Art nötig. Für unsere Zwecke ist die von Mohr verbesserte Quetschhahnbürette ausreichend. Sie besteht aus einem Glasrohr von möglichst gleichmäfsiger innerer Weite, ist am unteren Ende verjüngt und daselbst mit Kautschukrohr, Quetschhahn und Ausflufsrohr versehen. Die gebräuchlichsten Gröfsen sind 100, 50, 25, 20, 10, 5 ccm. Die gröfseren sind in ganze oder halbe, die kleineren in fünftel oder zehntel Kubikcentimeter geteilt. Der obere Teilstrich ist der Nullpunkt. Beim Gebrauche stellt man die Bürette senkrecht in ein passendes Stativ (Fig. 357 und 358), füllt sie bis über den Nullpunkt so, dafs die eingegossene Flüssigkeit nicht schäumt, stellt dann durch vorsichtiges Lüften des Quetschhahns genau auf den Nullpunkt ein und läfst die gewünschte Menge Flüssigkeit durch Öffnen des Quetschhahns auslaufen. Da durch die Adhäsion der Glaswand beim Auslaufen etwas Flüssigkeit zurückgehalten wird, welche erst nach einiger Zeit herunterfliefst, so darf man sich mit

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 660. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 114.
** *Chem. News*, Bd. 66, S. 106. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, II, S. 774.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dem Ablesen nicht allzusehr beeilen, was namentlich bei engeren Büretten zu beachten ist.

In keiner Bürette stellt sich die Flüssigkeit horizontal, sondern bildet je nach der Weite derselben einen nach unten gewölbten Meniskus. Beim

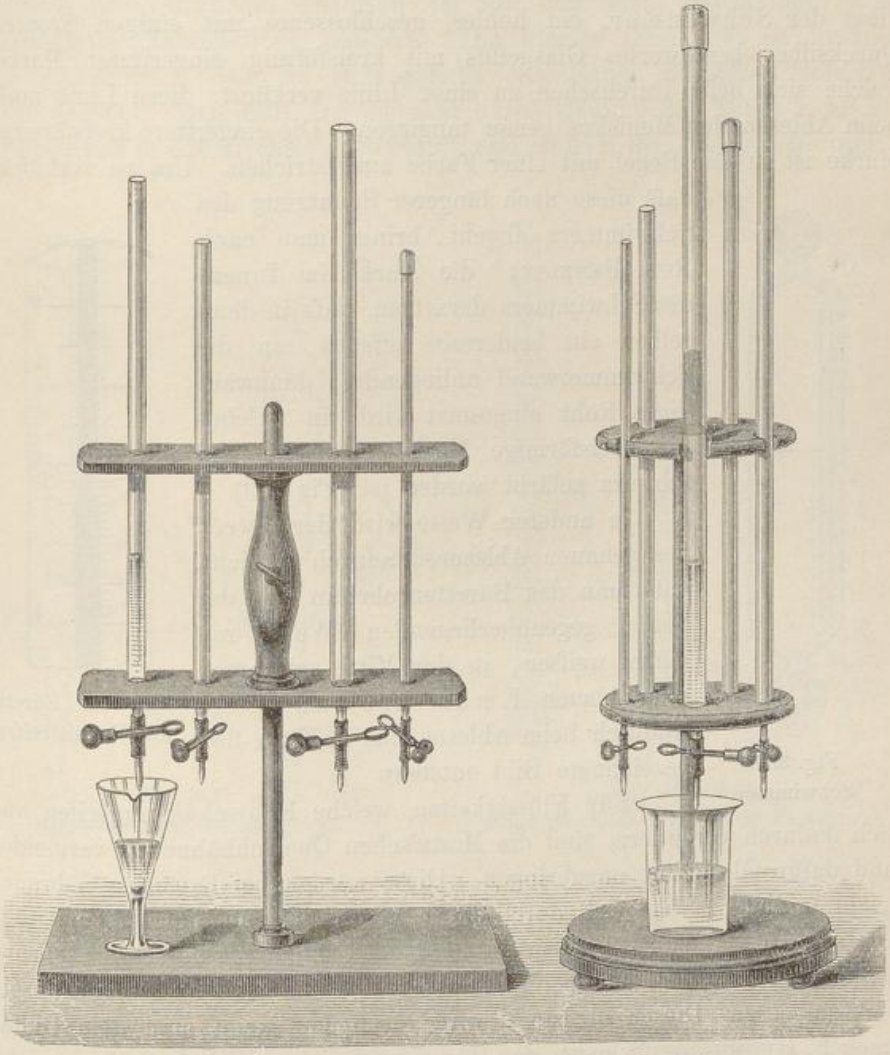


Fig. 357. Büretten und Bürettenstative. Fig. 358.

Ablesen oder Einstellen auf einen bestimmten Teilstrich ist zu beachten, dafs der tiefste Punkt dieses Meniskus genau die horizontale Ebene berühren mufs, welche durch den Teilstrich geht. Man wird daher nur dann richtig ablesen, wenn man das Auge selbst in diese horizontale Ebene bringt. Um dies genau erreichen zu können, sind verschiedene

Mittel vorgeschlagen. Am einfachsten erreicht man den Zweck, wenn man ein für alle Mal um jede Bürette einen an der einen Seite aufgeschlitzten, federnden, leicht verschiebbaren Metallring anbringt und denselben beim Ablesen so einstellt, dafs sein oberer Rand wie eine gerade, den tiefsten Punkt des Meniskus berührende Linie erscheint. Dem gleichen Zwecke dient der Schwimmer, ein hohles, geschlossenes mit einigen Tropfen Quecksilber beschwertes Glasgefäfs mit kreisförmig eingeritzter Marke, welche sich beim Durchsehen zu einer Linie verkürzt; diese Linie mufs beim Ablesen den Meniskus genau tangieren. Die eingeritzte kreisförmige Marke ist in der Regel mit einer Farbe ausgestrichen. Um zu verhüten, dafs diese nach längerer Benutzung des Schwimmers abgeht, bringt man nach Rud. Benedikt* die Marke im Innern des Schwimmers derart an, dafs in demselben ein beiderseits offenes, an die Schwimmerwand anliegendes, dünnwandiges Rohr eingesetzt wird, in welches die kreisförmige Marke eingeätzt und schwarz gefärbt worden ist (Fig 359).

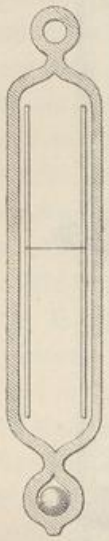


Fig. 359. Schwimmer.

In anderer Weise wird der Zweck des genauen Ablesens dadurch erreicht, dafs man das Bürettenrohr an der der Skala gegenüberliegenden Wand mit einem weifsen, in der Mitte schwarzen oder blauen Emailstreifen belegt, wodurch beim Ablesen das in Figur 360 gezeichnete Bild entsteht.

Fig. 360. Bürette mit Emailstreifen.

Für Flüssigkeiten, welche Kautschuk angreifen und sich dadurch verändern, sind die Mohr'schen Quetschhähne zu vermeiden und dafür Glashähne anzubringen. Diese werden bei längerem Gebrauch leicht undicht, indem sich durch das häufige Auf- und Zudrehen auf dem Umfang des Hahnkörpers zwischen den beiden Öffnungen der Durchbohrung Rillen bilden, welche auch bei geschlossenem Hahn etwas Flüssigkeit durchsickern lassen. Dieser Übelstand wird vermieden, wenn man dem Hahne nach F. Hugershoff** gegen das Bürettenrohr eine schiefe Stellung giebt. Die Rillen bilden sich dann nicht in der Achse der Bürette, und der Hahn bleibt dicht. In anderer Weise wird derselbe Zweck nach Greiner & Friedrichs*** erreicht, wenn man den Hahn zwar senkrecht ansetzt, aber

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 16, S. 217. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, S. 515.
** *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 135.
*** *Zeitschrift für analyt. Chemie*, Bd. 27, S. 470. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1145.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schief durchbohrt (Fig. 362—364). Das Ausflufsrohr mufs dann seitlich angesetzt werden. Bringt man zwei Durchbohrungen an, so erhält man einen Zweiwegbahn (Greiner'scher Patenthahn), welcher für manche Zwecke vorteilhaft ist, z. B. für Zu- und Abflufsbüretten, bezw. -Pipetten, welche man durch das eine Rohr (*a*) füllt und durch das andere (*b*) bei geänderter Hahnstellung entleert. Die Pipette (Fig. 364) ist überdies so eingerichtet, dafs sie stets gleiche Quantitäten Flüssigkeit aufnimmt und abgiebt: Man füllt den Apparat durch Öffnung des Rohrs *a*, bis die Flüssigkeit in den Trichter *d* überläuft, und entleert den Überschufs durch *c*.

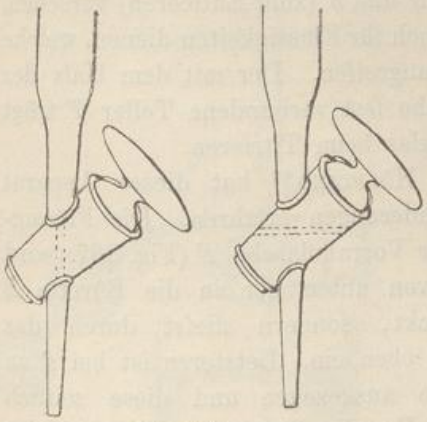


Fig. 361.
Glashahn nach Hugershoff.

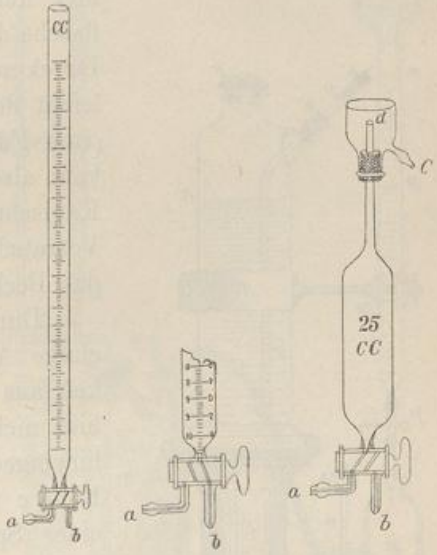


Fig. 362—364.
Glashahn nach Greiner & Friedrichs.

Apparate, bei denen die Bürette mit dem Vorratsgefäfs für die Titerflüssigkeit gleich so verbunden ist, dafs sie aus demselben durch Luftdruck gefüllt werden kann, sind in verschiedenen Formen in Gebrauch. Sie leisten gute Dienste, wenn eine gröfsere Zahl von Titrierversuchen hintereinander auszuführen ist.

Der Apparat von Ducretet* ist in Figur 365 abgebildet. *R* ist der Behälter für die Titerflüssigkeit, *S* ein passender Untersatz für denselben, *B* die Bürette mit dem Halter *A* und der Klemme *M*. Durch *T* und *b''*, *b'''* ist sie mit dem bis fast auf den Boden von *R* reichenden Glasrohr *o'* verbunden. *p'* ist eine Gummikugel mit Ventil *o*, *F* ein

* *Sucrerie indigène*, Bd. 24, No. 21. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 229.

Glasstöpsel mit der Öffnung o'' und V die Mischflasche mit dem Glasstab a.

Ist R mit der Titerflüssigkeit gefüllt, so drückt man B' zusammen und treibt die Luft aus o aus. Beim Nachlassen des Drucks steigt die Flüssigkeit durch o' auf und füllt die Bürette, jedoch nur bis zum Nullpunkt n, weil der Überschufs durch das Rohr T zurückläuft; hierdurch wird das bei den gewöhnlichen Apparaten nötige Einstellen auf den Nullpunkt erspart.

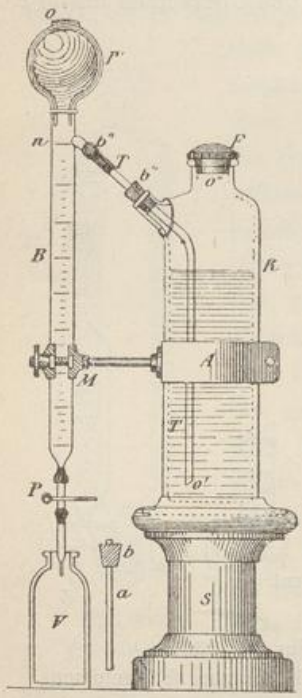


Fig. 365. Titrierapparat nach Ducretet.

Einen kompendiösen Titrierapparat nach Knöfler* zeigt Figur 366. Die Bürette B ist hier durch einen Bügel K mit der Vorratsflasche derart verbunden, dafs man sie durch Druck auf ein Kautschukgebläse von unten her leicht füllen kann. Sie ist mit Glashähnen a (zum Füllen) und b (zum Entleeren) versehen, kann also auch für Flüssigkeiten dienen, welche Kautschuk angreifen. Der mit dem Hals der Vorratsflasche fest verbundene Teller T trägt das Becherglas beim Titrieren.

Durch Hölbling** hat dieser Apparat einige Abänderungen erfahren. Die Flüssigkeit aus der Vorratsflasche F (Fig. 367) wird hier nicht von unten her in die Bürette B hineingedrückt, sondern fliefst durch das Rohr c von oben ein. Letzteres ist bei d zu einer Spitze ausgezogen und diese seitlich gekrümmt. Um die Bürette zu füllen, bleibt der Quetschhahn C geschlossen, A wird geöffnet, und mittels des Kautschukgebläses D Luft durch f in die Flasche gedrückt. Ist die Flüssigkeit in der Bürette bis über die untere Spitze von d gestiegen, so schliefst man A, öffnet C, um die gepresste Luft aus F entweichen zu lassen, und öffnet A abermals. Durch Heberwirkung wird jetzt aus der Bürette so viel Flüssigkeit zurückgesaugt, dafs die Spitze von d eben frei ist. Man kann nun die Bürette in ihrem Halter leicht so einstellen, dafs nach dem Zurückfliefsen der Flüssigkeitsspiegel in B genau am Nullpunkt der Teilung steht; die Bürette ist

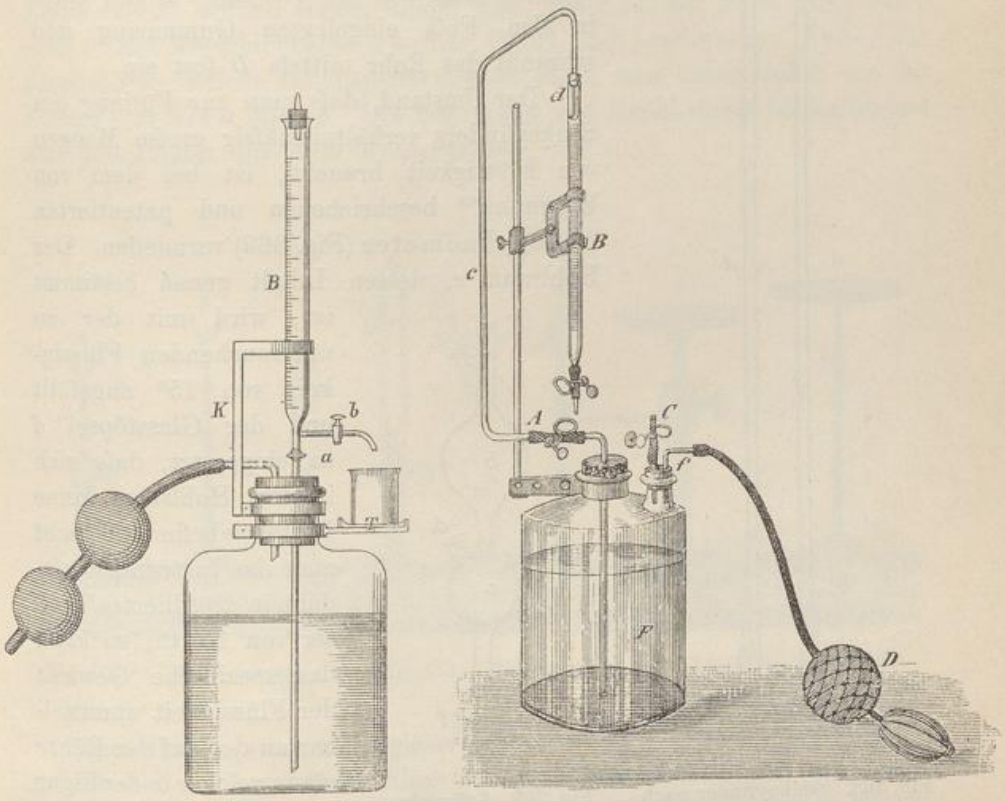
* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 561. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 769.

** *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 28, S. 431. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 624.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dann ein für allemal eingestellt, und bei wiederholter Füllung braucht man nur Sorge zu tragen, dafs die beiden Quetschhähne *A* und *C* so lange offen gehalten werden, bis auch der letzte Tropfen in *d* emporgesaugt ist.

Da beim experimentierenden Unterricht die Büretten selten gebraucht werden, so löse man nach der Benutzung den Kautschukschlauch und Quetschhahn, reinige und trockne das Instrument sorgfältig aus und bewahre es vor Staub geschützt in einem besonderen Kasten.



a *b*

Fig. 366. Titrierapparat nach Knöfler. Fig. 367.

4. Aräometer. Für die Zwecke des Experimentalunterrichtes genügen ein Aräometer nach Beaumé für spezifisch leichtere, und ein desgleichen für spezifisch schwerere Flüssigkeiten als Wasser, an deren Skala zugleich die den Graden nach Bé. entsprechenden spezifischen Gewichte verzeichnet sind, und ein Alkoholometer mit Skalen nach Gewichts- und Volumverhältnissen; dazu einige Senkcylinder von geeigneter Gröfse. Letztere bestehen in der am meisten gebräuchlichen Form aus einem unten zugeschmolzenen oben erweiterten Glascylinder, welcher in einen Holzfufs

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eingekittet ist. Behufs leichterer Reinigung empfiehlt GAWALOWSKI* das Rohr *A* (Fig. 368) unten nicht zu schliefsen, sondern eben zu schleifen und mit einer eben geschliffenen gläsernen Deckplatte *B* zu versehen, welche durch eine Metallfassung *D* und eine Überwurfschraube mit Fufs *E* befestigt wird. Die Richtigstellung erfolgt durch drei Fufsschrauben *G* mittels einer aufgesetzten Libelle *F*. Man legt die Glasplatte *D* auf einen in den Fufs eingelegten Gummiring und schraubt das Rohr mittels *D* fest ein.

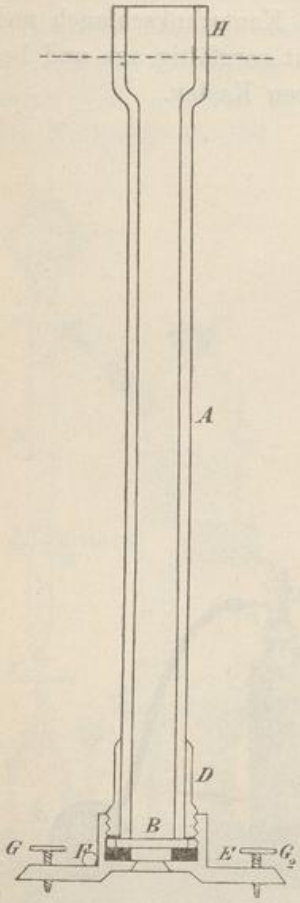


Fig. 368. Senkcylinder nach GAWALOWSKI.

Der Umstand, dafs man zur Füllung des Senkcylinders verhältnismäfsig grofse Mengen von Flüssigkeit braucht, ist bei dem von EICHHORN** beschriebenen und patentierten Aräopyknometer (Fig. 369) vermieden. Der Hohlraum *c*, dessen Inhalt genau bestimmt ist, wird mit der zu untersuchenden Flüssigkeit von 15° angefüllt und der Glasstöpsel *d* so eingesetzt, dafs sich in dem Hohlraum keine Luftblase befindet. Taucht man das Instrument alsdann in destilliertes Wasser von 15° C., so kann das spezifische Gewicht der Flüssigkeit unmittelbar an der auf der Röhre *a* (von welcher in der Figur nur das unterste Ende gezeichnet ist) befindlichen Skala abgelesen werden. Die Kugel *b* über dem Hohlraum *c*, das auf letzterem angeblasene Glasauge *e* und die mit Quecksilber gefüllte Kugel *f* dienen zur Herstellung des stabilen Gleichgewichts beim Einsenken des Instruments in die Flüssigkeit.

Fig. 369. Aräopyknometer nach EICHHORN.

* *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 6.

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 14, S. 36. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 245.

RÖHRENTRÄGER UND -HALTER, TISCHCHEN, RETORTENHALTER, STATIVE.

1. Röhrenträger und -Halter werden zum Tragen oder Festhalten von Röhren benutzt. Für böhmische Röhren, die durch eine Röhrenheizlampe erhitzt werden sollen, nimmt man Träger von der Form Figur 370 *a* oder *b* mit verschiebbarer eiserner Gabel und beschwertem Fufse, für Kugelröhren, welche festzuspannen sind, wählt man lieber Halter von der Form Figur 371 *a* oder *b*. Die Benutzung und Handhabung beider ergiebt sich unmittelbar aus ihrer Konstruktion.

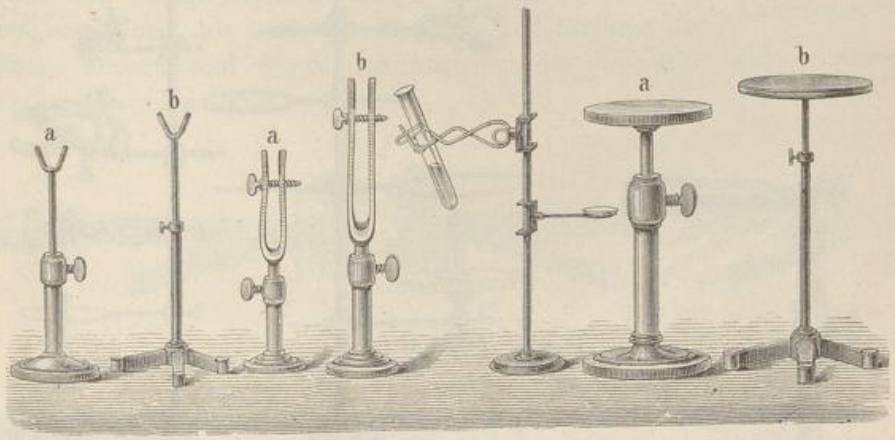


Fig. 370. Röhrenträger. Fig. 371. Röhrenhalter. Fig. 372. Tischchen.

Zum Halten von Probiergläsern oder kleineren Kolben und Retorten ist das neben dem Röhrenhalter *b* abgebildete kleine Stativ sehr wohl geeignet. An dem starken, auf einem eisernen Fufse befestigten Metalldraht läfst sich mit Reibung eine federnde Hülse auf- und abschieben, so dafs sie in jeder Lage von selbst feststeht. In dieser Hülse ist eine sich elastisch schliefsende Gabel so befestigt, dafs sie sich ebenfalls mit Reibung um ihre horizontale Längsachse drehen läfst, wodurch man dem Probierrohr etc. jede gewünschte Neigung geben und es darin festhalten kann. Eine zweite verschiebbare Hülse trägt einen kleinen Ring zum Halten von Uhrgläsern.

2. Tischchen (Fig. 372) werden beim Experimentieren fortwährend gebraucht, um bei den Reaktionen als Untersatz für Bechergläser, Schalen etc. zu dienen; *a* ist ganz aus Holz, der Fufs mit Blei ausgegossen, *b* aus

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eisen, der Teller von Holz. Letzterer sei weder lackiert noch poliert, damit warme Gläser nicht festkleben.

3. Retortenhalter und Stative. Diese vielgebrauchten und sehr notwendigen Instrumente hat man in der verschiedenartigsten Einrichtung und Form. Der Retortenhalter (Fig. 373) ist ganz aus Holz konstruiert, Fufs mit Blei ausgegossen. Dem Arme, der zum Halten der

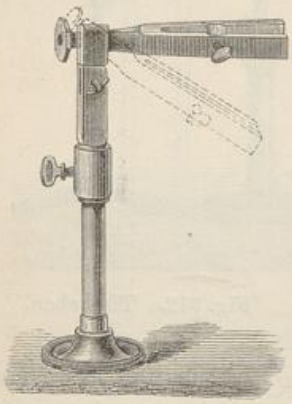


Fig. 373. Retortenhalter.

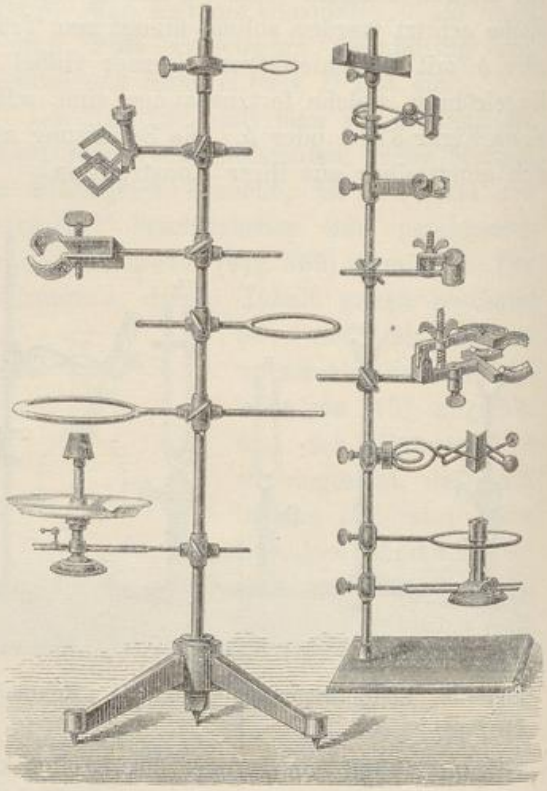


Fig. 374. Stative.

Retorte bestimmt ist, kann man eine dreifache Bewegung erteilen: 1. senkrecht auf- und abwärts innerhalb des Fufses, 2. in einer senkrechten Ebene auf- und abwärts um eine mit Schraube versehene und dadurch fixierbare horizontale Achse, 3. um seine eigene durch eine Holzschraube ebenfalls fixierbare Längsachse. Hierdurch kann man der Retorte sehr verschiedenartige Stellungen erteilen. Die Handhabung des Instruments ist sehr bequem; die Dienste, die es leistet, sind mannigfaltig und sicher. Andere in Holz ausgeführte Konstruktionen können weniger empfohlen werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

An den in Figur 374 abgebildeten eisernen Stativen sind noch verschiedene andere in Metall ausgeführte Retorten-, Röhren- und Probierglashalter, Tragringe für Eisen- und Porzellanschalen, Büretten- und Lampenträger zur Ansicht gebracht, deren Bestimmung sich nach dem Gesagten von selbst ergiebt. Zum Festhalten derselben an der Stange des Stativs dienen verschiedene Muffen, durch welche die Stangen der Halter geschoben und durch eine Schraube festgestellt werden. Gewöhnlich ist noch eine zweite Schraube zum Halten der Muffe selbst nötig. Bei der Beckmann'schen Universalmuffe (Fig. 375) ist dies vermieden. Die in der Figur sichtbare einzige Schraube dient sowohl zum Feststellen der Muffe, als auch zum Halten der durchgeschobenen Stange, so dafs man nach einer einzigen Schraubendrehung Muffe und Stange zugleich lockern und jene sowohl auf- und abschieben, als auch die Richtung und Stellung der Stange ändern und durch das Anziehen der Schraube beide zugleich wieder feststellen kann.

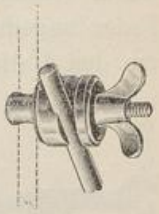


Fig. 375.
Beckmann'sche Universalmuffe.

Fig. 376. Fig. 377.

Bürettenhalter nach Muencke.

Von den an den beiden Stativen Figur 374 befestigten Apparaten möge hier nur noch besonders auf den am zweiten Stativ angebrachten Universalretortenhalter von Bunsen, der die fünfte Stelle von oben einnimmt, aufmerksam gemacht werden. Er hat insofern grofse Vorzüge, weil er sich gleich gut zum Einspannen der weitesten und engsten Retortenhälse eignet und wegen der Beweglichkeit seines einen Arms stark konisch verjüngte Hälse ebenso sicher festklemmt, wie cylindrische Röhren. Da er überdies noch eine vierfache Bewegung gestattet: — 1. Auf- und Abschiebung mit der Hülse (Nufs), 2. horizontale Verschiebung in derselben, 3. Drehung um die horizontale Achse innerhalb der Nufs und 4. Drehung um die in der Flügelschraube am Ende des Armes gelegene Achse, welche innerhalb einer durch sie gelegten senkrechten Ebene jede beliebige Lage annehmen kann —, so läfst sich die Retorte in jede nur denkbare Lage bringen und selbst in der allergewagtesten Stellung sehr sicher festhalten. Häufiges Putzen der Stangen und der Nufs mit Sandpapier und sorgfältiges Ölen der Schrauben ist zu empfehlen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eine andere Form des Bürettenhalters nach MUENCKE* zeigt Figur 376 und 377. Man kann darin engere und weitere Röhren gleich fest halten und die Skala unverkürzt ablesen. Die Auswechselung der Bürette ist sehr leicht. Der eine Backen der Klemme ist winklig gebogen und mit der Nufs durch Stiel fest verbunden. Der andere Backen ist gerade und mit einem Handgriff versehen; er wird durch eine starke S-förmig gebogene Feder angedrückt. Ein Druck auf den Griff mit dem Daumen genügt, um den Halter zu öffnen.

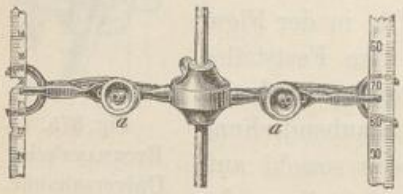


Fig. 378. Bürettenhalter nach HUGERSHOFF.

Der Retorten-, bezw. Röhrenhalter von HUGERSHOFF** ist so eingerichtet, dafs durch eine halbe Umdrehung der Schraube *a* die Klemme, welche die Röhre derart hält, dafs eine darauf angebrachte Skala an keiner Stelle verdeckt ist, frei wird, wodurch ein bequemes Einsetzen und Herausnehmen der Röhre (bezw. der Bürette) ermöglicht ist (Fig. 378).

Eine Klemme ohne Gelenk, deren Backen sich parallel bewegen, nach SIGMUND NEUMANN*** hat folgende Einrichtung. Ein aus schmied-

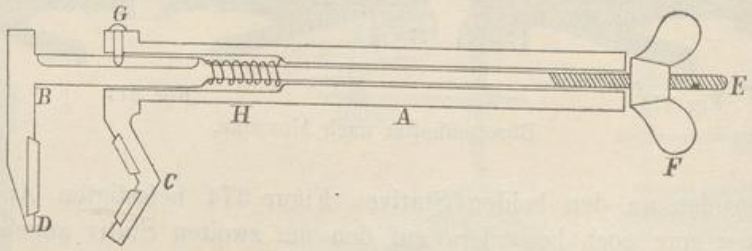


Fig. 379. Bürettenhalter nach NEUMANN.

barem Gufseisen verfertigtes, längeres, rundes Rohr *A* (Fig. 379) ist mit der Klemmplatte *C* aus einem Stück gegossen. Es ist seiner ganzen Länge nach durchbohrt, und die Durchbohrung bei *H* etwas erweitert. Der Stiel der Klemmplatte *D* wird in die Durchbohrung von *A* eingeschoben; er ist von *B* an 4—5 cm lang etwas dicker, damit er die Erweiterung des Rohrs *A* bei *H* möglichst ausfüllt. Eine hier angebrachte Spiralfeder strebt den Stiel herauszuschieben und die Klemme zu erweitern. Durch eine Schraube *E* mit Flügelmutter *F* werden die Klemmplatten *C* und *D*

* *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 117.

** *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 561.

*** *Math. und naturw. Mitteilungen aus Ungarn*, Bd. 6, S. 376. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 769.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zusammengezogen. Der Stift *G* ragt in eine ausgefräste Rinne des verdickten Teils vom Stiel *BE* hinein und verhindert die Drehung der Klemmplatte *D* um ihren Stiel *BE*. Mittels einer Nufs kann die Klemme auf jedem Stativ festgeschraubt werden. Sie läfst sich leicht zerlegen und putzen.

ABDAMPFEN UND TROCKNEN.

Das Abdampfen von Flüssigkeiten und Lösungen geschieht in Schalen aus Porzellan oder emailiertem Eisenblech entweder über freiem Feuer oder in sogenannten Bädern (Wasserbäder, Luftbäder). Letztere werden auch zum völligen Trocknen von Abdampfungsrückständen oder feuchten Niederschlägen auf Filtern benutzt.

1. Abdampfen über freiem Feuer. Dies geht zwar rascher von statten, als das Abdampfen in Bädern, verlangt aber gröfsere Aufmerksamkeit, wenn nicht beständige Überwachung. Man erhitze die Flüssigkeit höchstens zum gelinden Sieden und erhalte dieses durch passende Regulierung der Flamme. Gute Dienste leisten hierbei die Abdampföfen mit Heizschlange (Seite 106, Fig. 95 und 96), deren Flämmchen den Boden der Schale nicht berühren dürfen. Benutzt man andere Lampen, so kann leicht Überhitzung an einzelnen Stellen und infolgedessen Anlegen fester Substanz unter Zersetzung derselben eintreten, was bei Mangel an Aufsicht in der Regel zu einem Springen der Schale führt. Hat man gröfsere Mengen Flüssigkeit abzudampfen, so sichert man sich hiergegen durch Benutzung eines Rührwerks, welches man mittels der Rabe'schen Turbine treibt. Scheidet die Lösung feste Substanz ab, so ist es stets geraten, das Abdampfen im Wasser- oder Luftbade zu vollenden.

Flüssigkeiten, welche brennbare Dämpfe entwickeln, soll man nie über freiem Feuer, sondern immer nur im Wasserbade unter Einhaltung der weiter unten anzugebenden Vorsichtsmafsregeln abdampfen.

2. Beschleunigung des Abdampfens. Das Abdampfen von Flüssigkeiten wird wesentlich beschleunigt, wenn man für schnelle Entfernung der Dämpfe sorgt, was namentlich beim Verdampfen ohne Sieden von Wichtigkeit ist. In sehr einfacher Weise erreicht man dies nach Vogel*.

* *Repert. der analytischen Chemie.* — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 357.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wenn man dicht über der Oberfläche der Flüssigkeit einen umgekehrten Trichter aufstellt und die Röhre desselben mit der Wasserluftpumpe verbindet. Noch wirksamer wird die Vorrichtung, wenn man die Trichterröhre ganz absprengt und dafür mittels Kork ein Glasrohr einsetzt, dessen inneres Ende mit der Ebene des oberen Trichterumfangs abschneidet. Die Dämpfe sind dann gezwungen, durch dieses Rohr abzuziehen und der Ersatz der frischen Luft erfolgt, indem dieselbe von allen Seiten des Trichterumfangs einströmt und dicht über die Flüssigkeit nach dem Centrum strömt.

Statt des Trichters kann man auch nach KALECSINSKY eine grofse Retorte (Fig. 380 *A*) anwenden, deren untere Bauchhälfte abgesprengt ist. Man

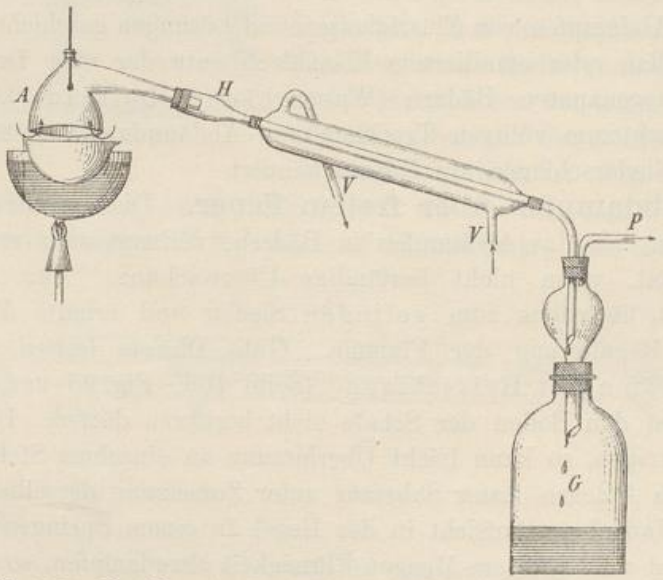


Fig. 380. Beschleunigung des Abdampfens nach KALECSINSKY.

klemmt den Hals in einen Retortenhalter und verbindet ihn mit der Luftpumpe. Diese Einrichtung ist besonders vorteilhaft beim Abdampfen von Flüssigkeiten, deren Dämpfe brennbar sind, z. B. von Schwefelkohlenstoff-, Benzin- oder Ätherlösungen in offenen Schalen. Man verbindet dann den Retortenhals nicht direkt mit der Luftpumpe, sondern mit einem Kühlrohr *H*, das untere Ende des letzteren mit einem geeigneten Vorstofs und erst diesen bei *P* mit der Luftpumpe, ganz wie bei der Destillation im Vakuum (s. weiter unten). Auf diese Weise gewinnt man das abzudampfende Lösungsmittel in der Vorlage *G* wieder.

3. Abdampfen durch Oberhitze. Eine Abdampfmethode, welche alle Übelstände bei der gewöhnlichen Art des Erhitzens von unten

(Stofsen, Spritzen, Anbrennen etc.) ausschliefst, ist von HEMPEL* angegeben (Fig. 381). Hierbei werden die Flüssigkeiten von oben erhitzt, und zwar dient hierzu der bekannte SIEMENS'sche Regenerativbrenner mit umgekehrter Flamme, welcher in verschiedenen Gröfsen zur Anwendung kommen kann. Derselbe (*A*) saugt bekanntlich die Luft von unten ein und führt sie durch das Rohr *B* ab. Die Abdampfschale steht

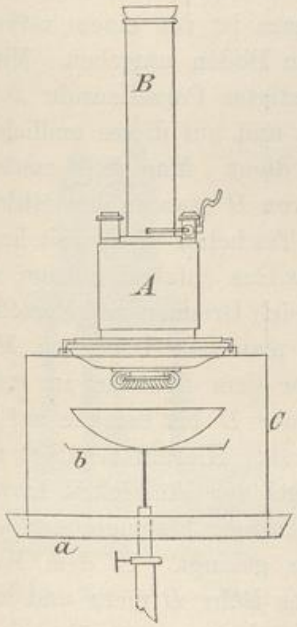


Fig. 381. Abdampfen durch Oberhitze in Schalen nach HEMPEL.

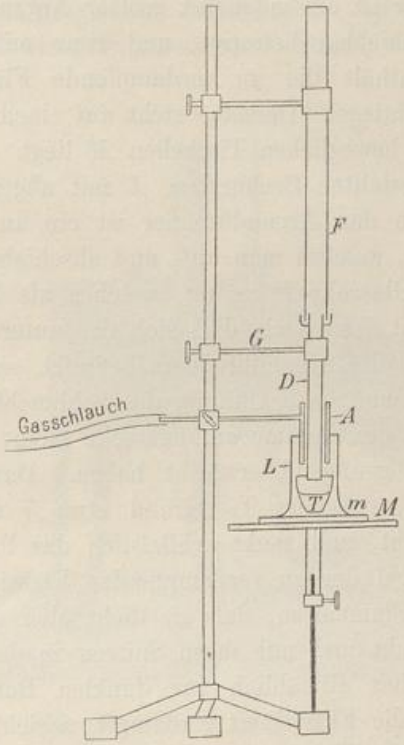


Fig. 382. Abdampfen mit Oberhitze in Tiegeln nach HEMPEL.

auf einem Tischchen *b*, welches zugleich unterhalb desselben den flachen Napf *a* trägt; *b* kann unabhängig von *a* gehoben und gesenkt werden. *C* ist ein Glascylinder, welcher in *a* steht und durch Umschütten von Seesand an seinem unteren Rande gedichtet wird. Durch Senken des Napfes *a* mit *C* wird *C* oben geöffnet, worauf man die Schale einsetzt. Dann dreht man die Flamme des Brenners ganz zurück, bringt *C* wieder in seine frühere Stellung, reguliert die Flamme und gleichzeitig durch

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 21, S. 900. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 568.

Heben oder Senken von *b* die Stellung der Schale. Das Abdampfen erfolgt sehr rasch. Da die Flamme mit der Schale hier gar nicht in Berührung kommt, so kann letztere aus beliebigem Material hergestellt werden, z. B. aus Holz oder Papiermasse und dergleichen, was für manche Zwecke von Vorteil ist.

Derselbe Chemiker* hat den Apparat auch zum Abdampfen aus ganz kleinen Gefäfsen in geeigneter Weise modifiziert. Auf einem festen Stativ ist ein möglichst grofser Argandbrenner *A* durch ein Schlauchrohr verschiebbar befestigt, und zwar mit den Brennöffnungen nach unten. *T* enthält die zu verdampfende Flüssigkeit in einem Porzellan- oder Platintiegel. Derselbe steht auf einem Stück Asbestpappe *m*, welches auf dem beweglichen Tischchen *M* liegt. Das Ganze ist von einem verkehrt aufgestellten Becherglase *L* mit abgesprengtem Boden umgeben. Mitten durch den Argandbrenner ist ein an *G* befestigtes Porzellanrohr *D* geführt, welches man auf- und abschieben kann, und auf dieses endlich ist ein Glasrohr *F* gesetzt, welches als Zugrohr dient. Man hebt zunächst *D* mit *F* so hoch, dafs sich das untere Ende von *D* etwa in der mittleren Höhe des Argandbrenners befindet, senkt das Tischchen *M* so weit herab, dafs man nach Öffnung des Schlauchhahns das Gas entzünden kann, und zieht die Flamme anfangs sehr klein ein, bis sich Brenner und Porzellanrohr genügend erwärmt haben. Dann hebt man das Tischchen *M* so hoch, dafs der Tiegelrand etwa 7 mm unter dem Brenner zu stehen kommt, und senkt schliefslich das Porzellanrohr *D* bis beinahe auf den Spiegel der zu verdampfenden Flüssigkeit herab. Hierauf reguliert man die Flamme so, dafs sie dicht über den Spiegel der Flüssigkeit hinwegstreicht und mit ihren Spitzen in das Porzellanrohr hineingezogen wird, welches allmählich zur dunklen Rotglühhitze gelangt. In dem Mafse, wie die Flüssigkeit verdampft, schiebt man das Rohr *D* mehr und mehr in den Tiegel hinein. Bei dieser Einrichtung kann man während des Abdampfens das Abdampfgefäfs sogar von aufsen kühlen, indem man es in eine Schale mit Wasser setzt und letzteres in dem Mafse, wie es verdampft, durch eine Pipette ersetzt. Man hat auf diese Weise ein Wasserbad mit Oberhitze.

4. Luftbäder, Trockenöfen, Trockenschränke. Ein Luftbad der einfachsten Form zum Abdampfen von Flüssigkeiten und Trocknen von Rückständen stellt man sich her, wenn man die Abdampf-, bezw. Trockenschale in eine eiserne Schale mit tieferer Wölbung setzt, so dafs zwischen beiden Schalen ein mehr oder weniger grofser Luftraum bleibt.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 22, S. 2479. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 1010.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Erwärmung erfolgt gleichmäfsig und die Hitze läfst sich allmählich bis zur gewünschten Höhe steigern.

Die gewöhnlichen Luftbäder haben die Form eines Cylinders (Fig. 383) oder eines Kastens (Fig. 384). Jenes dient zum Einsetzen von Filtern oder Gläsern oder kleineren Tiegeln, dieses für Schalen etc. Die Einrichtung kommt im wesentlichen darauf hinaus, dafs man innerhalb eines von Metallwänden eingeschlossenen, an einer Seite oder von oben zu öffnenden Raumes ein Metallgestell zum Tragen der einzusetzenden Apparate anbringt und in das Innere die Kugel eines Thermometers einführt, dessen Skala man aufserhalb ablesen kann.

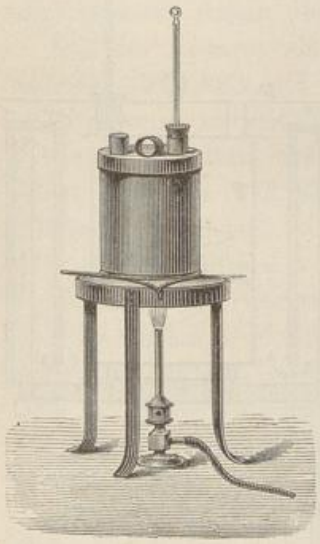


Fig. 383. Kleines Luftbad.

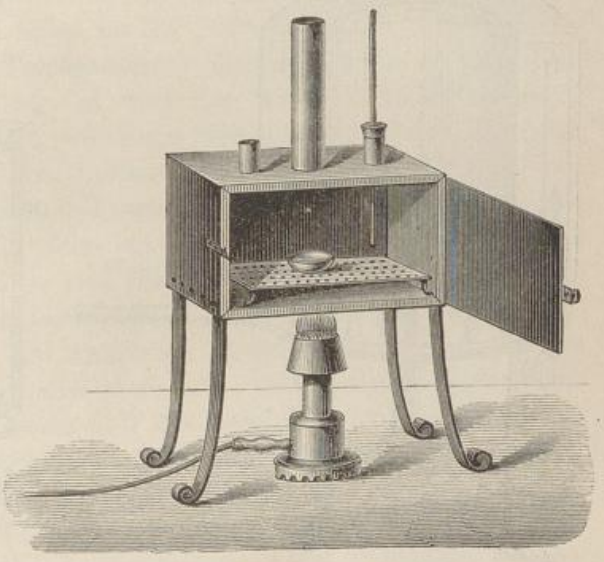


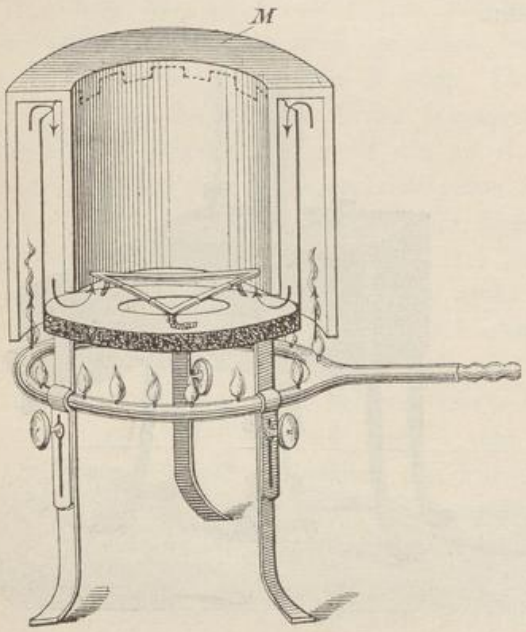
Fig. 384. Grofses Luftbad.

Diese Luftbäder sind ziemlich unvollkommen und haben mancherlei Übelstände, deren hauptsächlichster darin besteht, dafs die Temperatur in den verschiedenen Höhenschichten des Heizraums verschieden ist. Nach einem von Lothar Meyer* zuerst für diesen Zweck benutzten Prinzip läfst sich Gleichförmigkeit der Temperatur im ganzen, selbst ziemlich grofsen Raume dadurch erzielen, dafs man, wie er vorschreibt, „die von unten, sondern nur von der Seite und von oben erhitzt, auch die Flamme nirgendwo das Metall direkt berühren läfst, sondern den zu erwärmenden Raum nur mit den mit möglichst wenig überschüssiger Luft gemischten heifsen Verbrennungsprodukten der Flamme in der Art um-

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 16, S. 1087 und Bd. 22, S. 879. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 769 und 1889, I, S. 562.

giebt, dafs diese in dreifacher Schicht, von aufsen nach innen strömend, ihn ringsum einhüllen, und die äufserste heifseste Schicht durch einen Mantel aus schlechten Wärmeleitern vor allzu grofsen Wärmeverlusten geschützt wird."

Die nach diesem Prinzip konstruierten Luftbäder bestehen aus vier konzentrischen Cylindern, von denen der innerste als Trockenraum dient, und für gewisse Zwecke entfernt werden kann. Der Doppelmantel *M* (Fig. 385 u. 386) ist aus gebranntem Thon gefertigt und dient als



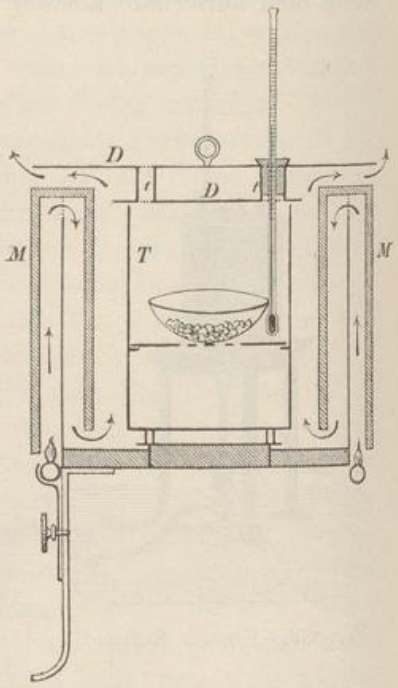


Fig. 385. Luftbad mit Ringbrenner nach Lothar Meyer. Fig. 386.

schlechter Wärmeleiter. In den hierdurch gebildeten Zwischenraum schiebt sich von unten her ein dritter Cylinder aus starkem Eisen- oder Kupferblech; er hat einen doppelten Boden und in diesem eine Öffnung, welche durch eine mit Bajonettschlufs einzusetzende gut passende, ebenfalls doppelwandige Scheibe verschlossen werden kann. Dieser Teil ruht auf drei festen Füfsen, welche zugleich den Heizring tragen, den man durch Schrauben je nach Bedarf höher oder tiefer stellen kann. Der Deckel *D* ist doppelwandig und hat zwei Öffnungen, *t t*, durch welche man einen Thermoregulator (s. unten), ein Thermometer oder Röhren für Gaszuleitung und dergleichen einführen kann. Der Heizring ist ein ein-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

faches Gasrohr mit kleinen Bohrlöchern. Wie die Figur zeigt, strömen die heifsen Verbrennungsgase in der Richtung der Pfeile durch die Zwischenräume der vier Cylinder und geben dem zu heizenden Innenraum eine ganz gleichmäfsige Temperatur. Hier kommt es nach den Angaben des Erfinders vornehmlich darauf an, dafs diese Kanäle, durch welche die warmen Gase zirkulieren, sehr eng sind. Sie sollen, wenn die Brennlöcher des Heizringes 2—3 mm Durchmesser haben, nicht weiter als etwa 10 mm sein, damit nicht überschüssige Luft in den Apparat tritt: ein brennender Span soll in den aus *D* austretenden Gasen verlöschen. Durch Verkleinerung und Vergröfserung der Flammen, sowie durch Auf- und Abschrauben des Ringes läfst sich die Temperatur innerhalb sehr weiter Grenzen regeln und selbst bis auf 500° steigern.

Soll der Apparat als Trockenschrank dienen, wie die gewöhnlichen Luftbäder (Fig. 383 und 384), so wird der innere Cylinder eingesetzt und das Ganze so arrangiert, wie Figur 386 zeigt. Entfernt man den Cylinder *T*, so läfst sich das Luftbad mit Vorteil zum Erhitzen von Kolben, Retorten und dergleichen benutzen, welche man auf ein eingesetztes Drahtdreieck stellt oder von oben her durch einen passenden Halter einhängt. Diese Gefäfse sind dann allseitig nur von heifser, durchaus gleichmäfsig erwärmter Luft umgeben, können also an keiner Stelle überhitzt werden, wodurch das Anbrennen fester Stoffe, das Springen der Gefäfse und andere Unfälle vermieden sind. Zum besseren Zusammenhalten der Hitze wird für diesen Fall der gewöhnliche Deckel durch zwei oder mehrere halbkreisförmige, in der Mitte ausgeschnittene Bleche ersetzt, welche den Hals des Kolbens durchgehen lassen.

Zum Erhitzen von Tiegeln und kleinen Gefäfsen eignet sich das auf demselben Prinzip beruhende kleine Luftbad von L. Meyer, welches in Figur 387 abgebildet ist. Man kann hiermit, wenn der Flammenring *F* ganz herabgeschraubt ist, in einem in *J* eingesetzten Tiegel eine Flüssigkeit ohne Sieden zum raschen Abdampfen bringen und durch allmähliches Heraufschrauben von *F* die Hitze bis nahe zum Siedepunkt der konzentrierten Schwefelsäure steigern. In dieser Weise geht das Abdampfen ganz ruhig und ohne Gefahr des Verspritzens von Flüssigkeit von statten. Der Mantel *M* und der Deckel bestehen aus gebranntem Thon.

Da die Luftbäder auf allen Gebieten der Laboratoriumspraxis wichtige Anwendung finden, so ist es begreiflich, dafs sie bei der fortschreitenden Entwickelung derselben in mannigfacher Weise modifiziert worden sind, je nachdem sie verschiedenen Zwecken dienen sollen. In der That existiert eine sehr grofse Zahl von Konstruktionen der verschiedensten Art. Für die Experimentalchemie (und nicht nur für diese) dürften indes

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach meinen Erfahrungen die MEYER'schen Luftbäder den Vorzug verdienen. Ich sehe deshalb von einer Beschreibung anderer Formen ab und beschränke mich auf eine Angabe derjenigen, welche in den letzten Jahren empfohlen worden sind.* Dagegen sei noch des folgenden Apparats gedacht, der beim Experimentieren nicht unwesentliche Dienste leisten kann:

Das Drahtnetzluftbad von MUCK** hat die in Figur 388 dargestellte Einrichtung, welche aus der Zeichnung leicht verständlich ist. Ein vierseitiger Rahmen aus Bandeisen ist 3 cm hoch, 60 cm lang und 20 cm breit und steht auf vier Füfsen. Er hat einen Boden aus Drahtnetz mit 144 Maschen auf 1 qcm, bei etwa 0,3—0,4 mm Drahtstärke und aufserdem

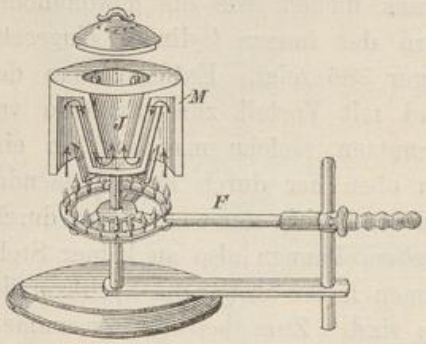


Fig. 387. Kleines Luftbad für Tiegel nach L. MEYER.

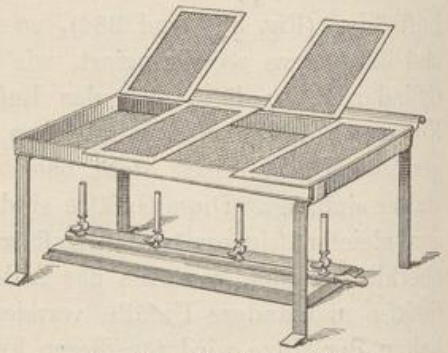


Fig. 388. Drahtnetzluftbad nach MUCK.

noch vier Drahtnetzdeckel. Auf dem unteren Boden lassen sich mittels der untergesetzten BUNSEN'schen Brenner Flüssigkeiten stark und auf den Deckeln gelinde erhitzen.

Thermoregulatoren. Luftbäder erfüllen ihren Zweck nur unvoll-

* Luftbad mit Dampf zu heizen von A. J. BANKS (*Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1225)

Säurefester Trockenschrank mit Wänden und Einlegeböden aus Porzellan von WILH. THÖRNER (*Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 123).

Trockenschrank mit Rückflufskühler zum Heizen mit siedenden Flüssigkeiten nach RAIKOW (*Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 244).

Trockenschrank nach A. BEUTELL (*Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 462).

Luftbad nach M. A. ADAMS mit zirkulierendem Luftstrom im Innern und besonderem Abzug der Verbrennungsgase (*Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 148).

Luftbad nach H. GRIMSHAW, eine vereinfachte Abänderung des vorigen (*Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 193).

Apparat zum Austrocknen von Substanzen aller Art im luftverdünnten Raum von D. SIDERSKY (*Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 227).

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 1110. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1227.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

kommen, wenn sie nicht mit Einrichtungen zur selbstthätigen Feststellung der Temperatur auf einen bestimmten Grad versehen sind. Zwar läfst sich dies annähernd auch durch Regulierung der Flamme mit der Hand erreichen, verlangt aber viel Aufmerksamkeit und führt doch nur unvollkommen zum Ziele; andererseits kann bei selbst kurzer Ablenkung der Aufmerksamkeit ein Versuch nur allzu leicht mifsglücken. Die selbstthätig wirkenden Thermoregulatoren beruhen ihrer gröfsten Mehrzahl nach darauf, dafs der im Innern des Heizraumes aufzustellende Apparat ein gewisses Quantum Luft, Dampf oder Flüssigkeit eingeschlossen enthält, welches bei jeder Temperaturschwankung sein Volumen ändert und dafs infolge der hierdurch bewirkten Ausdehnung bezw. Zusammenziehung der Zufluſs des Gases zur Heizlampe vermindert bezw. vermehrt, die Flamme also bei steigender Temperatur verkleinert, bei sinkender vergröfsert wird.

Fig. 389.
Thermoregulator.

Die gebräuchlichen Instrumente dieser Art unterscheiden sich sowohl nach Form, Gröfse und Inhalt, als auch durch die mehr oder weniger grofse Genauigkeit, die bei dem Gebrauche beabsichtigt wird. Letzteres wird bei der zu treffenden Auswahl mafsgebend sein. Für die Zwecke der Experimentalchemie ist der Thermoregulator von Bunsen-Kemp am meisten zu empfehlen, welcher bequem zu handhaben und wenig zerbrechlich ist und eine Konstanz der Temperatur bis auf weniger als 1^0 erreichen läfst. Er wird wie ein Thermometer in den Heizraum eingehängt und einerseits (durch das obere Rohr) mit der Gasleitung, andererseits (durch das seitliche Rohr) mit der Lampe verbunden. Die eingeschlossene thermometrische Substanz ist Luft, welche bei steigender Temperatur eine Quecksilbersäule in die Höhe drückt und dadurch das miteingeschlossene untere Ende des Gaszuleitungsrohrs mehr oder weniger verschliefst.

Soll dieser Regulator mit einem Meyer'schen Luftbade verbunden werden, so wird er in den einen Tubus *t* des Deckels *D* (Fig. 386 auf S. 258) gesenkt und in den anderen ein empfindliches Thermometer gesetzt. Man heizt, bis die beabsichtigte Temperatur erreicht ist, und schraubt dann die Gaszuleitungsröhre so weit hinein, dafs sich die Flämmchen des Heizrings etwas verkleinern. Der Regulator ist dann für diese Temperatur eingestellt und arbeitet regelmäfsig, solange der Gaszufluſs ungehemmt stattfindet. Bei längerem Gebrauche, namentlich über Nacht, ist es vorteilhaft, in die Gasleitung noch einen der bekannten Gasdruck-

regulatoren einzuschalten, welche den Gaszufluſs bei steigendem Druck in der Leitung entsprechend hemmen und bei sinkendem Druck wieder frei geben.

Der Präzisions-Thermoregulator von Borkes* (Fig. 390) ist ganz aus Metall gefertigt und enthält kein Quecksilber, so daſs er in fertigem Zustande verschickt werden kann. Seine Einrichtung ist aus der Figur zu ersehen. Die Wirkung desselben beruht auf der Thatsache, daſs der Druck gesättigter Dämpfe mit deren Temperatur stets in bestimmtem, unveränderlichem Zusammenhang steht. Eine in der röhrenförmigen Kapsel *K* eingeschlossene Flüssigkeit von bestimmtem passenden Siedepunkt überträgt ihren Dampfdruck durch Aufblähen einer Membran auf das die Gaszufuhr abschlieſsende Ventil *v*. Letzteres steht aufserdem unter der Einwirkung einer Spiralfeder *F*, welche bezweckt, den von aufsen auf der Membran lastenden Druck zu verändern und dadurch ermöglicht, die Wirkung des Ventils innerhalb der Grenzen von circa 30° beliebig zu verlegen. — Das Gas tritt bei *E* in den Apparat, erfüllt bei offenem Ventil *v* den Raum *R* und entweicht bei *Z* nach dem Brenner.

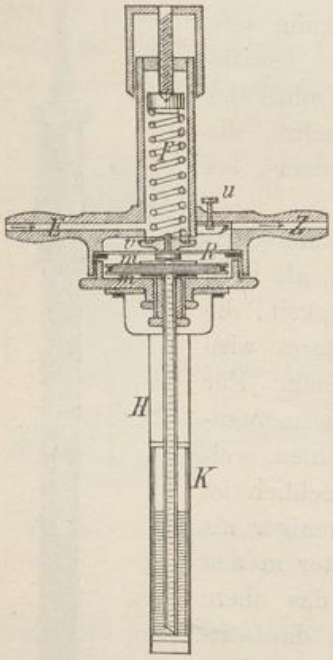


Fig. 390. Präzisions-Thermoregulator von Borkes.

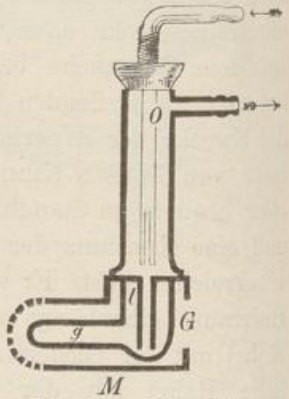


Fig. 391. Regulator von Gawalowski.

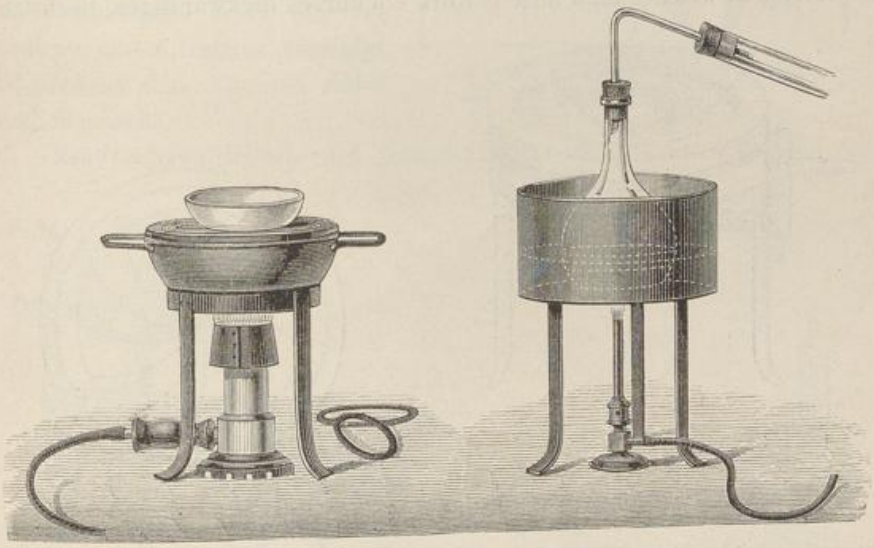
Steigt die Temperatur, so blähen sich die Membranen *m m* auf und schlieſsen nach und nach den Gaszutritt nach *R* ab. Tritt eine Abkühlung ein, so wird das Ventil durch den verminderten Druck entlastet, das Gas strömt wieder kräftiger zu, die Flamme wächst, und durch das prompt sich wiederholende Spiel gelingt es, die Temperatur konstant auf der gewünschten Stufe zu erhalten. Die Umgangsleitung *u* verhindert unter allen Umständen das völlige Erlöschen.

Bei Trockenschränken und Luftbädern ist es mitunter vorteilhaft, den Regulator seitlich anzubringen. Hierzu eignet sich die von

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 32, S. 211. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 764.

Gawalowski* angegebene Form (Fig. 391). Das Quecksilbergefäfs G trägt bei g einen seitlichen Stutzen, welcher durch einen Metallkanal in den eigentlichen Trockenraum ragt und hier erwärmt wird, worauf die Regulierung des Gaszutritts durch die Ausdehnung des Quecksilbers in bekannter Weise vor sich geht. M ist ein Schutzmantel.

5. Wasserbäder. a) Offene Wasserbäder benutzt man zum Abdampfen und Erhitzen von Substanzen bei Temperaturen bis 100°, hauptsächlich zur Konzentration von Lösungen oder zum Eindampfen derselben bis zur Trockne, zum gleichmäfsigen Warmhalten (Digerieren) von Flüssigkeiten in Kolben mit oder ohne Anwendung des Rückflufskühlers etc. In ihrer



a Fig. 392. Wasserbäder. *b*

gewöhnlichen einfachsten Form sind sie halbkugelförmige Schalen aus Kupfer, mit zwei Henkeln, und haben oben Einsatzringe aus Kupferblech oder aus Porzellan zum Gebrauch für Kolben oder Schalen von der verschiedensten Gröfse (Fig. 392, *a*). Zum Erhitzen gröfserer Kolben kann man statt dieses Wasserbades auch ein gröfseres Gefäfs aus emailiertem Eisenblech anwenden und das zu erhitzende Gefäfs auf einen Strohkranz direkt ins Wasser stellen (Fig. 392, *b*).

Statt der losen Einsatzringe ist bei dem Wasserbade von Franz Hugershoff die obere Öffnung fest mit einer aus Aluminiumblech oder einem an-

* *Öster.-Ung. Zeitschrift für Zucker-Industrie und Landwirtschaft*, Bd. 24, S. 87. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 985.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

deren Metall bestehenden Irisblende* (Fig. 393—394) verbunden, welche man durch Bewegung eines seitlichen Stiftes auf- und zudrehen und dadurch die Öffnung für kleine und grofse Schalen passend machen kann.

Da der Zweck dieser Apparate verfehlt sein würde, wenn sie während des Gebrauchs durch Verdampfung wasserleer werden, so hat man das Eintrocknen mit Aufmerksamkeit durch Nachgiefsen zu verhüten, oder man bedient sich eines Wasserbades mit konstantem Niveau, bei dem sich der Wasserzufluſs automatisch in der Art regelt, daſs das Wasser nie über ein bestimmtes Niveau steigen oder darunter sinken kann. Am einfachsten wird dieser Zweck unter Anwendung der Mariotte'schen Flasche nach Kleinstück** erreicht. Das Wasserbad hat ein seitliches Ansatzrohr, in welches man mittels Kork ein kurzes dickwandiges, höchstens

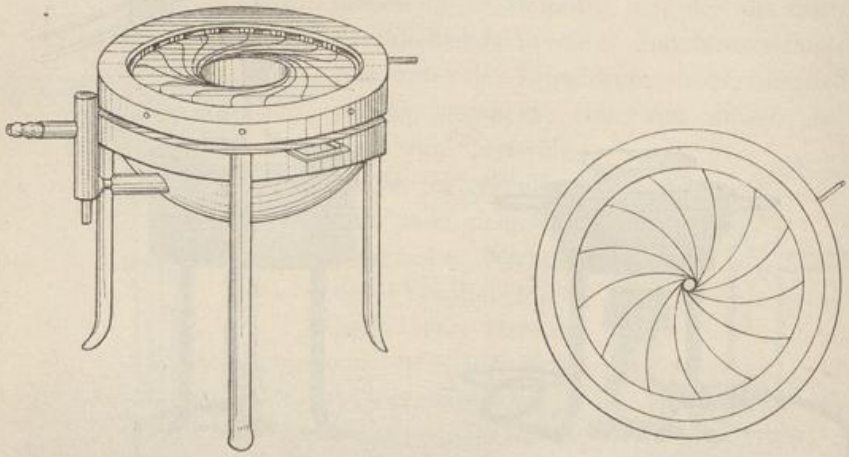


Fig. 393—394. Wasserbad mit Irisblende.

2 mm (im Lichten) weites Glasrohr einsetzt und dieses mit der auf einer geeigneten Unterlage stehenden Mariotte'schen Flasche verbindet (Fig. 395). Der Wasserspiegel im Bade stellt sich dauernd durch Nachfliefsen mit der unteren Öffnung der Röhre *o u* in gleiche Höhe. Das Ausflufsrohr der Mariotte'schen Flasche ist, um es ohne Hahn leicht abschliefsen zu können, an seinem nach innen ragenden Ende *i* (Fig. 395) zugeschmolzen und nahe an diesem Ende mit einer seitlichen Öffnung versehen, welche man durch Herausziehen der Röhre in den Kork *s* hineinziehen und dadurch das ganze Rohr *A* abschliefsen kann. Diese Verschlufseinrichtung ist einer allgemeinen Anwendung fähig.

Statt der Mariotte'schen Flasche verbindet Mürrle*** mit dem

* *Journal für prakt. Chemie*, Bd. 50, S. 561. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 250.
** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 727. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 116.
*** *Pharmaceut-Zeitung*, Bd. 36, S. 178. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 770.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wasserbade eine Füllflasche von bekannter Konstruktion in der Weise, wie Figur 396 zeigt. Solange diese noch Wasser enthält, bleibt der Wasserspiegel in dem kupfernen Wasserbade stets auf gleicher Höhe. Wendet man eine Literflasche an, so reicht ihr Inhalt für 5—6 Stunden aus. Das Nachfüllen ist sehr leicht und bequem. Je nach Bedürfnis kann man auch eine gröfsere Flasche aufsetzen. Der Umstand, dafs alles durch ein Gestell zu einem Ganzen vereinigt ist, macht den Apparat stabil und handlich.

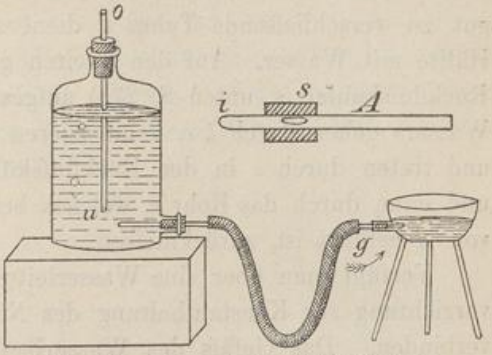


Fig. 395. Wasserbad mit Füllflasche nach KLEINSTÜCK.

Ein anderes Mittel zum Konstanthalten des Niveaus besteht darin,

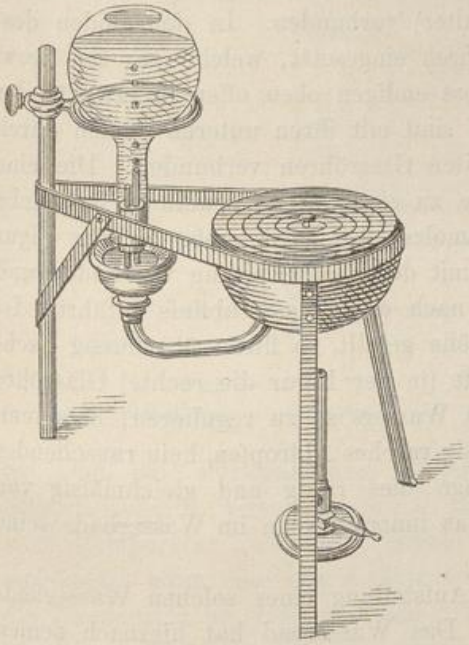


Fig. 396. Wasserbad nach MÜRRLE.

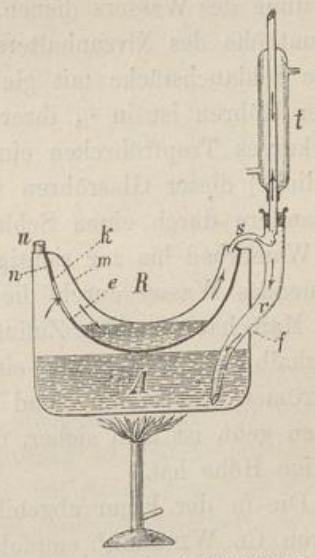


Fig. 397. Wasserbad mit Rückflufskühler nach RAIKOW.

dafs man das verdampfende Wasser kondensiert und in das Bad zurückfliefsen läfst. Ein nach diesem Prinzip konstruierter Apparat von RAIKOW*

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 94. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 243.

ist in Figur 397 abgebildet. Das Gefäfs ist aus Kupferblech und oben durch einen halbkugeligen Doppelboden *m n* luftdicht verschlossen. Der untere Boden *n* hat zwischen *k* und *e* einen 2 mm breiten Schlitz. Der gut zu verschliefsende Tubus *u* dient zum Füllen des Gefäfses bis zur Hälfte mit Wasser. Auf den zweiten gegenüberliegenden Tubus wird ein Rückflufskühler (s. unten S. 273) aufgesetzt. Die Dämpfe des siedenden Wassers gehen durch *k e*, kondensieren sich zum Teil zwischen *m* und *n* und treten durch *s* in den Rückflufskühler, wo sie kondensiert werden und dann durch das Rohr *r*, welches bei *f* luftdicht durch die Seitenwand von *A* geführt ist, zurückfliefsen.

Verfügt man über eine Wasserleitung, so läfst sich die Regulierungsvorrichtung zur Konstanthaltung des Niveaus (der Niveauhalter) damit verbinden. Das Gefäfs des Wasserbads ist aus emailiertem Gufseisen, cylindrisch, etwa 16 cm weit und 10—12 cm hoch, oben wie gewöhnlich mit Einsatzringen versehen (Fig. 398). Nahe an seinem Boden ist ein kurzes, seitliches Ansatzrohr angebracht und dieses mit einem 7 mm weiten und 28 mm hohen, oben offenen, unten geschlossenen Cylinder aus geschwärztem Messingblech (Niveauhalter) verbunden. In den Boden desselben sind zwei engere Messingröhren eingesetzt, welche zur Zu- bezw. Ableitung des Wassers dienen. Diese endigen oben offen in etwa $^1/_3$ der Gesamthöhe des Niveauhalters und sind mit ihren unteren Enden durch kurze Schlauchstücke mit gleichweiten Glasröhren verbunden. Die eine dieser Röhren ist in $^2/_3$ ihrer Höhe zu einer Kugel erweitert, in welche ein kurzes Tropfröhrchen eingeschmolzen ist. Die erste (in der Figur die linke) dieser Glasröhren wird mit der Wasserleitung verbunden und die andere durch einen Schlauch nach dem Wasserabflufs geführt. Ist das Wasserbad bis zur richtigen Höhe gefüllt, so fliefst überflüssig nachströmendes Wasser durch die zweite (in der Figur die rechte) Glasröhre ab. Man hat nun den Zufluf des Wassers so zu regulieren, dafs man innerhalb der Glaskugel nur ein mäfsig rasches Abtropfen, kein rauschendes Abströmen beobachtet, und solange dies ruhig und gleichmäfsig von statten geht, ist man sicher, dafs das innere Niveau im Wasserbade seine richtige Höhe hat.

Die in der Figur abgebildete Aufstellung eines solchen Wasserbads ist von Cl. Winkler* empfohlen. Das Wasserbad hat hiernach seinen festen Platz an der hinteren Wand des Abzugs. Die gläsernen Zu- und Abflufsröhren sind unter der Tischplatte ein für allemal fest mit den Zu- und Abflufsröhren der Wasserleitung verbunden und die Regulierung kann

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 21, S. 3563. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, I, S. 308.

durch den an der vorderen Aufsenwand des Abzugs angebrachten Wasserhahn bewirkt werden. Die Dämpfe des Wassers und der zu verdampfenden Flüssigkeit entweichen durch einen Schlitz der Rückwand direkt in den Abzugskanal, und etwas darüber ist eine Platte aus Porzellan oder Steingut angebracht, welche das Hineinfallen von Staub oder Schmutz verhütet.

b) Geschlossene Wasserbäder können wie die Luftbäder dazu dienen, Substanzen bei konstanten Temperaturen über 100° zu erhitzen.

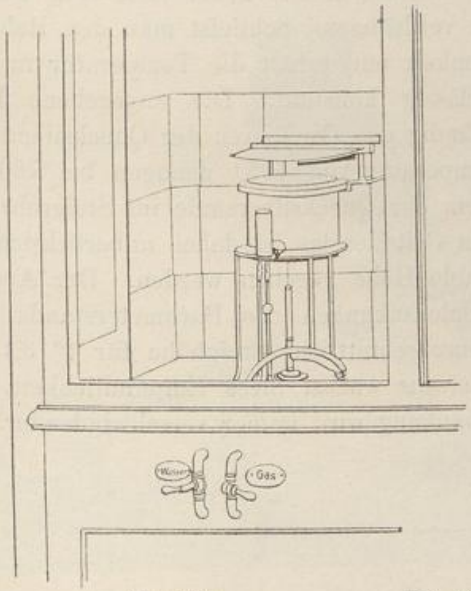


Fig. 398.
Wasserbad mit Niveauhalter.

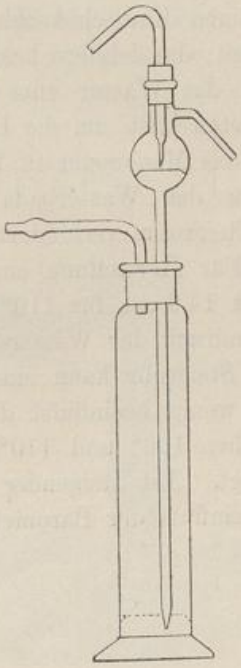


Fig. 399. Druckregulator für geschlossene Wasserbäder nach Ulsch.

Sie sind aus starkwandigem Kupferblech angefertigt und mit einem Sicherheitsventil versehen, durch dessen Belastung man zugleich die Höchsttemperatur bestimmt. Durch Verbindung mit einem Quecksilbermanometer kann man den Zufluſs des Gases zur Heizflamme und dadurch die Temperatur in gleicher Weise regeln wie durch die Thermoregulatoren bei den Luftbädern. Hierzu eignet sich der in Figur 399 abgebildete Apparat nach Ulsch.* In den inwendig rauh geschliffenen Hals eines 15 cm hohen Cylinderglases wird ein Kork fest eingepafst und doppelt durchbohrt. Durch die eine Bohrung geht das Steigrohr bis fast auf den

* *Zeitschrift für das gesamte Brauwesen*, Bd. 13, S. 373. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 683.

Boden des Cylinders; dasselbe ist unten durch Ausziehen sehr stark verengt, oben hingegen erweitert es sich zu einer Kugel von 4 cm Durchmesser; das obere Ende enthält ferner die beim Thermoregulator gebräuchliche Vorrichtung der Gasregulierung. Durch die zweite Bohrung geht ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, welches dicht unter dem Kork endigt und zur Verbindung des Apparats mit dem Wasserbade dient. In den Cylinder giebt man $1^1/_2$ cm hoch Quecksilber; der übrige Raum wird vollständig mit Wasser gefüllt. Der Apparat wird durch einen starkwandigen Kautschukschlauch mit dem Dampfraum des Wasserbads verbunden; das letztere besitzt zweckmäfsig einen Hahn, durch welchen man, wenn das Wasser zum Sieden gekommen ist, kurze Zeit lang Dämpfe austreten läfst, um die Luft zu verdrängen. Schliefst man den Hahn, so tritt das Manometer in Wirksamkeit und erhält die Temperatur in allen Teilen des Wasserbads zuverlässig konstant. Die angegebene Form des Steigrohrs verhindert vollständig das Oszillieren der Quecksilbersäule.

Für Herstellung einer Temperatur von 105° genügen bei 760 mm Druck 14,6 cm, für 110° 31,5 cm der Quecksilbersäule im Steigrohr (der Gegendruck der Wassersäule im Cylinderglas ist dabei unberücksichtigt). Dem Steigrohr kann eine variable Höhe gegeben werden. Der Apparat wird wenig beeinflufst durch Schwankungen des Barometerstands, weil zwischen 100° und 110° die durchschnittliche Steighöhe für 1° 3,15 cm beträgt. Mit steigender Temperatur wächst diese Empfindlichkeit, und der Einfluſs der Barometerschwankung wird immer verschwindender.

DESTILLIEREN UND SUBLIMIEREN.

Der Destillationsapparat besteht aus drei Teilen: dem Destillationsgefäfs, dem Kühlrohr und der Vorlage.

1. Das Destillationsgefäfs ist in den meisten Fällen eine Retorte, seltener ein Kolben. Es mufs geräumig sein, damit die Flüssigkeit beim Sieden nicht überschäumt und in das Kühlrohr tritt. Soll während der Destillation die Siedetemperatur beobachtet werden, so mufs die Retorte einen Tubulus haben, durch welchen man vermittelst eines durchbohrten Korks ein Thermometer luftdicht einsetzt. Die zu solchem Zwecke dienenden Thermometer haben kein kugelförmiges, sondern ein cylindrisches Quecksilbergefäfs, welches nicht dicker (lieber etwas dünner) als die Röhre sein darf, damit es beim Durchschieben durch den Kork die Öffnung

desselben nicht nachteilig erweitere. Das Thermometer darf nicht zu tief in die Flüssigkeit eintauchen, da es sonst den Siedepunkt nicht genau markiert; eher darf es ganz aufserhalb der Flüssigkeit dicht über dem Spiegel derselben stehen, da der Dampf dieselbe Temperatur besitzt, wie jene. Beim Erhitzen der Retorten hat man alle die Vorsichtsmafsregeln anzuwenden, die beim Erhitzen von Glasgefäfsen überhaupt gelten, also Umgeben mit einem Drahtnetze oder Asbestpappe, oder Einsenken in ein Sandbad, Wasserbad, Luftbad etc.

Sehr unbequem macht sich in vielen Fällen das Stofsen der siedenden Flüssigkeit, das heifst die plötzliche Entwickelung gröfserer Dampf-

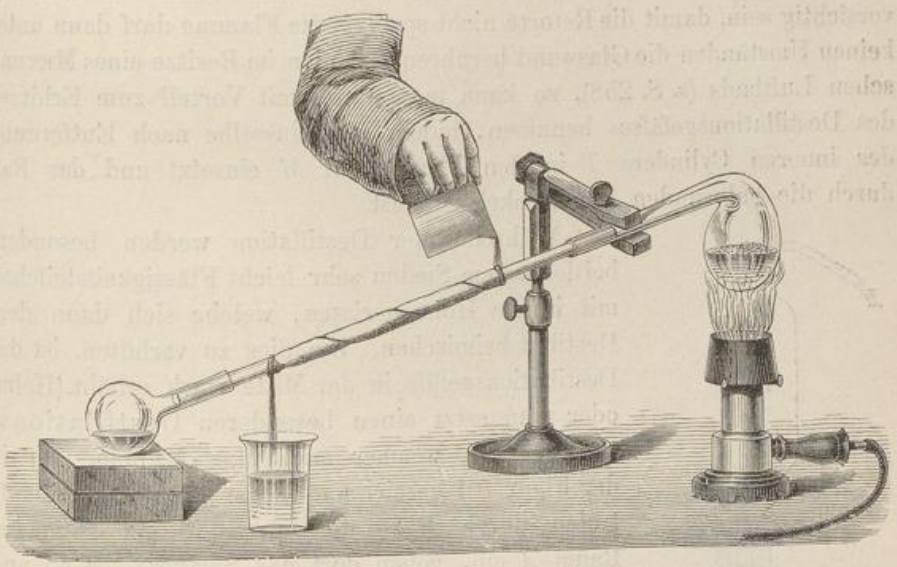


Fig. 400. Einfachste Form der Destillation.

blasen infolge Siedeverzugs, wodurch der ganze Apparat in Erschütterung versetzt wird und die Flüssigkeit leicht übersteigen kann. Man vermeidet dies durch Einschütten von etwas scharfkörnigem, gut gewaschenem Sand (wenn der Rückstand von der Destillation nicht weiter verwendet werden soll) oder Einlegen mehrerer Stücke feinen Platindrahts oder poröser Körper, z. B. Bimsstein. Die Wirkung des letzteren kann man mit der des Platindrahts verbinden, indem man diesen zu einer Spirale zusammendreht, mehrere dünne Bimssteinstücke hineinsteckt und die Enden der Spirale zusammenbiegt, so dafs die Stückchen nicht herausfallen können (Reissmann). Auch kapillare Glasröhrenstückchen von 3—10 mm Länge, welche an einem Ende zuzuschmelzen sind, werden empfohlen (Markownikow).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

In sehr vollkommener Weise verhindert E. Beckmann (Deutsches Reichspatent) den Siedeverzug und das Stofsen dadurch, dafs er in den Boden der Retorte mittels einer oder mehrerer Warzen aus sogenanntem Schmelzglas kurze Stücke Platindraht einschmilzt, welche innen und aufsen einige Millimeter hervorragen. Dadurch wird die Wärme der Flamme direkt in die Flüssigkeit geleitet und gleichmäfsig in ihr verteilt, und das Sieden erfolgt fortdauernd mit gleicher Ruhe und Regelmäfsigkeit. Die Masse des Schmelzglases ist so beschaffen, dafs ein Springen des Glases an den Einschmelzstellen nicht erfolgen kann.

Destilliert man über freiem Feuer, so mufs man gegen das Ende der Operation, wenn die Flüssigkeit anfängt einzutrocknen, mit dem Erhitzen vorsichtig sein, damit die Retorte nicht springt: die Flamme darf dann unter keinen Umständen die Glaswand berühren. Ist man im Besitze eines Meyer'schen Luftbads (s. S. 258), so kann man dieses mit Vorteil zum Erhitzen des Destillationsgefäfses benutzen, indem man dasselbe nach Entfernung des inneren Cylinders *T* in den Thonmantel *M* einsetzt und das Bad durch die halbrunden Blechdeckel schliefst.

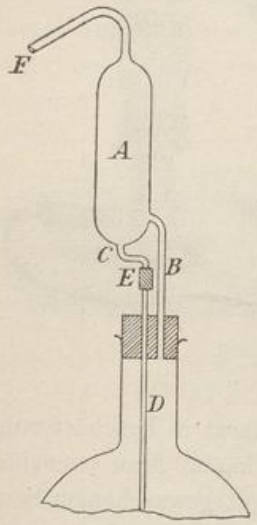


Fig. 401. Destillationsaufsatz nach Müller.

Während der Destillation werden besonders bei lebhaftem Sieden sehr leicht Flüssigkeitsteilchen mit in die Höhe gerissen, welche sich dann dem Destillat beimischen. Um dies zu verhüten, ist das Destillationsgefäfs in der Mitte stark erhöht (Helm) oder man setzt einen besonderen Destillationsaufsatz auf, welcher nach Max Müller* die in der Figur 401 gezeichnete Form hat. Die Dämpfe treten durch *B* in den circa 70 cm fassenden Raum *A* ein, geben dort das Spritzwasser ab und gehen durch *F* zum Kühler. Die in *A* gesammelten Spritzwässer gehen durch *C*, den kurzen Schlauch *E*, und das enge, bis auf den Boden des Destillierkolbens reichende Glasrohr *D* in den Kolben zurück.

Eine andere Form empfiehlt de Koninck**, dieselbe ist in Figur 402—403 abgebildet. Der untere Teil des ganz aus Glas geblasenen Apparats ist durch einen Kork auf der Destillationsflasche befestigt. Die Dämpfe treten durch die seitliche Öffnung *a* ein. Die niedergeschlagene Flüssigkeit tropft unten durch die ausgezogene Spitze

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1893, S. 229. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, II, S. 229.

** *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1893, S. 394. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, II, S. 344.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in den Ballon zurück. Die Dämpfe entweichen dann durch das Rohr *c* und *f*, während mitgerissene Tropfen durch *d* zurückgeführt werden. Der obere Teil kann auch so geformt sein, dafs sich ein Thermometer *g* (Fig. 403) einsetzen läfst.

Soll in der Destillationsflasche ein konstantes Niveau der Flüssigkeit erhalten werden, so benutzt man hierzu mit Vorteil den Apparat von Chorley* (Fig. 404). Der Kugeltrichter, welcher auf den Kolben aufgesetzt wird, ist unten in eine Röhre verlängert, in welche das Glasrohr eines Schwimmers eingesteckt ist. Das Rohr hat nach oben eine geschliffene Spitze, welche in eine gleichfalls geschliffene Spitze des äufseren

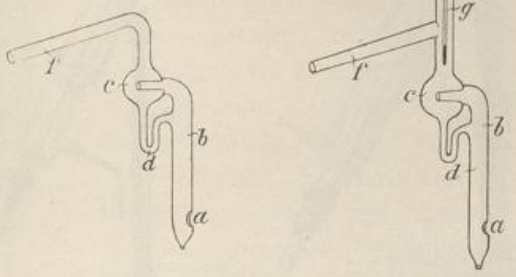


Fig. 402—403. Destillationsaufsatz nach de Koninck.

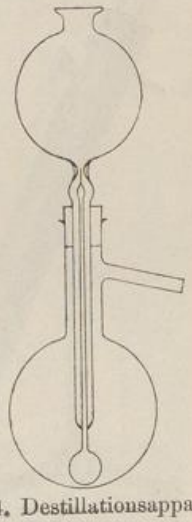


Fig. 404. Destillationsapparat nach Chorley.

Rohrs hineingedrückt wird, so dafs das Niveau die richtige Höhe hat. Beim Sinken des Flüssigkeitsspiegels fliefst sofort eine entsprechende Flüssigkeitsmenge nach.

2. Das Kühlrohr ist meistens nichts anderes als ein entsprechend langes, nicht zu enges, gerades Glasrohr, welches mit einer geeigneten Vorrichtung zur Abkühlung versehen ist. Es wird schräg über den Retortenhals geschoben, wenn nötig damit verbunden (s. unten Vorstöfse). Am einfachsten erreicht man die Abkühlung durch einen spiralförmig um das Rohr gewundenen Streifen von Filtrierpapier, welcher an seinem unteren Ende mit einem einfachen, baumwollenen Dochte umwickelt ist, dessen Ende herabhängt. Damit dieser gut vom Wasser benetzt werde, ist er vorher mit sehr verdünnter Kalilauge ausgekocht, und damit das Wasser

* *The Analyst*, Bd. 29, S. 16. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 579.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nicht über diesen Docht hinab-, sondern nur an ihm hinunterfliefst, um von da in das untergesetzte Gefäfs zu gelangen, ist das unterste Ende der Glasröhre mit Vaselin etwas eingefettet (Fig. 400). Um zu kühlen gieſst man von Zeit zu Zeit auf die obersten Stellen der mit Papier umwickelten Röhre kaltes Wasser auf, oder läfst solches aus einem Wassergefäfse vermittelst eines Hahnes auftropfen und reguliert den Wasserstrom nach Bedarf.

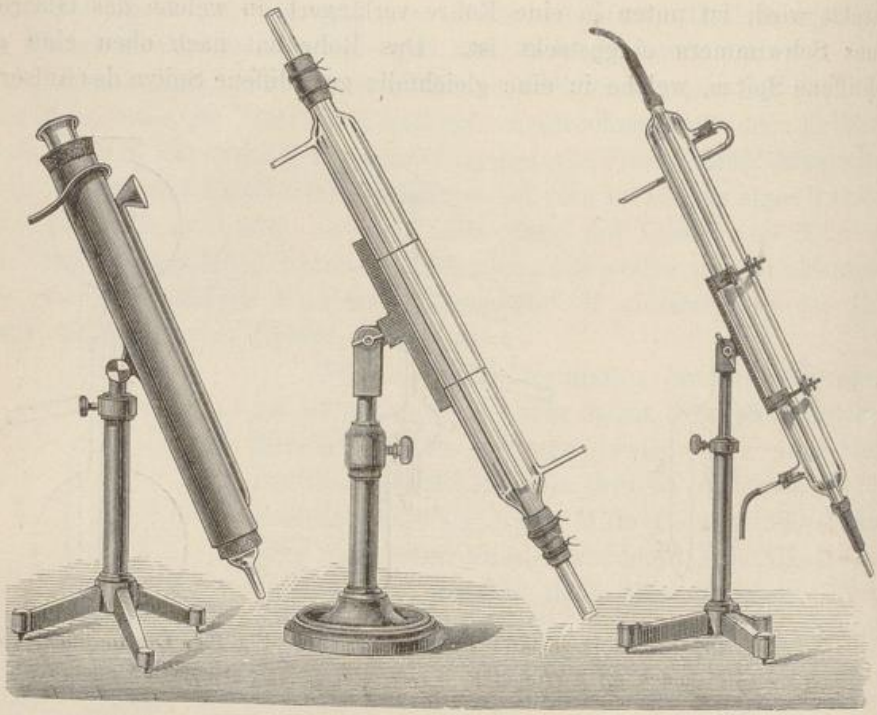


Fig. 405. Fig. 406. Fig. 407.

Kühlapparate.

Gröfsere Bequemlichkeit gewährt die Benutzung des sogenannten Liebig'schen Kühlapparats (Fig. 405). Das gläserne Kühlrohr ist hier von einem weiteren Blechcylinder umgeben, zwischen welchem kaltes Wasser zirkulieren kann. Das Einflufsrohr für letzteres mündet unten und ist durch ein schräg aufsteigendes Trichterrohr hinreichend verlängert. Das Abflufsrohr für das warme Wasser geht von der obersten Stelle aus. Die Vorrichtung steht auf einem Stativ und läfst sich um eine horizontale Achse in jede beliebige Neigung bringen. — Andere Formen des Kühlapparats sind ganz aus Glas (Fig. 406 und 407).

Wenn es darauf ankommt, die aus einer siedenden Flüssigkeit sich entwickelnden Dämpfe nach ihrer Kondensation wieder in das Siedegefäfs

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zurückfliefsen zu lassen, bedient man sich eines Rückflufskühlers, der eigentlich nichts anderes ist, als ein gewöhnliches Kühlrohr, welches man aber nicht mit seinem oberen, sondern mit seinem unteren Ende mit dem Siedegefäfs verbindet, indem man es in der Regel in senkrechter Stellung mittels eines durchbohrten Korks direkt aufsetzt. Man verwendet zu solchen Zwecken mit Vorliebe gläserne Apparate wie Figur 406 und 407, mit oder ohne Stativ. Sie bestehen aus einem nicht zu weiten, dünnwandigen Glasrohr, um welches ein weiteres angeschmolzen ist: aus dem Raum zwischen beiden zweigt sich oben und unten ein kurzes Glasrohr ab, welches für den Wasserzufluſs und -abfluſs bestimmt ist. Man läfst mittels eines Kautschukschlauchs kaltes Wasser durch den hohlen Zwischenraum fliefsen. Dasselbe tritt unten ein und fliefst oben ab.

Durch Erweiterung des inneren Kühlrohrs zu mehreren (meist vier) Kugeln wird die Kühlfläche bedeutend vergröfsert, und die Länge des Kühlers läfst sich demnach vermindern, ohne dafs die Wirksamkeit beeinträchtigt wird. Wird er in der durch Figur 408 dargestellten Form auf einen Kolben gesetzt, so wirkt er als Rückflufskühler. Dem gleichen Zwecke dient auch der verkürzte Kühler von Zambelli (Fig. 409), bei dem das dampfführende Kühlrohr spiralförmig gewunden ist.

Fig. 408. Kugelkühler.

Soll eine Flüssigkeit abwechselnd am Rückflufskühler erhitzt und dann wie gewöhnlich unter Kondensation der Dämpfe destilliert werden, so mufs man den Kühler wechseln. Dies läfst sich sehr bequem durch Anwendung eines Wechselapparats für Kühler erreichen, wie ihn Bidet* konstruiert hat. Derselbe ist in Figur 410 abgebildet. Er besteht aus einem äufseren Glasrohr, welches unten schräg abgeschnitten ist und oben in gleicher Höhe zwei Ansätze *D* und *R* hat. *R* ist trichterförmig erweitert und trägt einen Rückflufskühler, *D* ist mit einem gewöhnlichen Kühler verbunden. Im Innern der Röhre gleitet mit gelinder Reibung eine zweite kürzere Röhre *J*, die an ihrem unteren Ende eine seitliche Öffnung *O* trägt. Beide Röhren sind durch einen Kautschukring verbunden. Durch den Kautschukstöpsel, der *J* schliefst, ist ein Trichterrohr, ein Thermometer oder sonstiger Hilfsapparat geführt. Der ganze Apparat wird nun auf den Kolben gesetzt, in dem sich die zu destillierende Flüssigkeit befindet und man kann dann durch Drehung der Röhre *J* den Inhalt

Fig. 409. Verkürzter Kühler von Zambelli.

* *Chem. Centr.-Blatt* 1894, I, S. 708.

des Destillierkolbens entweder wie in der Figur mit dem aufsteigenden oder mit dem absteigenden Kühler in Verbindung bringen, je nachdem die Öffnung *O* nach dieser oder jener Seite gedreht wird.

Noch einfacher wird der gleiche Zweck erreicht, wenn man sich des Umschalters für Rückfluſs und Destillation nach MANGOLD* bedient (Fig. 411). Der gerade Vorstoſs *B*, der auf das Destillationsgefäſs gesetzt wird, trägt auch hier zwei Ansatzröhren *D* und *N* für die beiden

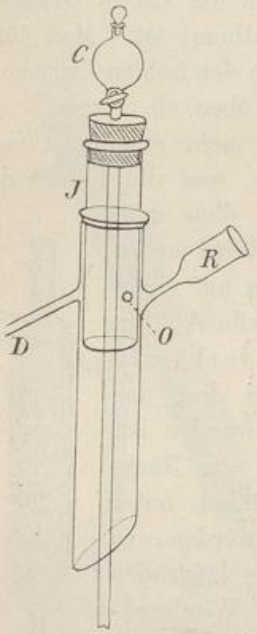


Fig. 410. Wechselapparat für Kühler von BIDET.

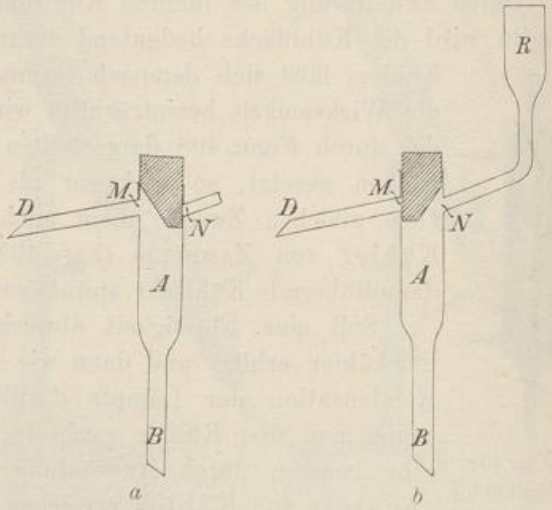


Fig. 411. Umschalter für Rückfluſs und Destillation nach MANGOLD.

Kühler. In *R* wird ein Rückfluſskühler gesetzt und *D* mit einem gewöhnlichen Kühler verbunden. In die obere Öffnung von *A* wird ein gut schlieſsender, sich leicht drehender Kork, der unten schräg abgeschnitten ist, eingesetzt, welcher durch einfache Drehung entweder die Öffnung *M* (beim Erhitzen unter Rückfluſs) oder die Öffnung *N* (beim Destillieren) verschlieſst.

Bei allen Kühlapparaten muſs man den Wasserstrom so regeln, daſs das Rohr seiner ganzen Länge nach kühl bleibt; daher darf das Wasser höchstens lauwarm oben abflieſsen.

---

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1895, S. 159. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 988.

Während bei den eben beschriebenen Apparaten der Dampfstrom von aufsen abgekühlt wird, hat man auch Kühlröhren, bei denen die Abkühlung von innen erfolgt, während der Dampf die äufsere Wandung des Kühlrohrs umgiebt. Dieses Prinzip ist zuerst im Jahre 1881 von Joh. Walter angegeben und später von diesem, sowie von anderen Chemikern (Winssinger 1883, Kreussler 1884 und anderen) weiter verfolgt und in den verschiedensten Formen zur Anwendung gebracht worden. Es kann sowohl für Kühlröhren bei Destillierapparaten, als auch für Rückflufskühler angewendet werden.

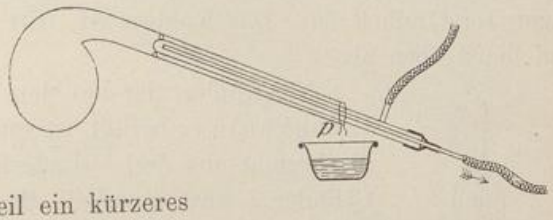


Fig. 412.

Bei den Walter'schen Apparaten* ist der Hauptteil ein kürzeres oder längeres Glasrohr, an einem Ende zugeschmolzen und am anderen Ende mit verjüngter Öffnung. In letztere ist ein dicht hineinpassendes engeres Glasrohr gesetzt, welches mit jenem durch ein kurzes Stück übergeschobenen Kautschukschlauchs verbunden ist (Fig. 413). An diesem Ende ist ein seitliches Ansatzrohr angeschmolzen, durch welches das Kühlwasser eintritt. Dasselbe nimmt seinen Weg durch die weite Röhre und fliefst aus der engeren ab. Die Länge des ganzen Rohrs richtet sich nach dem Zweck, welchem es dienen soll. Soll aus einer Retorte destilliert werden (Fig. 412), so schiebt man das Rohr von unten in den offenen Hals. Damit es sich auf der einen Seite nicht dicht an die Wand des Halses anlegt, sind einige Glaströpfchen angeschmolzen. Das Destillat fliefst frei aus der Retorte aus, ohne mit Kautschuk oder Kork oder anderen Materialien in Berührung zu kommen. Der Kühler ist an der Öffnung des Retortenhalses mit einem Platindraht *p* umwickelt, an welchem die Flüssigkeit in ein untergestelltes offenes Gefäfs abtropft.

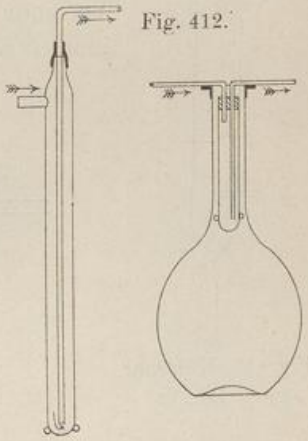


Fig. 413—414.
Kühlapparate nach Walter.

Besonders vorteilhaft läfst sich diese Walter'sche Kühlröhre als Rückflufskühler benutzen. Soll z. B die eben beschriebene Retorte (Fig. 412) zum Digerieren von Flüssigkeiten unter Rückfluls benutzt werden, so wird der Hals derselben schräg nach oben gerichtet, und alles übrige

* *Dingler's Polytechnisches Journal*, Bd. 251, S. 369. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 370.

bleibt unverändert. Soll die Digestion in einem Kolben stattfinden, so verwendet man als Kühler ein längeres Probierglas, welches man oben mit einem doppelt durchbohrten Kork schliefst und in diesen das kürzere und längere Glasrohr einführt, wie Figur 414 zeigt. Zum Gebrauch wird dasselbe zuerst, indem man es verkehrt hält, mit Wasser gefüllt und dann in richtiger Lage eingehängt.

Nach dem gleichen Prinzip ist auch der in Figur 415 dargestellte Rückflufskühler von POLLAK* konstruiert, welcher ohne weiteres aus der Figur verständlich ist. Das Kühlwasser tritt auch hier von unten ein und fliefst oben ab.

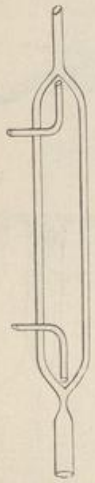


Fig. 415. Kühlrohr nach POLLAK.

Ein Kühler, der auf dem Prinzip der Aufsen- und Innenkühlung beruht, ist von FERD. EVERS** konstruiert. Er besteht aus drei Cylindern, *a*, *h* und *i*. Der innere Cylinder *i* wird innerhalb des mittleren *h* durch kleine Verbindungsstücke *k* und *l* gehalten, durch welche der innere Kühlraum *m* mit dem äufseren *n* kommuniziert.

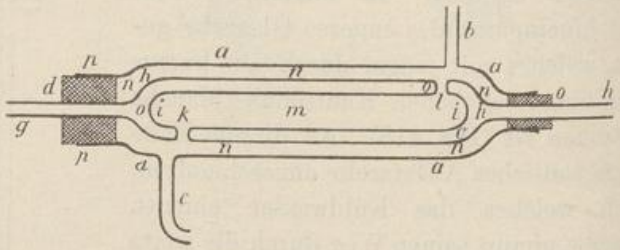


Fig. 416. Kühler nach EVERS.

Der mittlere, also mit dem innern zu einem Ganzen vereinigte Cylinder *h* ist mit seinen beiden verengten Enden durch die beiden durchbohrten Gummistöpsel *d* und *o* des äufsern Cylinders geführt und kann aus letzterem bequem herausgenommen und bei etwaigem Zerspringen ersetzt werden. Das Kühlwasser tritt bei *b* ein, umspült den Cylinder *h* und dringt zugleich durch *l* in den Kühlraum *m*, aus welchem es durch *k* und *c* abfliefst. Die zu kühlenden Dämpfe treten durch *g* in den zwischen den Cylindern *h* und *i* befindlichen Raum *o* ein und fliefsen am anderen Ende ab. Wegen seiner verstärkten Wirkung beansprucht dieser Kühler nur eine geringe Länge (etwa 30 cm) und ist besonders für Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkt geeignet.

---

* *Repert. der anal. Chemie*, Bd. 7, S. 287. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 770.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 24, S. 3950. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 260.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ein anderes Kühlrohr mit innerer Wasserzirkulation von A. Bidet* zeigt Figur 417. Es besteht gewissermafsen aus einer engen doppelwandigen Glasglocke, die an ihrer Öffnung durch einen doppeltdurchbohrten Kork

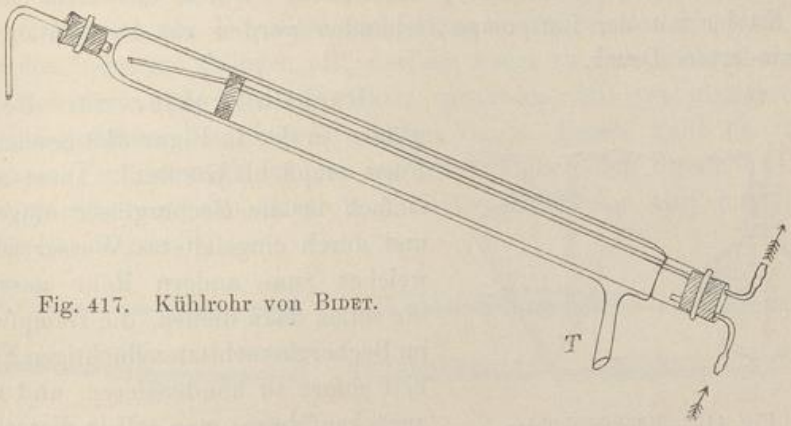


Fig. 417. Kühlrohr von Bidet.

verschlossen ist. Durch diesen sind die Röhren für den Ein- und Austritt des Kühlwassers geführt, während das Destillat oben einströmt und unten durch T abfliefst.

Ein Kühler, bei dem das Kühlwasser nicht nur das Innere des Rohres füllt, sondern auch die Aufsenfläche ihrer ganzen Ausdehnung nach berieselt, ist von Cripp** empfohlen. Der Dampf tritt durch das Rohr A in den engen Kondensationsraum B zwischen den Röhren C und D ein; nach der Kondensation fliefst das Destillat durch E ab. Das Kühlwasser läuft durch F auf den Boden von C, füllt dieses an und läuft bei J über, um an der Aufsenfläche von D herabzurieseln und durch das Rohr G abzufliefsen. Wird der Kühler als Rückflufskühler benutzt, so steigt der Dampf durch E auf; ist alle Luft aus B verdrängt, so kann A zur Vermeidung von Verlusten an flüchtigen Flüssigkeiten durch Kork verschlossen werden. Der Apparat mufs selbstverständlich stets in vertikaler Stellung benutzt werden. Um eine gleichmäfsige Benetzung von D durch Überlaufwasser zu erzielen, umgiebt man D mit Filtrierpapier oder Leinen. Der Kork J wird am Rand ringsum

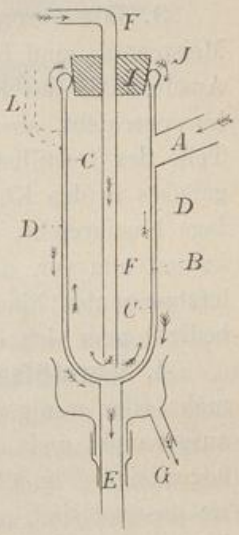


Fig. 418.
Kühler von Cripp.

* *Comptes rendus de l'Acad. des. sc.*, Bd. 118, S. 479. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, I, S. 707.

** *The Analyst*, Bd. 23, S. 119. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 1.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eingekerbt, bei Metallkühlern durch eine Metallscheibe ersetzt. An Wirksamkeit soll dieser Kühler nicht allein den LIEBIG'schen, sondern auch den SOXHLET'schen Kugelkühler, bei dem der Kondensationsraum immer noch zu grofs erscheint, übertreffen. Durch das Rohr *L* kann der Kühler mit der Luftpumpe verbunden werden zur Destillation unter vermindertem Druck.

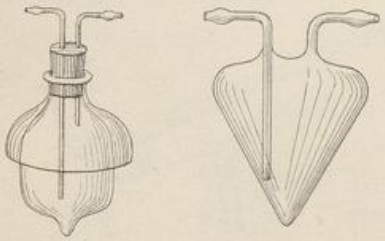


Fig. 419. Rückflufskühler nach GÖCKEL.

Rückflufskühler für Bechergläser in der in Figur 419 gezeichneten Form empfiehlt GÖCKEL*. Diese werden einfach in die Bechergläser eingehängt und durch eingeleitetes Wasser gekühlt, welches zum andern Rohr ausströmt. Sie sollen dazu dienen, die Dämpfe einer im Becherglas erhitzten flüchtigen Flüssigkeit sofort zu kondensieren, und wieder zurückzuführen; man soll in dieser Weise selbst Äther und Petroleumäther stundenlang erhitzen können.

3. Die Vorlage ist dasjenige Gefäfs, welches das Destillat aufnimmt. Meistenteils sind hier Bechergläser oder Kolben, welche man unter das Ausflufsende des Kühlrohrs stellt, bezw. mit ihrem Hals über dasselbe hinwegschiebt, ausreichend. Beim Zusammenstellen der genannten drei Teile des Destillierapparats ist es nötig, dafs der Hals des Destillationsgefäfses in das Kühlrohr und das Ausflufsende des letzteren in die Vorlage hineinreicht, da sonst ein Abfluſs des Destillats nicht erfolgt. Es kommt nun vor, dafs die erstgenannten Röhren zu weit sind, um in die letztgenannten hineingebracht werden zu können. In einem solchen Falle bedient man sich der

4. Vorstöfse. Dies sind Röhren, welche nach dem einen Ende hin mehr oder weniger stark verjüngt, auch wohl an der einen Seite etwas ausgebaucht und an dem engeren Ende in entsprechender Weise umgebogen sind (Fig. 420 und 421). Man schiebt dieselben entweder, wenn sie passend sind, mit ihrem weiteren Ende über das eine Rohr und steckt ihr engeres in das andere hinein oder bedient sich dazu eines durchbohrten Korks. Will man auch an denjenigen Stellen, wo man keinen durchbohrten Kork benutzen kann, einen dampfdichten Verschluſs haben, so umwickelt man die Stelle mit einem Streifen feuchter Blase (Schweinsblase), welchen man in lauwarmem Wasser gehörig einweicht, mit einem Tuche

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1899, S. 494. — *Chem. Centr.-Blatt* 1899, II, S. 2.

wieder abtrocknet und fest um die betreffende Stelle windet. Da, wo die glattgeschnittenen Ränder der Blase das Glas berühren, blättert dieselbe sich, wenn sie trocken wird, gern ab; um dies zu verhindern, schärft man, solange die Blase noch feucht ist, die Ränder mittels eines nicht zu scharfen Messers ab. Die Blase klebt dann wie angekittet am Glase fest. Wenn dies indes gut gelingen soll, darf sie weder zu nafs, noch zu trocken sein; auch mufs man beim Umwickeln vermeiden, dafs zwei glattgeschnittene Blasenränder übereinander liegen, da in diesem Falle der obere nicht zum Festhalten zu bringen ist. Man wickelt den Streifen deshalb etwas spiralig um das Glasrohr. Einige Erfahrung wird hier leicht das Rechte zeigen.

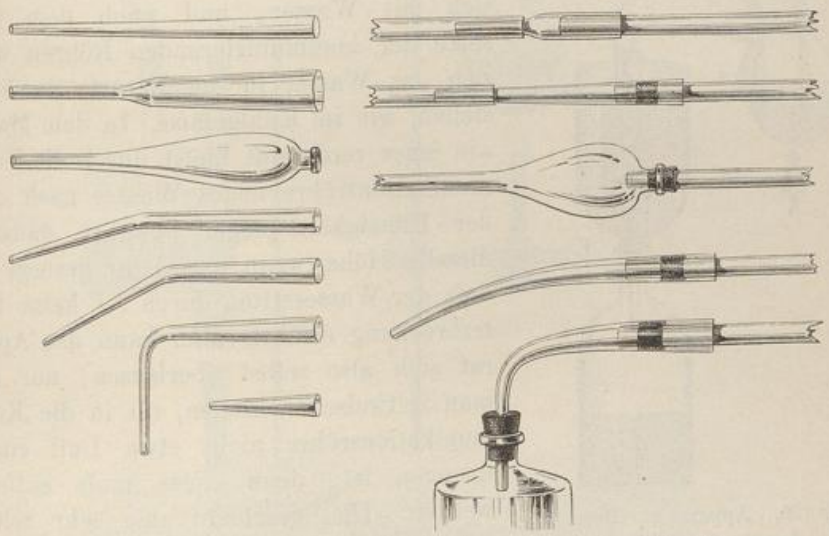


Fig. 420. Vorstöfse und Verbindung derselben. Fig. 421.

Man sorge vor allem dafür, dafs der Apparat in allen seinen Teilen vollständig richtig und zuverlässig zusammengestellt ist, ehe man mit der Destillation beginnt; denn während derselben sind Schäden kaum ohne Nachteil oder Gefahr auszubessern. Ganz besonders vorsichtig verfahre man bei der Destillation von Flüssigkeiten, welche selbst brennbar sind oder brennbare Dämpfe entwickeln. Hierbei mufs das Destillationsgefäfs in ein Sand- oder Wasserbad gesetzt werden, damit im Falle eines Risses die auslaufende Flüssigkeit nicht gleich Feuer fängt und man Zeit hat, die Lampe zu verlöschen. Deshalb mufs auch letztere immer so gestellt werden, dafs man sie jeden Augenblick leicht ausdrehen kann. Auch sorge man für einen genügenden Vorrat an Kühlwasser, um nicht vielleicht in die unangenehme Lage zu kommen, die Destillation, wenn sie im besten Gange ist, unterbrechen zu müssen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ein vollständig zusammengestellter Destillationsapparat mit Kühler und Vorlage, welcher nach KALECSINSZKY* zur Bereitung von destilliertem Wasser geeignet und sich aus dem Kühlgefäfse selbst speist, ist in Figur 422 abgebildet. Eine Retorte *A* mit Tubus ist mit dem spiralig gewundenen Kühlrohr verbunden, das mit einem weiteren Glasgefäfse *V* umgeben ist, durch welches das Kühlwasser kontinuierlich hindurchfliefst. Die Retorte *A* ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Durch den Tubus führt eine zweimal rechtwinklig gebogene Röhre, deren anderes Ende in das Kühlwasser taucht. Wird dieselbe bei *B* angesaugt und sogleich wieder verschlossen, so füllt sie sich mit Wasser, und nach dem Gesetze der kommunizierenden Röhren wird sich das Wasser in der Retorte so hoch stellen, wie im Kühlgefäfse. In dem Mafse, wie jenes verdampft fliefst durch die Kommunikationsröhre neues Wasser nach, und der Flüssigkeitsspiegel bewahrt dauernd dieselbe Höhe, wenn nur dafür gesorgt ist, dafs der Wasserstrom durch *VV* keine Unterbrechung erfährt. Man kann den Apparat sich also selbst überlassen, nur soll man zeitweise nachsehen, ob in die Kommunikationsröhre nicht etwa Luft eingedrungen ist, denn diese mufs entfernt werden. Dies geschieht aber sehr selten, da die Enden der Röhre hinaufgebogen sind. Die Retorte ist oben gegen die Wärmeableitung geschützt.

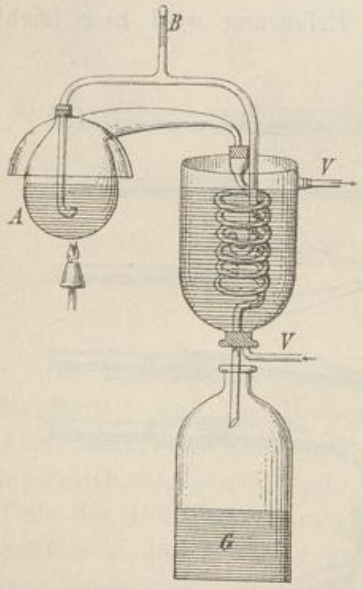


Fig. 422. Apparat zur Bereitung von destilliertem Wasser nach KALECSINSZKY.

5. Destillation unter vermindertem Druck oder im Vakuum. Da der Siedepunkt der Flüssigkeiten mit der Verminderung des Luftdrucks sinkt, so läfst sich dieser Umstand in gewissen Fällen mit Erfolg benutzen, um hochsiedende Flüssigkeiten bei niedrigerer Temperatur zu destillieren, als dies sonst möglich ist. Hierzu ist es nötig, alle Teile des Destillierapparats luftdicht miteinander zu verbinden, also namentlich auch die Vorlage mit dem Kühlrohr. Gut eignen sich dazu Vorstöfse von der Form Figur 424, deren Hals man mittels eines Kautschukrings mit dem Kühlapparate, diesen mit der doppelt tubulierten Vorlage (Fig. 423) und letztere, unter Einschaltung eines Manometers, mit einer Wasser-

* *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 299.

luftpumpe verbindet, um durch dieselbe im Innern des Apparats das Vakuum zu erhalten, oder falls man über eine solche nicht verfügt, durch ein etwa 1 m langes, senkrecht nach unten gehendes Glasrohr verlängert, dessen unteres offenes Ende in ein Gefäfs mit Quecksilber taucht (Fig. 423). Im ersteren Falle setzt man, sobald die Destillation beginnen soll, die Luftpumpe in Thätigkeit, im letzteren Falle treibt man erst, ohne zu kühlen, durch die sich entwickelnden Dämpfe die Luft aus dem Apparat, gieſst dann erst das Quecksilber in das untergesetzte Gefäfs und setzt

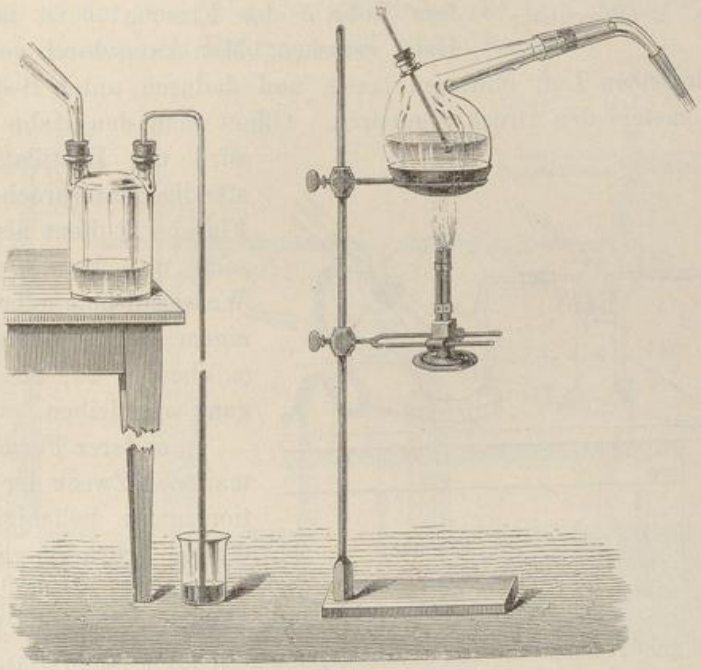


Fig. 423. Destillierapparate. Fig. 424.

den Kühlapparat in Thätigkeit. Das Quecksilber steigt in dem senkrechten Rohre so weit in die Höhe, als dem verminderten Dampfdrucke im Innern des Apparates entspricht. Das Quecksilberrohr dient hierbei zugleich als Manometer und unter Umständen auch als Sicherheitsrohr.

Regulierung des Drucks. Um bei Anwendung einer Luftpumpe den Druck im Innern des Destillationsapparats längere oder kürzere Zeit auf einer bestimmten Höhe zu erhalten, ist noch eine Regulierungsvorrichtung nötig, welche meist darauf beruht, dass man eine gewisse Menge Luft eintreten läfst, bis das Manometer den verlangten Druck zeigt. Dieses zuerst von Lothar Meyer* im Jahre 1873 angegebene und zur

* *Annalen der Chemie und Pharm.*, Bd. 165, S. 303.

Ausführung gebrachte Prinzip ist mit verschiedenen Abänderungen bei den folgenden Apparaten benutzt.

In sehr einfacher Weise wird nach MOSCHNER* der Zweck dadurch erreicht, dafs man zwischen Vorlage und Luftpumpe zwei WOULFE'sche Faschen *A* und *B* (Fig. 425) einschaltet, die, wie die Abbildung zeigt, miteinander verbunden sind. Das Rohr *a* führt zur Vorlage und *b* zum Manometer bezw. Wasserluftpumpe. Das mittlere Rohr *h* der Flasche *A* ist mit einem Hahn versehen. Man kann durch vorsichtiges Öffnen desselben Luft eintreten lassen und dadurch unter Beobachtung des Manometers den Druck regulieren. Öffnet man den Hahn ganz, so wird die Destillation vollständig unterbrochen. Die Flasche *B* dient als Wassersack und kann, wenn die Wasserluftpumpe bereits mit einem solchen versehen ist (s. oben S. 86, 88 und 93), ganz wegbleiben.

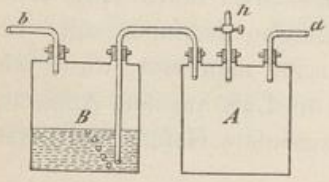


Fig. 425. Druckregulator.

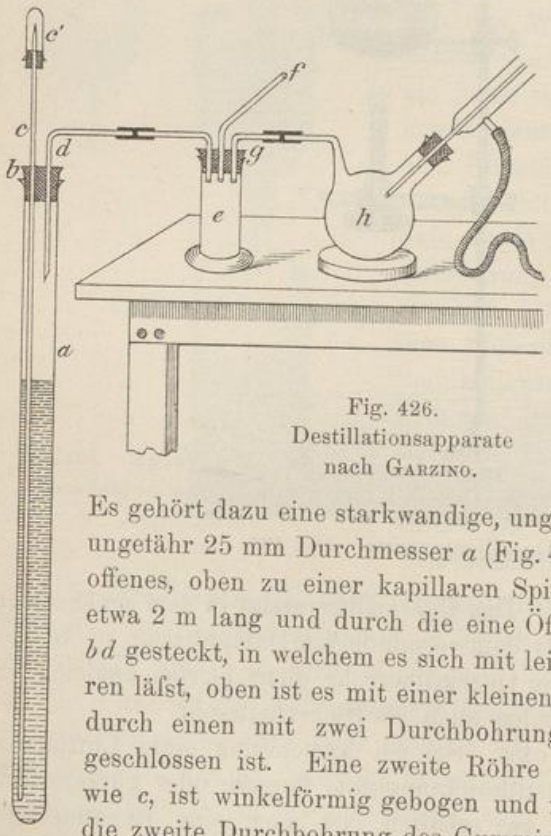


Fig. 426. Destillationsapparate nach GARZINO.

In anderer Form erreicht man den Zweck der Destillation unter beliebig vermindertem Druck durch die von GARZINO** empfohlene Zusammenstellung der Apparate. Es gehört dazu eine starkwandige, ungefähr 1,3 m lange Glasröhre von ungefähr 25 mm Durchmesser *a* (Fig. 426); *b* ist ein an beiden Enden offenes, oben zu einer kapillaren Spitze verengtes Glasrohr, es ist etwa 2 m lang und durch die eine Öffnung des durchbohrten Korks *bd* gesteckt, in welchem es sich mit leichter Reibung auf- und abführen läfst, oben ist es mit einer kleinen Glasglocke *c'* bedeckt, welche durch einen mit zwei Durchbohrungen versehenen Gummistöpsel geschlossen ist. Eine zweite Röhre *d* hat denselben Durchmesser wie *c*, ist winkelförmig gebogen und mit dem einen Schenkel durch die zweite Durchbohrung des Gummistöpsels *b* geführt. Ihr unteres Ende ist ebenfalls kapillär ausgezogen, *e* ist ein Glas, mit einem dreifach durchbohrten Stöpsel geschlossen. Das Rohr *f* führt nach der Luftpumpe,

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 1243. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1375.

** *Annali di Chim. e di Farm.*, Bd. 17, S. 20. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 681.

g und *h* sind selbstverständlich Zu- und Ableitungsröhren. Man bringt nach *a* soviel Quecksilber, dafs man ungefähr eine bekannte Höhe von 765 mm hat. Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so taucht man das Rohr *c* in das Quecksilber von *a* um soviel Millimeter ein, als der Unterschied zwischen dem Barometerdruck und der gewünschten Druckverminderung beträgt. Beim Evakuieren mit der Pumpe wird natürlich das Quecksilber in *c*, das anfänglich mit dem Hg in *a* gleiche Oberfläche hatte, sinken. Sinkt der Druck im Innern des Apparats unter den gewollten, so dringt Luft aus *c* durch die Quecksilbersäule in *a* in das Innere des Apparats und stellt den Druck wieder her. Um das Eindringen der Luft möglichst langsam zu machen, müssen die Röhren *c* und *d* kapillär enden.

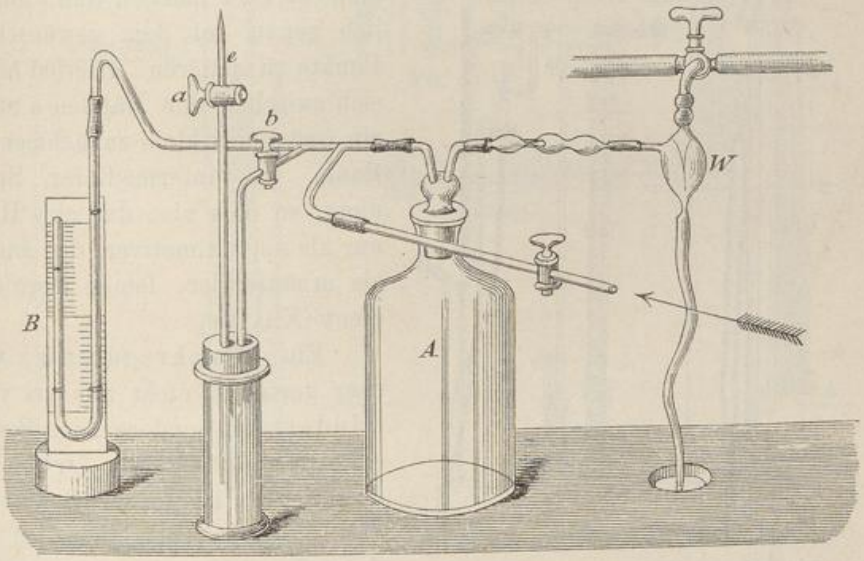


Fig. 427. Druckregulator nach KRAFFT.

In weit vollkommener Weise bewirkt man die Druckregulierung nach KRAFFT* durch den in Figur 427 abgebildeten Apparat. *W* ist die Wasserluftpumpe und *A* eine starkwandige Flasche, welche hinreichend grofs ist, um etwa vorkommende Unregelmäfsigkeiten im Gange der Luftpumpe auszugleichen, also gewissermafsen als „Vakuumreservoir" dient. Sie ist 1. mit dem auszupumpenden Apparat, welcher durch den Pfeil angedeutet ist, 2. durch den Hahn *b* mit einem kleinen Gefäfs, in dessen Stöpsel noch ein zweites Rohr *e* mit fein ausgezogener Spitze und Glashahn *a* eingesetzt ist, und 3. mit dem Manometer *B* verbunden. Die

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 1693 und Bd. 22, S. 819. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 657.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hähne *a* und *b* sind für die Regulierung und Einstellung des Drucks bestimmt. Soll eine Druckeinstellung bewirkt werden, so setzt man nach gehöriger Verbindung aller Teile des Apparats die Pumpe in Thätigkeit und läfst sie so lange arbeiten, bis der Druck einige Centimeter unter den gewünschten Stand gesunken ist. Dann öffnet man den Hahn *b* ganz und *a* so weit, dafs das Quecksilber im Manometer allmählich sinkt und unter den gewollten Stand zu sinken droht. Ehe dies jedoch geschieht, verringert man durch partielles Schliefsen von *b* den Luftstrom wieder, so viel als nötig ist, um das Sinken des Quecksilbers immer langsamer zu machen und schliefslich genau bei dem gewünschten Punkte zu sistieren. Hierbei bildet sich zwischen den Hähnen *a* und *b* ein (möglichst klein zu nehmender) Raum von intermediärer Spannung, so dafs also der eine Hahn nur als approximativer, der andere als ergänzender, feiner Regulator dient (KRAFFT).

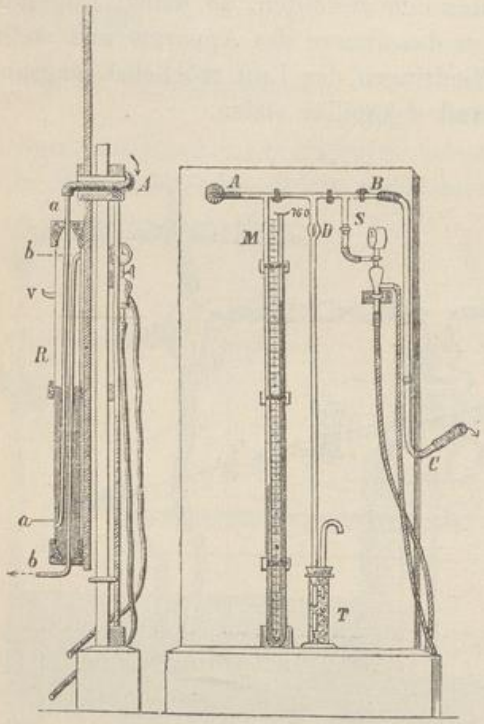


Fig. 428. Fig. 429.
Druckregulator nach STÄDEL und HAHN.

Ein Druckregulator, welcher gestattet, nicht nur bei vermindertem, sondern nach Bedarf auch bei erhöhtem Druck zu destillieren, ist (unter Benutzung des L. MEYER'schen Prinzips) von STÄDEL und HAHN* konstruiert und in Figur 428—432 abgebildet. Nach der Beschreibung der Genannten ist er folgendermafsen eingerichtet. An einem etwa 90 cm hohen und 40 cm breiten, vertikal stehenden und in einen soliden Fufs eingelassenen Brett befindet sich auf dessen Vorderseite (Fig. 428 und 429) ein Röhrensystem mit Hähnen und Manometer, während auf der Rückseite desselben (Fig. 430) der eigentliche Druckregulator angebracht ist. Dieser Teil des Apparats ist eine von OTTO SCHUMANN ersonnene Modifikation des oben erwähnten L. MEYER'schen Druckregulators. Figur 429 zeigt am oberen Ende des Bretts eine auf mit Kautschuk überzogenem

* *Annalen der Chemie und Pharm.*, Bd. 195, S. 218. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 305.

Haken ruhende Glasröhre AB von etwa 1 cm Weite, an welche zwei Hahnröhren D zum Druckapparat und S zum Saugapparat und ein Manometer M angeschmolzen sind. Von B führt eine Röhre BC zur Vorlage des Destillationsapparats. Der erforderliche Druck wird in einem Kohlensäureapparate erzeugt, welcher zunächst mit dem Trockenapparate T

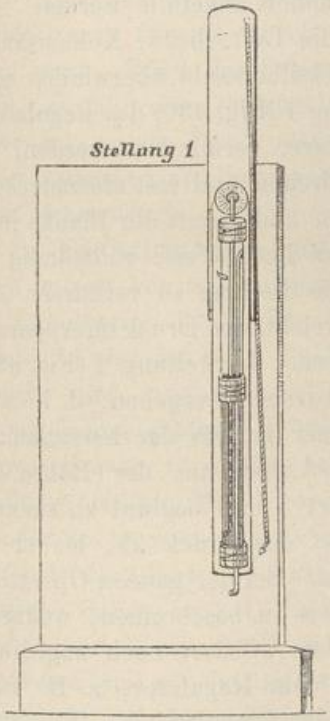


Fig. 430.

Fig. 431.

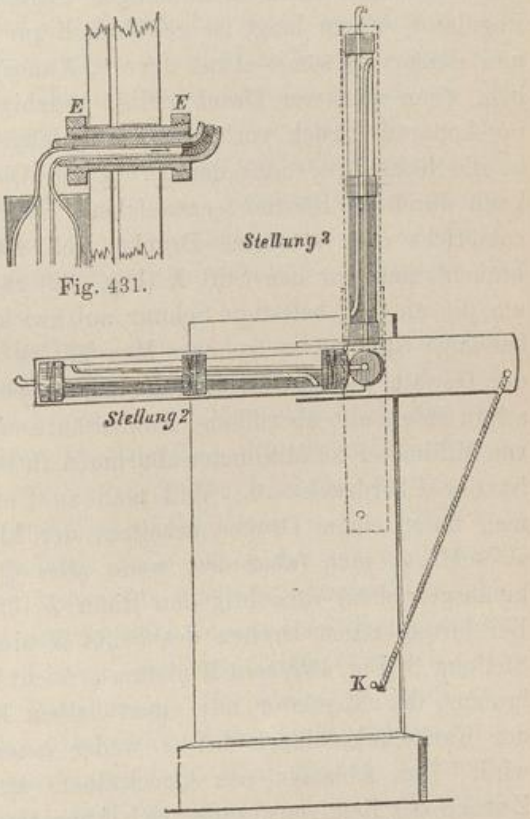


Fig. 432.

Druckregulator nach Städel und Hahn.

durch einen kurzen dickwandigen Schlauch verbunden ist. Ist D geöffnet, während S geschlossen bleibt, so drückt die Kohlensäure durch D und AB in den Siedeapparat, zugleich in das Manometer, an dessen Millimeterteilung man den jeweiligen Druck genau ablesen kann und in den Regulator R, welchen Figur 428 von der Seite im Längendurchschnitte repräsentiert. Dieser besteht in einem 2,5 cm weiten Glasrohre, in dessen Enden zwei enge Röhren aa und bb (beiderseits offen) derart eingeschmolzen sind, daſs sie innen nebeneinander stehend mit ihren seitlichen Öffnungen an den anderen Enden der Glaswandung ziemlich dicht anliegen, während

sie aufsen hakenförmig herausragen. Dieser Apparat ist mittels angeklebter Korkstückchen und Draht an einer $1^1/_2$ mal so langen Planke unbeweglich festgemacht. Die Planke hat, wie auch das Stativbrett bei *A*, ein Loch, um einen 5—6 cm langen Holzcylinder *E* (Fig. 430) als Achse aufzunehmen, in dessen Inneres eines der hakenförmigen Röhrenenden hineinragt und mit *AB* durch einen dickwandigen Schlauch dicht verbunden ist. Der Regulator, 60 cm lang, ist gewöhnlich zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt und entspricht somit etwas über $^1/_2$ Atmosphärendruck, kann aber natürlich, wenn stärkerer Druck nötig, beliebig höher angefüllt werden. Ist im Apparate Druck vorhanden, so gelangt die Luft, bezw. Kohlensäure, in die Röhre *a a*, mufs den Druck der Quecksilbersäule überwinden und kann durch die Röhre *b b* entweichen. Stellung 1 (Fig. 430) des Regulators entspricht dem stärksten Drucke; soll letzterer vermindert werden, so braucht man nur den Stift *K* (Fig. 432) zu drehen und fest einzustecken, um die an ihm befestigte Schnur aufzuwickeln und damit der Planke jede beliebige Stellung zu geben. Man hat es auf diese Weise vollständig in der Gewalt, die Quecksilbersäule durch schiefe Stellung zu verkürzen und somit, indem alle überflüssige Kohlensäure entweicht, den Druck im Apparate von Millimeter zu Millimeter abnehmen zu lassen. In Stellung 2 (Fig. 432) ist der Überdruck = 0. Will man zu Unterdruck übergehen, d. h. will man unter einem Drucke arbeiten, der kleiner ist als der herrschende, so schliefst man (aber erst wenn alles Quecksilber aus der Röhre *a a* hinausgetrieben) vorsichtig den Hahn *D*, öffnet *S* und beginnt zu saugen. Bei fortgesetztem Drehen des Stifts *K* nimmt der Druck ab, bis er in Stellung 3 (Fig. 432) sein Minimum erreicht hat. Bei der ganzen Operation braucht der Regulator nur einen halben Kreis zu beschreiben, wodurch der Kautschukschlauch bei *A* weder besonders affiziert noch zugedreht wird. Das Ablassen des Quecksilbers aus dem Regulator, z. B. zum Zwecke des Reinigens, kann nach Abbrechen der feinen Spitze *v* (Fig. 428) durch die dadurch entstandene Öffnung bewerkstelligt werden. Alle Kautschukverbindungen bestehen aus sehr dickwandigen, geschmeidigen Schläuchen, die mit Leinölfirnis bestrichen (oder noch besser in diesem gekocht) und mit Bindfaden fest überbunden sind. Der Apparat ist, so konstruiert, nahezu vollkommen dicht; absolut dicht braucht er nicht zu sein, da bei Anwendung von Überdruck der Kohlensäureapparat beständig Gas entwickelt und Druck erzeugt, während bei Unterdruck die Saugpumpe ununterbrochen arbeitet. Die Hauptvorzüge dieses Apparats sind die, dafs man von Unterdruck zu Überdruck übergehen kann, ohne die Arbeit zu unterbrechen, und dafs man den Druck auf der siedenden Flüssigkeit konstant erhalten oder beliebig variieren kann.

Ein selbstthätiger elektrischer Druckregulator wird von

Perkin* empfohlen. Die wesentlichen Teile desselben sind eine Barometerröhre, die in Verbindung mit dem zu evakuierenden Apparate steht, und ein Ventil, durch welches selbstthätig Luft zugelassen wird, wenn der Druck unter den vorgeschriebenen sinkt. Im oberen Teile des Barometerrohrs befindet sich eine Kupferstange mit Platinspitze, welche höher oder tiefer gestellt werden kann. Sobald das Quecksilber steigt und die Platinspitze berührt, wird ein elektrischer Strom geschlossen und das Ventil geöffnet, so dafs Luft eintreten kann. Das Ventil besteht aus einer Glaskugel, welche in einem Glasring dicht schliefsend sitzt und bei geschlossenem Strome durch einen Elektromagnet aus der Öffnung gezogen wird. Wird der Strom durch Fallen des Quecksilbers wieder geöffnet, so fällt die Glaskugel durch ihr eigenes Gewicht wieder zurück. Selbst bei einem Druck von nur 60 mm gelingt es, denselben durch diesen Apparat auf einem konstanten Punkte zu erhalten mit weniger als 1 mm Schwankung.

6. Fraktionierte Destillation. Gemischte flüchtige Flüssigkeiten haben keinen konstanten Siedepunkt. Das Sieden beginnt etwas oberhalb der Temperatur des leichter flüchtigen und steigt allmählich bis zum Siedepunkt des schwerer flüchtigen Bestandteils. Die Schnelligkeit des Steigens wird durch die relative Menge derselben bedingt. Ist der Gehalt an jenem gröfser, so wird der Siedepunkt länger in der Nähe der unteren Grenze verweilen, im anderen Falle näher der oberen Grenze. Hierdurch ist ein Mittel gegeben, gemischte flüchtige Flüssigkeiten voneinander zu trennen, indem man mittels eines eingesenkten Thermometers (Fig. 424) destilliert und das Destillat in einzelnen Teilen (Fraktionen) auffängt, daher fraktionierte Destillation. Bei einem Gemisch von Alkohol und Wasser z. B. werden die ersten Teile des Destillats reich an Alkohol und die letzten fast nur Wasser sein. Eine absolute Trennung ist freilich auf diese Weise nicht möglich, da jede einzelne Fraktion wiederum ein Gemisch ist. Erst durch mehrmalige Wiederholung der Arbeit (Fraktionieren der einzelnen Fraktionen) gewinnt man reinere Destillate.

In vollkommener Weise wird die Trennung erreicht, wenn man den Apparat so einrichtet, dafs ein Teil der verdichteten Dämpfe wieder in das Destillationsgefäfs zurückfliefsen kann, was annähernd schon dadurch ermöglicht wird, dafs man den Retortenhals schräg aufwärts richtet; innerhalb desselben verdichten sich dann vorzugsweise Teile der schwerer flüchtigen Flüssigkeit, welche zurückfliefsen, und in das Kühlrohr gelangen vorwiegend nur Teile der leichter siedenden. Demselben Zwecke genügt

* *Chemical News*, Bd. 57, S. 247. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 992.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in sehr vorzüglicher Weise der in Figur 433 dargestellte Aufsatz. Diese von Linnemann angegebene Einrichtung ist eine Nachbildung der in der Spiritusfabrikation gebräuchlichen Rektifikationskolonnen (Dephlegmatoren) und besteht aus einem mit drei bauchigen Erweiterungen und einem seitlichen Abflufsrohre versehenen Glasrohr, *A* oder *B*, das beiderseitig offen ist. Das unterste Ende wird vermittelst eines durchbohrten Stöpsels auf das Destillationsgefäfs, welches in diesem Falle die Form eines Kolbens hat, gesetzt und durch das obere ein Thermometer bis in die oberste Erweiterung eingesenkt. Der seitliche Abflufs wird dann mit dem Kühlrohre verbunden. In dem cylindrischen Teile der Röhre sind, wie aus der Figur zu ersehen, übereinander mehrere kleine Näpfchen aus feinem Platindrahtnetz eingeschoben, wie solches in der Nebenfigur in vergröfsertem Mafsstabe abgebildet ist. Sie sind am oberen Rande *a a* etwas weiter als am unteren *b b* und halten sich, in das Glasrohr geschoben, federnd fest. Die Dämpfe des siedenden Flüssigkeitsgemisches müssen durch die Maschen des Drahtnetzes aufsteigen. Die schwerer flüchtigen Anteile kondensieren sich hier zum Teil durch Luftkühlung, füllen die Näpfchen mehr oder weniger an und fliefsen in das Destillationsgefäfs zurück. Die Dämpfe der leichter flüchtigen Flüssigkeit haben deshalb keinen ganz freien Abzug, sondern müssen sich durch die in den Näpfchen enthaltene Flüssigkeitsmenge hindurcharbeiten, wodurch sie mehr oder weniger vollständig von den schwerer flüchtigen Anteilen befreit werden. Das Thermometer in der oberen Kugel giebt dann genau den Siedepunkt des jeweilig übergehenden Destillats an.

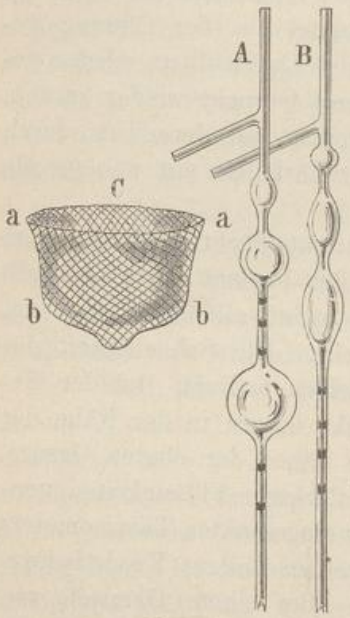


Fig. 433.
Destillierapparat.

Ein anderer Dephlegmator mit Drahtnetzen nach dem Prinzip von Young und Thomas* ist in Figur 434 abgebildet. Ein Gasrohr von 18 mm innerem Durchmesser hat in Abständen von etwa 8 cm Einschnürungen, in die man, wie aus der Figur 435 hervorgeht, ein Platindrahtnetz mit gebogener Glasröhre einführt. Der Dampf durchströmt die kondensierte Flüssigkeit, welche sich auf dem Drahtnetz sammelt, und wenn die Flüssigkeit auf diesem eine gewisse Höhe erreicht hat, fliefst

* *Chem. News*, Bd. 71, S. 177. — *Chem. Centr.-Blatt* 1895, I, S. 1049.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sie durch die gebogenen Röhren ab. Deren Biegung ist so eingerichtet dafs sie nicht durch den Dampfdruck leergeblasen werden. Nach Beendigung der Destillation kann man den Dephlegmator durch einen kurzen scharfen Luftstrom von der Flüssigkeit befreien. Die Fraktionierung eines Gemenges von Benzol und Toluol gelingt unter Anwendung dieses Dephlegmators sehr schnell und vollständig.

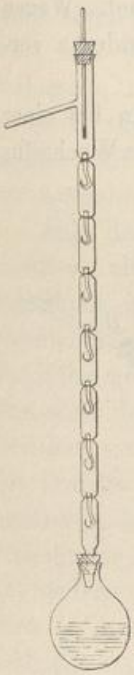


Fig. 434.

Fig. 435.

Dephlegmator nach Young und Thomas.

Statt dieser Aufsätze mit Platinkörbchen wendet Hempel* eine mit Glasperlen gefüllte Röhre *b* (Fig. 436) an, welche man auf den Destillationskolben *a* aufsetzt. Die Glasperlen haben etwa 4 mm Durchmesser. *c* ist ein Dreiwegrohr, welches bei *d* mit einem Kühler in Verbindung gesetzt wird und bei *e* ein Thermometer trägt. Das Sieden in dem Kolben *a* mufs so geregelt sein, dafs in *b* eine genügende Kondensation durch Luftkühlung erfolgt. Der Apparat ist so wirksam, dafs man mit ihm durch eine Destillation Alkohol von 18% bis auf 95% konzentrieren kann.

Fig. 436.

Dephlegmator nach Hempel.

Gleiche Dienste leistet der in Figur 437 abgebildete Dephlegmator von Norton und Otten.** Sein Prinzip ist das umgekehrte, wie bei den Apparaten von Linnemann und Hempel, indem der Dampfstrom nicht in eine innige Berührung mit der herabfliefsenden verdichteten Flüssigkeit gebracht, sondern davon gänzlich getrennt wird. Der Dampfstrom geht durch die gebogenen Röhren *EEE* von dem Destillationsgefäfs in das erste Gefäfs *C*, von da in das zweite *B* und zuletzt in das dritte *A*, ohne die verdichtete Flüssigkeit, die bei *DDD* herabtropft zu berühren. Der Durchmesser von *D* ist 2 mm, und die Kapillarität ist noch vermehrt durch einen Platindraht, welcher durch die Röhren *D* hindurchgeht.

Es wurden von den Erfindern mit diesem und den vorher beschriebenen Apparaten vergleichende Destillationen behufs Trennung gemischter

* *Zeitschrift für anal. Chemie*, Bd. 20, S. 502. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 811.
** *American Chemical Journal*, Bd. 10, S. 62. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 1020.

Flüssigkeiten gemacht, deren Siedepunkte einander sehr nahe liegen. Es ergab sich, dafs keinem der drei Apparate ein absoluter Vorteil vor den beiden anderen gebührt. Der Apparat von Norton und Otten wirkt am besten beim Siedepunkte des Methylalkohols (66°), der Hempel'sche bei dem des Acetons (56°), und der Linnemann'sche hat sich zur Reinigung des rohen Holzgeistes am besten bewährt. Für Trennung von Alkohol und Wasser sind alle drei Apparate gleich gut geeignet. Wegen der Einfachheit der Konstruktion ist der Hempel'sche allen anderen vorzuziehen.

7. Fraktionierte Destillation im Vakuum. Wenn bei einer fraktionierten Destillation unter vermindertem Druck während des Wechselns

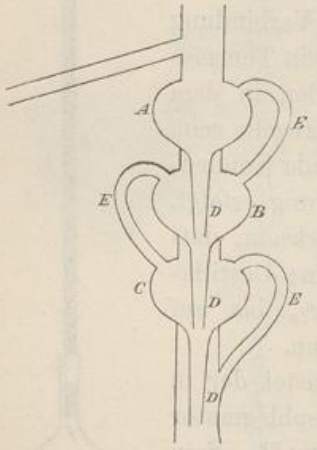


Fig. 437. Dephlegmator nach Norton und Otten.

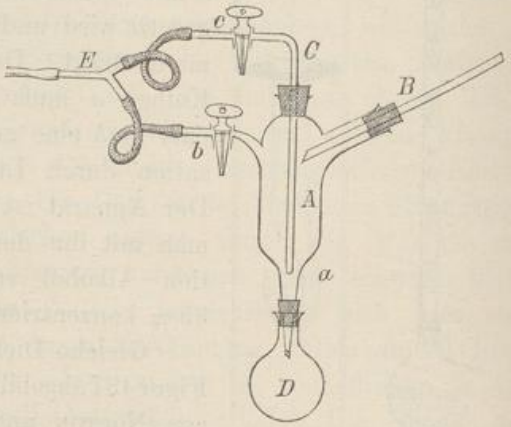


Fig. 438. Destillationsvorlage nach L. Meyer.

der Vorlage das Vakuum erhalten bleiben soll, sind Vorrichtungen nötig, welche dieses Auswechseln gestatten, ohne dafs Luft in den Destillationsapparat tritt. Letzteres würde zu einer jedesmaligen Unterbrechung der Destillation führen. Zur Umgehung dieses Übelstandes sind sehr zahlreiche und verschiedene Mittel ausfindig gemacht worden, von denen hier nur einige der einfachsten und praktischten angeführt werden sollen.

Nach Lothar Meyer* wird der Zweck folgendermafsen erreicht. Das Gefäfs *A* (Fig. 438) ist etwa 12 cm lang; es trägt ein etwa 16 mm weites schräg nach oben gerichtetes Ansatzrohr, welches mit dem unteren Ende des Kühlrohrs *B* verbunden ist. Die obere ebenfalls 16 mm weite Öffnung ist mit einem durchbohrten, sehr guten und weichen Kork ver-

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 20, S. 1833. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 1070.

schlossen, in welchem das gebogene Glasrohr *C* steckt und darin mit gelinder Reibung auf- und abgeschoben werden kann. Das unterste Ende der Röhre *C* kann auf diese Weise bis in den konisch verjüngten Teil *a* des Gefäfses *A* geschoben werden; es ist hier gut eingeschliffen und bewirkt einen guten Verschlufs. Der horizontale Teil des Rohrs *C* trägt einen Dreiweghahn *c* und endigt in ein Schlauchstück, welches durch einen dickwandigen engen Kautschukschlauch (1—2 mm lichte Weite, 3—4 mm Wandstärke) mit dem einen Arme des gläsernen T-stücks *E* verbunden ist. Der zweite Arm führt durch einen gleichen Kautschukschlauch zum Dreiweghahn *b*, der dritte zum Manometer und zur Luftpumpe. An das untere konische Ende des Gefäfses *A* werden die Kölbchen zur Aufnahme der Fraktionen mittels Kork befestigt.

Soll der Apparat benutzt werden, so werden die Hähne *b* und *c*, nachdem alles gut zusammengesetzt ist, so gestellt, wie in der Figur gezeichnet ist, also so, dafs *A* sowohl durch *c* als auch durch *b* mit *E* verbunden ist. Das Rohr *C* wird aus *a* etwas in die Höhe gezogen, so dafs *A* mit *D* verbunden ist. Nun wird die Destillation in Gang gesetzt, und das Destillat sammelt sich in *D* an. Zur Regulierung des Drucks kann man, wenn nötig, den Hahn *b* benutzen, durch dessen Schwanzstück man mittels vorsichtiger Drehung Luft eintreten läfst, falls infolge zu niedrigen Drucks die Destillation zu stürmisch wird. — Soll eine Fraktion abgesondert werden, so schliefst man die Vorlage *D* von dem Destillationsapparat ab, indem man das in *a* eingeschliffene Rohr herabdrückt. Das Destillat kann nun nicht mehr nach *D* fliefsen, sondern sammelt sich in *A* an. Um *D* von *A* abnehmen zu können, mufs man zuvor den Hahn *c* so stellen, dafs durch sein Schwanzstück Luft eintreten kann; hiernach läfst sich der Wechsel der Vorlage leicht bewirken. Die ganze Manipulation nimmt nur wenige Sekunden in Anspruch und die Destillation geht währenddessen ihren gleichmäfsigen Gang.

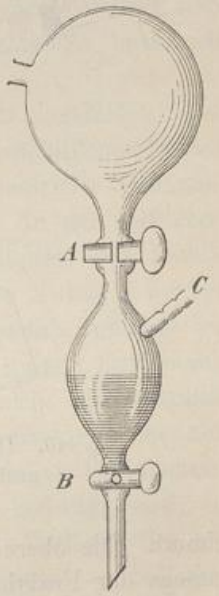


Fig. 439. Destillationsvorlage nach Fuchs.

Bei der Fraktioniervorlage von Fuchs,* welche in Figur 439 abgebildet ist, sind alle Korkverbindungen vermieden. Das Rohr *C* ist mit dem Manometer und der Luftpumpe verbunden.

Die in der Figur gezeichnete Stellung der Hähne *A* und *B* ist die,

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 14, S. 607. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 1044.

welche während der Destillation einzuhalten ist: *A* ist geöffnet, *B* geschlossen. Das Destillat sammelt sich in der unteren Birne. Soll eine Fraktion abgelassen werden, so schliefst man *A* und läfst von der Luftpumpe her durch Öffnung eines geeigneten Hahns Luft durch *C* eintreten. Nun kann man durch Öffnung des Hahns *B* das Destillat ausfliefsen lassen. Man schliefst hierauf *B* wieder, evakuiert die untere Birne rasch und öffnet *A*, worauf die Destillation ihren ruhigen Fortgang

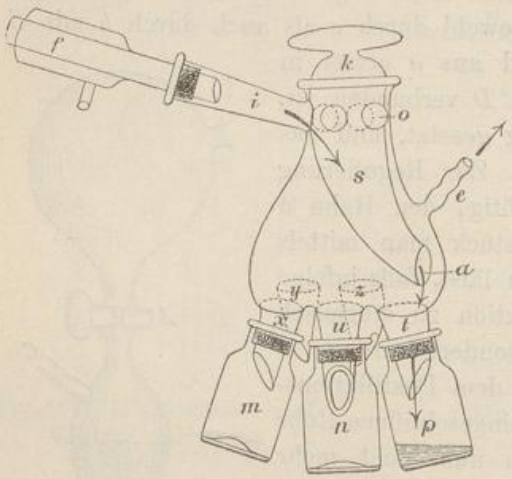


Fig. 440. Destillationsvorlage nach Raikow.

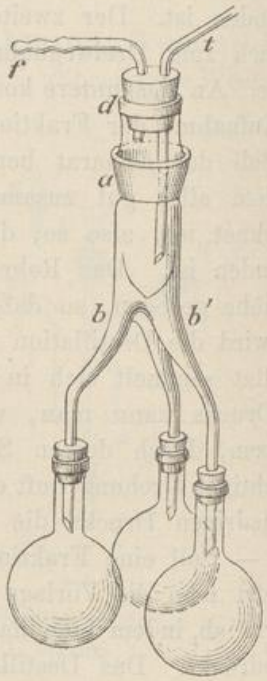


Fig. 441. Destillationsvorlage nach Gautier.

nimmt. Die obere Birne ist beträchtlich gröfser, damit während des Ablassens der Fraktion das Destillat sich darin ansammeln kann, ohne den Druck wesentlich zu verändern.

Bei den folgenden Apparaten wird die Teilung des Destillats in Fraktionen dadurch bewirkt, dafs man die Ausflufsöffnung des Kühlers durch Drehung eines besonders eingerichteten Vorstofses der Reihe nach über die bereits daran befestigten Vorlagen bringt, ohne irgend einen Teil des Apparats zu öffnen.

Der Fraktioniervorstofs von Raikow* hat die Gestalt einer

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 694. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 846.

Birne und wird mit dem Rohre *i* (Fig. 440) an dem unteren Ende des Kühlers befestigt. Er trägt unten fünf angeschmolzene kurze, am Ende schräg abgeschliffene Röhrchen *x*, *y*, *z*, *t*, *u*, an denen ebenso viele Flaschen *m*, *n*, *p* etc. durch Stöpsel luftdicht befestigt sind. In die obere weite Öffnung des Vorstofses ist ein gebogener hohler Glashahn *s* in Form eines Stöpsels luftdicht eingeschliffen, welcher durch seinen Griff *k* so gedreht werden kann, dafs sich seine untere Öffnung *a* über jede der fünf Flaschen stellen läfst, wobei die fünf oberen Öffnungen *o* im oberen eingeschliffenen Teile des Hahns jedesmal genau auf die Öffnung der Röhre *i* passen. Das Rohr *e* wird mit dem Manometer und der Luftpumpe verbunden.

Dasselbe Prinzip ist bei dem Vorstofs von GAUTIER* zur Anwendung gebracht. Das kurze weite Glasrohr *d* (Fig. 441) ist durch das Rohr *t* mit dem Kühlapparat und durch *f* mit der Luftpumpe verbunden und mit seinem unteren Ende in den Vorstofs *a* eingeschliffen. Es teilt sich unten in drei Abflufsröhren *b*, b^1, an denen die Vorlagen befestigt sind. Durch Drehung von *a* um *d* lassen sich diese nacheinander unter die Ausflufsöffnung des Rohrs *t* bringen.

BRÜHL's Fraktioniervorlage** ist in Figur 442 abgebildet. Der Glascylinder *A* ist oben durch den gewölbten, gut eingeschliffenen Deckel *B* luftdicht verschliefsbar und hat ein seitlich angeschmolzenes Schlauchrohr *a*, welches mit der Luftpumpe verbunden wird. In den seitlichen Tubus *b* des Deckels kann mittels eines Kautschukstöpsels das Destillationsrohr *c* eingesetzt werden; und in dem mittleren Tubus *d* bewegt sich mit guter Dichtung ein mit Griff versehener Glasstab, welcher bis fast zum Boden des Cylinders *A* reicht. Er hat in einiger Entfernung von seinem unteren Ende eine Durchbohrung, in welche ein Querstift fest eingesetzt ist. An diesen kann mittels Bajonettverschlufs eine aus Hartgummi angefertigte Röhre *f* angehängt werden, welche als Rezipientenhalter dient, indem an ihr zwei Scheiben *g* und *h* befestigt sind, in welche in 6 kreisförmigen Ausschnitten ebenso viele als Vorlagen für das Destillat dienende Probiergläser eingesetzt werden können. — Soll der Apparat in Gebrauch genommen werden, so wird der Glasstab *e*, an welchem der Deckel *B* und das Destillationsrohr *c* befestigt ist, in die Hülse *f* des mit den Probiergläsern versehenen Rezipientenhalters eingesenkt und durch eine leichte Drehung im Bajonettverschlufs damit in Verbindung gebracht. Dann streicht man den geschliffenen Rand des

* *Bulletin de la soc. chimique de Paris* [3] Bd. 2, S. 675. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 8.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 21, S. 3339. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 309.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Deckels mit Schmierwachs (1 Teil Wachs und 1 Teil Schweineschmalz) ein, führt ihn in den Cylinder *A* und drückt ihn in den ebenfalls gut eingefetteten Rand desselben ein. Man verbindet hierauf das Rohr *c* mit dem Kühlrohr und das Schlauchstück *a* mittels eines dickwandigen Kautschukschlauchs mit der Luftpumpe und kann nun, nachdem diese in Thätigkeit gesetzt worden ist, mit der Destillation beginnen. Der Wechsel der Vorlagen erfolgt einfach durch eine Drehung des Glasstabs *e* mittels seines Handgriffs, wobei eine Hebung zu vermeiden ist.

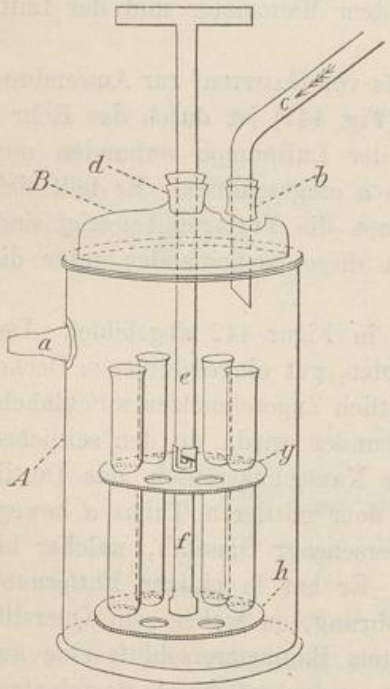


Fig. 442. Destillationsvorlage nach Brühl.

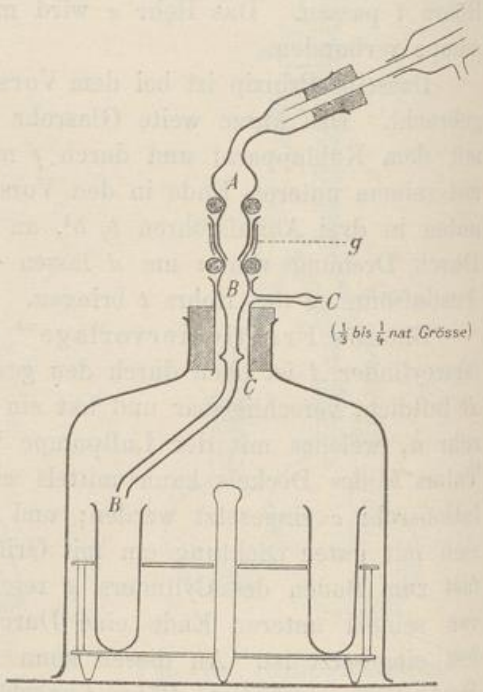


Fig. 443. Destillationsvorlage nach Wislicenus.

Diesen Apparat hat der Erfinder* in neuerer Zeit eine etwas abgeänderte Form gegeben, indem die Röhre *c* nicht durch den Deckel, sondern durch einen an der Seitenwand der Glocke schräg angebrachten Tubus führt, so dafs das Ende der schräg angesetzten Röhre genau über die Mündungen der Probiergläser zu stehen kommt. Der andere Tubus, der zur Luftpumpe führt, ist dicht über dem Boden der Glocke angesetzt.

Als eine Vereinfachung dieser Vorlage von Brühl ist die in Figur 443

* *Lieb. Ann.*, Bd. 277, S. 177. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, I, S. 131.

abgebildete Vorrichtung von H. Wislicenus* zu betrachten, welche sich leicht auf den Hals einer gewöhnlichen tubulierten Glasglocke aufsetzen läfst. Sie besteht aus dem Vorstofs *A*, dem Drehrohr *B* und dem Saugrohr *C*. Letzteres ist in den die Glocke verschliefsenden Gummistöpsel eingesetzt und wird durch sein seitliches Ansatzrohr mit der Luftpumpe verbunden. Das Drehrohr *B* wird lose in *C* eingesetzt und hält sich durch seine beiden Erweiterungen, die als Führung dienen, in seiner Lage. Durch eingestrichenes dickes Schmierwachs und einen übergeschobenen massiven, weichen Kautschukring mit kreisrundem Querschnitt, welcher sich beim Saugen fest in den ausgebogenen Rand von *C* einlegt, wird es mit *C* vollkommen dicht verbunden. Der Vorstofs *A* legt sich (mit Schmierwachs bestrichen) in die obere glockenförmige Erweiterung von *B* ein und ist gleichfalls durch einen Kautschukring gedichtet. Das übrige ist aus der Figur ersichtlich. Soll die Vorlage gewechselt werden, so kann der ganze Apparat ruhig stehen bleiben: es ist nur nötig, dem Rohr *B* die richtige Drehung zu erteilen, was, wenn alles gut eingefettet und über den oberen glockenförmig erweiterten Teil von *B* überdies noch ein kurzes Stück Kautschukschlauch *g* geschoben ist, sehr gleichförmig ausgeführt werden kann. Gut ist es, über den krummen Vorstofs *A* und den Saugansatz von *C* anfangs ein Gummiband zu legen, bis das ganze System durch Saugen genügend fest zusammengehalten ist.

In etwas anderer, aber nicht minder einfacher Weise wird nach H. Schulz** das Auswechseln der Fraktionierungsvorlagen mittels des in Figur 444 abgebildeten Apparats bewirkt. Bei diesem ist nicht, wie bei dem vorher beschriebenen, das Abtropfrohr, sondern die Glocke *A* der drehbare Teil. Sie steht auf einer Platte, welche sich auf dem Zapfen *a* herumbewegen läfst. Auf den Tubulus der Glocke ist eine eigentümlich geformte Birne (s. auch Fig. 445) mittels eines kurzen Stücks starkwandigen Kautschukschlauchs luftdicht und drehbar aufgesetzt. Sie ist durch *c* mit dem Kühlrohr *k* und durch *d* mit der Luftpumpe verbunden. Das Rohr *d* ist durch die Birne hindurchgeführt und mündet dicht über dem Glockenhals in der Ebene *α α* wieder nach aufsen. Der Innenraum der Glocke steht also dauernd mit der Luftpumpe in Verbindung, und das Destillat kann ungehindert durch *e* abfliefsen. Unter *e* sind mehrere Bechergläser im Kreise aufgestellt. Das Auswechseln derselben erfolgt, indem man die Fufsplatte dreht, wobei die Birne *B* in ihrer Lage verbleibt.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 23, S. 3293. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 1.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 23, S. 3568. — *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 297.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wenn das Destillat so beschaffen ist, dafs es in der Vorlage erstarrt, so mufs es, um fraktioniert zu werden, durch Erwärmung derselben flüssig gehalten werden. Hierzu eignet sich der Vorstofs von VALENTA,* welcher in Figur 446 abgebildet ist. Er hat die Form eines nach unten verjüngten Cylinders *D*, ist dort mit einem Dreiweghahn *a* nebst Abflufsrohr versehen, oben geschlossen und doppelt tubuliert. Durch den einen Tubulus wird das Kühlrohr *C*, welches durch den Aufsatz *B* mit dem Destillationskolben *A* verbunden ist, eingeführt, und der andere durch

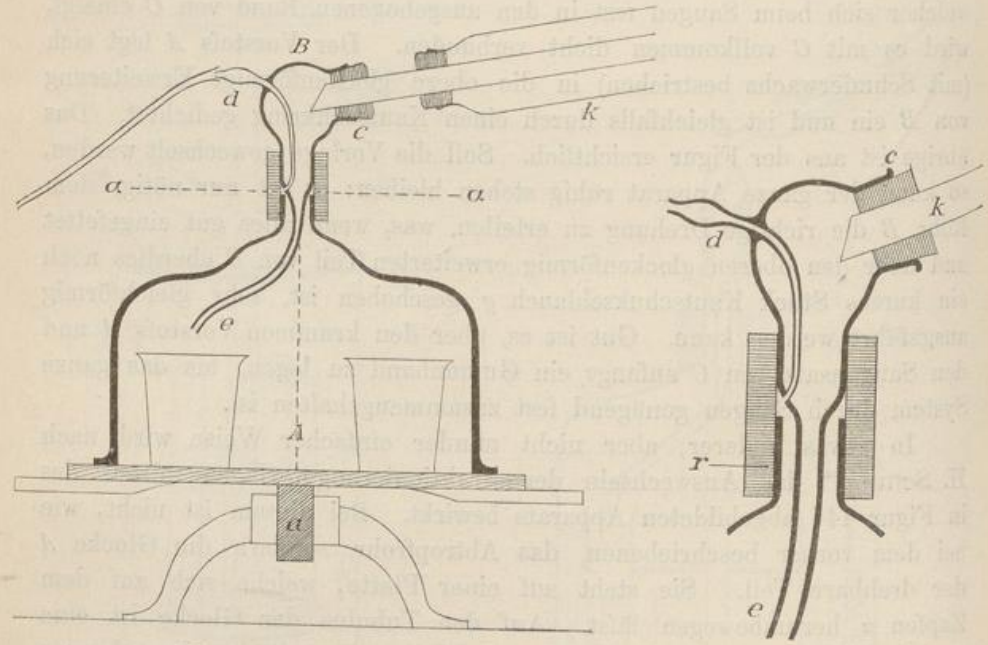


Fig. 444. Fraktionierungsvorlage nach H. SCHULZ. Fig. 445.

das Hahnrohr *b* mit der Luftpumpe verbunden. Der Cylinder *D* ist mit einem doppelwandigen Blechmantel, welcher als Wasserbad dient, umgeben. Dieser ist an der einen Seite unten mit einem Ansatzrohr versehen, unter welchem ein Lämpchen angebracht ist. An der gegenüberliegenden Seite hat er einen Ausschnitt mit Schieber *e*, durch welchen der Dreiweghahn zugänglich gemacht ist. Beim Gebrauch mufs die Temperatur des Kühlwassers und die des Wasserbads so geregelt werden, dafs das Destillat immer gleichmäfsig flüssig bleibt. Soll eine Fraktion abgelassen werden, so stellt man den Dreiweghahn *a* so, dafs die Vorlage *E*

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd 28, S. 673. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 625.

mit der äufseren Luft verbunden ist, entfernt dieselbe und ersetzt sie alsbald durch eine neue.

Eine gute Zusammenstellung aller für die fraktionierte Destillation im Vakuum nötigen Apparate zeigt die Abbildung in Figur 447 nach G. KOLBE.* *A* ist die Wasserluftpumpe mit dem Dreiweghahn *a*, *B* eine Überlaufflasche mit aufgesetztem Vakuummeter und damit verbunden der Fraktioniervorstofs *f*. Das Vakuummeter kann oben durch einen Hahn

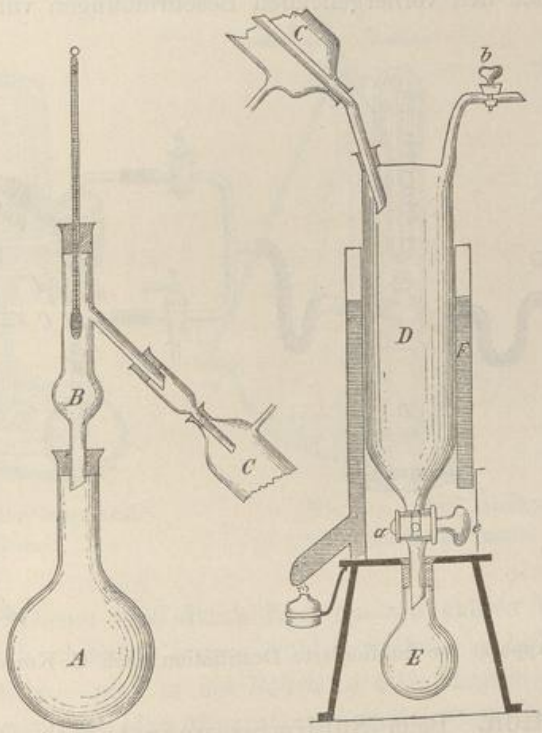


Fig. 446. Destillationsvorlage nach VALENTA.

geschlossen werden. Um es zu justieren, verbindet man den einen Schlauchansatz der Überlaufflasche mit der Luftpumpe, den anderen mit einem Barometer, und evakuiert langsam, wobei man jedesmal, wenn sich der Druck um 10 mm vermindert hat, den Stand des Quecksilbers im Vakuummeter markiert. Diese Teilung ist für den Zweck der fraktionierten Destillation völlig ausreichend und hat den Vorzug, bei geringer Länge und gröfserer Handlichkeit des Instruments die ganze Barometerskala zu umfassen. Die Überlaufflasche wirkt nützlich sowohl durch Auffangung

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 389. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 772.

etwa übertretenden Pumpenwassers als auch übersteigenden Destillats. Zum Schutz des Vakuummeters ist dasselbe mit einer Glaskappe bedeckt. — Der Fraktioniervorstofs ist dem von LOTHAR MEYER (s. oben S. 290) nachgebildet, jedoch mit dem Unterschiede, dafs das in den Kolben *f* eingeführte Rohr *x* von einem weiteren Glasrohr umgeben ist (Fig. 448); Rohr *x*, sowie Hahn *d* haben einen inneren Durchmesser von 6 mm, Rohr *y* einen äufseren von 12 mm; letzteres ist mit *x* unten verschmolzen und hat nahe an seinem unteren Ende einige Löcher. Der Gebrauch des Apparats ergiebt sich nach den vorhergehenden Beschreibungen von selbst.

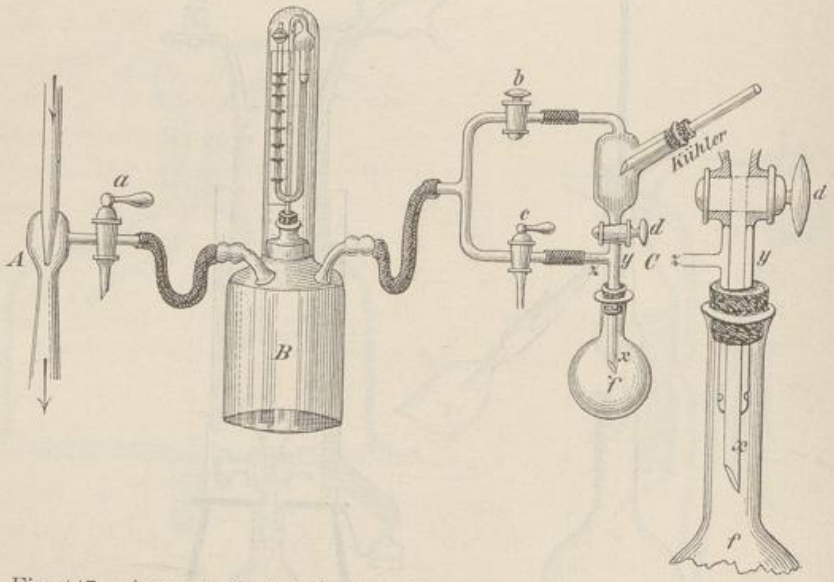


Fig. 447. Apparat für fraktionierte Destillation nach G. KOLBE. Fig. 448.

Sublimation. Beim Sublimierapparat nach ODDO* trägt ein Stativ auf zwei Ringen zwei Asbestscheiben *a* und *b* (Fig. 449). Die Scheibe *a* ist in der Mitte durchlöchert und trägt in dieser Öffnung ein kleines Becherglas mit dünnen Wänden und nicht sehr hoch, worin sich die zu sublimierende Substanz befindet. Zwei andere gröfsere Bechergläser sind darübergestülpt. Das innere dient dazu, die sublimierende Substanz aufzufangen. Das äufsere soll die Dämpfe zurückhalten, die aus dem ersten entweichen. Die Scheibe *b* hat den Zweck, die Wärme der darunter stehenden Flamme möglichst zu verteilen und wird, je nach der Flüchtigkeit der Substanz, dem kleinen Becher mehr oder weniger genähert.

Es ist gut, auf die durchlöcherte Asbestscheibe zwei ebenfalls durch-

* *Gazetta chimica italiana* 23, II, S. 313. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, I, S. 129.

löcherte Papierstreifen zu legen, welche sich um den Rand der beiden Bechergläser legen und den Verlust an Wärme verhüten.

Um die Sublimation des Jods in gröfseren Mengen auszuführen, bedient man sich des von HERTKORN* empfohlenen Apparats. Derselbe besteht aus einer flachen Schale *m m* aus emailliertem Eisenblech, welche an ihrem oberen Rande eine Rinne *m m'* hat. In diese pafst ein hoher kegelförmiger Aufsatz *B*, durch dessen obere Öffnung ein Glasgefäfs *C*

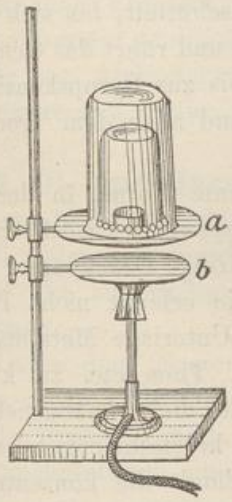


Fig. 449. Sublimierapparat nach ODDO.

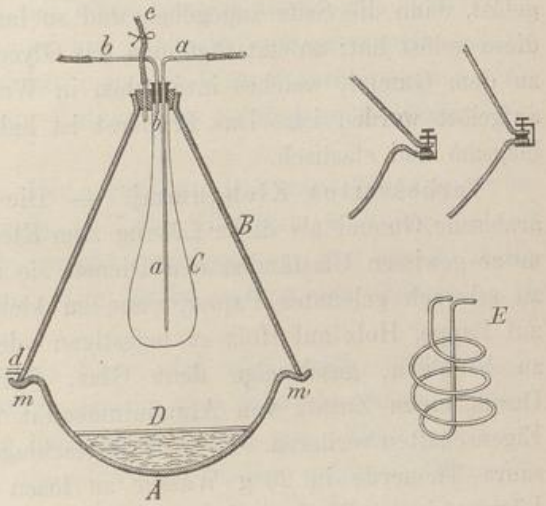


Fig. 450. Sublimierapparat nach HERTKORN.

eingesetzt ist. Dieses wird durch Einleiten von kaltem Wasser durch *a*, welches durch *b* abfliefst, immer kühl gehalten. Behufs Dichtung von Trichter und Schale wird in die Röhre Öl oder Paraffin gebracht. Statt dessen kann aber auch der Apparat so eingerichtet werden, dafs man den Trichter mit der Rinne durch Schraubenklemmen verbindet, wie die Nebenfigur zeigt; und statt des Kühlgefäfses *C* läfst sich auch eine emaillierte Kühlschlange *E* anwenden. Das Jod wird mit einer durchlöcherten Scheibe von Filtrierpapier bedeckt und von unten durch eine kleine Flamme mäfsig erwärmt.

---

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 16, S. 597. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, II, S. 195.

KLEBMITTEL UND KITTE.

1. Gummi- und Leimkitte. Flüssige Gummilösung mit elastischer Grundlage. — Dieselbe besteht aus 93 Teilen Gummi arabicum, 3 Teilen grüner Schmierseife, 3 Teilen Glycerin mit 1 Teil Salicylsäure. Die Salicylsäure wird zuerst in 20 Gew.-Teilen Alkohol gelöst, dann die Seife zugegeben und so lange geschüttelt, bis sich auch diese gelöst hat; zuletzt fügt man das Glycerin zu und rührt das Gemenge zu dem Gummi, welches inzwischen in Wasser bis zur Syrupskonsistenz aufgelöst worden ist. Das Präparat ist haltbar und nach dem Trocknen biegsam und elastisch.

Verbessertes Klebgummi. — Die bekannte Form, in der das arabische Gummi als dicke Lösung zum Kleben angewendet wird, versagt unter gewissen Umständen den Dienst: sie durchdringt Druckpapier oder zu schwach geleimtes Papier, ohne zu kleben; sie erlaubt nicht Pappe auf Pappe, Holz auf Holz zu befestigen oder als Unterlage Metallflächen zu benutzen, geschweige denn Glas, Porzellan, Thon etc. zu kitten. Durch einen Zusatz von Aluminiumsulfat soll sie diese unangenehmen Eigenschaften verlieren. Es wird vorgeschlagen, 2 g krystallisierte schwefelsaure Thonerde in 20 g Wasser zu lösen und damit die konzentrierte Lösung des arabischen Gummis (2 Teile Gummi in 5 Teilen Wasser) zu mischen.

Einen Kitt zur Verbindung von Holz mit Metall oder Stein erhält man, wenn man gewöhnlichen Tischlerleim zuerst in kaltem Wasser aufweicht, dann bis zur Syrupskonsistenz erwärmt und mit so viel Holzasche vermengt, dafs eine firnisähnliche Masse entsteht. In dieser Form ist der Kitt schon verwendbar; soll er nach dem Erkalten und Trocknen mehr Zähigkeit behalten und für Feuchtigkeit weniger empfindlich sein, so setzt man in der Hitze noch $^1/_8$ bis $^1/_6$ Volumen Terpentin hinzu.

Zum Kitten von Glas auf Glas ist Hausenblasenleim gut geeignet, welchen man herstellt, indem man die trockene Hausenblase auf dem Ambofs mit dem Hammer in kleine Stücke schlägt, diese in kaltem Wasser einweicht, dann nach Abgiefsen des überschüssigen Wassers im Wasserbade so lange erwärmt, bis das Ganze eine nicht zu dicke Masse bildet, welche man durch ein leinenes Läppchen giefst, um sie zu klären.

Der sogenannte Hausenblasen-Diamantleim für Glas wird erhalten, wenn man 8 Teile Hausenblase in 30prozentigem Alkohol einweicht, die aufgequollene Masse erwärmt und mit einer Lösung von 1 Teil

Ammoniakharz und 1 Teil Galbanum in 4 Teilen schwachem Alkohol vermischt. Durch Zusatz von etwas in möglichst wenig Alkohol gelöstem Mastix läfst sich die Klebfähigkeit noch erhöhen.

Unter dem Namen Krystall-Porzellankitt gehen Präparate, welche nichts anderes als mit Essigsäure versetzte Lösungen von Leim oder Hausenblase sind. — Nimmt man wenig Salpetersäure statt der Essigsäure, so haftet der Kitt auch auf Metall.

Das im Handel unter dem Namen Universalkitt als guter Porzellankitt bekannte Präparat besteht aus einem innigen Gemenge von 20 Teilen feingepulvertem arabischen Gummi und 80 Teilen gut gebranntem schneeweifsen sog. Alabastergyps, welches man mit Wasser anrührt und auf die zu verkittenden Stellen aufträgt. Dieser Kitt verträgt keine Nässe.

2. Öl- und Harzkitte. Der sogenannte Diamant-Metallkitt besteht aus 10 Teilen Schlemmkreide, 15 Teilen Bleiglätte, 50 Teilen Graphit und 5 Teilen zerfallenem Kalk, welche innig gemengt und mit 20 Teilen Leinöl gut angestofsen werden. Die Masse ist vor dem Gebrauche zu erwärmen.

Unter dem Namen Serbat's Kitt wird eine weiche plastische, in Büchsen verpackte Masse verkauft, welche man folgendermafsen bereitet: 6 Teile Bleisulfat und 2 Teile Braunstein werden mit 1 Teil Leinöl gut zusammengestofsen und dann einige Wochen stehen gelassen. Hiernach werden unter erneutem Stampfen nochmals $1^1/_4$ Teile Braunstein inkorporiert und diese Operation noch zweimal wiederholt. Dann mufs der Kitt gut verschlossen aufbewahrt werden.

Sehr gute Kitte erhält man aus Kopalfirnis, den man in passendem Verhältnis mit Zinkoxyd oder Bleiglätte zusammenmischt.

Auch Asphalt findet als Material für Kitte Verwendung; man mischt ihn mit Fichtenharz, Terpentin und Schwefel oder auch mit pulverförmigen Körpern, z. B. Kieselguhr, Gyps, Bleiglätte etc. Durch Auflösen von Asphalt in Teeröl und Vermischen der Lösung mit Mennige und etwas Glycerin erhält man einen guten Kitt für Metall und Glas.

Ein Kitt, welcher der Wärme und den Säuren Widerstand leistet, besteht aus 100 Teilen Schwefel, 2 Teilen Talg, 2 Teilen Harz und gesiebtem Glas. Schwefel, Talg und Harz werden geschmolzen, bis die Masse bei brauner Farbe syrupsdick ist. Dann wird so viel gepulvertes Glas zugegeben, dafs das Ganze einen weifsen Teig bildet. Die zu kittenden Gegenstände müssen erwärmt, auch der Kitt selbst mufs warm angewendet werden.

Kitt zur Verbindung von Glas mit Metall oder von Glas mit Glas. — Um Metallgarnituren auf Glasflaschen zu befestigen und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

überhaupt Glas mit Metall zu verbinden, kann man sich einer Mischung von Bleiglätte mit so viel Glycerin bedienen, dafs ein Teig von der Konsistenz der kondensierten Milch entsteht. Dieser Kitt ist für Wasser undurchdringlich; auch widersteht er hohen Temperaturen. Um Glas mit Glas zu verbinden, mischt man 3 Teile Harz und 1 Teil Wachs; doch widersteht ein so erhaltener Kitt der Hitze nicht.

Wasserfeste Firnisse für Papier. 1. 1 Teil Dammarharz und 4—6 Teile Aceton werden in einer verstopften Flasche zwei Wochen lang digeriert, die klare Lösung abgegossen, dieser 4 Teile Kollodium zugesetzt und das Ganze durch ruhiges Stehen klären gelassen.

2. 30 Teile weifser Schellack werden mit 500 Teilen Äther digeriert, der Lösung 15 Teile kohlensaures Bleioxyd zugesetzt, längere Zeit geschüttelt und schliefslich mehrfach filtriert.

3. In 100 Teilen warmem Wasser werden 5 Teile Leim gelöst und mit dieser Lösung das Papier bestrichen. Nach dem Trocknen taucht man es eine Stunde lang in eine 10prozentige Lösung von essigsaurer Thonerde, läfst es wieder trocknen, um es zuletzt zu glätten.

4. Man erhitzt 120 Teile Leinölfirnis und gieſst dann unter Umrühren eine Mischung aus 33 Teilen Ätzkalk und 22 Teilen Wasser zu, der man 55 Teile geschmolzenen Kautschuk beimischt. Nach gutem Durchrühren koliert man die Mischung und trägt sie heifs auf.

5. 1 Teil Guttapercha wird in 40 Teilen Benzin im Wasserbade vorsichtig digeriert und damit das Papier bestrichen. Auf diesen Firnis läfst sich gut schreiben, zeichnen und malen.

3. Kautschuk- und Guttaperchakitte. Kautschuklösungen und Kautschukfirnisse als Kitt. Die gebräuchlichsten Lösungsmittel für Kautschuk sind Benzin und Schwefelkohlenstoff; doch erfolgt die Lösung nicht so ohne weiteres und mifslingt nicht selten. Die Ursache hiervon liegt hauptsächlich in dem Umstande, dafs das Kautschuk in seinen Poren hartnäckig Feuchtigkeit zurückhält, welche entfernt werden mufs. Man wende rohes (nicht vulkanisiertes) Kautschuk, in möglichst dünne Streifen zerschnitten, an und trockene dasselbe mehrere Tage lang bei 50—60°. Ferner wird die Lösung bedeutend erleichtert, wenn man den genannten Lösungsmitteln gewisse ätherische Öle zusetzt, z. B. Eukalyptusöl, Thymianöl, Citronenöl. Eine gute Mischung ist 96—92 Teile Benzin und 4—8 Teile Eukalyptusöl, oder 85 Teile Schwefelkohlenstoff und 15 Teile Eukalyptusöl; statt des letzteren kann man in beiden Fällen ein Gemenge von 2 Teilen Thymianöl und 3 Teilen Citronenöl anwenden. In 100 Teilen dieser Mischungen lassen sich 16—20 Teile Kautschuk lösen. Ein weiterer Vorteil bei Darstellung der Lösung ist die Methode der Kohobation, welche darin besteht, dafs man das Kautschuk nicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit dem flüssigen Lösungsmittel, sondern nur mit dessen Dämpfen zusammenbringt. Man nehme eine gut verschliefsbare Büchse aus Weifsblech, giefse in den unteren Teil das Lösungsmittel und bringe in den oberen Raum auf einen feindurchlöcherten Boden das feingeschnittene und gut getrocknete Kautschuk, verschliefse dann den Apparat mit dem Deckel und erwärme ihn im Wasserbade mäfsig. Die Dämpfe des Lösungsmittels durchdringen das Kautschuk, welches in gelöstem Zustande herabtröpfelt, während die Unreinigkeiten auf dem Siebboden zurückbleiben.

Zur Darstellung von Kautschukfirnis werden der Lösung $^1/_4$—$^1/_2$ ihres Volumens oder nach Bedarf noch mehr fetter Kopalfirnis oder Leinölfirnis zugesetzt.

Ein farbloser Kautschukkitt wird folgendermafsen bewirkt: Frisches, nicht vulkanisiertes Kautschuk wird in kleine Stücke zerschnitten und davon $12^1/_2$ Teile mit 10 Teilen Chloroform in einer gut verschliefsbaren Flasche übergossen. Nachdem die Lösung vollständig geschehen ist, werden noch $2^1/_2$ Teile Mastix hinzugethan. Das Gemisch mufs 8—10 Tage unter zeitweiligem Schütteln stehen, darf aber nicht erwärmt werden.

Ein Kitt zum Einkitten von Korken, Glasröhren etc. besteht aus 1 Teile Wachs, 2 Teilen Guttapercha und 3 Teilen Siegellack, welche miteinander geschmolzen und heifs aufgetragen werden.

Auch mit Pech zusammengeschmolzen giebt Guttapercha einen guten Kitt, welcher je nach den Mengenverhältnissen beider Substanzen mehr oder weniger spröde ist. Dieser Kitt mufs im geschmolzenen Zustande angewendet werden und haftet auf Glas, Porzellan, Stein, Metall und Holz.

Der sogenannte Marineleim wird hergestellt, indem man 1 Teil Kautschuk in 12 Teilen Terpentinöl oder Steinkohlenteeröl löst, was 10—12 Tage Zeit erfordert, dieser Lösung dann 2 Teile Schellack oder Asphalt zusetzt und in einem eisernen Gefäfs vorsichtig (!) erhitzt, bis die Masse gleichartig geworden ist. Nach dem Erkalten erhält man eine harte Masse, welche man vor dem Gebrauch im Wasserbade erweicht. Sollen rissig gewordene Teile damit verkittet werden, so mufs man den Kitt über freiem Feuer bei 140° schmelzen, wodurch er so flüssig wird, dafs er gut in die Fugen dringt.

4. Caseïnkitt als Ersatz für Gummi arabicum nach R. Kayser. Man bereitet Caseïn durch Erhitzen von Milch mit etwas Weinsäure, wobei sich ersteres ausscheidet. Nach Entfernung der Molken übergiefst man das Caseïn noch in feuchtem Zustand mit einer Lösung von 6 Teilen Borax in 100 Teilen Wasser und erwärmt gelinde unter Umrühren, wobei sich das Caseïn löst. Die so erhaltene klare Flüssigkeit besitzt ein starkes Klebevermögen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Auch mit Kalk gemischt giebt Caseïn einen brauchbaren Kitt. Man mischt den von den Molken befreiten Käse in einer Porzellannufsschale mit pulverig gelöschtem Kalk innigst zu einer gleichförmigen Masse, welche nur im frischen Zustande zu verwenden ist.

ALLGEMEINE BEMERKUNGEN.

Jeder Versuch, der vor Schülern ausgeführt wird, mufs gelingen, d. h. er mufs die Erscheinung, die er erläutern soll, mit voller Deutlichkeit zur Anschauung bringen. Bleibt das Resultat zweifelhaft oder tritt das erwartete, eventuell vorhergesagte Ergebnis nicht ein, so ist der Zweck verfehlt. Ein mifsglückter Versuch ist weniger wert als gar keiner.* Denn da der Schüler nicht in der Lage ist, die Ursache des Mifslingens zu erkennen, so wird für ihn der Vorgang selbst zweifelhaft und die daraus abzuleitenden Schlufsfolgerungen verlieren an Gewicht, während doch gerade durch den experimentierenden Unterricht die natürlichen Thatsachen in Zusammenhang gebracht und durch ein festes logisches Band verknüpft werden sollen. Wiederholen sich gar die Mifserfolge häufiger, so geht das Vertrauen in die gesetzmäfsige Verknüpfung natürlicher Ursachen und Wirkungen verloren, und gerade dieses soll doch durch den Unterricht gefestigt werden.

Der Lehrer mufs also seiner Sache völlig sicher sein und sich deshalb durch hinreichende Übung die unbedingt erforderliche manuelle Geschicklichkeit anzueignen suchen. Er wird deshalb nicht nur die in dem vorliegenden allgemeinen Teile beschriebenen Handgriffe in der Handhabung der Geräte und Apparate fleifsig zu exerzieren haben, sondern

* Dies mag nicht mifsverstanden werden. Mifsgeschick kann schliefslich auch den best vorbereiteten Versuch zum Mifslingen bringen. Dann wird er einfach wiederholt unter Ausschliefsung der Ursache des Mifsgeschicks. Was oben als ein „mifsglückter Versuch“ gemeint ist, kann sich nur auf das Ausbleiben des richtigen Erfolgs oder das Eintreten eines anderen als des zu erwartenden Ergebnisses beziehen, was seinen Grund entweder in der fehlerhaften Beschaffenheit der Reagenzien oder in einer ungenügenden Erfahrung und Gewandtheit des Lehrers haben kann; also beispielsweise, wenn man bei der Verbrennung von Kohlenstoff in Sauerstoff nicht Kohlensäure, sondern brennbares Gas erhält (weil man zu viel Kohle und zu wenig Sauerstoff genommen hat), oder wenn ein gelöstes Zinksalz mit Schwefelwasserstoff keinen weifsen, sondern einen mehr oder weniger schwarz gefärbten Niederschlag giebt (weil das Salz, ohne dafs man es wufste, mit Eisen verunreinigt war) etc.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auch jeden Versuch, und sei es der einfachste und leichteste, wenn es irgend thunlich ist, vor dem Unterrichte durchprobieren müssen, oder wenigstens alles Nötige so anzuordnen und zu prüfen haben, dafs jede Fehlerquelle, die in den Versuchsmaterialien selbst liegen kann, beseitigt ist. Jeder erfahrene Praktiker in der Experimentierkunst weifs, dafs ein kleines derartiges Übersehen nur allzuleicht ein ganz unerwartetes Mifsgeschick herbeiführen kann.

Es dürfte deshalb nicht überflüssig sein, hier eine Reihe allgemeiner Regeln aufzustellen, deren man gut thun wird immer eingedenk zu sein.

1. Man setze zu gleicher Zeit nie zwei Versuche in Gang; durch die Teilung der Aufmerksamkeit geht in der Regel der eine, nicht selten auch der andere verloren.

2. Man halte den Experimentiertisch von allen nicht zum Versuche gehörigen Materialien und Apparaten oder Geräten gänzlich frei; sie ziehen die Aufmerksamkeit der Schüler ab und beleidigen den Ordnungssinn.

3. Man prüfe jeden Apparat vor dem Gebrauche auf seine Zuverlässigkeit: Gaslampen müssen rein brennen, ihr Schlauch mufs überall dicht sein und darf keine Einknickung haben; bei Spirituslampen darf der Docht nicht zu kurz sein, auch mufs genügender Spiritus vorhanden sein, damit man nicht genötigt ist, während des Versuchs nachzugiefsen; bei Tischchen, Retortenhaltern und Stativen müssen sich alle Schrauben leicht und sicher drehen; Korke müssen weich sein und gut schliefsen. Gasentwickelungsapparate sind vorher in der auf S. 203 Figur 280 beschriebenen Weise auf dichten Verschlufs zu prüfen; nötigenfalls zu dichten.

4. Bei Flaschen ist nachzusehen, ob die Glasstöpsel locker sind; nichts ist störender, als wenn man während des Versuchs auf einen festsitzenden Stöpsel stöfst, den man bei der Lockerung (S. 140) dann leicht infolge von Überhastung abbricht.

5. Jeder Gasschlauch, der gebraucht werden soll, mufs, ehe er angelegt wird, durch Blasen geprüft werden, ob er durchaus offen ist. Bei aller Vorsicht kommt es vor, dafs ein Schlauch von einem früheren Versuche her eine Verstopfung zurückbehalten hat, die vielleicht erst während des Aufbewahrens durch Trocknen fest geworden ist; auch ist es nicht ungewöhnlich, dafs fremde Substanzen während der Aufbewahrung ins Innere der Schläuche eindringen, namentlich in die kürzeren Stücke, die man im Kasten aufzubewahren pflegt. Es sei deshalb hier nochmals speciell an alles erinnert, was oben S. 174 u. 175 gesagt ist.

6. Man sorge dafür, dafs alle für den betreffenden Versuch nötigen Geräte vorher passend ausgesucht und zurecht gelegt werden, so dafs sie,

wenn sie gebraucht werden sollen, gleich zur Hand sind. Hierüber findet man im Besonderen Teile das Nähere angegeben.

7. Arbeitet man mit brennbaren Flüssigkeiten oder brennbaren geschmolzenen Körpern (Alkohol, Äther, Benzin, Öle, Harze, Teer etc.) über der Lampe, so schütze man den Apparat derart, dafs bei etwaigem Springen desselben ein Auslaufen der brennenden Flüssigkeit über den Tisch oder den Erdboden unmöglich ist: setze also Retorten und Kolben in tiefe Sand- oder Wasserbäder oder stelle den ganzen Apparat samt Lampe in einen hinreichend grofsen Kasten von Eisenblech. Wenn auch der Chemiker bei seinen Arbeiten im Laboratorium eine derartige weitgehende Vorsicht nicht anzuwenden pflegt, so sollte man dieselbe doch bei Versuchen vor der Klasse, in Rücksicht auf die grofse Verantwortlichkeit, die man hat, niemals unterlassen, da hier Störungen eintreten können, die mit dem Versuche ganz aufser Zusammenhang stehen und nicht vorherzusehen sind.

8. Nie dürfen während eines Versuchs, bei dem man die Lampen braucht, Vorratsflaschen mit brennbaren Flüssigkeiten auf dem Experimentiertisch stehen bleiben.

9. Bei Versuchen mit brennbaren Gasen verabsäume man nie, vor der Entzündung derselben eine kleine Probe separat zu entzünden, um gewifs zu sein, dafs man nicht etwa ein explosives Gemenge hat. Unterlassung dieser Vorsicht hat thatsächlich schon zahlreiche Unglücksfälle veranlafst, die mehr oder weniger böse abgelaufen sind.

10. Nach Beendigung eines jeden Versuchs sind sogleich alle Apparate zu reinigen und entweder an ihren Platz zu bringen oder zum Trocknen hinzustellen, damit man sie bei oder vor dem Beginne der nächsten Unterrichtsstunde wegräume.

11. Beim Verlassen des Unterrichtslokals sind alle Gas- und Wasserhähne zu schliefsen, was man selbst besorgt.

12. Im Winter sind die Gasometer zu leeren und das Wasser aus den Leitungsröhren abzulassen.

Diese Regeln gelten für jeden Tag; ihre Befolgung mufs zur anderen Natur werden. Ein wenig zu viel Pedanterie ist hier weit eher am Platze als etwas zu viel Sorglosigkeit. Der Unterricht in der Chemie hat neben anderen Vorurteilen auch noch mit dem zu kämpfen, dafs er nicht ohne Gefahr für die Gesundheit und das Leben der Schüler sei. Dies Vorurteil ist ohne allen Grund, wenn der Lehrer der wenigen Vorsichtsmafsregeln, die hier gegeben sind, stets eingedenk bleibt.

Im Besonderen Teile wird man überdies bei jedem einzelnen Versuche überall die nötigen Hinweise auf etwaige Bedenklichkeiten finden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

BESONDERER TEIL.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Erster Abschnitt.

ERSTES KAPITEL.

Die bekanntesten Metalle und ihr Verhalten beim Erhitzen an der Luft.

I. Unedle Metalle.

§ 1. Zinn.

a) Zinn in Stangen, Zinnblech (3—5 cm breit, 12—15 cm lang, auf der einen Seite poliert); Zinnfolie. Ein Amboſs nebst Hammer, ein eiserner Mörser (Fig. 304); eine flache eiserne Schale.*

b) Ein breiter Spatel von Eisen oder Holz, ein Stück Eisenblech (6 cm lang und breit), ein Bogen weiſses Papier oder ein Spiegel.

a) Dehnbarkeit und Sprödigkeit. Durch wiederholtes Hin- und Herbiegen des Stangenzinns wird der Zinnschrei vernehmlich. Durch Hämmern des Metalls im kalten Zustande läſst es sich zu dünnem Blech ausschlagen (Fig. 451). Daſs es durch Erhitzen bis nahe zum Schmelzpunkte spröde wird, läſst sich in zweierlei Weise darthun: entweder indem man die Stange in der Lampenflamme vorsichtig erwärmt und dann auf dem gleichfalls erwärmten Amboſs hämmert, oder besser, indem man eine gröſsere Menge zum beginnenden Schmelzen erhitzt und dann mit der Zange einige noch ungeschmolzene Stücke herausnimmt. Sie lassen sich mit einer zweiten Zange leicht zerbrechen und in dem zuvor genügend erwärmten eisernen Mörser zerstoſsen, wodurch das Metall in ein Pulver verwandelt wird.

b) Verhalten bei längerem Erhitzen. Man erhitze hierauf das in der Schale geschmolzene Metall weiter und ziehe die sich bildende Haut wiederholt mit dem Spatel ab. Die Farben der dünnen Oxydhaut (strohgelb, dunkelgelb, orange, rot, violett, blau, grün, gelb etc.) lassen sich einem gröſseren Zuhörerkreise dadurch gut sichtbar machen, daſs man ein Stück weiſses Papier senkrecht hinter die Schale hält (Fig. 452) und dabei die Schale so schief stellt, daſs die Oberfläche des geschmolzenen Metalls den Rand desselben nahezu berührt. Noch besser ist es, sich hierzu statt des Papierblatts eines Spiegels zu bedienen, welcher auf einem senkrechten Fuſse derart drehbar befestigt ist, daſs er, mit seiner

* Die mit gesperrter Schrift gedruckten Gegenstände sind für den betreffenden Versuch ein für allemal vorhanden und in einem besonderen Schranke aufzubewahren (s. oben Seite 6 und die tabellarische Zusammenstellung am Ende des „Besonderen Teils".

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Spiegelfläche dem geschmolzenen Metalle zugekehrt, in jede beliebige Neigung gebracht werden kann (s. d. Tafel am Ende des Werkes Fig. 4). Die Zinnasche wird, sobald eine hinreichende Menge davon vorhanden ist, auf ein Stück Eisenblech flach ausgebreitet und längere Zeit über der Lampe erhitzt; nachher bewahrt man sie in einem Stöpselglase zu einem späteren Versuche (2. Abschnitt) auf.

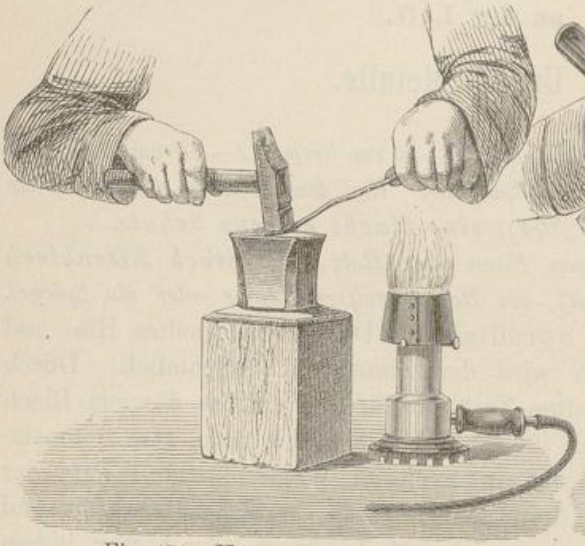


Fig. 451. Hämmern von Zinn.

Fig. 452. Schmelzen von Zinn (Blei).

§ 2. Blei.

Ein Bleiblech, Bleifolie, Bleidraht. — Dieselben Apparate wie zu den Versuchen mit Zinn.

Das Bleiblech wird durch Schaben oder Schneiden mit einem Messer an der Oberfläche blank gemacht. Um seine Dehnbarkeit (bezw. Sprödigkeit) zu zeigen, verfährt man wie beim Zinn; auch kann man eine Münze oder Medaille mit einem starken, blank geschabten Bleiblech bedecken und durch Hämmern auf dem Ambofs mit Leichtigkeit einen Abdruck davon nehmen. Auch die Bleiasche wird, nachdem sie auf dem Eisenbleche genügend erhitzt war, zu einem späteren Versuche aufbewahrt.

§ 3. Zink.

a) *Ein Zinkblech, Zink in Stangen, eine nicht zu dünne, gegossene Zinkplatte, dünn ausgewalzte Zinkfolie.*

b) *Eine flache eiserne Schale nebst Spatel, ein kleiner Porzellantiegel, ein Glasstab, Ambofs und Hammer, eine siedende Kochsalzlösung, ein Schmelztiegel, ein Glühofen. Feine Zinkspäne, Zinkstaub.*

a) Sprödigkeit und Dehnbarkeit. Im kalten Zustande läfst sich das Zinkblech leicht brechen, die Zinkstangen auf dem Ambofs leicht

zerschlagen. Erwärmt man aber die Stangen vorsichtig (nicht zu stark) in der Flamme der Lampe oder in einer siedenden konzentrierten Kochsalzlösung, so lassen sie sich auf dem zuvor erwärmten Amboſs zu Blech ausschlagen. Daſs es beim stärkeren Erhitzen über 200° wieder spröde wird, zeigt man, indem man eine dicke gegossene Zinkplatte in der Flamme der Gaslampe möglichst stark erhitzt und dann auf dem Amboſs kräftig schlägt, wodurch sie in Stücke und, wenn man die Temperatur richtig getroffen hat, in Pulver zerfällt.

b) Verhalten bei stärkerem Erhitzen. Die Anlauffarben und die Oxydhaut werden durch Schmelzen in der Schale wie beim Zinn und Blei erzeugt. Daſs es bei stärkerem Erhitzen (Rotglühhitze) mit bläulichweiſser Flamme brennt, läſst sich auf verschiedene Weise darthun: im kleinen schon durch Schmelzen in einem Porzellantiegel über einer starken Gasflamme, wobei man das geschmolzene Metall mit dem Glasstabe umrührt; das an letzterem haftende Metall brennt wie eine Kerze, und der aufwirbelnde Rauch läſst sich durch eine darüber gehaltene Glasglocke auffangen.

Nach Rosenfeld* erhitzt man 30—40 Gramm Zink in einer flachen Porzellanschale bis über den Schmelzpunkt, breitet das geschmolzene Metall mit einem Eisenstab gleichmäſsig über den Boden der Schale aus und fügt sodann ein erbsengroſses Stück Natrium hinzu. Ist auf diese Weise durch das brennende Natrium das Zink zur Entzündung gebracht, so bläst man sofort aus einer zur Spitze ausgezogenen Glasröhre, welche durch einen Kautschukschlauch mit dem Gebläse in Verbindung steht, einen Luftstrom auf das Metall. Das Zink verbrennt sehr lebhaft und die Flamme ist trotz der Gegenwart des Natriums intensiv bläulich-weiſs. Damit das Zink bei der Verbrennung stets mit der Luft in Berührung bleibe, muſs während des Einblasens von Luft ununterbrochen durch Umrühren mit einem Eisenstab das gebildete Oxyd von dem darunter befindlichen Metall entfernt werden.

Wenn man den Versuch in gröſserem Maſsstabe ausführen will, so erhitzt man etwa ½ kg Zink in dem Schmelztiegel, den man mit einem Deckel verschlieſst, im Windofen durch ein stärkeres Kohlenfeuer bis zur lebhaften Rotglut, hebt dann den Tiegel mittels der Zange heraus, setzt ihn auf einen Mauerstein, nimmt den Deckel ab, durchstöſst die Oxydhaut und beobachtet nun, wenn die Erhitzung stark genug war, das Auftreten einer stark leuchtenden bläulich-weiſsen Flamme, welche besonders intensiv wird, wenn man das glühendflüssige Metall rasch (in kaltes Wasser) ausgieſst. Am leichtesten aber bewirkt man die Verbrennung mit Flamme,

* *Zeitschrift für phys. und chem. Unterricht*, Bd. 6, S. 196. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, 1, S. 923.

wenn man einen Bausch feiner Drehspäne von Zink mit der Zange in die Flamme hält (Fig. 453) oder mittels eines eisernen Löffels etwas Zinkstaub hineinwirft.

§ 4. Eisen.

Bruchstücke von weifsem, grauem und halbiertem Roheisen; diverse Gufstücke verschiedener Gröfse; Schmiedeeisen (□, ○, [], ⌊, ⊤, |), sehniges Schmiedeeisen, Feinkorneisen, Flammenflufsstahl, Tiegelflufsstahl, Puddelschweifsstahl, Cementstahl.

a) Ein blankes Stahlblech, Asbestpappe.

b) Eisenstaub.

Fig. 453. Verbrennen von Zinkspänen.

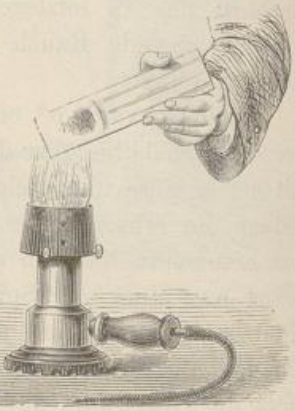


Fig. 454. Anlassen von Eisen (Stahl).

a) Anlauffarben. Die Anlauffarben lassen sich am schönsten beobachten, wenn man ein blankes Stahlblech auf ein Stück Asbestpappe legt und diese über der Lampe (auf einem Drahtdreieck) vorsichtig erhitzt. Ist die Erwärmung sehr gleichmäfsig und das Blechstück nicht zu grofs, so treten die Farben einzeln auf der ganzen Oberfläche des Metalls auf. Man kann die Farben aber auch durch direktes Erwärmen des blanken Stahlblechs in der Flamme hervorrufen (Fig. 454) und durch vorsichtiges Erwärmen fixieren. Hält man das Blech längere Zeit mittels der Zange in die Flamme, so verbreiten sich die Farben in der bekannten Reihenfolge allmählich weiter, und bei genauer Beobachtung erkennt man nach dem Erkalten sämtliche Regenbogenfarben in schmalen Zonen nebeneinander in mehrmaliger Wiederholung.

b) Verbrennen von Eisenstaub. Schüttet man Eisenstaub in eine Flamme oder bläst ihn durch ein Glasröhrchen hinein, so verbrennt er

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit schönem Funkensprühen. Eine interessante Modifikation dieses Versuchs ist folgende: man mischt eine starke Messerspitze Schiefspulver mit etwa der gleichen Menge Eisenstaub vorsichtig durch Zusammenrühren mittels einer Federfahne, entzündet dann in einer eisernen Schale etwas Alkohol und schüttet das Pulvergemenge langsam hinein; hierbei verbrennt nur der Eisenstaub, das Schiefspulver aber fällt unentzündet in den Alkohol und verpufft erst, nachdem dieser ganz abgebrannt ist (A. W. Hofmann).

§ 5. Kupfer.

Kupferblech, Kupferdraht, Kupferhammerschlag.

Die Anlauffarben werden auf dieselbe Weise auf dem Kupferbleche erzeugt wie beim Eisen. Durch länger fortgesetztes starkes Erhitzen über der Flamme bedeckt sich das Blech mit einer schwärzlichgrauen, abbröckelnden Schicht. Kupferdraht von 1 mm Stärke kann man in der Flamme einer Iserlohner Lampe leicht zum Schmelzen bringen.

§ 6. Kadmium.

Kadmium in Stücken, Kadmiumblech, Kadmiumband. — Ein kleiner Porzellantiegel, eine kleine eiserne Schale.

Die Biegsamkeit, Dehnbarkeit und die geringe Härte des Kadmiums lassen sich leicht demonstrieren. — Beim Schmelzen in der offenen, eisernen Schale zeigen sich die Anlauffarben wie beim Zinn, und zuletzt bedeckt sich das Metall mit einer braunen, pulverigen Oxydschicht. In ähnlicher Weise wie das Zink, aber mit weit gröfserer Leichtigkeit, läfst sich das Kadmium mit Flamme verbrennen, wenn man ein wenig davon in einem kleinen Porzellantiegel (Fig. 455) über der Lampe (Iserlohner oder Gebläselampe) stark erhitzt, wobei das geschmolzene Metall bald zu sieden beginnt und sich unter Aufwirbeln eines dicken braunen Rauchs vollständig in Oxyd verwandelt (Gramp).

§ 7. Wismut.

a) Wismut in Stücken. Ein Amboís nebst Hammer oder ein eiserner Mörser.

b) Ein Schmelztiegel, eine tiefe eiserne Schale.

a) Sprödigkeit. Die Sprödigkeit des Wismuts läfst sich auf dem Amboís oder durch Pulvern im Mörser zeigen. — Beim Erhitzen in der offenen Schale bedeckt es sich mit einer Haut, welche jedoch, weil sie wenig Zusammenhang besitzt, nicht farbig schillert, sondern bald ein graues Pulver bildet.

b) Krystallisation. Um das Wismut schön krystallisiert zu erhalten, chmilzt man eine gröfsere Menge in einem Tiegel und setzt von Zeit zu Zeit unter Umrühren etwas Salpeter zu, wobei man die Hitze bis zum Schmelzen des letzteren steigert. Die Erhitzung wird so lange fortgesetzt, bis eine herausgenommene Probe an der Luft sich nicht mehr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit einer indigoblauen, violetten oder rosenroten, beim Erkalten verschwindenden Haut bedeckt, sondern sich schön grün und goldgelb färbt und diese Farbe beim Erkalten behält. Dann gießt man das geschmolzene Metall rasch in die erwärmte eiserne Schale, bedeckt dieselbe mit einem heißen Steine und kühlt ziemlich rasch ab. Sobald sich die Oberfläche mit einer genügend dicken starren Rinde bedeckt hat, wird diese mit einer glühenden Kohle durchgeschmolzen und das noch flüssige Wismut abgegossen.

§ 8. Nickel.

Nickelblech, Würfelnickel.

Erhitzungsversuche wie beim Eisen und Kupfer.

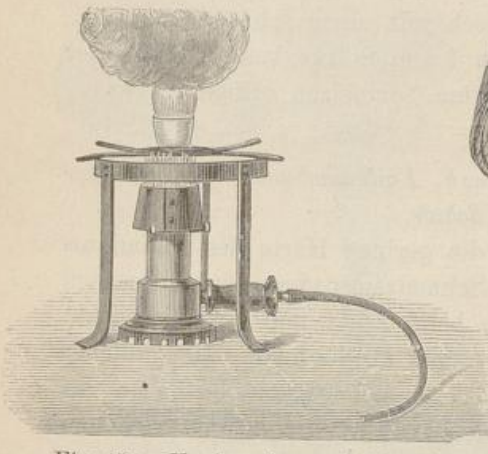


Fig. 455. Verdampfen und Schmelzen von Kadmium.

Fig. 456. Verbrennen von Magnesiumstaub.

§ 9. Aluminium.

Aluminiumblech, Aluminiumdraht, Blattaluminium.

Faßt man ein etwa 1 cm breites Stück Aluminiumblech mit der Zange und erhitzt es in der Lampe, so bleibt es anfänglich blank und überzieht sich erst bei starker Hitze mit einer grauen Haut, welche ihren Zusammenhang so vollständig behält, daß sich das geschmolzene Metall in ihrem Innern ansammelt. — Blattaluminium verbrennt unter starker Lichtentwickelung, wenn man es in die Flamme der Lampe wirft. Aluminiumfeilspäne, aus Aluminiumblech hergestellt, brennen, in die Flamme geworfen, mit blitzartigem, weißleuchtendem Funkeln ab.

§ 10. Magnesium.

Magnesiumdraht oder Bandmagnesium, Magnesiumstaub.

Man entzündet das Bandmagnesium entweder, indem man ein kürzeres Stück mittels der Zange in die Flamme der Lampe hält oder ein langes,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

möglichst gerade gestrecktes Band an einem hohen Stativ senkrecht aufhängt und am untersten Ende entzündet. Durch Einstreuen oder Einblasen (aus einer Glasröhre) von Magnesiumstaub in die Flamme einer brennenden Lampe erzeugt man äufserst blendende Lichtblitze (Fig. 456).

§ 11. Quecksilber.

a) Reines Quecksilber, eine kleine Krystallisationsschale, drei Kugeln von Eisen, Holz und Stein.

b) Eine kleine Retorte nebst Kugelvorlage und Retortenhalter. Ein Glaskolben (1000 cm) mit aufgesetztem langen, offenen Glasrohre.

a) Das hohe spezifische Gewicht des Quecksilbers wird gezeigt, indem man Kugeln von Holz, Stein und Eisen darauf schwimmen läfst.

b) Die Destillation des Quecksilbers aus der Retorte läfst sich leicht bewirken, indem man diese im Sandbade erhitzt und die Vorlage über den Hals schiebt. — Die Bildung von Quecksilberoxyd in dem Kolben mit aufgesetztem Glasrohr kann man erst nach längerem Erhitzen beobachten. Man befestigt den Kolben mit untergesetzter eisernen Schale in einem Stativ über der Lampe, setzt das Ganze unter den Abzug und erhitzt bis nahe zum Siedepunkt mehrere Tage lang. Am zweiten oder dritten Tage wird sich auf der Oberfläche des Metalls und an der Innenwand des Kolbens eine dünne Haut von rotem Quecksilberoxyd zeigen.

II. Edle Metalle.

§ 12. Silber.

Chemisch reines Silber in Blechform und in Stücken, nicht zu dünn, Blattsilber. — Ein Lötrohr nebst Kohle, eine Sauerstoffgebläselampe, ein Stück Retortenkohle mit Grube, eine gröfsere Silbermünze.

Das Silberblech wird in der Flamme direkt erhitzt, wobei es rein weifs bleibt, die Münze aus mit Kupfer legiertem Silber wird beim Erhitzen in der Gebläselampe (Fig. 458) an der Oberfläche schwarz; man entfernt den Kupferoxydüberzug durch Abwaschen mit verdünnter Schwefelsäure, später mit destilliertem Wasser, trocknet und glüht abermals, wobei die Münze selbstverständlich blank bleibt. Ein kleines Stück chemisch reinen Silbers läfst sich mit der gewöhnlichen Lötrohrflamme im Kohlengrübchen leicht schmelzen und glänzt an der Oberfläche weithin in fleckenloser Reinheit. Man setzt hierauf ein kleines Körnchen Blei hinzu und treibt ab, wobei sich die Bildung der Haut, das Verdampfen der Bleiglätte und die schliefsliche Beseitigung derselben leicht darthun läfst. Mit Hilfe der Sauerstoffgebläselampe kann man bis 20 und mehr Gramm Silber in wenigen Minuten mit Leichtigkeit schmelzen. Als Schmelzherd benutzt man ein Stück Retortenkohle, in welches eine halbkugelförmige

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Grube eingebohrt ist. Besonders schön läfst sich hier das Abtreiben demonstrieren; nach Zusatz von etwas Blei tritt die Glättebildung sogleich ein, und nach längerem Blasen zeigen sich die Regenbogenfarben und schliefslich der Silberblick (Fig. 458). Auch ist das Spratzen des geschmolzenen und völlig reinen Silberregulus im Augenblick des Erstarrens auf weitere Entfernung hin sichtbar.

Das Abtreiben des Silbers läfst sich auch mittels des Hempel'schen Gasofens (S. 113) im Tiegel ausführen. Derselbe mufs aber zu diesem Behufe noch mit einer Röhre versehen sein, durch welche Luft von unten her unter dem Deckel *b* bis dicht auf den Tiegel geführt wird.

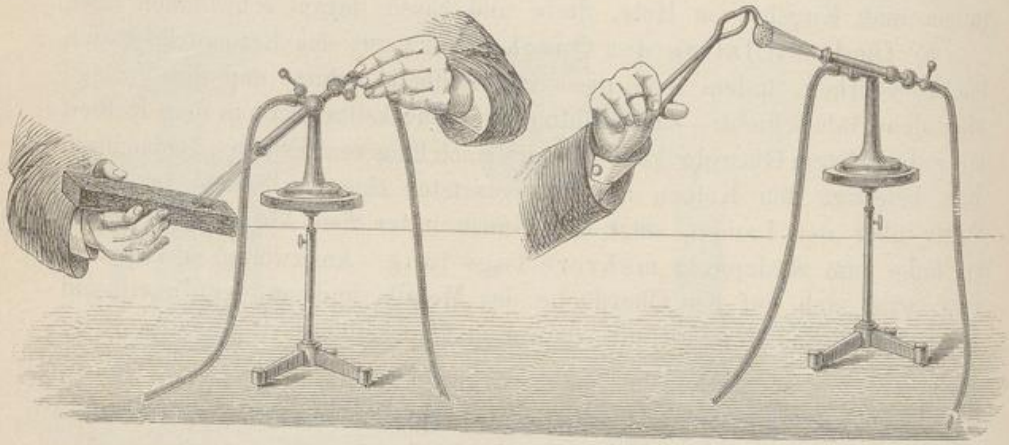


Fig. 457. Schmelzen und Abtreiben von Silber. Fig. 458.

§ 13. Platin.

Platinblech oder Platintiegel, Platindraht verschiedener Dicke, eine Sauerstoffgebläselampe nebst Retortenkohle.

Mittels der Sauerstoffgebläselampe lassen sich 10—20 g Platin im Kohlengrübchen rasch und mit Leichtigkeit zu einer Kugel schmelzen, welche in blendender Weifsglut weithin leuchtet. Man wirft sie unmittelbar nach dem Erstarren in eine eiserne Schale mit Wasser, worauf nach einiger Zeit das zischende Krachen des Leidenfrost'schen Phänomens eintritt.

§ 14. Gold.

Chemisch reines Gold in Form von Blech, eine Goldmünze, eine Sauerstoffgebläselampe nebst Kohle.

Das reine Gold bleibt beim Glühen blank; die Goldmünze wird schwarz; nach dem Abwaschen mit verdünnter Schwefelsäure bleibt sie bei wiederholtem Glühen blank. Die Schmelzversuche mittels des Sauerstoffgebläses gelingen mit Leichtigkeit.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

III. Legierungen.

§ 15. Starre Legierungen.

Schnellot, Pewter, Schriftgieſser- oder Letternmetall, Schrotmetall, Messing, Tombak, Glockenbronze, Kanonengut, Statuenbronze, Spiegelmetall, Aluminiumbronze, Neusilber — alles in Form von Blechen oder Gusſsstücken; aufserdem verschiedene leichtflüssige Legierungen.

Die Zusammensetzung dieser verschiedenen Legierungen ist in den „Grundzügen" (Seite 5) angegeben. Will man sie sich selbst bereiten, so wird zuerst immer das leichtflüssige Metall geschmolzen und dann werden die anderen Bestandteile hinzugesetzt. Zur Darstellung der Kupferlegierungen benutzt man einen Gasschmelzofen (Seite 113 u. fgde.). Zur Darstellung werden besonders die leicht schmelzbaren Legierungen empfohlen:

a) Newton'sches Metall: 8 Teile Wismut, 5 Teile Blei und 3 Teile Zinn; Schmelzpunkt 94,5°.

b) Rose'sches Metall: 2 Teile Wismut, 11 Teile Zinn und 1 Teil Blei; Schmelzpunkt 93,5°.

c) Wood's Metallgemisch: 1—2 Teile Kadmium, 2 Teile Zinn, 4 Teile Blei und 5—8 Teile Wismut; schmilzt zwischen 66° und 72°.

d) Lipowitz' Legierung: 3 Teile Kadmium, 8 Teile Blei, 15 Teile Wismut und 4 Teile Zinn.

§ 16. Amalgame

erzeugt man durch Behandeln der betreffenden Metalle mit Quecksilber.

a) Kupferamalgam entsteht, wenn man Kupferpulver (durch Reduktion von pulverförmigem Kupferoxyd mittels Wasserstoffs erhalten) mit etwas Quecksilber und Schwefelsäure im Mörser verreibt, wodurch sich eine knetbare Masse bildet, die nach längerer Zeit erhärtet, jedoch beim Erwärmen wieder weich wird. — Zinkamalgam bildet sich leicht, wenn man Zinkstaub mit etwas Quecksilber in einem Probierrohr vorsichtig erwärmt und ausgiefst.

b) Zinnamalgam wird am besten durch Zusammenreiben von Stanniol mit Quecksilber erhalten. — Sollen Metallbleche oberflächlich amalgamiert werden, so verreibt man darauf einige Tropfen Quecksilber mit Baumwolle und setzt, wenn die Metallfläche nicht rein war, etwas verdünnte Salzsäure oder Schwefelsäure zu. Ein eigentümliches Verhalten zeigt hierbei das Aluminium, welches sich, wenn es auf Quecksilber schwimmt und mit verdünnter Schwefelsäure übergossen wird, bald amalgamiert. Nimmt man es dann heraus, so bilden sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

während des Trocknens wulstförmige Überzüge von Thonerde, welche aus dem Aluminium herauswachsen und nicht selten millimeterhoch werden. Sehr leicht gelingt auch dieser Versuch, wenn man mittels eines weichen Leders, welches mit sehr verdünnter Schwefelsäure angefeuchtet ist, Quecksilber auf dem Metall verreibt.*

c) Glasspiegel mit Zinnamalgam. Um Glas mit einem spiegelnden Überzuge von Zinnamalgam zu belegen, breitet man auf einer ebenen und glatten Platte von Stein oder Glas ein Blatt Stanniol aus; ist dasselbe nicht hinreichend stark, so nimmt man es doppelt. Man glättet es mittels einer weichen Bürste, biegt die Ränder auf, gießt etwas Quecksilber auf, verteilt dasselbe rasch mittels Baumwolle gleichmäßig über das Metall, drückt dann die zu belegende Glasplatte, welche vorher durch Waschen und Putzen sorgfältig gereinigt war, auf und zieht sie nach einiger Zeit von der Unterlage vorsichtig ab. Die noch weiche Belegung darf nicht berührt werden und erlangt erst nach einigen Tagen genügende Festigkeit.

§ 17. Metalltafel zur Vergleichung der spezifischen Gewichte.

Aus verschiedenen Metallblechen von gleicher Dicke und gleicher Breite werden gleich schwere Streifen geschnitten; die Längen derselben stehen dann im umgekehrten Verhältnis zu den spezifischen Gewichten.

ZWEITES KAPITEL.

Ursachen der Veränderung der unedlen Metalle beim Erhitzen an der Luft.

Entwickelung der Grundzüge der naturwissenschaftlichen Forschungsmethode und Anwendung derselben zur Erklärung der Bildung von Metallaschen beim Erhitzen. — Abhaltung der Luft durch Bedecken der erhitzten Metalle oder durch Verdrängung mittels eines anderen Gases. — Eigenschaften des Wasserstoffs.

§ 18. Erhitzen der Metalle bei Abschluß der Luft durch eine geschmolzene Decke.

a) Zinn, Borax; ein Porzellantiegel (3) eine Gebläselampe oder Äolipile.

---

* Jehn & Henze, *Chem. Centr.-Blatt* 1878, S. 380; Böttger, ebendas. 1879, S. 750.

b) Eine flache Porzellanschale (5).

c) Zwei Stücke Kupferblech, 1—1,5 mm dick, 10 cm lang und 2—3 cm breit.

a) Der Borax wird in dem Tiegel zuerst vorsichtig erhitzt, bis sein Krystallwasser unter Aufschäumen entwichen ist, dann giebt man stärkere Hitze, um das wasserfreie Salz in glühenden Flufs zu bringen, wirft einige Gramm Zinn hinein und setzt das Erhitzen noch längere Zeit fort (Fig. 459 und 460). Dafs das Metall hierbei blank geblieben ist, läfst sich erst nach dem Erkalten zeigen, indem man den Tiegel zerschlägt und die Boraxdecke entfernt.

b) Mit Paraffin läfst sich der Versuch in gröfserem Mafsstabe ausführen, indem man dasselbe zuerst in der Porzellanschale bei gelinder Wärme schmilzt, dann völlig blankes Zinn hineinbringt und bis über

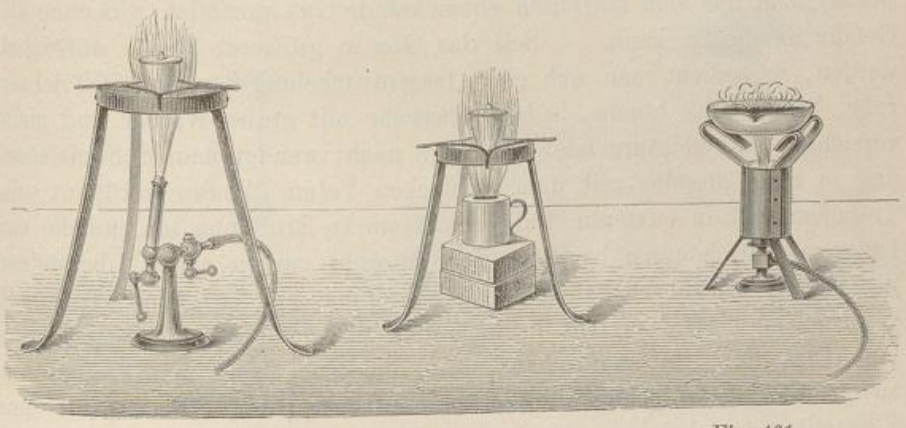


Fig. 459. Fig. 460. Fig. 461.

Schmelzen von Metallen unter Borax, Paraffin.

den Schmelzpunkt erhitzt (Fig. 461). Sollte das Paraffin hierbei in Brand geraten, (was zu vermeiden ist), so löscht man die Lampe aus und bedeckt die Schale mit einem bereitgehaltenen Pappendeckel. Auch ist anzuraten, den eisernen Kasten (Seite 306) unterzusetzen. Nachdem das Paraffin beträchtlich unter 100° erkaltet, aber noch nicht fest geworden ist, nimmt man das erstarrte Metall mit der Zange heraus und zeigt, dafs es seinen Glanz unverändert erhalten hat.

c) Löten. Die beiden Stücke Kupferblech werden an der schmalen Seite etwa 5 mm breit blank geschabt, übereinandergelegt, gepulverter Borax zwischengestreut und mit Draht verbunden, so dafs sie in der gegebenen Lage zusammen bleiben. Dann erhitzt man die Stelle über der Lampe bis zum Schmelzen des Borax und streut eine angemessene Menge körnig geschnittenes Schnelllot (2 Teile Zinn und 1 Teil Blei) an den

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Spalt, so dafs es schmilzt und beim Schmelzen zwischen die Bleche läuft. Nach dem Erkalten wird die gelötete Stelle gehämmert und geputzt.

§ 19. Entwickelung und Auffangung von Wasserstoff.

Ein Stück Zinkblech, granuliertes Zink (rein), reine Salzsäure oder verdünnte reine Schwefelsäure. — Ein Kelchglas, eine Gasentwickelungsflasche mit Kautschukschlauch oder ein Kipp'scher Apparat (Seite 182), eine Krystallisationschale nebst Probierglas, ein Gasometer. — Eine Waschflasche mit Kaliumpermanganat — oder Chromsäurelösung.

Um zuvor die Einwirkung der Säure auf Zink zu zeigen, gieſst man erstere in das Kelchglas und stellt das Zinkblech hinein. Man entfernt dann letzteres und wirft (nicht zu wenig) granuliertes Zink in die Säure, worauf man das sich stürmisch entwickelnde Gas anzündet, was ohne alle Gefahr geschehen kann. — Soll das Gas in gröſserer Menge entwickelt werden, so bedient man sich einer Gasentwickelungsflasche mit Trichterrohr, bringt Zink hinein, bedeckt dasselbe mit etwas Wasser und gieſst vorsichtig Schwefelsäure oder Salzsäure nach; wendet man Schwefelsäure an, so muſs dieselbe mit dem dreifachen Volum Wasser verdünnt sein. Trotzdem tritt in letzterem Falle leicht starke Erhitzung ein, welche von heftigem Aufschäumen begleitet ist und wohl gar zu einem Übersteigen der Flüssigkeit führen kann. Die Anwendung von Salzsäure ist deshalb vorzuziehen. Das Gas tritt in lebhaftem Strome durch die Sperrflüssigkeit (Fig. 462). Es ist durchaus nötig, dasselbe, bevor man es auffängt, zu prüfen, ob es genügend frei von Luft ist. Man füllt deshalb eine Krystallisationsschale zur Hälfte mit Wasser, legt ein Probiergläschen hinein, um dieses ebenfalls mit Wasser zu füllen, und bringt den Schlauch der Gasentwickelungsflasche unter die Öffnung des Röhrchens, bis es ganz mit Gas gefüllt ist. Dann verschlieſst man die untere Öffnung unter Wasser mit dem Daumen (Fig. 463), nimmt es aus dem Wasser und hält es verkehrt in die Flamme der Lampe (Fig. 464). Wenn das Gas sich hierbei mit einem dumpfen Knalle entzündet und beim Umkehren des Rohrs (mit der Öffnung nach oben) ruhig ausbrennt, so ist es zum Auffangen geeignet; sollte es dagegen mit einem hellen, pfeifenden Tone verpuffen, so muſs die Gasentwickelung noch längere Zeit fortgesetzt werden.

Wenn man — was doch wohl meist geschieht — den Wasserstoff aus roher Säure und käuflichem Zink bereitet, so ist er stets verunreinigt, besonders mit Arsenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff etc. Um diese zu entfernen, leitet man das Gas durch eine Waschflasche, welche mit einer Lösung von Kaliumpermanganat oder

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Natriumdichromat gefüllt ist. Letztere bereitet man durch Auflösen von 50 g des Salzes in 200 g Wasser und Zusatz von 60 ccm Schwefelsäure.

Zum Auffangen dient entweder ein Pepys'scher Gasometer (S. 42), welchen man, wie dort angegeben, füllt, oder ein Glockengasometer (S. 41). Wendet man letzteres an, so mufs dafür gesorgt werden, dafs die Glocke vor dem Einlassen des Gases völlig niedergelassen ist und das Wasser hoch genug steht, damit keine Luft im Innern der Glocke mehr vorhanden sein kann. Man schliefst dann den Ausströmungshahn und schiebt über den Einströmungshahn das Kautschukrohr der Gasentwickelungsflasche, worauf die Glocke alsbald zu steigen beginnt. Nachdem sie völlig aufgestiegen ist, schliefst man auch den Einströmungshahn und

Fig. 462.

Fig. 463.

Fig. 464.

Entwickelung und Probieren von Wasserstoff.

zieht rasch den Kautschukschlauch ab. Eine sehr passende Form des Glockengasometers ist in diesem Werke in der für die Darstellung des Leuchtgases gegebenen Figur abgebildet. Der Glockengasometer hat im Vergleich mit dem Pepys'schen den Vorzug, dafs man weder beim Füllen Wasser ausfliefsen zu lassen, noch beim Arbeiten Wasser nachzugiefsen braucht; dagegen ist das Umfüllen des Gases in Cylinder und Flaschen bei jenem bequemer als bei diesem. Auch läfst sich im Glockengasometer kein hoher Druck erzeugen, besonders im Anfange, wenn die Glocke hoch steht. Endlich mufs man sehr vorsichtig arbeiten, damit kein Wasser in die Röhren kommt. Sollte dies dennoch geschehen, so schraubt man das Gestell der Glocke ab, nimmt diese heraus, verbindet das offene Ende des Gasausströmungsrohrs mit einem Chlorcalciumtrockenapparat und saugt am Hahne Luft durch.

§ 20. Eigenschaften des Wasserstoffgases.

a) Ein mit Wasserstoff gefüllter Gasometer, eine zur Spitze ausgezogene Glasröhre, 30 cm lang, ein Röhrenhalter.

b) Ein Sortiment Röhren zur chemischen Harmonika.

c) Zwei hohe Fufscylinder (Fig. 340a) mit Glasplatte.

d) Ein gerader Draht mit Lichthülse.

e) Zwei gleich grofse Gasentwickelungsflaschen. Eine Vorlesungswage. Eine Glocke auf Stativ mit umgekehrtem Heber. Ein Ballon von Goldschlägerhaut oder Collodium.

a) Die Wasserstoffflamme zeigt man, indem man das ausgezogene Glasrohr in den Röhrenhalter schraubt, so dafs es mit der Spitze senkrecht

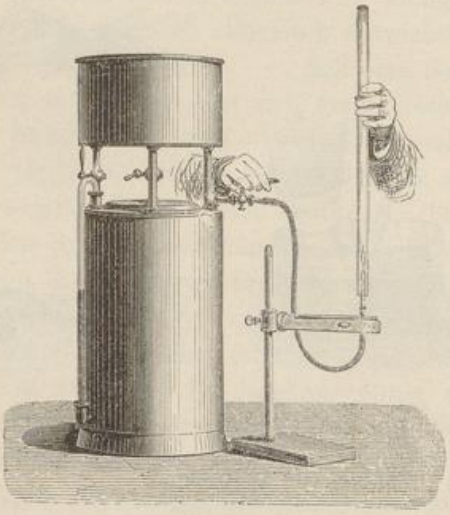


Fig. 465. Chemische Harmonika.

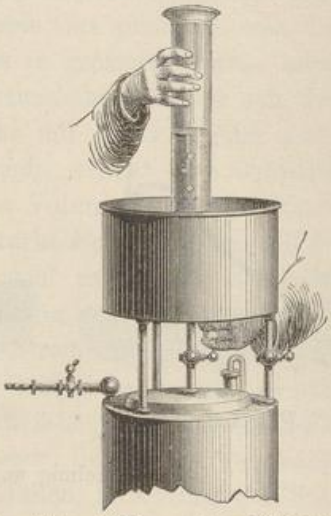


Fig. 466. Füllung eines Cylinders aus dem Gasometer.

nach oben gerichtet ist, und das ausströmende Gas anzündet. Wenn der Gasometer nicht unmittelbar vorher gefüllt war, sondern längere Zeit mit Wasserstoff gefüllt gestanden hat, so gebietet es die Vorsicht, das Gas vor dem Entzünden abermals in der oben angegebenen Weise zu prüfen.

b) Um die Röhren der chemischen Harmonika zum Tönen zu bringen, macht man die Flamme zuerst möglichst klein, steckt die Harmonikaröhre über das Gasausströmungsrohr und sucht nun durch Vergrölsern der Flamme und durch Auf- und Abwärtsschieben der Röhre den Ton hervorzubringen (Fig. 465). Die Flamme zeigt hierbei ein deutlich wahrnehmbares Zittern, veranlafst durch eine rasche Aufeinanderfolge kleiner Explosionen, welche sich zu einem Tone zusammensetzen. Auch weite,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

oben geschlossene Röhren oder bauchige Flaschen, die man verkehrt mit der Öffnung über die Flamme stürzt, geben mitunter einen Ton.

c) Umfüllen von Wasserstoff aus dem Gasometer. Um den hohen Fufscylinder aus dem Pepys'schen Gasometer mit Wasserstoff zu füllen, füllt man ihn zuerst mit Wasser, bedeckt ihn mit der Glasplatte, taucht ihn umgekehrt in das obere Gefäfs unter Wasser, zieht die Glasplatte weg, stellt ihn auf die mittlere Öffnung und dreht den Hahn auf (Fig. 466), worauf man den Cylinder, nachdem er sich gefüllt hat und unter Wasser wiederum mit der Glasplatte bedeckt ist, heraushebt. Ist das Gas in einem Glockengasometer enthalten, so bedarf man zum Umfüllen der pneumatischen Wanne; doch darf hier der Cylinder nur sehr wenig in das Wasser eingetaucht werden, da der Druck des Gases in dem Glockengasometer meist sehr gering ist.

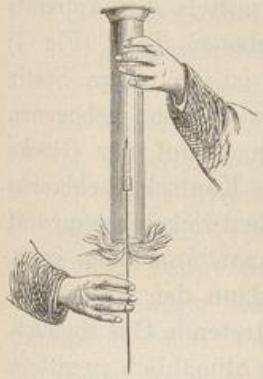


Fig. 467.
Entzündungsversuch mit Wasserstoff.

Fig. 468.

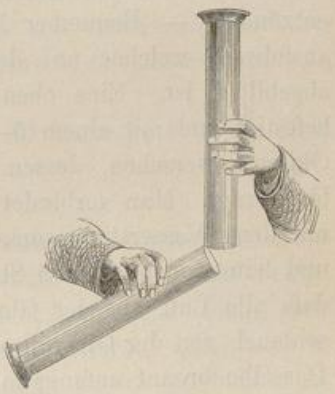


Fig. 469.
Spezifisches Gewicht des Wasserstoffs.

d) Wasserstoff verlöscht die Flamme. Soll nun gezeigt werden, dafs im Wasserstoff, obgleich er selbst brennbar ist, die Flamme eines Lichts verlischt, so zündet man das Licht an, steckt es an einen Draht und schiebt es von unten her in den mit Wasserstoff gefüllten, verkehrt gehaltenen Cylinder, wobei sich das Gas an der unteren Mündung des letzteren mit dumpfem Knalle entzündet, das Licht aber, sobald es im Cylinder sich befindet, verlischt (Fig. 467). Beim Herabziehen entzündet es sich an der Wasserstoffflamme von neuem, verlischt beim Aufschieben abermals etc.

e) Das geringe spezifische Gewicht des Wasserstoffs wird auf verschiedene Weise demonstriert. Am einfachsten in der durch Figur 468 dargestellten Weise, indem man beide Flaschen mit Wasserstoffgas füllt, zu gleicher Zeit verkehrt aus dem Gasometer hebt, die eine umdreht und

nach einigen Sekunden entzündet, wobei eine Explosion eintritt, während aus der anderen verkehrt gehaltenen noch nach längerer Zeit das Wasserstoffgas ruhig ausbrennt. — Hat man eine Vorlesungswage, so bringt man eine im Bügel derselben verkehrt (mit der Öffnung nach unten) aufgehängte Glocke ins Gleichgewicht und leitet mittels eines umgebogenen Glasrohrs Wasserstoff hinein, worauf der Arm der Wage, an dem die Glocke hängt, aufsteigt.

Auch folgender Versuch kann empfohlen werden. Man füllt eine Flasche mit Wasserstoff und spannt sie mit der Öffnung nach unten in den Retortenhalter. Hierauf wird ein heberförmig gebogenes, ungleichschenkliges Glasrohr ebenfalls mit Wasserstoff gefüllt, beide Öffnungen mit den Fingern geschlossen, der kürzere Schenkel, nachdem man den Finger entfernt, rasch von unten her in die Flasche geschoben, dann auch der längere Schenkel geöffnet und das aus diesem ausströmende Gas rasch entzündet. — Bequemer läfst sich dieser Versuch mittels des Apparats ausführen, welcher auf der diesem Werke beigegebenen Tafel (Fig. 7) abgebildet ist. Eine oben geschlossene Glasglocke ist an einem Stativ befestigt und mit einem 5—8 mm weiten, beiderseits offenen, gebogenen Glasrohr versehen, dessen äufseres Ende über den Knopf der Glocke hinausragt. Man verbindet dieses Ende mittels eines Kautschukschlauchs mit dem Wasserstoffgasometer oder dem Wasserstoffentwickelungsapparat und leitet einen raschen Strom Wasserstoff ein, bis man annehmen kann, dafs alle Luft aus der Glocke verdrängt ist, zieht dann den Kautschukschlauch von der Glasröhre ab und entzündet das austretende Gas sogleich. Dasselbe brennt anfangs mit ruhiger Flamme, welche allmählich zu zittern beginnt; dann wird ein tiefer brummender Ton hörbar, der immer höher wird, bis sich die Flamme in das Glasrohr zurückzieht und deutlich sichtbar in die Glocke schlüpft, worauf eine dumpfe, ganz gefahrlose Explosion erfolgt. — In anderer Weise führt man denselben Versuch aus, indem man eine oben tubulierte Glasglocke in der pneumatischen Wanne mit Wasserstoff füllt, dann aus dem Wasser hebt und, indem man sie mit der einen Hand am Halse hält, mit der anderen den Stöpsel entfernt, worauf ein Assistent sogleich eine Flamme an die Öffnung hält. Das Gas brennt mit grofser Flamme anfangs ruhig und giebt schliefslich eine starke gefahrlose Explosion.* — In kleinerem Mafsstabe gelingt der Versuch, wenn man statt der Glocke ein Kugelrohr nimmt und im übrigen ebenso verfährt (s. weiter unten § 33).**

* H. Schiff, *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 10, S. 2057. — *Chem. Centr.-Blatt* 1878, S. 82.

** Rosenfeld, *Poggendorff's Annalen*, Bd. 157, S. 494. — *Chem. Centr.-Blatt* 1876, S. 339.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Durch den in Figur 469 dargestellten Versuch wird gezeigt, dafs Wasserstoff in einem verkehrt gehaltenen, mit Luft gefüllten Cylinder aufsteigt und jene zum Teil daraus verdrängt. — Endlich wird die relative Leichtigkeit des Wasserstoffs an dem Aufsteigen eines damit gefüllten Ballons beobachtet. Derselbe wird, nachdem er zuvor ausgedrückt ist, mit seiner Öffnung über das Gasausströmungsrohr (Fig. 465) geschoben und unten mit einer losen Fadenschlinge umgeben. Man öffnet den Hahn des Gasometers, zieht, sobald der Ballon genügend aufgeblasen ist, die Schlinge zu und streift jenen vom Ausstömungsrohre ab.

§ 21. Erhitzen der Metalle in einer Wasserstoffatmosphäre.

Eine Wasserstoffentwickelungsflasche oder ein mit Wasserstoff gefüllter Gasometer, ein Absorptionsturm mit Chlorcalcium, zwei böhmische Glasröhren, 40—50 cm lang, beiderseitig mit durchbohrten Korken geschlossen, an dem einen Ende mit rechtwinklig aufwärts gebogenem Gasausströmungsrohre, ein Kugelrohr, eine Röhrenheizlampe, zwei Röhrenträger.

a) Ein Stück dünnes blankes Kupferblech, 30 cm lang, 2—3 cm breit.

b) Einige Gramm Kadmium.

c) Einige Gramm Blei.

a) Kupfer. Das Kupferblech wird vor dem Gebrauche mit etwas verdünnter Schwefelsäure mittels eines Baumwollenbausches auf beiden Seiten gereinigt, dann mit Wasser abgewaschen, mit einem Tuche ganz trocken gewischt und mit Kreide blank geputzt. Hierauf faltet man es der Länge nach mehrmals zusammen und schiebt es in das böhmische Rohr, welches man verschliefst, mit dem Apparate verbindet (Fig. 470) und auf die Röhrenträger legt. Jetzt leitet man trocknen Wasserstoff durch den Apparat, und nachdem man sich durch eine Probe (Seite 321) davon überzeugt hat, dafs alle Luft ausgetrieben ist, entzündet man das ausströmende Gas. Nun erst wird die Röhrenheizlampe angezündet, doch nicht gleich unter das Rohr gesetzt, sondern zuerst dicht daneben so aufgestellt, dafs die Flamme seitlich am Rohre vorübergeht und diese durch Strahlung erwärmt. Dann erst schiebt man die Lampe unter und erhitzt bis zum Glühen des Glases, wobei das Metall fortwährend seinen Glanz und seine Farbe unverändert bewahrt.

Nachdem das Glühen in dieser Weise längere Zeit fortgesetzt wurde, verlöscht man die Lampe und läfst das Gas noch eine kurze Zeit hindurchströmen, bis die Röhre nicht mehr glüht. Hierauf zieht man den Kautschukschlauch von der Einströmungsöffnung ab und bringt, indem man das Gasausströmungsrohr mit der noch brennenden Flamme in die Höhe hebt, die Röhre in eine stark geneigte Lage. Die eindringende

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Luft verdrängt den Wasserstoff, und in dem Maſse, wie sie in der Röhre aufsteigt, überzieht sich das Metall mit den bekannten Farben, welche deutlich und weithin sichtbar sind.

Das Glasrohr kann, wenn es vorsichtig behandelt wird, mehrmals zu diesem Versuche dienen. Wohl zu beachten ist, daſs man zur Wasserstoffentwickelung reines Zink und reine Salzsäure anwendet, da sonst leicht durch den Schwefelgehalt des Zinks (welches häufig aus alten Abfällen granuliert wird) oder auch durch einen Arsengehalt des Zinks oder der Säure das Kupfer seinen reinen Glanz verlieren und dadurch das Resultat des Versuchs getrübt werden würde. (Man leitet das Gas der Vorsicht halber, bevor es in den Absorptionsturm tritt, durch eine

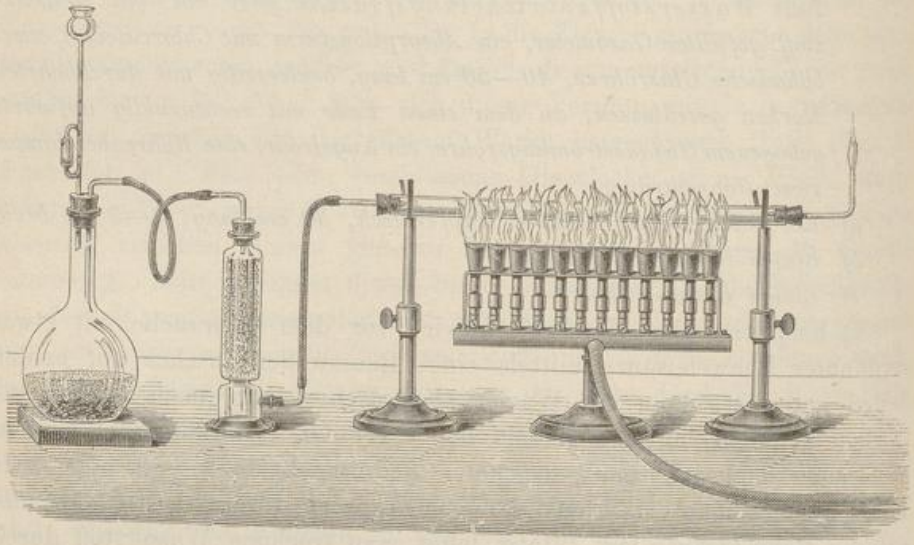


Fig. 470. Glühen von Kupfer im Wasserstoffstrome.

verdünnte Lösung von übermangansaurem Kalium.) Will man statt des Kupferblechs Kupferdrehspäne anwenden, so müssen diese, da sie in der Regel oberflächlich (durch Fett) verunreinigt sind, zuvor gereinigt werden, weil sie sonst beim Glühen durch Verkohlung des Fettes schwarz werden. Man wäscht sie wiederholt mit Benzin, dann mit starkem Alkohol und trocknet sie vorsichtig. Noch sicherer würde es sein, die käuflichen Späne zuvor durch Glühen in einem Luftstrome oberflächlich zu oxydieren und dann wieder in reinem Wasserstoffe zu reduzieren. Sie erscheinen dann zwar nicht blank, aber in reinstem Kupferrot. Um damit den eigentlichen Versuch auszuführen, füllt man sie in eine frische, wohl ausgetrocknete und gereinigte Röhre. Dabei ist zu erwähnen, daſs, wenn man Wasserstoff aus Zink und Salzsäure entwickelt und das Gas direkt aus der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gasentwickelungsflasche in den Apparat leitet, in der Regel geringe Mengen Salzsäure mit fortgerissen und in dem Trockenrohre nicht genügend zurückgehalten werden. In diesem Falle bildet sich etwas Chlorkupfer, welches, da es flüchtig ist, sich an der Wand der Röhre ansetzt und die Durchsichtigkeit des Glases dadurch beeinträchtigt. Auch färbt sich die Flamme des austretenden Wasserstoffs grün. Um diese störenden Nebenerscheinungen zu vermeiden, mufs man das Gas zuvor noch durch ein mit Kali gefülltes Absorptionsrohr leiten oder zur Entwickelung verdünnte reine Schwefelsäure anwenden.

b) Kadmium. Die Vorbereitung des Versuchs ist genau dieselbe wie unter a). Statt des Kupferblechs bringt man aber 5—10 g Kadmium in die Röhre und zündet nur die ersten sechs Brenner der Röhrenheizlampe an. Das Metall wird nun geschmolzen, indem man das Rohr sehr vorsichtig erwärmt. Giebt man gleich zu starkes Feuer, so erhitzt sich das Glas weit über den Schmelzpunkt des Kadmiums und wird dann, wenn die Schmelzung eintritt, regelmäfsig zersprengt. (Man verhütet diesen Übelstand, wenn man das Metall in ein Porzellanschiffchen legt, doch mufs man dann weit stärkere Hitze anwenden.) Die Flamme wird nun so verstärkt, dafs das Metall zum Sieden kommt. Die Kadmiumdämpfe werden von dem Wasserstoffe ein Stück mit fortgeführt und setzen sich weiterhin als glänzende Tropfen in der Röhre ab, welche krystallinisch (zu Oktaëdern, Dodekaëdern etc.) erstarren (KÄMMERER*).

c) Blei. Um Blei im Wasserstoffstrome zu schmelzen, wendet man eine Kugelröhre an, das Metall wird blank geschabt, in kleine Stückchen geschnitten, in die Kugel gebracht und im übrigen der Versuch wie vorher beschrieben ausgeführt. Auch hier hat man beim Anwärmen der Röhre dieselbe Vorsicht anzuwenden, wie beim Kadmium.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 7, S. 1724. — *Chem. Centr.-Blatt* 1875, S. 66.

DRITTES KAPITEL.

Veränderung der Luft bei ihrer Einwirkung auf Metalle.

Die Veränderung der Luft bei ihrer Berührung mit erhitzten Metallen ergiebt sich aus ihrer Volumveränderung und dem Verluste der Fähigkeit, die Verbrennung zu unterhalten. Die Verbindung des verlorengegangenen Teils der Luft mit dem Metalle wird aus der Gewichtszunahme des letzteren abgeleitet. Wiedergewinnung dieses Teils.

Entdeckung des Sauerstoffs.

Eigenschaften des Sauerstoffs. Sein Anteil an der gewöhnlichen Verbrennung. Analogie der letzteren mit der Veränderung der Metalle.

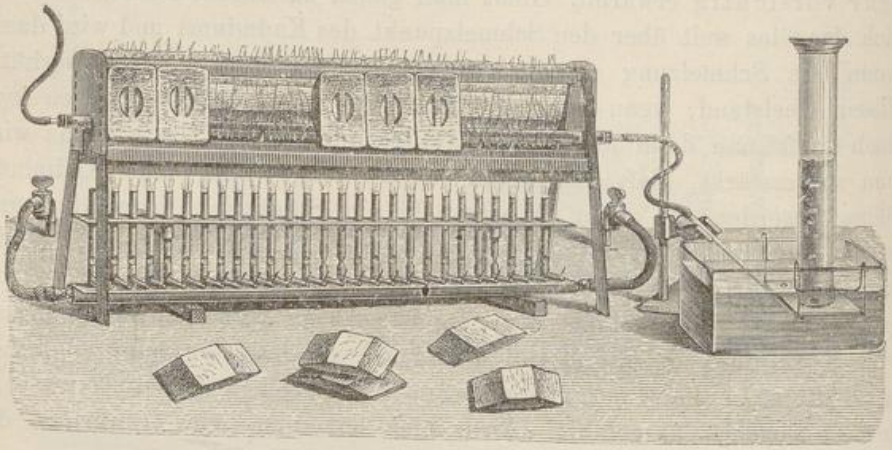


Fig. 471. Glühen von Kupfer im Luftstrome.

§ 22. Erhitzen von Kupfer im Luftstrome. (Qualitativer Versuch.)

Ein böhmisches Glasrohr, 50—60 cm lang, beiderseitig mit durchbohrten Korken verschlossen, in denen kurze Glasröhren stecken; ein mit Luft gefüllter Gasometer oder ein anderer Luftblaseapparat (Wassertrommelgebläse); Trockenapparate; ein Gasableitungsrohr, eine pneumatische Wanne, ein hoher Fufscylinder. Ein Liebig'scher Verbrennungsofen (für Holzkohle) oder ein Gaslampenofen.

Nachdem der Apparat (Fig. 471) zusammengestellt und auf seine Dichte geprüft ist, erhitzt man die Röhren anfangs schwach, dann bis zum Glühen und leitet einen Luftstrom hindurch. Zur Regulierung desselben schaltet man in dem Kautschukschlauche zwischen dem Gebläse und der Waschflasche einen Hahn (wie Fig. 333, S. 229) ein. Zuerst

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

läfst man das aus der Glasröhre ausströmende Gas frei austreten, bis man überzeugt sein kann, dafs die Oxydation des Kupfers in der Röhre in vollem Gange ist; dann schiebt man das Gasableitungsrohr unter den Fufscylinder in der pneumatischen Wanne. Man darf die Luft nicht zu schnell passieren lassen, damit sich nicht ein Teil derselben der Einwirkung auf das Kupfer entziehe.

Mufs man in Ermangelung von Gasfeuerung mit dem Kohlenofen (Fig. 472) arbeiten, so wird eine halbe Stunde vor Beginn des Unterrichts eine hinreichende Menge Holzkohlen in einem Windofen zum vollkommenen Glühen gebracht. Die Kohlenstücke werden bis auf die Gröfse einer Faust zerschlagen; nur vollständig glühende Kohlen legt man

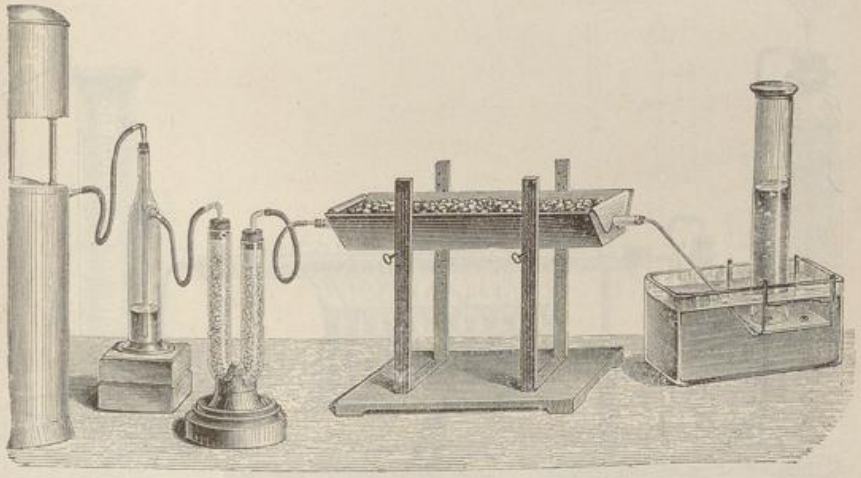


Fig. 472. Glühen von Kupfer im Luftstrome.

mittels einer gewöhnlichen Feuerzange oder Tiegelzange in den Verbrennungsofen, und zwar so, dafs das böhmische Verbrennungsrohr allseitig davon umgeben ist. Da der kalte Blechofen anfangs selbst erwärmt werden mufs, so hören die zuerst hineingelegten Kohlen scheinbar auf zu glühen; die Glut tritt aber, wenn der Ofen vollgepackt ist, von selbst wieder ein. Man hat daher nicht nötig zu blasen oder Luft zuzuwehen, wodurch nur ein unnützes Steigern der Hitze und Umherfliegen der Aschenteile bewirkt wird. Soll der Versuch längere Zeit fortgesetzt werden,* so legt man für die allmählich abbrennenden Kohlen neue glühende nach.

* Dies wird geschehen müssen, wenn man das so erzeugte Kupferoxyd zu einem späteren Reduktionsversuche wieder benutzen will.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Prüfung des im Cylinder aufgefangenen Stickstoffs geschieht einfach durch Eintauchen eines brennenden Spans; zur Vergleichung taucht man den brennenden Span in einen gleichen mit Luft gefüllten Cylinder.

§ 23. Erhitzen von Kupfer im Luftstrome. (Quantitativer Versuch.)

a) Ein böhmisches Rohr, 40—60 cm lang, zwei gleiche graduierte Cylinder von 1 Liter Inhalt, der eine mit Trichterrohr; ein Trockenrohr.

b) Ein aus zwei Flaschen bestehender Apparat wie Figur 474.

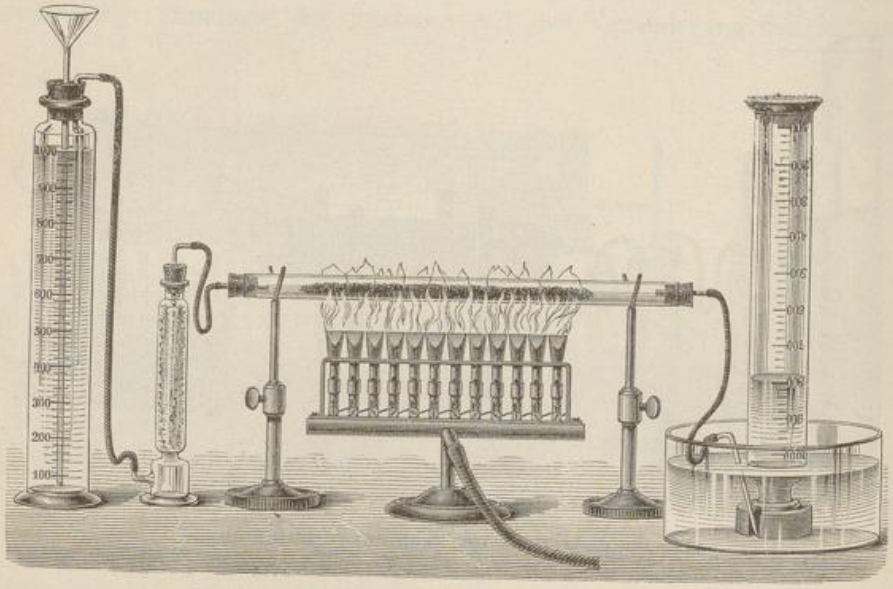


Fig. 473. Glühen von Kupfer im Luftstrome.

a) Der Apparat wird so zusammengestellt, wie Figur 473 zeigt. Der Cylinder zur linken Hand ist anfangs leer, der zur rechten mit Wasser gefüllt. Das Rohr ist mit Kupferspänen gefüllt. Bevor man die Lampe anzündet, füllt man den linken Cylinder durch das Trichterrohr mit Wasser und treibt dadurch die Luft in den rechten, wobei man beobachtet, dafs das Luftvolum unverändert geblieben ist (die Differenz, welche notwendig durch das Volum des Trichterrohrs veranlafst wird, stellt man hierbei durch Ablesen an der Teilung des zweiten Cylinders fest). Nun wird der erste Cylinder wieder entleert, der zweite gefüllt und der Apparat ganz so angeordnet wie zuvor, nur mit dem Unterschiede, dafs das Ableitungsrohr nicht in die pneumatische Wanne getaucht wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hierauf erhitzt man das Rohr zum Glühen, bringt die Gasausströmungsröhre, sobald aus derselben keine Blasen (wegen Ausdehnung der erwärmten Luft im Rohre) mehr austreten, unter den Cylinder in der pneumatischen Wanne, gießt langsam Wasser durch das Trichterrohr bis zur obersten Marke, zieht das Rohr wieder aus der Wanne und verlöscht die Lampe. $^1/_5$ des Luftvolums ist verschwunden, und durch Prüfung mittels eines brennenden Spans erkennt man die eingetretene Veränderung der Luft. (Van Hasselt*.)

b) In anderer Weise läßt sich dieser Versuch nach Friedrich C. G. Müller** folgendermaßen ausführen. Das mit Kupfer gefüllte Rohr *AB* ist einerseits mit der Flasche *C*, andererseits mit der Mariotte'schen Flasche *D* verbunden. *C* faßt ungefähr 3 l und ist mit einem Hahn-

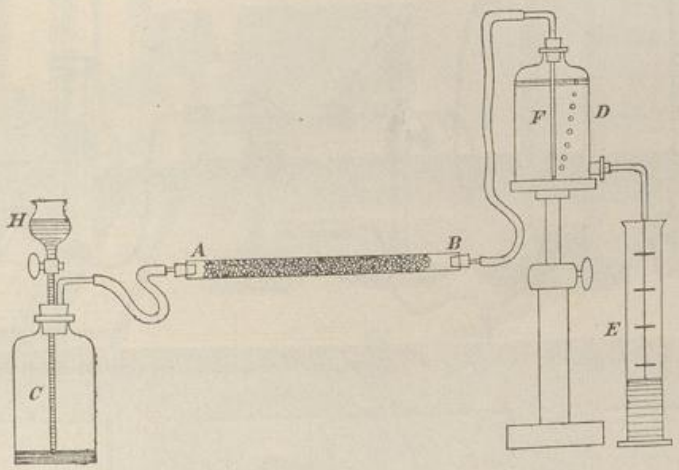


Fig. 474. Glühen von Kupfer im Luftstrome.

trichter *H* versehen. Läßt man, ohne das Rohr zu erhitzen, durch *H* eine abgemessene Menge Wasser (z. B. 500 ccm) in *C* einfließen, so wird daraus eine gleich große Menge Luft verdrängt, welche durch das Rohr *F* in die Flasche *D* eintritt und sich oberhalb des Wassers ansammelt. Hierfür fließen genau 500 ccm Wasser aus *D* aus und können in dem graduierten Fußcylinder *E* gemessen werden. Soll der Versuch beginnen, so wird bei geschlossenem Trichterhahn die Röhre *AB* so lange erhitzt, bis die Temperatur stationär geworden ist und kein Tropfen Wasser mehr aus *D* ausfließt. Dann läßt man langsam 500 ccm Wasser durch *H* herabfließen und schließt den Hahn, sobald das Niveau in der Röhre auf das des Wassers in der Flasche herabgesunken ist. Sobald sich der

* *Maandblad*, Bd. 9, S. 74. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 495.
** *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 445.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Druck im ganzen Apparat ausgeglichen hat, befinden sich im Mafscylinder etwa 395 ccm abgelaufenen Wassers. Die beiden Flaschen *C* und *D* sind durch einen Schirm so zu schützen, dafs sie von der strahlenden Wärme des Ofens nicht beeinflufst werden. Der Versuch kann sogleich mehrere Male hintereinander mit demselben Resultat wiederholt werden.

Da der Stickstoff bei dieser Versuchseinrichtung ebenso wie bei der vorigen mit Wasserdampf gesättigt ist, so ist sein Volumen um das des aufgenommenen Wasserdampfs vermehrt; letzteres ergiebt sich aus den Tensionstabellen und mufs abgezogen werden, wenn man ein wissenschaftlich scharfes Resultat erhalten will.

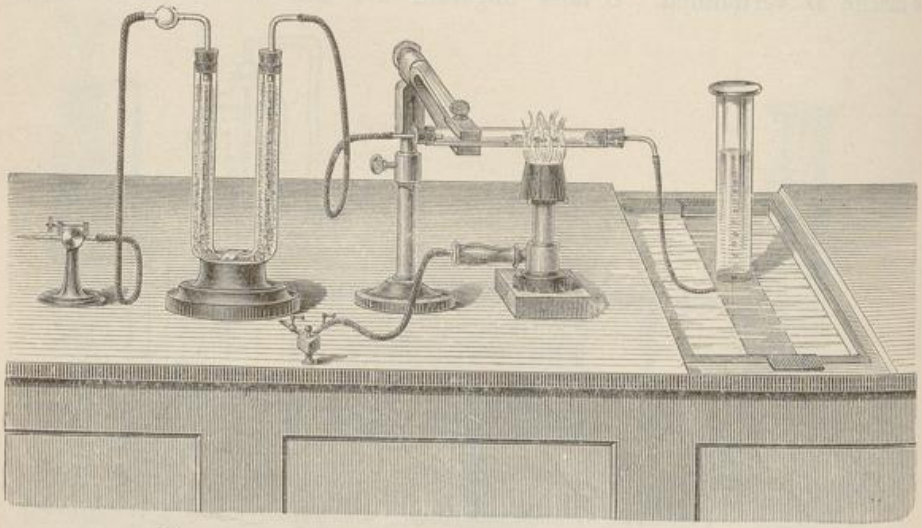


Fig. 475. Verbrennung von Magnesium im Luftstrome.

§ 24. Verbrennung von Magnesium im Luftstrome. (Quantitativer Versuch.)

Ein böhmisches Glasrohr, 25 cm lang, beiderseitig mit durchbohrten Korken verschlossen. Ein Retortenhalter, ein Trockenrohr, eine pneumatische Wanne, ein Fufscylinder, ein Präcisionshahn, eine Vorlesungswage.

Das Rohr wird am Ausströmungsende mit dem durchbohrten Korke verschlossen, ein lockerer Asbestpfropf von 2 cm Länge bis an den Kork geschoben, dann 40 cm Magnesiumband, locker zusammengewickelt, in das Rohr geschoben und auch der andere Kork aufgesetzt. Jetzt bringt man das Rohr auf der Wage ins Gleichgewicht und ordnet dann den Apparat so an, wie Figur 475 zeigt, doch darf das Gasausströmungsrohr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

noch nicht in die pneumatische Wanne getaucht werden. Durch Untersetzen der Lampe erhitzt man die Stelle, wo das Magnesiumband liegt,

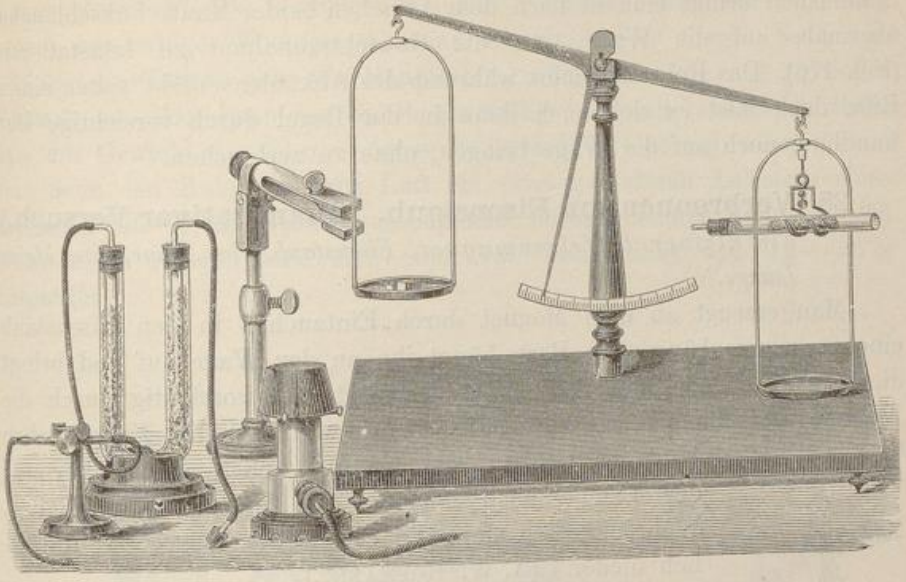


Fig. 476. Gewichtszunahme des Magnesiums beim Verbrennen.

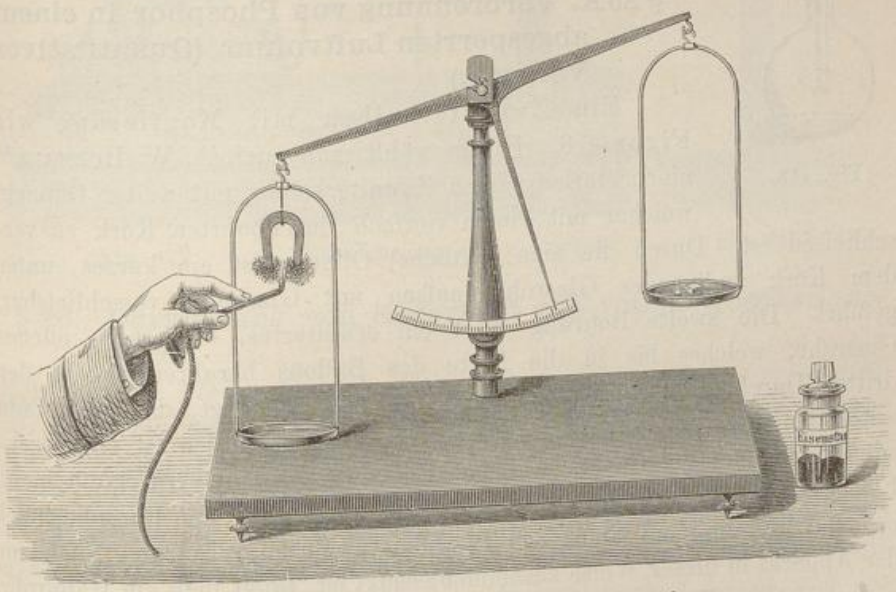


Fig. 477. Gewichtszunahme des Eisens beim Verbrennen.

anfangs schwach, dann stärker und dreht den Hahn so weit auf, dafs ein langsamer Luftstrom die Röhre passiert. Sobald das Metall zu brennen beginnt, führt man den Schlauch unter den Cylinder, reguliert den Luft-

strom angemessen, verkleinert oder entfernt die Flamme ganz und läfst nach dem vollständigen Verbrennen des Magnesiums das Rohr erkalten. Schliefslich bringt man es nach dem Abziehen beider Kautschukschläuche abermals auf die Wage, um die Gewichtszunahme zu konstatieren (Fig. 476). Das Rohr bekommt während des Abkühlens nicht selten einen Rifs, doch läfst es sich auch dann in der Regel durch vorsichtige Behandlung noch auf die Wage bringen, ohne zu zerbrechen.

§ 25. Verbrennen von Eisenstaub. (Quantitativer Versuch.)

Ein kleiner Hufeisenmagnet, Eisenstaub, eine Wage, eine kleine Lampe.

Man erzeugt an dem Magnet durch Eintauchen in den Eisenstaub einen zusammenhängenden Bart, hängt ihn an der Wage auf und bringt diese ins Gleichgewicht, dann wird der Bart sehr vorsichtig durch die Flamme der Lampe erwärmt (Fig. 477), wodurch die Eisenteilchen bald ins Glühen kommen und nach der Entfernung der Lampe noch längere Zeit fortfahren zu glühen. Währenddessen sinkt die betreffende Wagschale allmählich nieder. (A. W. Hofmann*.)

Fig. 478.

§ 25 A. Verbrennung von Phosphor in einem abgesperrten Luftvolum. (Quantitativer Versuch.)

Ein Zweiliterkolben mit Montierung wie Figur 478. Hierzu wählt man nach A. W. Hofmann** einen starkwandigen Zweiliterkolben mit weiter Öffnung, welcher mit einem vierfach durchbohrten Kork zu verschliefsen ist. Durch die eine (seitliche) Öffnung ist ein kurzes, unter dem Kork endigendes Glasrohr, aufsen mit Glashahn verschliefsbar, geführt. Die zweite Bohrung trägt ein erweitertes, beiderseits offenes Glasrohr, welches bis in die Mitte des Ballons herabreicht. In der dritten Durchbohrung ist ein Phosphorlöffel so befestigt, dafs er gerade unter dem Glasrohre steht. In die vierte Bohrung endlich ist ein Quecksilbermanometer eingesetzt. Auf dem Boden des Ballons wird eine Schicht Eisenoxyd oder eine andere Substanz geschüttet, und in den Phosphorlöffel etwas Asbest und ein Stückchen Phosphor (etwa 0,5 g) gelegt. Nachdem der Apparat in dieser Weise zusammengesetzt ist, saugt man am Hahnrohr vermittelst der Wasserluftpumpe rasch und überzeugt sich nach Abschlufs des Hahns von der Dichtheit aller Verschlüsse. Ist dies geschehen, so

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft* 1869, Bd. 2, S. 237.

** *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellsch.*, Bd. 15, S. 2656. — *Chem. Centr.-Bl.* 1883, S. 361.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wird der Apparat gewogen, ein kurzes Stück erhitzten Kupferdrahts (welches mit gewogen wurde) durch die mittlere Glasröhre geworfen und diese schnell wieder verschlossen. Der Phosphor entzündet sich und brennt mit ruhiger Flamme, während das Manometer steigt. Nach Abkühlung des Ganzen geht das Manometer zurück, zeigt also ein partielles Vakuum an. Man kann nur durch abermaliges Wiegen zunächst darthun, dafs das Gewicht des ganzen Apparats unverändert geblieben ist. Öffnet man dann den Hahn, so tritt Luft ein, was man durch Aufsetzen einer kleinen Pfeife mittels Kautschukschlauchs hörbar machen kann. Durch nochmaliges Wiegen läfst sich eine Gewichtszunahme von 0,5—0,6 g konstatieren.

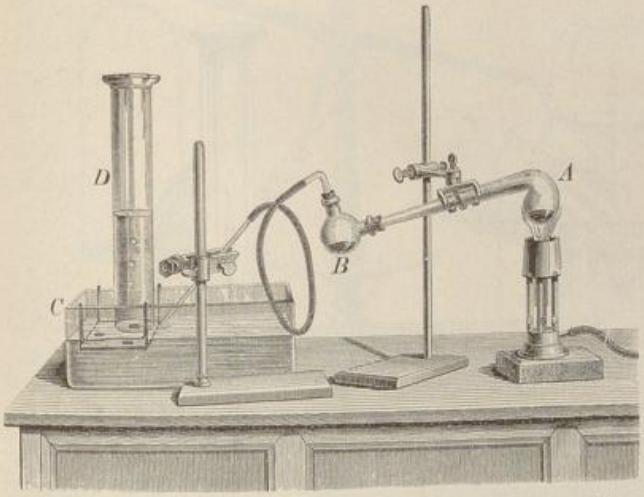


Fig. 479. Entwickelung von Sauerstoff.

Fig. 480.

§ 26. Darstellung von Sauerstoff aus rotem Quecksilberoxyd.

Eine kleine Retorte (3) aus böhmischem Glase mit doppelt tubulierter Vorlage und Gasableitungsvorrichtung; pneumatische Wanne nebst Fufscylinder; ein Retortenhalter, eine Glasplatte. — Rotes Quecksilberoxyd, einige Holzspäne.

Man füllt die Retorte ungefähr zu einem Drittel mit Quecksilberoxyd, reinigt die Innenwand des Halses mittels einer Federfahne und setzt den Apparat, wie Figur 479 zeigt, zusammen, doch bringt man das Ausströmungsrohr erst dann in die Wanne, wenn durch Entzündung eines glimmenden Spans das Auftreten von freiem Sauerstoff konstatiert ist. Das im Halse sich ansetzende Quecksilber bringt man durch zeitweiliges Schütteln des Retortenhalses in die Vorlage. (Die Vorlage darf im Ver-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gleich zur Retorte nur klein sein, damit nicht zu viel des sich entwickelnden Sauerstoffs nötig ist, um die Luft aus ihr zu vertreiben.) Das Gas wird mittels eines glimmenden Spans geprüft (Fig. 480).

§ 27. Verbrauch von Sauerstoff beim Verbrennen eines Lichts.

Ein weites und tiefes Cylinderglas, ein Kolben von 2 l Inhalt, ein gebogener Draht mit Lichthülse. — Oder: ein Draht mit Lichthülse und Stativ, eine Krystallisationsschale, ein hoher Fufscylinder.

Benutzt man den Apparat (Fig. 481), so füllt man das cylindrische Glasgefäfs mit Wasser, entzündet das Licht, bringt es in die durch die

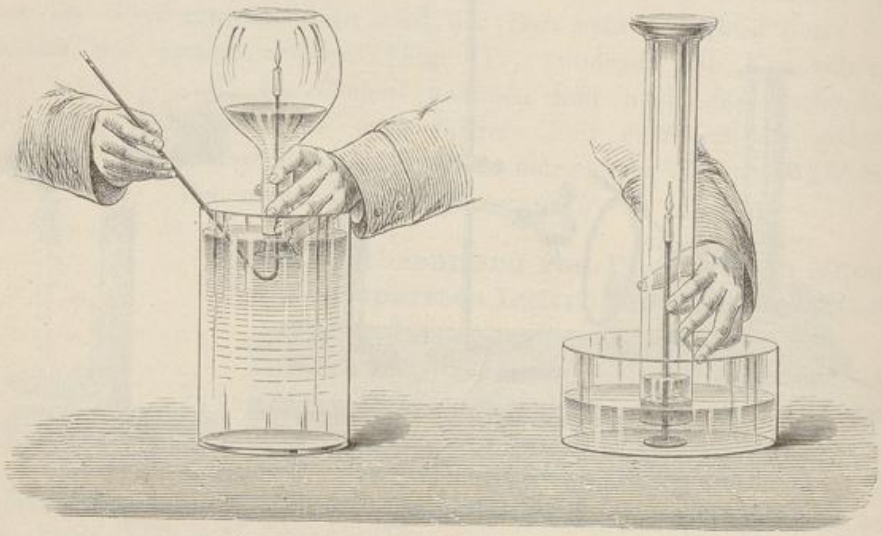


Fig. 481. Fig. 482.
Verbrauch von Sauerstoff beim Verbrennen von Licht.

Figur dargestellte Haltung und stürzt den leeren Kolben darüber. Nachdem das Licht verloschen, wird es durch Eintauchen des Drahts in das Wasser herausgezogen, die Flasche mit einer Glasplatte bedeckt, aus dem Wasser genommen und das rückständige Gas geprüft. — Die durch Figur 482 illustrierte Ausführung des Versuchs ist bequemer, gestattet aber eine nachträgliche Prüfung des Gases nicht, weil man den Cylinder von der Lichthülse abheben mufs. Doch läfst sich derselbe Zweck auch hier erreichen, wenn der Fufs der Lichthülse aus einer ebenen Metallplatte besteht, welche grofs genug ist, um die untere Öffnung des Cylinders zu bedecken.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 28. Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze.

Ein Glascylinder, in der Mitte mit Metallsieb, oben mit Aufhängevorrichtung und unten mit Lichthülse. Eine Wage. Natriumhydrat in Stücken.

Kolbe war der erste, der die Gewichtszunahme einer Kerze beim Verbrennen durch einen Vorlesungsversuch zur Anschauung brachte.* Die Kerze wird auf einem mehrfach durchbohrten Kork befestigt, mit dem man die untere Öffnung eines gewöhnlichen Lampencylinders verschliefst. Oben werden durch eine Wasserluftpumpe die Verbrennungsgase abgesogen und gehen 1. durch ein leeres U-Rohr, 2. durch ein Kölbchen mit Kalkwasser, 3. durch zwei Natronkalkröhren. Sämtliche Apparate sind

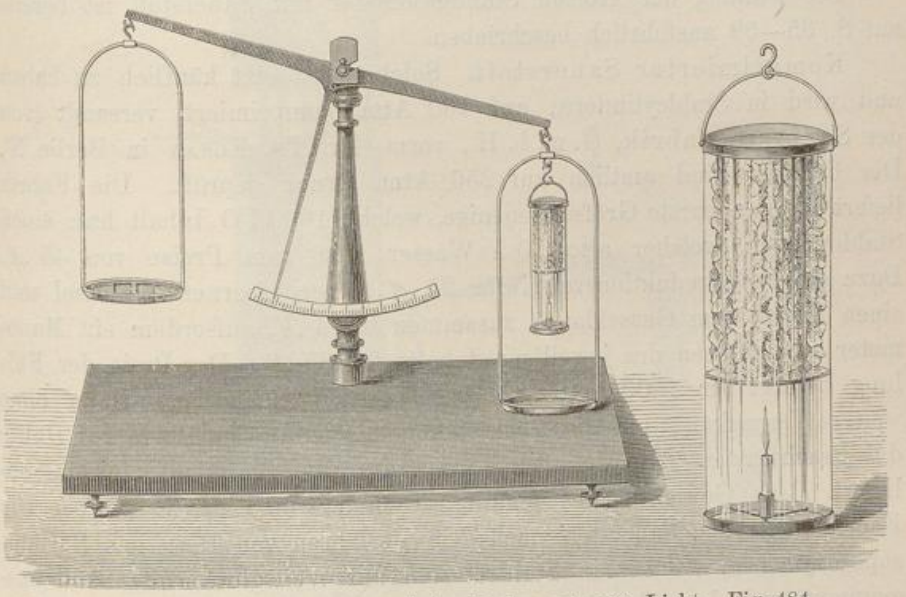


Fig. 483. Gewichtszunahme beim Verbrennen von Licht. Fig. 484.

an einem Glasstabe befestigt und an einer Wage ins Gleichgewicht gebracht. Dieser Apparat zeigt nicht nur die Gewichtszunahme, sondern zugleich die Bildung von Kohlensäure und Wasser. Da der Schüler aber die Bekanntschaft mit diesen Verbrennungsprodukten noch nicht gemacht hat, so genügt eine von V. Meyer** vorgeschlagene Vereinfachung dieses Apparats, welcher in Figur 484 abgebildet ist. Der Cylinder, in welchem das Licht brennt, ist in $^1/_3$ seiner Höhe durch ein weitmaschiges starkes Drahtnetz in zwei Teile geteilt. Der obere Teil wird mit haselnufsgrofsen Stücken von Natriumhydrat gefüllt, der Apparat auf der Wage, nachdem

* *Berichte d. Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 2, S. 630. — *Chem. Centr.-Bl.* 1870, S. 1.
** *Berichte d. Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 9, S. 1666. — *Chem. Centr.-Bl.* 1877, S. 2.

man einen Pappdeckel auf die Schale, an welcher der Cylinder hängt, gelegt hat, ins Gleichgewicht gebracht und nun das Licht entzündet. Während der Verbrennung sinkt die Wagschale langsam nieder, bis sie aufschlägt. Das Natriumhydrat schmilzt durch die Wärme der Flamme bald und fliefst herunter. Aus diesem Grunde wird die Pappscheibe untergelegt. Man kann das Abtropfen vermeiden, wenn man auf das Drahtnetz zuerst eine Schicht grober Stücke von zerschlagenem gebrannten Kalk legt. Nach Beendigung des Versuchs wird der Cylinder entleert, gereinigt und aufbewahrt.

§ 29. Darstellung von Sauerstoff im grofsen.

Die Füllung der grofsen Standgasometer mit Sauerstoff ist bereits auf S. 35—39 ausführlich beschrieben.

Komprimierter Sauerstoff. Solcher ist jetzt käuflich zu haben und wird in Stahlcylindern, auf 100 Atm. komprimiert, versandt (von der Sauerstofffabrik, G. m. b. H., vorm. Dr. Th. Elkan in Berlin N). Die Cylinder sind amtlich auf 250 Atm. Druck geprüft. Die Fabrik liefert als gangbarste Gröfse diejenige, welche 1000 l O Inhalt hat: einen Stahlcylinder, welcher also 10 l Wasser fafst zum Preise von 45 ℳ. Dazu ein Druckreduktionsventil für 25 ℳ, einen eisernen Schlüssel und einen Nippel zum Gasschlauch zusammen für 4 ℳ, aufserdem ein Manometer zum Messen des jeweiligen Inhalts für 35 ℳ. Der Preis der Füllung beträgt für 1000 l 10 ℳ. Der Versand erfolgt per Bahn ohne weitere Verpackung und die Rücksendung als leere Emballage zur Hälfte des Frachtsatzes. Die Cylinder werden auf Wunsch auch leihweise geliefert. Das Gewicht eines gefüllten Cylinders beträgt 20 Ko. — Die Fabrik stellt den Sauerstoff nach dem Verfahren von Brin aus Bariumsuperoxyd her, welches in Stahlretorten auf Weifsglut erhitzt und ausgepumpt und darnach wieder bei Rotglut mit atmosphärischer Luft in Berührung gebracht wird.

§ 30. Darstellung von Sauerstoff im kleinen.

1. Aus chlorsaurem Kali.

Eine Retorte (4 oder 5) oder ein Kolben mit flachem Boden (sogen. Erlenmeyer'scher Kolben) mit Gasableitungsvorrichtung oder ein 45—50 cm langes, 2—3 cm weites, an der einen Seite zugeschmolzenes Glasrohr (Sauerstoffrohr), ein Gasometer. — Gepulvertes chlorsaures Kali, gepulverter Braunstein.

Die Bereitung des Sauerstoffs aus chlorsaurem Kali (Fig. 485) ist, wenn man mit der nötigen Ruhe und Vorsicht arbeitet, eine ganz gefahrlose Operation; vor allen Dingen hat man sich vor Beginn des

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Versuchs zu überzeugen, dafs die Schläuche und Röhren für die Gasableitung vollkommen frei und übrigens weit genug sind, um selbst grofsen Gasmengen bequem den Durchtritt zu gestatten. Das chlorsaure Kali wird fein gepulvert und mit zwei Drittel seines Gewichts ebenfalls fein gepulverten Braunsteins gemischt, welchen man vorher durch Glühen im eisernen Löffel oder auf dem Platinbleche prüft, ob er rein, d. h. frei von brennbaren Substanzen ist, die nicht selten durch irgend welche Zufälligkeiten beigemengt sind. Nach dem Mischen prüft man von neuem, ob die Sauerstoffentwickelung ruhig und nicht etwa explosionsartig verläuft; sollte letzteres der Fall sein, so ist das Gemenge unbrauchbar und

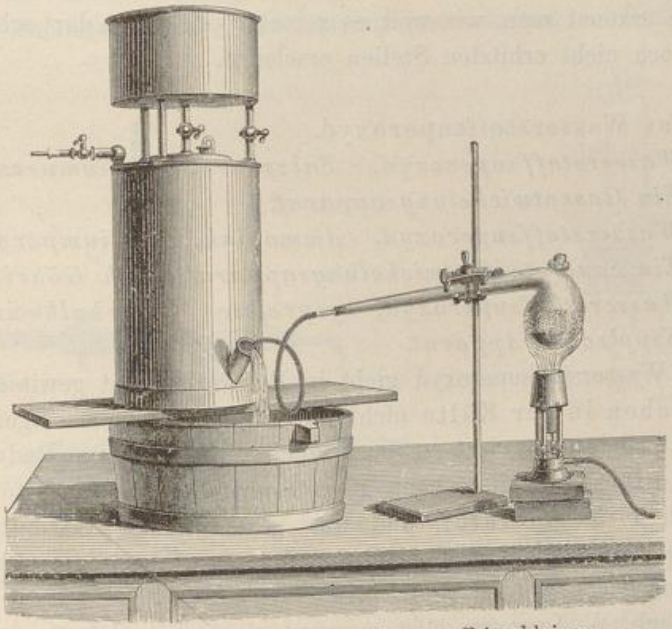


Fig. 485. Darstellung von Sauerstoff im kleinen.

mufs beseitigt werden, indem man es ins Wasser wirft. Zur Füllung eines gewöhnlichen Gasometers reichen 30—50 g chlorsaures Kali und 20 bis 32 g Braunstein aus. Da sich bei der Zersetzung des mit Braunstein gemischten Salzes etwas Chlor entwickelt, so läfst man das Gas zuerst durch eine mit Kalilauge gefüllte Flasche streichen.

Als Gasentwickelungsgefäfs nimmt man entweder eine Retorte oder besser einen Erlenmeyer'schen Kolben, der seines ebenen Bodens wegen eine mehr gleichmäfsige Erwärmung des Gemenges gestattet. Die Entwickelung beginnt schon bei sehr gelinder Wärme, deshalb mache man die Flamme anfangs nur klein. — Die meisten Versuche mit Sauerstoff im kleinen lassen sich auch ganz gut ohne Anwendung eines Gasometers

ausführen, wenn man sich zur Entwickelung des oben genannten Sauerstoffrohrs bedient. Dasselbe wird mit dem Gemenge zu $^3/_4$—$^4/_5$ gefüllt, mit dem durchbohrten Korke verschlossen und dann horizontal auf dem Tische aufgeklopft, so dafs sich oberhalb des Gemenges ein Kanal bildet. Man bringt das Rohr mittels des Retortenhalters (Fig. 486) oder zweier Röhrenträger in eine horizontale Lage und erhitzt das Gemenge mit einer gewöhnlichen Lampe, von der offenen Seite anfangend, an jeder Stelle so lange, bis keine weitere Sauerstoffentwickelung mehr stattfindet, und rückt dann die Lampe allmählich nach dem geschlossenen Ende hin. Die Entwickelung beginnt sogleich und kann in jedem Augenblicke durch Entfernung der Lampe leicht unterbrochen werden. An der Farbe des Gemenges erkennt man, wie weit es zersetzt ist, da es dort schwärzer als an den noch nicht erhitzten Stellen erscheint.

2. Aus Wasserstoffsuperoxyd.

a) *Wasserstoffsuperoxyd, Salzsäure, Kaliumpermanganat. Ein Gasentwickelungsapparat.*

b) *Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, Kaliumpermanganat. Ein Sauerstoffentwickelungsapparat nach Göhring.*

c) *Wasserstoffsuperoxyd, gepresste Chlorkalkwürfel, ein Kipp'scher Apparat.*

Das Wasserstoffsuperoxyd giebt in Berührung mit gewissen höheren Oxyden schon in der Kälte nicht nur die Hälfte seines eigenen Sauerstoffs ab, sondern bewirkt zugleich auch eine partielle Reduktion des letzteren. Dies Verhalten kann man benutzen, um Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur und aus gewöhnlichen Gasentwickelungsapparaten darzustellen, wofür in den letzten Jahren verschiedene Methoden angegeben worden sind.

a) Nach W. Lindner läfst man zu einer mit Salzsäure versetzten Lösung von Wasserstoffsuperoxyd eine konzentrierte Lösung von Kaliumpermanganat fliefsen, worauf sofort die Gasentwickelung beginnt, während das Permanganat zum Manganosalz reduziert wird.

b) Göhring* schlägt vor, das Wasserstoffsuperoxyd durch Ammoniakzusatz alkalisch zu machen und dazu eine verdünnte Lösung von Kaliumpermanganat fliefsen zu lassen. Letzteres wird hierbei zu Mangansuperoxyd reduziert, welches in braunen Flecken in der Flüssigkeit schwimmt. Um den Gang der Gasentwickelung zu regulieren, wendet man eine Flasche von der in Figur 487 abgebildeten Form an. Dieselbe hat einen

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 12, S. 1659 und Bd. 13, S. 660. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, I, S. 125 und 1889, II, S. 114.

Inhalt von 2—2 ½ l und ist an der Aufsenfläche mit einer Skala versehen, welche in Kubikcentimeter geteilt ist. Sie wird bis zu einem Teilstriche gefüllt, welcher die anzuwendenden ccm H_2O_2 und mit 10 multipliziert die resultierende Menge Sauerstoff angiebt.

In den Kork der Flasche sind drei Büretten eingesetzt, von denen die eine mit Ammoniakflüssigkeit, die andere mit einer Lösung von Kaliumpermanganat (5 g in 1 l) und die dritte mit einer konzentrierten Phosphorsäurelösung gefüllt ist. Das Ammoniak versetzt man mit etwas Phenolphtalein. Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so läfst man aus der Ammoniakbürette so viel Alkali zufliefsen, dafs die Flüssigkeit deutlich alkalisch reagiert, und kann nun durch Zusatz weniger Tropfen Permanganatlösung die Sauerstoffentwickelung in Gang bringen,

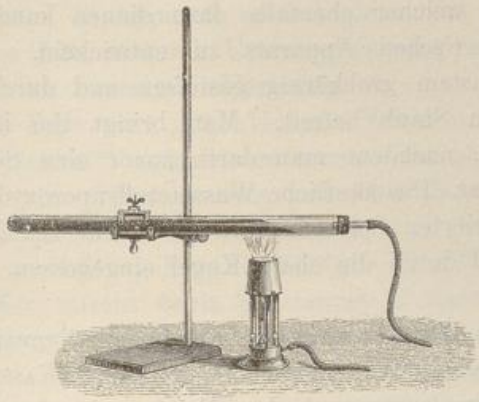


Fig. 486.
Sauerstoffentwickelungsrohr.

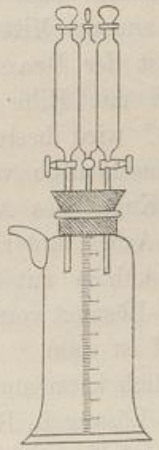


Fig. 487.
Sauerstoffentwickelung aus Wasserstoffsuperoxyd.

die selbstthätig ihren Fortgang nimmt. Um sie zu unterbrechen, läfst man Phosphorsäure bis zur deutlich sauren Reaktion zufliefsen; ein erneutes Alkalischmachen bringt die Entwickelung wieder in Gang. Der Sauerstoff ist ammoniakhaltig und mufs durch eine Waschflasche mit Schwefelsäure geleitet werden.

c) Auch mit Chlorkalk entwickelt Wassersuperoxyd Sauerstoff nach der Gleichung

$$CaOCl_2 + H_2O_2 = CaCl_2 + H_2O + O_2.$$

Diese Reaktion benutzt Volhard,* um Sauerstoff aus dem Kipp'schen Apparat zu entwickeln. Der Chlorkalk wird durch starken Druck zu Würfeln gepreſst (s. Darstellung von Chlor), welche man in die

* *Liebig's Annalen*, Bd. 253, S. 246. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 633.

mittlere Kugel des Apparats bringt. Als Zersetzungsflüssigkeit dient eine käufliche Lösung von Wasserstoffsuperoxyd, welche man mit so viel Salzsäure oder Salpetersäure versetzt, als nötig ist, um das freie Alkali des Chlorkalks zu neutralisieren. Ein Liter Wasserstoffsuperoxydlösung, welche 2,87 % H_2O_2 enthält, würde 170 g 35%igen Chlorkalk in Anspruch nehmen; es ist jedoch zweckmäfsig, einen Überschufs von Chlorkalk anzuwenden, sonst wird die Entwickelung nach einiger Zeit träge. Man nimmt daher auf 1 l H_2O_2-Lösung 300 g Chlorkalk und setzt 57 ccm rohe Salzsäure vom spez. Gewicht 1,17 oder 53 ccm rohe Salpetersäure vom spez. Gewicht 1,365 hinzu. Das Gas ist nicht rein, sondern enthält aufser etwas Chlor in der Regel auch etwas Kohlensäure, da der Chlorkalk, besonders wenn er längere Zeit aufbewahrt worden ist, nicht frei von Calciumkarbonat ist.

Ein anderes Mittel, um das Wasserstoffsuperoxyd katalytisch zu zersetzen, ist der Braunstein, welcher ebenfalls dazu dienen kann, um Sauerstoff mit Hilfe des Kipp'schen Apparats zu entwickeln. Nach Baumann* wird bester Braunstein grobkörnig gestofsen und durch ein 2 mm Maschensieb von allem Staub befreit. Man bringt ihn in die mittlere Kugel des Apparats, nachdem man darin zuvor eine Schicht faserigen Asbest unterbreitet hat. Das käufliche Wasserstoffsuperoxyd wird unter Abkühlen mit konzentrierter Schwefelsäure (150 ccm H_2SO_4 auf 1 l H_2O_2-Lösung) versetzt und durch die obere Kugel eingegossen. Der Sauerstoff ist rein.

Endlich kann auch rotes Blutlaugensalz (Ferricyankalium) in alkalischer Lösung in Berührung mit Wasserstoffsuperoxyd nach Kassner** eine Sauerstoffentwickelung veranlassen nach der Gleichung:

$$Fe_2(CN)_6(KCN)_6 + 2\,KOH + H_2O_2 = 2\,Fe(CN)_2(KCN)_4 + 2\,H_2O + O_2.$$

Ohne Zusatz von Alkali löst sich das Salz ruhig in dem Superoxyd auf; sobald man die Mischung aber mit Alkali versetzt, tritt sofort O-Entwickelung ein, welche so lange fortgeht, bis das KOH im Sinne der obigen Gleichung verbraucht ist.

Man kann sich dieser Reaktion bedienen, um aus jeder gewöhnlichen Gasentwickelungsflasche Sauerstoff in regelmäfsigem Strome darzustellen. Die Flasche wird mit einer Lösung von 53 g Ferricyankalium in 100 ccm 3prozentigem Wasserstoffsuperoxyd beschickt und durch das Trichterrohr allmählich eine verdünnte Kalilösung nachgegossen. Aus der obigen Menge Salz erhält man 2 l Sauerstoff, welche ganz rein, mindestens nicht wie der aus Chlorkalk entwickelte chlor- und kohlensäurehaltig ist.

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1890, S. 79. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 625.

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 13, S. 1302. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 840.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

3. Aus Bariumsuperoxyd.

a) Gepreſste Würfel aus Bariumsuperoxyd und Braunstein, Salzsäure, ein Kipp'scher Apparat. — Gepreſste Würfel aus Chlorkalk und Bariumsuperoxyd, Salzsäure, ein Kipp'scher Apparat.

b) Gepulvertes Ferricyankalium, Bariumsuperoxyd, ein Gasentwickelungsapparat.

a) Schon G. Neumann* hat empfohlen, zur Sauerstoffentwickelung gepreſste Würfel aus 2 Teilen Bariumsuperoxyd und 1 Teil Braunstein zu benutzen, indem man dieselben im Kipp'schen Apparat mit Salzsäure von 1,12 spez. Gewicht zur Reaktion bringt. Später hat Volhard** statt des Braunsteins Chlorkalk, ebenfalls mit BaO_2 zu Würfeln gepreſst, zu dem gleichen Zwecke angewandt. Beide Methoden haben jedoch ihre Nachteile, denn nach der ersten kann sich leicht ein explosives Gemenge bilden, und bei der zweiten hört die Entwickelung nach Schlieſsen des Hahns im Apparate nicht sogleich auf, sondern setzt sich noch eine zeitlang fort, wodurch Unzuträglichkeiten entstehen. Auch ist in beiden Fällen der Sauerstoff chlorhaltig.

b) Eine viel glücklichere Verwendung des Bariumsuperoxyds ist von Kassner*** aufgefunden worden, welcher gezeigt hat, daſs sich dieses Oxyd unter Abgabe seines ganzen Sauerstoffs mit Ferricyankalium in in Ferrocyankaliumbarium umsetzt nach der Gleichung

$$BaO_2 + Fe_2(CN)_6(KCN)_6 = [Fe(CN)_2K_3(CN)_4]_2Ba + O_2.$$

Man mischt beide Substanzen in Pulverform und nimmt auf 1 Teil Bariumsuperoxyd $2^1/_2$ Teile Ferricyankalium. Nach Kassner's Angaben soll man das Gemenge vorrätig halten und beim Gebrauche eine entsprechende Menge in einen gewöhnlichen Gasentwickelungskolben bringen und darin mit Wasser übergieſsen. Die Gasentwickelung beginnt sogleich und setzt sich unter Aufschäumen ruhig fort. Ich habe indes gefunden, daſs sich das Gemenge beim Aufbewahren zersetzt, und ziehe es vor, die beiden Substanzen einzeln aufzubewahren und erst beim Gebrauch zu mischen. In welcher Weise dies zu geschehen hat, hängt von dem Zwecke des Versuchs ab. Handelt es sich bloſs darum, einen Ballon mit Sauerstoff zu füllen, so schüttet man für je 1 l Rauminhalt 12,5 g Bariumsuperoxyd und 50 g Ferricyankalium, beide gepulvert, hinein, mischt sie durch Schütteln, übergieſst mit Wasser und läſst den Ballon, lose bedeckt, einige Zeit stehen. Man kann dann sofort die im folgenden Paragraphen zu beschreibenden Verbrennungsversuche mit Schwefel, Phosphor, Stahlfeder etc.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 20, S. 1584. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 975.

** *Liebig's Annalen*, Bd. 253, S. 246. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 633.

*** *Zeitschrift f. angew. Chemie* 1890, S. 418. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 539.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

darin vornehmen, wobei noch der Vorteil erwächst, daſs die sauren Verbrennungsprodukte von der alkalischen Lösung groſsenteils absorbiert werden. Soll der Sauerstoff in einem Gasometer aufgefangen werden, so schüttet man die nötige Menge Bariumsuperoxyd in eine Gasentwickelungsflasche mit Trichter- oder Sicherheitsrohr, gieſst etwas Wasser hinzu, mengt beides durch Schwenken, setzt den Stöpsel auf und gieſst durch das Trichterrohr eine gesättigte Lösung des Eisensalzes, von welchem man etwa die $2^1/_2$fache Menge des Superoxyds braucht, nach. Die Entwickelung des Gases geht so ruhig und gleichförmig von statten, wie die von Kohlensäure aus Marmor.

Nachdem diese zahlreichen neueren Methoden der Sauerstoffdarstellung bekannt geworden sind, kann man in Verlegenheit geraten, welche derselben im gegebenen Falle anzuwenden sei. Daher sind vielleicht folgende Bemerkungen am Platze.

Hat man keine gröſseren Vorratsgefäſse für Sauerstoff und will nur das Verhalten desselben zu glimmenden, bezw. brennenden Körpern im Kolben zeigen, so wählt man mit Vorteil das Kassner'sche Verfahren in der Form, wie es soeben beschrieben worden ist. Auch zum Füllen kleiner Gasometer (bis zu 10 l) dürfte dasselbe zu empfehlen sein; hierzu braucht man 120 g Bariumsuperoxyd und 300 g Eisensalz. Für unterbrochene Entwickelung ist das Verfahren von Göhring (Wasserstoffsuperoxyd und Kaliumpermanganat mit Ammoniakzusatz) unter Anwendung des Apparats (Fig. 487) geeignet, doch erhält man bei der angegebenen Gröſse desselben bei einmaliger Füllung nicht mehr als 20—25 l Gas. Zu gleichem Zwecke dient die Methode von Baumann (Braunstein und Wasserstoffsuperoxyd mit Schwefelsäure), sowie die von Volhard (Chlorkalk, Wasserstoffsuperoxyd und Salz- oder Salpetersäure), beide unter Benutzung des Kipp'schen Apparats. Doch ist im letzten Falle der Sauerstoff chlorhaltig und muſs durch Kalilauge gewaschen werden.

Werden gröſsere Mengen gebraucht, so kommt der Kostenpunkt in Frage, und hierin stehen sich die Methoden nicht gleichwertig gegenüber, sie zeigen vielmehr groſse Unterschiede, wie sich aus der hier folgenden Zusammenstellung ergiebt. Es sind dabei folgende Preise pro kg (bei H_2O_2 pro l) zu Grunde gelegt:

Braunstein (80 prozentig)	gröblich gekörnt	kg	ℳ 0,35
„	„ feinpulvrig . .	„	„ 0,45
Ferricyankalium		„	„ 3,70
Kaliumhydrat		„	„ 1,75
Bariumsuperoxyd (75 prozentig)		„	„ 4,00
Chlorkalk (35 prozentig)		„	„ 0,35

Schwefelsäure . . . . . kg ℳ 0,20
Kaliumchlorat . . . . . „ „ 1,20
Wasserstoffsuperoxyd (3 prozentig) . . . 1 l „ 1,00

I. $Fe_2(CN)_6(KCN)_6 + 2\,KOH + H_2O_2 = O_2$
2502 g 503 g 5 l = 100 l
ℳ 9,25 ℳ 0,87 ℳ 5,00 = ℳ 15,12

II. $Fe_2(CN)_6(KCN)_9 + BaO_2 = O_2$
2502 g 1048 g = 100 l
ℳ 9,25 ℳ 4,00 = ℳ 13,25

III. $CaOCl_2 + H_2O_2 = O_2 + CaCl_2 + H_2O$
1500 g 5 l = 100 l
ℳ 0,52 ℳ 5,00 = ℳ 5,52

IV. $MnO_2 + H_2SO_4 + H_2O_2 = O_2$
636 g 43 g 5 l = 100 l
ℳ 0,25 ℳ 0,10 ℳ 5,00 = ℳ 5,35

V. $KClO_3 + MnO_2 = O_2$
365 g 250 g = 100 l
ℳ 0,44 ℳ 0,12 = ℳ 0,56

VI. Komprimierter Sauerstoff in 1000 l-Cylinder (ohne Anschaffungskosten für die Apparate): 100 l = ℳ 1,00

Hiernach schwanken die Herstellungskosten für 100 l Sauerstoff

zwischen ℳ 15,12 und ℳ 0,56,

wobei noch zu bemerken ist, dafs die Ausbeuten nach I—IV die theoretischen sind, während die praktischen mehr oder weniger dahinter zurückbleiben. Ich erhielt z. B. nach II aus 10,4 g Bariumsuperoxyd und 250 g Ferricyankalium, beide frisch bezogen von Trommsdorff, nicht, wie die Gleichung verlangt, 10 l, sondern immer nur 8, wonach sich der Preis für 100 l auf ℳ 16,56 stellt. Hiernach sind die Preisunterschiede zwischen I—IV einerseits und V und VI andererseits zu bedeutend, als dafs jene vier ersten Methoden bei der Darstellung des Sauerstoffs im grofsen in Frage kommen könnten. Die Methoden I, III und IV, bei denen Wasserstoffsuperoxyd gebraucht wird, verlangen überdies so grofse Mengen Flüssigkeit, dafs schon hierin ein Hindernis für ihre Anwendung zu gedachtem Zwecke liegt.

Man hat demnach nur die Wahl zwischen V und VI. Die Möglichkeit, nach VI komprimierten Sauerstoff zu erwerben, dürfte für alle Schulen, welche nicht im Besitze grofser Gasometer sind, von besonderem Werte sein, da ihnen hierdurch für letztere unter Aufwand verhältnismäfsig geringer Anlagekosten ein guter Ersatz geboten ist. Die dazu

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nötigen Installationsvorrichtungen können ein für allemal selbst in kleinen Hörsälen leicht hergestellt werden. Wenn man aber bei Neueinrichtungen die Wahl zu treffen hat, so kann ich nur anraten, sich für grofse Standgasometer von der auf Seite 31—35 beschriebenen Form zu entscheiden. Denn wenn auch die Anlagekosten etwas höher sind, so gleicht sich dies mit der Zeit durch dauernde Ersparnis an den Herstellungskosten aus, und die Benutzung ist ungleich bequemer, während die jedesmalige Füllung der Gasometer bei nur einiger Übung fast gar keine Mühe macht und so elegant und ruhig verläuft, dafs man sie ohne alle Störung in einer einzigen Unterrichtsstunde vornehmen kann.

§ 31. Versuche mit Sauerstoff.

Ein Glasballon mit Korbuntersatz, eine tubulierte Glasglocke mit Thon- oder Blechnapf als Untersatz, ein

Fig. 488. Eisen in Sauerstoff verbrannt.

Fig. 489. Schwefel in Sauerstoff verbrannt.

Cylinderglas mit Glasplatte als Deckel, eine Porzellanschale nebst Messer, zwei Phosphorlöffelchen, mit dem Drahte in einem dünnen Brette befestigt, eine Uhrfederspirale in einem Korke befestigt, der in den Tubulus der Glasglocke pafst und seitlich eingeschnitten ist, ein eiserner Draht. — Schwefel, Phosphor.

a) Die Uhrfederspirale verbrennt man in der Glasglocke; diese wird in der pneumatischen Wanne nach Verschlufs des Tubulus mit Sauerstoff gefüllt und dann mittels des Untersetznapfes aus dem Wasser gehoben. Die Uhrfederspirale wird an ihrem untersten Ende mit einem kleinen Stückchen Feuerschwamm oder Zunder verbunden (Zunder bereitet man, indem man einen grofsen Haufen baumwollene oder leinene Lappen oder auch Papier in einem Blechkästchen entzündet und, sobald die brennenden Stücke durch Verkohlung schwarz erscheinen, durch festes

Aufdrücken eines Deckels auslöscht) und nach Entzündung des Zunders in die Glocke gebracht (Fig. 488). Diese erscheint nach Beendigung des Versuchs mit Eisenoxyduloxyd überzogen. Man reinigt sie sogleich mit verdünnter Salzsäure und wäscht mit Wasser nach.

b) Schwefel wird verbrannt, indem man ein erbsengrofses Stück in den Phosphorlöffel bringt, einen schmalen Streifen Zunder so unterlegt, dafs er etwa 4—5 mm seitlich hervorragt, letzteren zum Glimmen bringt und den Löffel in den Ballon senkt (Fig. 489).

c) Auch den Phosphor kann man auf diese Weise verbrennen, doch springt der Ballon hierbei leicht. Sicherer ist es, ein Cylinderglas

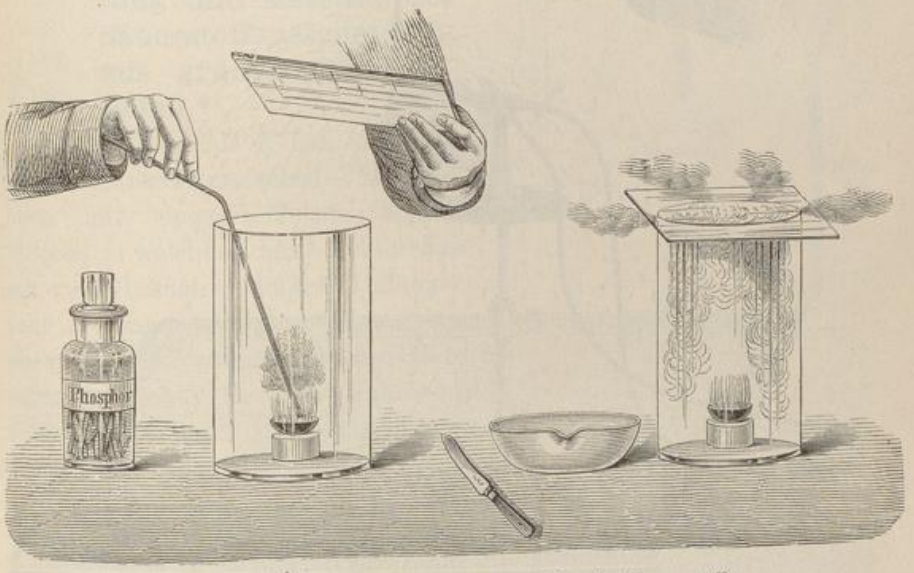


Fig. 490. Verbrennung von Phosphor in Sauerstoff.

(Fig. 490) zu benutzen. Man schneidet von einer Phosphorstange ein 5 mm dickes Stück unter Wasser vorsichtig* ab, nimmt es mit der Pinzette heraus, trocknet es durch Andrücken von Fliefspapier (nicht Reiben!) sorgfältig ab, legt es in ein kleines Thonschälchen, welches man auf einem Chamotteuntersatze in das Cylinderglas bringt, macht den Eisendraht warm (nicht glühend), berührt den Phosphor damit ganz leise und deckt die Glasplatte auf. Das Cylinderglas füllt sich bald mit weifsem Rauche, von welchem ein Teil unter der Glasplatte hervorgeblasen wird.

* Man fasse aufser Wasser den Phosphor nur mit der Pinzette an und hüte sich beim Schneiden davor, dafs nicht etwa ein Splitter unter den Fingernagel kommt. Sollte dies geschehen sein, so taucht man die Hand unter Wasser und beseitigt den Splitter.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nachdem sich der Rauch völlig gesetzt hat, nimmt man das Thonschälchen mit der Zange heraus und sieht zu, ob noch unverbrannter Phosphor vorhanden ist; solcher wird nachträglich entzündet und dann das Schälchen sogleich wieder gereinigt.

Nach dem, was im vorigen Paragraphen (S. 344) ausgeführt wurde, ist für die Füllung der zu den Versuchen *a*—*c* dienenden Apparate — wenn man keinen Sauerstoff vorrätig hat — das Kassner'sche Verfahren besonders gut geeignet.

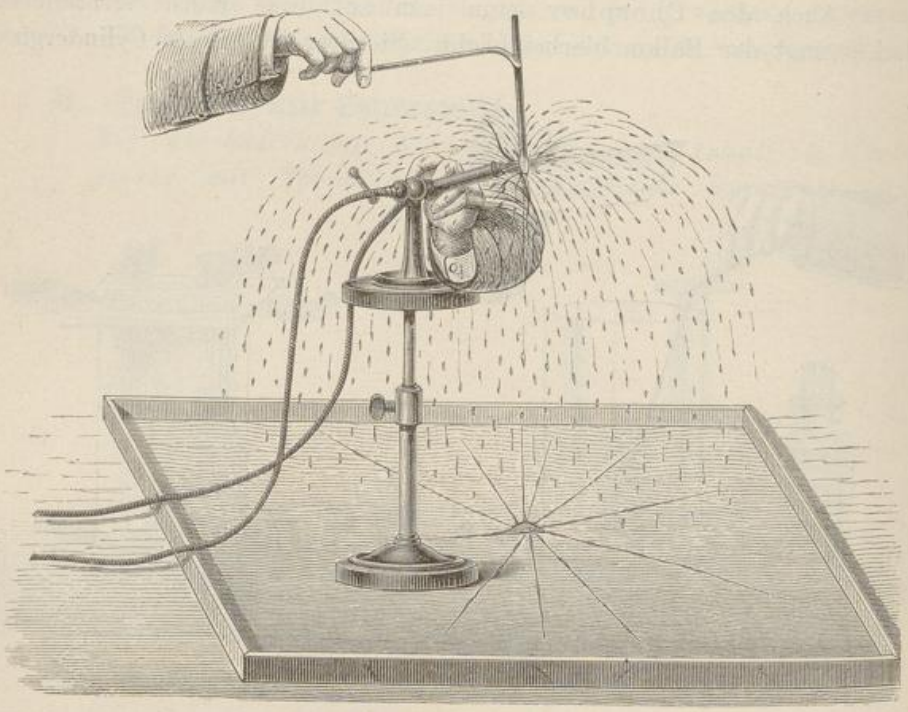


Fig. 491. Sauerstoffgebläselampe.

§ 32. Verbrennungsversuche mittels der Sauerstoffgebläselampe.

Ein Gasgebläse (Fig. 112, 113 oder 114), Drähte aus Eisen, Stahl, Kupfer und Messing von 1—3 mm Dicke, runde Gufseisenstäbe von 1 cm Dicke, ein Platindraht von 2 mm Dicke, dicke Kupfermünzen, ein dicker massiver Glasstab, ein flacher Holzkasten als Untersatz.

Die Versuche mit der Sauerstoffgebläselampe sind sehr effektvoll, sie lassen sich aber nur mit einigem Erfolge ausführen, wenn man über einen mehrere 100 Liter fassenden Gasometer verfügt. Die Gebläselampe wird zuerst senkrecht mit der Öffnung nach oben gestellt und das Gas entzündet, dann bläst man durch sehr langsames Öffnen des Hahns *b*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(a. a. O.) Sauerstoff ein und erhält eine mit blendendem Glanze leuchtende Flamme. Verstärkt man dann die Sauerstoffzufuhr unter entsprechender Ermäfsigung des Gasstroms, so hört das Leuchten der Flamme auf, während sie sich zugleich auf 20—30 cm verlängert. Mit dieser Flamme lassen sich in wenigen Sekunden die oben genannten Metalldrähte schmelzen, wobei der Stahl und das Gufseisen unter prachtvollem Funkensprühen verbrennt (Fig. 491), die dicken Kupfermünzen kommen rasch zur lebhaften Rotglut und lassen sich leicht mit der Stichflamme durchbohren. Der massive Glasstab schmilzt zu Thränen, die man in Wasser fallen läfst.

§ 32 A. Apparat zur Beobachtung und Messung der Sauerstoffausscheidung aus grünen Pflanzenteilen.*

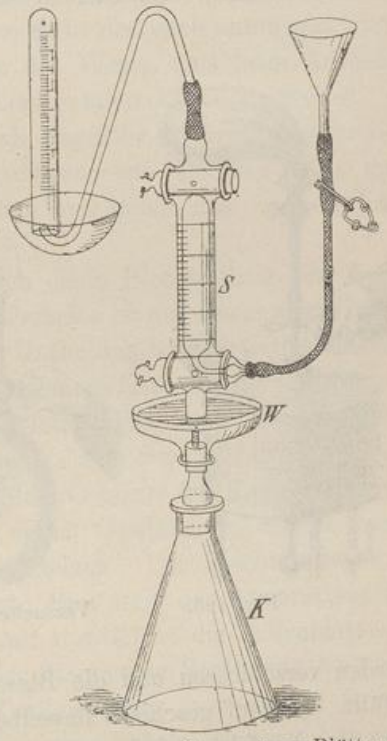


Fig. 492. Sauerstoff aus grünen Blättern.

Das Glasgefäfs *K* hat die Form eines Erlenmeyer'schen Kolbens, oben mit eingeschliffenem hohlen Stöpsel, in welchem durch Schliff das mit zwei Hähnen versehene Auffangerohr *S* eingesetzt ist. *W* ist eine pneumatische Wanne, welche den Glasstöpsel umgiebt. Der obere Hahn von *S* ist einfach durchbohrt, der untere doppelt und kann *S* sowohl mit *K* als auch mit dem durch Gummischlauch verbundenen Trichterrohr in Verbindung setzen. Der übrige Teil ist von selbst verständlich. Man füllt *K* mit Blättern, gieſst die Flasche bis an den Stöpsel mit kohlensaurem Wasser voll, setzt *W* und *S* auf und stellt das Ganze in die Sonne, während der obere Hahn von *S* geschlossen, der untere aber so gestellt ist, dafs *S* mit *K* in Verbindung steht. Hat sich eine genügende Menge Gas in *S* angesammelt, so kann man es in den neben aufgestellten Cylinder überführen, indem man es durch Eingiefsen von Wasser in das Trichterrohr verdrängt.

§ 33. Knallgas.

Eine tubulierte Glasglocke (500—800 ccm) mit aufgesetztem Kork und Rohr mit Quetschhahn, eine hinreichend grofse Schweins- oder

* *Zeitschrift für analyt. Chemie*, Bd. 22, S. 545. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 105.

Rindsblase mit angebundenem Hahnrohre, ein langer Draht mit Lichthülse, eine eiserne Schale.

Die Blase wird in Wasser eingeweicht und durch Ausdrücken völlig von Luft entleert. Das Hahnrohr, mit welchem sie verbunden ist, hat an seinem Ende ein flaches Näpfchen zur Erzeugung der Seifenblasen. Dieses wird abgeschraubt und das Rohr in den Kautschukschlauch der Glasglocke gesteckt. Jetzt füllt man letztere aus einem Gasometer oder in der pneumatischen Wanne mit Wasserstoff, öffnet zuerst den Hahn an der Blase, dann den Quetschhahn und taucht die Glocke ganz unter Wasser, wodurch das Gas in die Blase getrieben wird. Beide Hähne

Fig. 493.

Versuche mit Knallgas.

Fig. 494.

werden verschlossen und die Blase mit einer zweiten Glocke Wasserstoff gefüllt. Hierauf geschieht dasselbe einmal mit Sauerstoff. Dann schraubt man das Näpfchen wieder an das Rohr. Durch Auflösen von getrockneter und geschabter Marseiller Seife in warmem, destilliertem Wasser und Zusatz von Glycerin, sowie etwas Ammoniak bereitet man eine geeignete Lösung zur Erzeugung von Seifenblasen.* Man füllt hierauf, indem man

* Nach Schuller (*Wiedemann's Annalen*, Bd. 19, S. 254) bereitet man sich eine gute, haltbare Seifenlösung folgendermafsen: Schmierseife (Kaliseife) wird erst auf Glasplatten in dünne Schichten verteilt und lange Zeit an der Luft getrocknet, dann nach erfolgtem Zerbröckeln mit der zum Bedecken nötigen Menge von absolutem Alkohol übergossen und in der Kälte digeriert. Die filtrierte Lösung kann beliebig lange aufbewahrt werden und giebt mit der vierzigfachen Menge einer zehnprozentigen Glycerinlösung eine sehr gute Mischung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Blase senkrecht hält, das Näpfchen mittels eines Glasröhrchens mit der Seifenlösung, erzeugt durch vorsichtigen Druck eine Blase und löst dieselbe von dem Näpfchen durch einen seitlichen Ruck. Die Blasen steigen rasch auf. Ein zur Seite stehender Assistent entzündet während dessen die Blase, indem er dieselbe von oben und von der Seite (nicht von unten) her mit dem Lichte fafst. Bei einiger Übung gelingt dies fast jedes Mal.

Remsen* empfiehlt, die Entzündung in folgender Weise zu bewirken. Einer der gröfsten Glastrichter wird etwa 5—6 Fufs über dem Experimentiertische mittels Draht an der Zimmerdecke umgekehrt aufgehängt. Ein Gasbrenner wird nun in der Mitte des nach unten gerichteten Teils des Trichters fixiert, und zwar in der Weise, dafs beim Anzünden des Gases die Flamme sich in einer horizontalen Ebene ausbreitet. Es ist jetzt nur nötig, die Seifenblasen sich ungefähr senkrecht unter dem Trichter von der Pfeife losreifsen zu lassen; sie kommen dann ganz sicher in Berührung mit der Flamme und entzünden sich. (S. die Tafel am Ende des Werks, Figur 13.)

Statt dieses Glastrichters wende ich einen Blechtrichter von der in Figur 24 (Tafel) abgebildeten Form an. Derselbe ist auf einem mit eisernem Fufs versehenen, 1,7 m langen eisernen Gasleitungsrohr befestigt, welches oben rechtwinklig umgebogen ist und an seinem Ende in eine kreisförmige hohle Röhre von Kupferblech endigt. Die letztere ist innen mit vielen dicht nebeneinander stehenden Löchern versehen, durch welche das Gas so ausströmt, dafs die einzelnen Strahlen nach dem Centrum des Kreises gerichtet sind. Man erhält dadurch einen Kranz feiner Gasflammen, welche zuerst nach innen gerichtet sind und dann aufsteigen. Der Blechtrichter wird über den kreisförmigen Brenner gehängt. Man stellt den Apparat auf den Rand des Experimentiertisches und kann nun leicht die Seifenblasen so aufsteigen lassen, dafs sie sicher mit der Flamme in Berührung kommen.

Das in der Blase rückständige Knallgas bläst man in das Seifenwasser, nachdem man dasselbe in eine eiserne Schale gegossen hat, und entzündet den grofsblasigen Schaum mit einem langen Spane.

§ 34. Explosive Gemenge aus Wasserstoff und Luft.

Ein hoher Fufscylinder, eine Glasplatte. Eine Explosionspipette (Kugeldurchmesser 30 mm, Rohrdurchmesser 8 mm, Rohrlänge unten 8, oben 15 cm, das obere Ende zu einer nicht zu feinen Spitze verjüngt). Eine Glasglocke, 30 cm hoch, 8 cm weit, mit einem 9 mm weiten Halse, pneumatische Wanne, Wasserstoffapparat.

* *Berichte d. Deutschen chem. Gesellsch.*, Bd. 11, S. 234. — *Chem. Centr.-Bl.* 1875, S. 227.

Am kräftigsten explodiert ein Gemenge von zwei Volumen Wasserstoff und fünf Volumen Luft. Die Explosion läfst sich auf verschiedene Art bewirken.

a) Im Cylinder. Der Fufscylinder wird in der pneumatischen Wanne zu $^2/_7$ mit Wasserstoff gefüllt, dann senkrecht aus dem Wasser gehoben, sogleich unten mit der Glasplatte bedeckt, einige Male hin und her geschwenkt und dann aufrecht auf den Tisch gestellt, worauf man nach Abziehen der Glasplatte das Gas mittels eines Fidibus entzündet.

b) Mittels der Explosionspipette* (Fig. 494). Diese wird durch einen Kautschukschlauch mit dem Gasometer verbunden, die Luft aus ihr durch Wasserstoff völlig verdrängt, dann abgezogen, senkrecht gehalten und das Gas oben rasch entzündet. Die von unten eintretende Luft

Fig. 495. Laden der elektrischen Pistole.

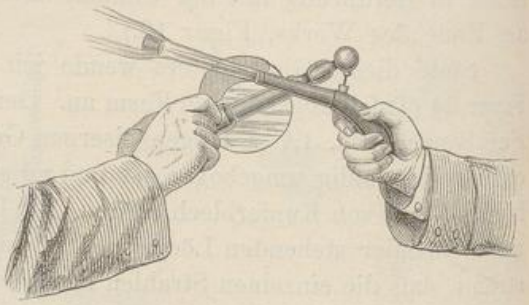


Fig. 496. Abschiefsen der elektrischen Pistole.

mischt sich mit einem Teile des noch vorhandenen Wasserstoffs, und nach kurzer Zeit tritt eine Explosion ein.

c) In der Glasglocke und d) mit dem umgekehrten Heber. Beide Versuche sind schon oben S. 324 beschrieben.

§ 35. Elektrische Pistole.

Eine elektrische Pistole mit angebundenem Kork, ein kleines Kölbchen mit granuliertem Zink und Säure zur Wasserstoffentwickelung. Eine kleine Elektrisiermaschine, eine Influenzmaschine oder ein Elektrophor aus Hartgummi mit Fuchsschwanz und kleiner Leydener Flasche oder ein Funkeninduktor.

---

* Die obere Öffnung der Explosionspipette mufs verjüngt sein, damit das Wasserstoffgas nicht zu schnell ausströmt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Pistole ist eine Blechröhre von beliebiger Form, unten geschlossen. Der durch eine Seitenwand geführte Draht trägt innen eine kleine Kugel, ist gut isoliert und so befestigt, dafs die Kugel etwa 1 mm von der Blechwand absteht. Zum Füllen benutzt man ein kleines Kölbchen mit aufgesetztem Glasrohr, mit Zink und verdünnter Säure beschickt. Die Pistole wird einige Sekunden über das Glasrohr gehalten (Fig. 495), so dafs die Öffnung des letzteren bis in den oberen Teil der Pistole reicht. (Die hierzu nötige Zeit lernt man leicht durch einige Probeversuche kennen.) Dann setzt man den Stöpsel auf und läfst den elektrischen Funken überschlagen, wozu man sich entweder der in Figur 496 dargestellten kleinen Elektrisiermaschine oder eines Induktionsapparats oder auch der

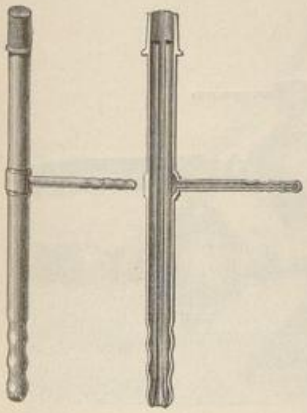


Fig. 497. Daniell'scher Hahn.

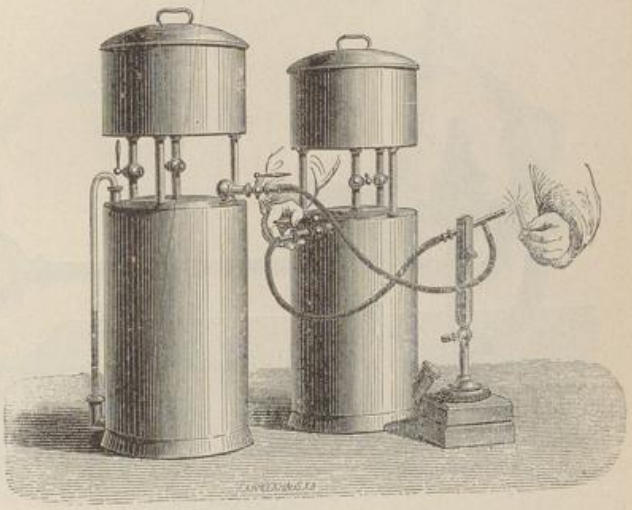


Fig. 498. Drummond'sches Licht.

Leydener Flasche bedient. Letztere stellt man sich aus einem grofsen Probierglase her, indem man dessen umgebogenen Rand gerade absprengt. Die äufsere Wand wird bis auf 2 cm Abstand vom Rande mit Stanniol überzogen, das Innere mit starker Gummilösung ausgeschwenkt und sogleich mit Eisenpulver ausgeschüttelt. Dann entfernt man letzteres auf 2 cm Breite vom Rande ab durch Auswischen und läfst gut trocknen. Ein nicht zu dicht schliefsender Kork wird mittels eines Messingdrahts, der oben eine Kugel trägt, durchbohrt, das untere Ende des Drahts mit mehreren feinen Drähten verbunden und der Kork mit warmem Siegellack in die Öffnung des Rohrs eingesetzt, auch der äufsere Rand des letzteren noch mit Siegellack überzogen. Das Abschiefsen der Pistole geschieht, indem man den nach aufsen ragenden Draht mit der Kugel der Leydener Flasche berührt. Bevor man den Versuch ausführt, überzeugt man sich,

dafs im Innern die richtige Schlagweite für den Funken vorhanden, und nicht etwa durch einen Zufall der Draht in seiner isolierenden Hülse nach aufsen oder innen verschoben ist. Man entladet deshalb die Leydener Flasche zuerst durch die mit Luft gefüllte Pistole, indem man durch die Öffnung beobachtet, ob der Funken im Innern auch wirklich überspringt.

§ 36. Knallgasgebläse; Drummond'sches Licht.

Ein Daniell'scher Hahn nebst Röhrenhalter oder ein Knallgasgebläse, Sauerstoff- und Wasserstoffgasometer.

Um die bedeutende Hitze der Knallgasflamme zu zeigen, genügt für den Versuch im kleinen ein Daniell'scher Hahn (Fig. 497). Für gröfsere

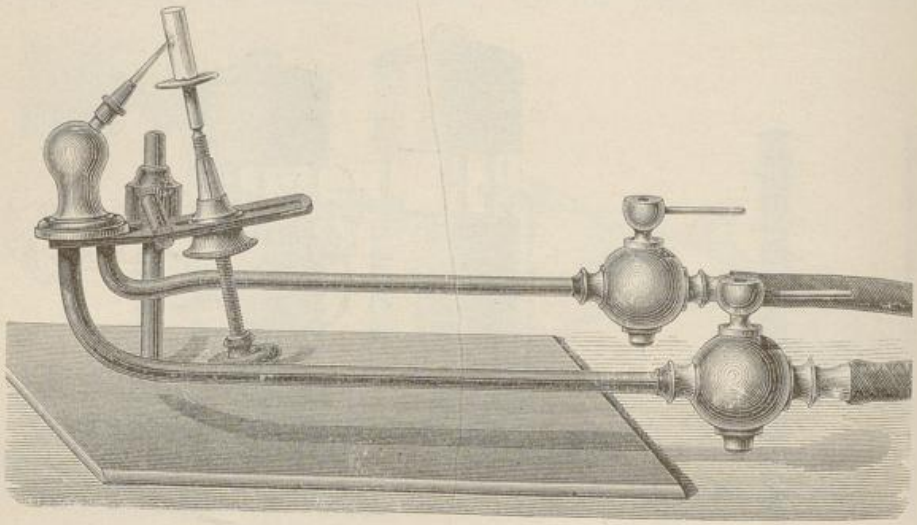


Fig. 499. Knallgasgebläse für Drummond'sches Licht.

Wirkungen ist das Knallgasgebläse (Fig. 499) zu empfehlen. Beide sind nach dem gleichen Prinzip konstruiert, derart, dafs Wasserstoff und Sauerstoff sich erst unmittelbar vor ihrem Austritte mischen, so dafs eine Explosion des gefährlichen Gasgemenges unmöglich ist, wenn man sich von der Reinheit der beiden Gase zuvor überzeugt hat und die Gashähne erst in dem Augenblicke der Entzündung des Gases öffnet und sogleich nach Beendigung des Versuchs beide wieder schliefst. Der Daniell'sche Hahn wird in einen Röhrenhalter geklemmt (Fig. 498). Die beiden Gase müssen bei diesem Gebläse unter annähernd gleichem Drucke stehen. Man öffnet zuerst den Wasserstoffhahn, entzündet die Flamme und bläst sogleich danach Sauerstoff ein, indem man die beiden Gasströme passend reguliert. Man kann mit dem Knallgasgebläse dieselben Versuche ausführen, wie mit der Sauerstoffgebläselampe (Seite 348), doch benutzt man

es meist nur zur Erzeugung des DRUMMOND'schen Lichts. Die hierzu nötigen Kalkcylinder schneidet man sich aus Wiener Kalk 2 cm dick und 4—5 cm lang. Das Knallgasgebläse (Fig. 499) ist derart konstruiert, dafs man den Cylinder auf- und abschieben, um seine Achse drehen und dadurch ein Licht von längerer Dauer erzeugen kann.

Man kann das Knallgasgebläse anstatt mit Wasserstoff auch mit Leuchtgas speisen, doch darf dies nicht direkt aus der Gasleitung entnommen werden, weil hier der Druck zu schwach ist; man mufs es deshalb zuerst in den Gasometer füllen.

Statt der Kalkcylinder, welche den Nachteil haben, dafs sie sich

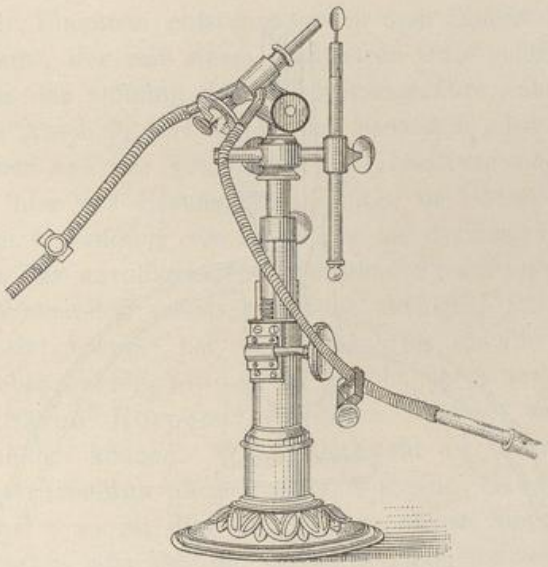


Fig. 500. LINNEMANN'sche Leuchtgas-Sauerstofflampe.

bald unter Kohlensäureabgabe ätzend brennen und zerfallen, wendet man mit Vorteil Stifte aus gebrannter Magnesia oder Zirkonerde an. Besonders die letzteren geben ein Licht von hohem Glanze und bedeutender Intensität (s. unten).

§ 36 A. Knallgasgebläse nach Linnemann für Leuchtgas und Sauerstoff.*

Bei diesem Gebläse, welches in Figur 500 in äufserer Ansicht und in Figur 501 in natürlicher Gröfse im Durchschnitt abgebildet ist, tritt das

* *Monatshefte für Chemie*, Bd. 6, S. 899. — *Chem. Centr.-Blatt* 1886, S. 261.

Leuchtgas durch das Rohr α und der Sauerstoff durch das Rohr β ein, der Brenner ist eine schwach konisch verjüngte und am Ende zusammengezogene Düse, welche im Innern cylindrisch gebohrt ist. In ihrer Mitte befindet sich das haarfein gebohrte, dickwandige Ausströmungsrohr für den Sauerstoff, welches nahe an seinem oberen Ende mit einer, dem cylindrischen Teil der Brenndüse angepafsten Erweiterung umgeben ist. Diese ist aufsen mit sechs kleinen Längsrinnen und drei Querrinnen versehen, welche das Leuchtgas passieren mufs und sich dadurch im ganzen Querschnitt der Ausflufsöffnung gleichmäfsig verteilt. Eine solche Einrichtung ist notwendig für das richtige Funktionieren der Flamme. Das

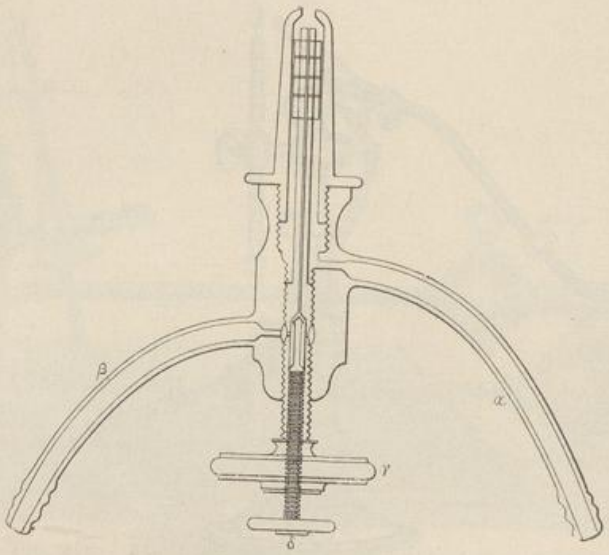


Fig. 501. Linnemann'sche Lampe.

untere Ende der Sauerstoffdüse ist aufsen mit einem Schraubengewinde versehen und kann durch den Schraubenkopf γ gegen die Ausflufsöffnung des Gases richtig eingestellt werden. Der Sauerstoff gelangt aus dem Rohr β mit Hilfe einer Aussparung in der Schraube δ durch vier kleine Öffnungen in das Innere der Sauerstoffdüse und kann durch δ genau geregelt werden. Es ist wichtig, dafs der Sauerstoff einen mindestens 10—15fachen Überdruck gegen das Leuchtgas hat, damit letzteres nicht schon innerhalb der Brennerdüse sich mit ihm mischt, sondern erst aufserhalb derselben Feuer fängt. Durch Drehen der beiden Schrauben γ und δ hat man es ganz in der Hand, die Flamme nach Belieben zu formieren.

Diese Lampe eignet sich vorzüglich, um unter Anwendung von Zirkonstiften oder Zirkonscheiben ein aufserordentlich intensives Licht

zu erzeugen, welches in Projektionsapparaten Verwendung finden kann. Sie wird zu diesem Zwecke von dem Verfertiger in zwei Formen geliefert: 1. auf Stativ mit Regulierungsschrauben zur Richtigeinstellung auf den Zirkonstift und zum Höher- und Tieferstellen des letzteren mittels Zahnstange und Trieb und 2. in einer kleineren Form, die sich für den Gebrauch im Scioptikon eignet.

§ 37. Umgekehrte Flammen. Verbrennung von Sauerstoff.

Ein hoher Fufscylinder mit Stativ, ein Apparat für umgekehrte Flammen (Fig. 503 oder 507), Wasserstoff oder Leuchtgas, Sauerstoff oder Luft.

Umgekehrte Flammen entstehen, wenn man Sauerstoff oder Luft in einen Raum leitet, der mit einem brennbaren Gase gefüllt ist, und das Gasgemenge an der Öffnung der Ausströmungsröhre entzündet; es hat dann ganz den Anschein, als brenne der Sauerstoff oder die Luft. Der Vorgang ist aber von der gewöhnlichen Verbrennung nur dadurch verschieden, dafs hier das Brennmaterial immer im Überschufs vorhanden ist, weshalb (bei Anwendung von Leuchtgas) bei der umgekehrten Flamme leicht Produkte der unvollkommenen Verbrennung auftreten, was bei Anwendung von Wasserstoff selbstverständlich unmöglich ist.

In Wahrheit „brennt“ bei der umgekehrten Flamme der Sauerstoff oder die Luft ebensowenig, wie bei der gewöhnlichen, wenn man nämlich unter „brennbaren Körpern“ diejenigen versteht, welche sich mit Sauerstoff verbinden können. Wenn gleichwohl die Chemiker sich ganz allgemein so auszudrücken pflegen, dafs sie sagen: „Sauerstoff brennt im Wasserstoff“, so ist dies nur in dem obigen Sinne zu verstehen.

Am einfachsten läfst sich die umgekehrte Flamme zeigen, wenn man den hohen Fufscylinder (Fig. 502) mit Wasserstoff oder Leuchtgas füllt, verkehrt am Stativ aufhängt, ein langes Sauerstoffausströmungsrohr bereit hält, den Wasserstoff an der unteren Öffnung entzündet und nun das Sauerstoffrohr, nachdem der Hahn des Gasometers bereits geöffnet war, von unten her in dem Cylinder in die Höhe schiebt. Es zeigt sich dann am oberen Ende des Rohrs im Innern des Cylinders die umgekehrte Flamme. Beim Herausziehen verlischt diese und kann durch abermaliges Aufschieben von neuem erzeugt werden, bis der Wasserstoff zum gröfsten Teile verbrannt und der Cylinder mit Wasserdampf gefüllt ist. Führt man das Rohr vor Öffnung des Sauerstoffhahns in den Cylinder, so kann selbstverständlich keine Flamme auftreten, vielmehr erfolgt, wenn man den Hahn öffnet, nach einiger Zeit eine Explosion.

Die Erzeugung umgekehrter Flammen ist zu einem beliebten Vorlesungsversuche geworden, und man hat die hierzu dienenden Apparate

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in mancherlei Weise modifiziert. J. Thomsen* empfiehlt zuerst folgenden Apparat: Man fertigt zwei 1 cm lange und 1 mm weite Platinröhrchen durch Zusammenrollen von ganz dünnem Platinblech, schmilzt diese in enge Glasröhren ein und steckt letztere 1—1,5 cm voneinander entfernt in einen Kautschukpfropfen. Das eine Rohr verbindet man mit dem Sauerstoffgasometer, das andere mit dem des Wasserstoffs, öffnet beide Hähne, zündet den Wasserstoff an und steckt dann den Kork in die

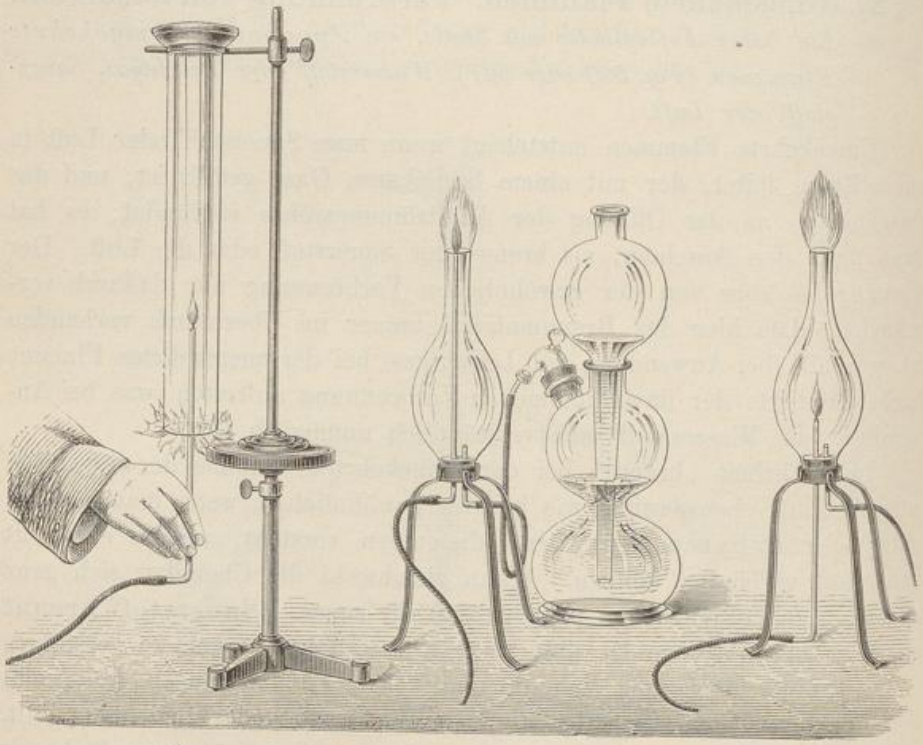


Fig. 502. Fig. 503. Fig. 504.

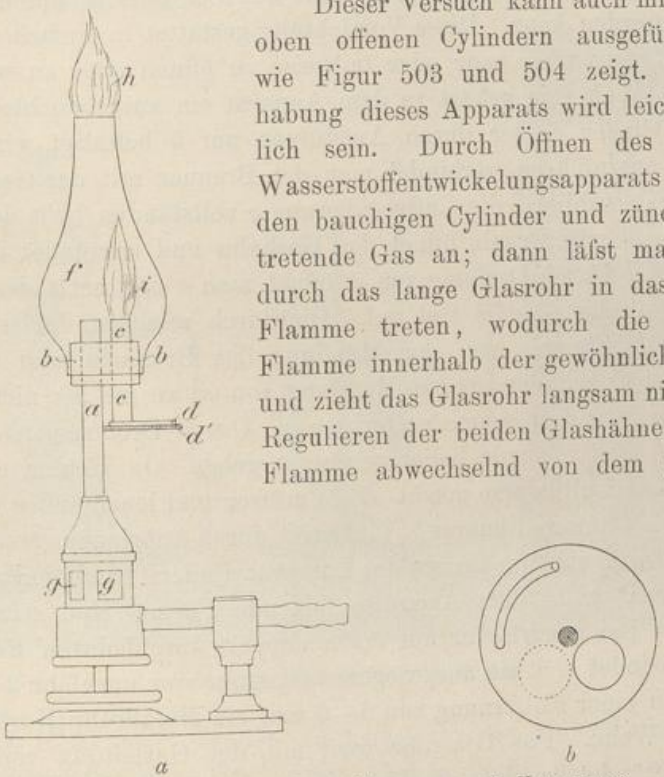
Umgekehrte Flammen.

untere Öffnung eines 10—15 cm langen, oben stark verjüngten, offenen Glascylinders. Der Wasserstoff brennt nun im Sauerstoff. Dreht man jetzt den Sauerstoffhahn langsam zurück, so dehnt sich die Wasserstoffflamme stark aus und verschwindet anscheinend einige Augenblicke, dann aber tritt die Flamme an der Sauerstoffröhre hervor, und nun „brennt der Sauerstoff“ fortwährend im Wasserstoff. Öffnet man jetzt den Sauerstoffhahn allmählich wieder, so zieht sich die Flamme nach dem Wasserstoffrohre hinüber, und es brennt dann wieder der Wasserstoff im Sauer-

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 930. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 817.

stoff. Das Phänomen läfst sich beliebig oft wiederholen. Während der Sauerstoff brennt, tritt ein Überschufs von Wasserstoff aus der oberen Mündung des Cylinders und läfst sich entzünden, so dafs man gleichzeitig die Verbrennung des Wasserstoffs an der Luft und die des Sauerstoffs im Wasserstoff demonstrieren kann (Fig. 18 auf der Tafel am Ende des Werks).

Dieser Versuch kann auch mit bauchigen, oben offenen Cylindern ausgeführt werden, wie Figur 503 und 504 zeigt. Die Handhabung dieses Apparats wird leicht verständlich sein. Durch Öffnen des Hahns des Wasserstoffentwickelungsapparats füllt man den bauchigen Cylinder und zündet das austretende Gas an; dann läfst man Sauerstoff durch das lange Glasrohr in das Innere der Flamme treten, wodurch die umgekehrte Flamme innerhalb der gewöhnlichen entsteht, und zieht das Glasrohr langsam nieder. Durch Regulieren der beiden Glashähne wandert die Flamme abwechselnd von dem einen Rohre



a b

Fig. 505. Umgekehrte Flammen nach Habermann.

zum anderen. Die Glasröhrenenden werden durch eine Umhüllung mit dünnem Platinblech geschützt.

Statt dieser Anordnung empfiehlt Habermann* folgende Konstruktion (Fig. 505 *a*):

Auf den oberen Teil eines Bunsenbrenners, dessen Flamme durch Abstellung der Luftzuführungsöffnungen *g* leuchtend gemacht werden kann, ist mittels einer Bohrung ein doppelt durchbohrter Korkpfropf *d* angebracht, der in der anderen Bohrung ein 6 cm langes Rohr *c* trägt, das ungefähr ebenso lichtweit ist, wie die Brennerröhre und dieser auf 2—3 mm

* *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1892, S. 323. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, II, S. 195.

nahe gerückt ist; c ist annähernd in gleicher Höhe mit der Brennermündung und besteht aus einem Metallrohr, das am unteren Ende zwei excentrische Metallscheiben dd' trägt. dd' hat in der Fortsetzung des Rohrstücks Löcher von dem Querschnitt des Rohrs. d ist am unteren Ende von c angelötet; d' ist an d mittels eines im Centrum angebrachten Stifts befestigt und um diesen drehbar. Ein zweiter in d angebrachter in einem Schlitz von d' eingreifender Stift bewirkt, dafs d' um höchstens 90° gedreht werden kann. Diese Vorrichtung gestattet in einfacher Weise, die untere Öffnung von c ganz oder teilweise zu öffnen oder zu schliefsen (Fig. 505b). Weiterhin gehört zu dem Apparat ein ausgebauchter Petroleumlampencylinder f, der durch Aufstülpen auf b befestigt wird. Um den Versuch auszuführen, verbindet man den Brenner mit der Gasleitung, schliefst die Luftregulierung g vollständig, hebt den Glascylinder ab, öffnet den Gashahn und entzündet das Gas. Durch Drehung von d' öffnet man c und setzt den Cylinder f auf b fest auf. Hierdurch verschwindet sofort die Flamme von der Mündung des Brenners und wandert nach der oberen Mündung von c, wo sie als nichtleuchtende Flamme weiterbrennt. Durch Drehen von d' kann man i jede beliebige Gröfse geben. Je kleiner man die Luftflamme macht, desto gröfser und leuchtender wird die äufsere Flamme h. i läfst sich durch Anbringung eines Glühkörpers (Drahtnetz etc.) im Innern des Lampencylinders leuchtend machen.

Fig. 506.

V. Wartha* giebt dem Apparate folgende Form: Man setzt einen weitbauchigen Lampencylinder auf einen doppelt durchbohrten Kork. In dem Korke befindet sich ein ausgezogenes Glasrohr von ungefähr 2—3 mm Weite, und in einer Entfernung von 5—6 mm ein Metallrohr (Korkbohrer) von 12 mm Weite. Das Glasrohr wird mit der Gasleitung verbunden, das Gas angezündet, so dafs die Flamme 5—6 cm hoch ist, der Cylinder aufgestülpt und der Gashahn vollends geöffnet. Die Gasflamme verlischt, und die Luft brennt nun. Man zündet dann das aus dem (mit einer Schutzkappe von Kupferblech versehenen) Cylinder ausströmende Gas an und hat die umgekehrte Erscheinung von dem im Cylinder geschehenden Prozesse. Dreht man den Gashahn langsam wieder zurück, so verschwindet die Flamme an der Cylinderöffnung, und die Luftflamme wandert an die Gasöffnung. Durch das weite Luftrohr kann man, wenn man den Gasstrom so geregelt hat, dafs aus ihm eine voluminöse Luftflamme, und oben aus der Cylinderöffnung eine Gasflamme brennt, ein zweites engeres (2 mm weites) Glasrohr von unten her einführen, welches mit

* *Poggendorffs Annalen*, Bd. 141, S. 470. — *Chem. Centr.-Blatt* 1871, S. 113.

einem anderen Gasleitungshahne verbunden ist, so dafs aus ihm eine kleinere (1—2 cm hohe) Flamme brennt. Diese letztere wird dann innerhalb der Luftflamme so brennen, wie in atmosphärischer Luft. Schiebt man das Rohr weiter in den Cylinder hinauf, so verlöscht die kleine Flamme, entzündet sich aber bald wieder, sobald man es zurückzieht.

Auf eine andere Modifikation des Apparats, welche HIMES* empfiehlt, sei hier nur hingewiesen.

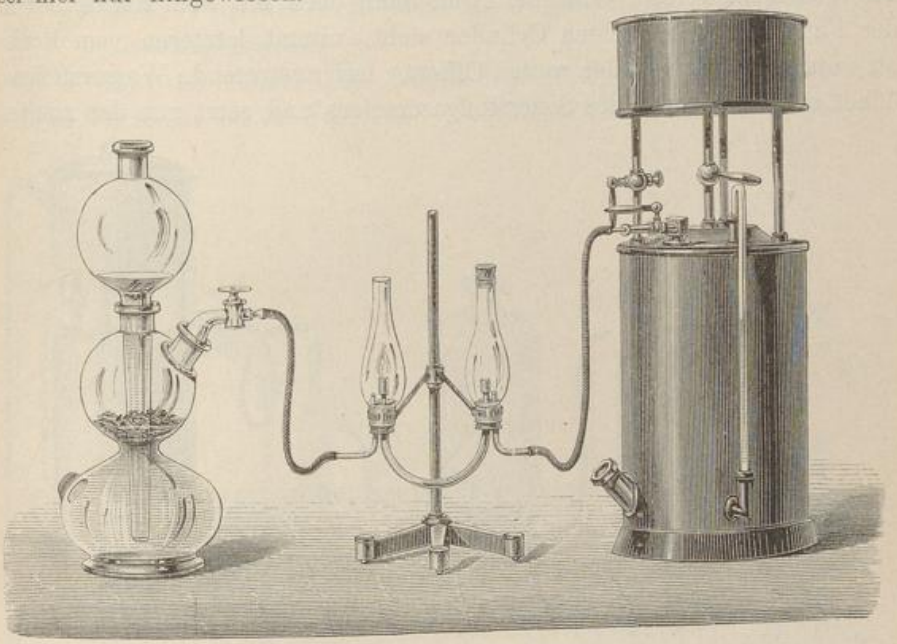


Fig. 507. Umgekehrte Flammen.

A. W. HOFMANN** wendet ein Kugelrohr von 5—600 cm Inhalt mit weiten Rohrenden an. Das untere kürzere Rohr dient zur Einleitung von Wasserstoff oder Leuchtgas; das obere längere Ende ist mit einem doppelt durchbohrten Kork zu verschliefsen: In der einen Bohrung steckt das Sauerstoffzuführungsrohr, welches bis in die Kugel hineinreicht und am unteren Ende nach oben umgebogen ist, so dafs die Ausströmungsöffnung etwa in der Mitte der Kugel steht; aufserdem trägt der obere Kork noch ein Gasableitungsrohr. Die Ausführung des Versuchs ist wie vorher: Man füllt den Apparat durch das untere Rohr mit Wasserstoff oder Leuchtgas, entzündet dies an der oberen offenen Röhre, setzt das Sauerstoffrohr ein und verschliefst die Öffnung mit einem Kork. Die Verbrennung des Sauerstoffs geht in dieser Weise ganz gefahrlos und ruhig von statten.

* *Chemical News*, Bd. 24, S. 84. — *Chem. Centr.-Blatt* 1871, S. 578.
** *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellsch.*, Bd. 15, S. 2656. — *Chem. Centr.-Bl.* 1883, S. 361.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Endlich gebe ich in Figur 507 den Apparat in der Form, wie ihn Heumann empfiehlt. Die beiden Glascylinder sind solche, wie sie zu Petroleumlampen noch hier und da gebraucht werden, das gebogene Glasrohr, welches beide verbindet, ist mindestens 1 cm weit und an seinen beiden Enden mit schützenden Blechhülsen versehen. Man öffnet den Hahn des Wasserstoffgasometers ganz, läfst alle Luft aus dem Cylinder zur Linken austreiben, verschliefst ihn dann oben mit dem Korke, der in der Figur auf dem rechten Cylinder steht, nimmt letzteren vom Korke ab, entzündet das aus der weiten Öffnung frei austretende Wasserstoffgas, öffnet auch den Hahn des Sauerstoffgasometers und setzt nun den zweiten

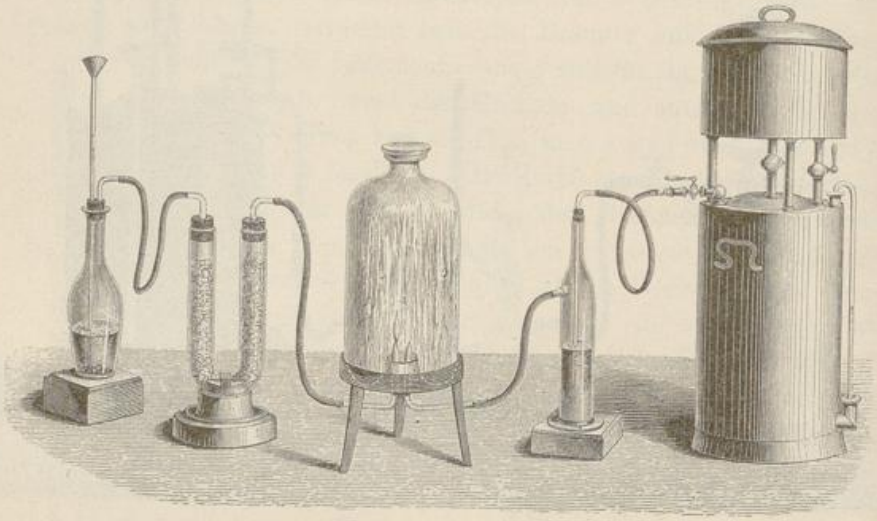


Fig. 508. Bildung von Wasser.

Cylinder wieder auf (unverschlossen). Es brennt jetzt der Wasserstoff im Sauerstoff. Um die umgekehrte Flamme zu erzeugen, nimmt man den Kork vom linken Cylinder ab und setzt ihn auf den rechten, worauf die Flamme sich bald in das weite Rohr zurückzieht, durch dieses hindurchschlüpft und nun im anderen Cylinder erscheint; doch brennt jetzt der Sauerstoff im Wasserstoff. Durch abwechselndes Verschliefsen und Öffnen der beiden Cylinder kann man diesen Vorgang beliebig oft wiederholen.

Zu allen diesen Versuchen kann man ebenso gut Wasserstoff wie Leuchtgas anwenden; letzteres hat den Vorzug, dafs die Flammen auf gröfsere Entfernung hin sichtbar sind.

§ 38. Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff.

a) Eine tubulierte Glocke mit Stöpsel und Gaseinströmungsröhren, auf Dreifufs (Fig. 508).

b) Eine Woulfe'sche Flasche mit zweifach gebogenem Trichterrohr und Kühlapparat (Fig. 509).

c) Ein Apparat nach Ossipoff (Fig. 510).

d) Ein Daniell'scher Hahn mit angesetztem U-*Rohr (Fig. 511).*

e) Ein Apparat nach Mixter.

f) Ein Y-*förmiges Platinrohr nach Piccard.*

g) Eine Platinretorte nach A. W. Hofmann. Wasserstoff- und Sauerstoffapparate.

a) Ein seit langer Zeit gebräuchlicher Apparat zur Demonstration dieses Prozesses ist in Figur 508 dargestellt. Man hebt die Glocke von

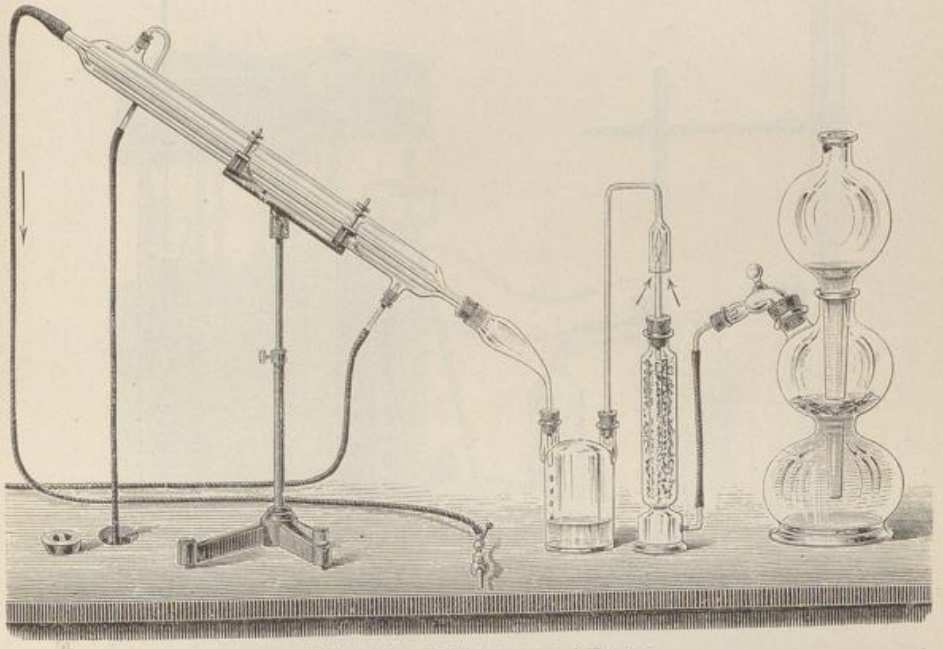


Fig. 509. Bildung von Wasser.

dem Dreifufs, entzündet das ausströmende Wasserstoffgas, dreht den Sauerstoffhahn auf und setzt die Glocke wieder auf. Durch das Auftreten eines Beschlags erkennt man die Bildung des Wassers. Die Glocke wird aber bald so heifs, dafs der Versuch unterbrochen werden mufs.

b) Wöhler* beschreibt einen Apparat, welcher im wesentlichen aus einem umgekehrten Trichter besteht, dessen langes Rohr horizontal umgebogen und mit einer weiten U-Röhre verbunden ist. Letztere steht mit einem Aspirator in Verbindung. Der wohlgetrocknete Wasserstoff brennt

* *Annalen der Chemie und Pharm.*, Bd. 157, S. 111. — *Chem. Centr.-Blatt* 1871, S. 145.

unter dem Trichter, und der dabei entstehende Wasserdampf wird mittels des Aspirators in das U-Rohr gesaugt, worin er sich kondensiert. Ähnlich wirkt der in Figur 509 dargestellte Apparat, dessen Einrichtung ohne Beschreibung verständlich ist. Es ist zu empfehlen, die WOULFE'sche Flasche in eine Schale mit Wasser zu stellen.

c) Kompendiöser und leichter zu handhaben ist der Apparat von OSSIPOFF (Fig. 510), dessen Wirkungsweise aus der Figur zu erkennen ist.

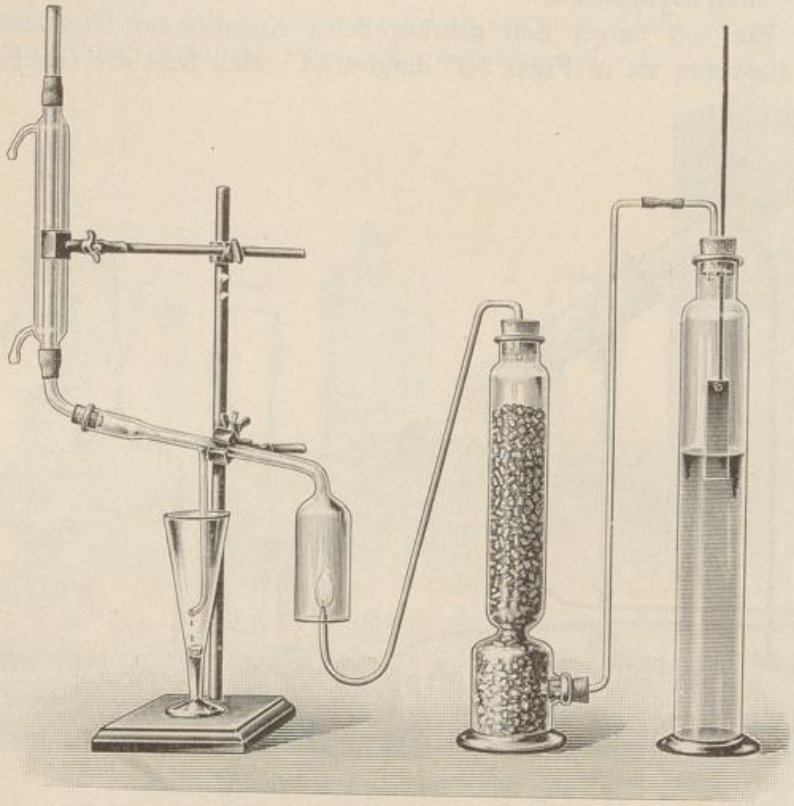


Fig. 510. Bildung von Wasser.

d) Nach F. C. G. MÜLLER* läfst man das Gas aus einem DANIELL'schen Hahne brennen, welcher in einen Glasvorstofs eingesetzt ist (Fig. 511). Dieser ist mittels Kork mit einem U-Rohre verbunden, von welchem eine zweimal rechtwinklig gebogene Röhre abführt. Man reguliert, bevor man den DANIELL'schen Hahn mittels eines Korks einsetzt, die Flamme und senkt das ganze Rohr in Wasser. Das Kelchglas mit dem Sperrwasser dient dazu, um zu erkennen, ob eines der beiden Gase im Überschufs ist.

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 9, S. 1629.

und man kann hiernach die Gasströme so regulieren, dafs kein unverbranntes Gas austritt.

e) Die folgende, von MIXTER* beschriebene Abänderung dieses Versuchs dürfte zu empfehlen sein (s. d. Tafel am Ende dieses Werks, Fig. 25): Ein Ballon mit gewölbtem Boden von 1 Liter Inhalt mit weitem und kurzem Halse ist mit einem doppelt durchbohrten Korke verschlossen, durch dessen Bohrung der Brenner des DANIELL'schen Hahns und ein Glasrohr von 5 mm äufserer Weite und 15 cm Länge geführt sind. Letzteres endigt dicht am Korke. Dieser Ballon wird an einem hohen eisernen Stativ verkehrt aufgehängt, so dafs der Brenner des DANIELL'schen Hahns nach oben, das Glasrohr nach unten gerichtet ist.

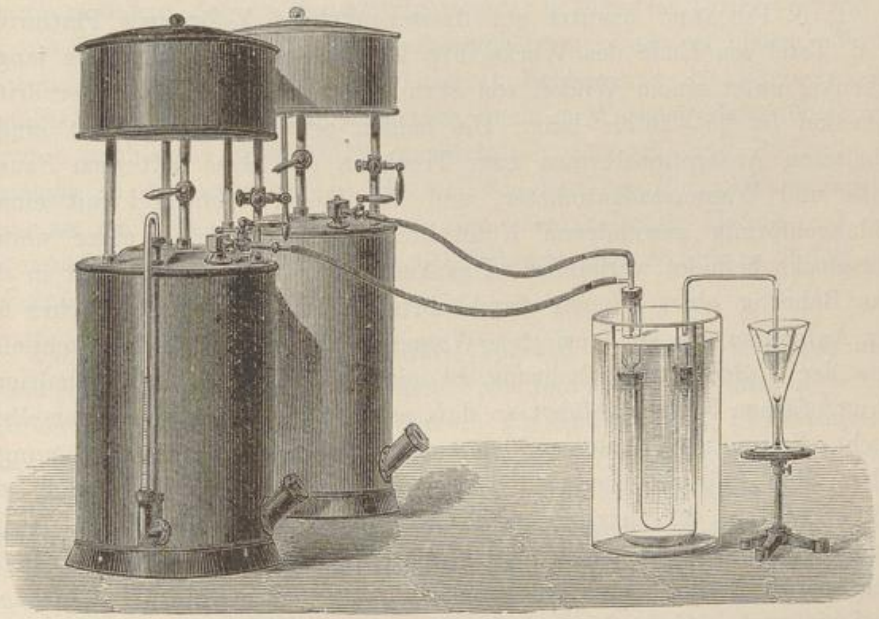


Fig. 511. Bildung von Wasser.

Durch dasselbe Stativ wird unterhalb des Ballons eine umgekehrte tubulierte Glasglocke getragen, welche als Kühlapparat dient, und deren Achse genau in der Verlängerung des Glasrohrs liegt. In den Tubulus ist mittels eines durchbohrten Korks ein weites Kühlrohr eingesetzt, in dessen oberes Ende man die Glasröhre des Ballons mittels Kork luftdicht einführt. Endlich ist auch noch das untere Ende der Kühlröhre mit einem etwa 6 cm langen, offenen Glasrohre durch Kork verbunden. Um den Versuch zu beginnen, nimmt man den Ballon vom Korke, zündet das

* *American Chemical Journal*, Bd. 2, S. 246. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 259.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wasserstoffgas an und öffnet den Sauerstoffhahn, darauf setzt man den Kolben wieder auf. Die Wasserdämpfe werden im Kühlrohre kondensiert und das Wasser fliefst in ein untergesetztes Becherglas. Sobald sich eine hinreichende Menge Wasser angesammelt hat, stellt man das Glas so, dafs das untere Ende des Kühlrohrs ins Wasser eintaucht, und kann nun durch Stellung der beiden Gashähne die Flamme so regulieren, dafs weder Sauerstoff, noch Wasserstoff austritt. Bei der Ausführung ist keine weitere Vorsicht nötig, als etwa in dem Falle, dafs die Flamme während des Versuchs durch Zufall verlöscht. Dann mufs man den Ballon, bevor man ihn wieder über die von neuem angezündete Flamme bringt, zuvor gehörig ausblasen, um das darin angesammelte Knallgas zu entfernen.

Zu den folgenden beiden Versuchen sind Platinapparate nötig.

f) J. Piccard* benutzt ein dreischenkeliges Y-förmiges Platinrohr (s. d. Tafel am Ende des Werks, Fig. 11), dessen kürzere (14 cm lange) Schenkel unter einem Winkel von etwa 40° zusammentreffen. Der dritte Schenkel ist 25—26 cm lang. Die beiden ersteren werden mit eingeschalteten Absorptionstürmen zum Trocknen der Gase mit dem Sauerstoff- und Wasserstoffgasometer, und der längere Schenkel mit einem schlangenförmig gewundenen Kühlrohre, welches sich in einer weiten Glasglocke befindet, verbunden. Das Ausflufsende des letzteren ist in die eine Bohrung eines doppelt durchbohrten Korks eingesetzt, welcher ein zur Aufnahme des kondensierten Wassers bestimmtes Gläschen schliefst. Aus der anderen Durchbohrung ist ein Rohr nach einer zweihalsigen Woulfe'schen Flasche geführt, so dafs es bis fast auf den Boden derselben reicht. Im zweiten Tubulus endlich steckt ein aufrechtes Gasausströmungsrohr. Man füllt nun zunächst den ganzen Apparat mit Wasserstoff und zündet ihn an dem letztgenannten Ausströmungsrohre an; dann bringt man den längeren Schenkel des Platinrohrs nahe an der Stelle, wo es sich verzweigt, durch eine untergesetzte Lampe zum Glühen, leitet Sauerstoff ein und entfernt hierauf die Lampe. Das Platinrohr gerät hierdurch an der Vereinigungsstelle der beiden Gase in lebhaftes Weifsglühen und leuchtet weithin. Durch Regulierung der Gasströme gelingt es auch hier wieder leicht, den Versuch so zu leiten, dafs in der Woulfe'schen Flasche keine Gasblase austritt, also auch die Flamme an ihrem Ausströmungsrohre gänzlich verlischt.

Zur Beachtung möge hier in betreff der Ausführung des Versuchs nachträglich noch folgendes empfohlen werden. Leitet man, wie vorgeschrieben, zuerst Wasserstoff durch den ganzen Apparat, um die Luft zu verdrängen, so würde es ganz unvermeidlich sein, dafs ein mehr

* *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 10, S. 180. — *Chem. Centr.-Bl.* 1877, S. 242.

oder weniger grofser Anteil des Gases (je nach der Stärke des Stroms) auch in den für die Zuleitung des Sauerstoffs bestimmten Schenkel eindringt, von hier aus in den Trockenturm diffundiert und sich mit dem darin enthaltenden Sauerstoff zu Knallgas mischt. Die Folge wäre, dafs beim darauf vorzunehmenden Erhitzen des Platinrohrs eine heftige Explosion eintreten würde, welche sehr bedenkliche Folgen haben könnte. Man vermeidet diesen Zufall sicher, wenn man über das mit dem für den Sauerstoff bestimmten Platinschenkel verbundene Kautschukrohr (zwischen Glasrohr und Absorptionsturm) einen Quetschhahn schiebt, welcher so lange geschlossen bleibt, bis die Verbrennung beginnen soll. Man erhitzt dann zuerst das Platinrohr an der Kreuzungsstelle der Röhren zum Glühen und öffnet nun erst den Quetschhahn; doch mufs man sich vorher überzeugt haben, dafs im Sauerstoffgasometer genügender Druck vorhanden ist, um das Gas sicher in den Wasserstoffstrom hinein zu blasen. Wohl zu beachten ist auch, dafs bei längerer Fortsetzung des Versuchs der Gasdruck weder im Sauerstoffgasometer, noch im Wasserstoffentwickelungsapparat nachlasse, damit nicht nachträglich dennoch eine Bildung von Knallgas im Apparate erfolge. (Es sind das dieselben Vorsichtsmafsregeln, die man auch bei der Handhabung des Daniell'schen Hahns und der Sauerstoffgebläselampe, sowie bei der Synthese der Salzsäure [§ 79] nie aus den Augen lassen darf.)

g) A. W. Hofmann* führt diesen Versuch in ähnlicher Weise aus, indem er statt des dreischenkeligen Platinrohrs die von ihm in seiner „Einleitung in die moderne Chemie" (5. Aufl. S. 202) beschriebene Platinretorte zur „Bildung von Wasser in grofsem Stil" benutzt (s. d. Tafel am Ende des Werks, Fig. 14). Zum Einleiten der Gase (Sauerstoff und Wasserstoff) dienen zwei Thonpfeifenrohre, welche bis nahe auf den Boden der Retorte reichen. Man läfst unter Anwendung derselben Vorsichtsmafsregeln, welche oben für die Benutzung des Piccard'schen Rohrs angegeben wurden (Überschieben eines Quetschhahns über das Kautschukrohr, welches den Sauerstoff zuführt), zuerst Wasserstoff durch die Retorte strömen, bis alle Luft aus dem ganzen Apparat verdrängt ist, erhitzt dann die Retorte zum Glühen und öffnet, nachdem man sich überzeugt hat, dafs im Sauerstoffgasometer ein genügender Druck vorhanden ist, den Quetschhahn. Das Ausströmungsrohr wird mit der Kühlschlange verbunden.

Beide Versuche sind im höchsten Grade effektvoll und dadurch besonders anschaulich, dafs man das vollständige Verschwinden der beiden

* *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 12, S. 1122. — *Chem. Centr.-Bl.* 1879, S. 496.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gase bei ihrer Verbindung zu Wasser beobachten kann. Notiert man den Wasserstand in den Gasometern in dem Augenblicke, in welchem die Gasströme richtig reguliert waren, so läfst sich auch das volumetrische Verhältnis der beiden Gase bestimmen.

§ 39. Glühen von Platin in Wasserstoff.

Sehr dünnes Platinblech, Platinschwamm, ein Wasserstoffgasometer, eine Döbereiner'sche Zündmaschine.

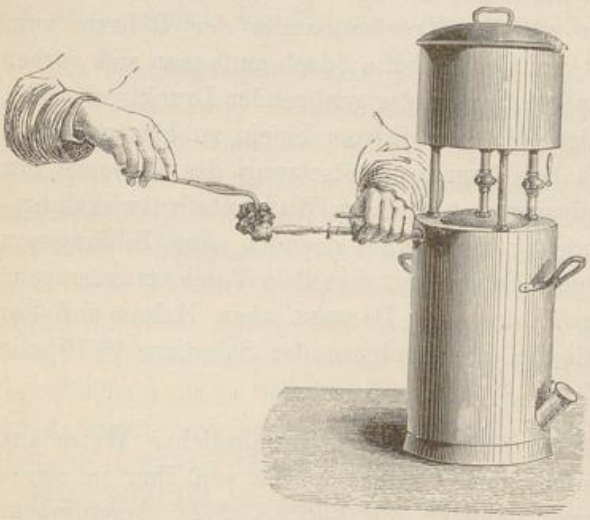


Fig. 512.
Erglühen von Platinblech in Wasserstoff.

Fig. 513.
Döbereiner'sche Zündmaschine.

Wenn ein Platinblech in einem feinen Strahle ausströmenden Wasserstoffs erglühen soll, mufs es äufserst dünn gewalzt sein. Man braucht es dann nur bauschig zusammenzudrücken, und mittels der Zange dem ausströmenden Gase entgegenzuhalten (Fig. 512). Sicherer gelingt der Versuch mit Platinschwamm in der Döbereiner'schen Zündmaschine (Fig. 513).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VIERTES KAPITEL.

Einige nichtmetallische und metallische brennbare Körper (Natur der Oxyde).

I. Nichtmetalle.

§ 40. Kohlenstoff, Darstellung durch Glühen organischer Körper.

Ein Platintiegel mit Deckel und Drahtdreieck. — Sägespäne oder Holzschnitzel, Zucker, baumwollene, leinene und wollene Lappen, Feder-, Knochen-, Leder- und Hornschnitzel.

Die genannten Substanzen werden einzeln in den Tiegel gebracht, dieser mit dem Deckel verschlossen und erhitzt. Dabei ist zu beobachten, dafs in allen Fällen brennbare Dämpfe entweichen, deren verschiedenartigen Geruch man bei zeitweiliger Entfernung der Lampe und Ausblasen der Flamme wahrnimmt. Ferner ist auf die Unschmelzbarkeit und die Unveränderlichkeit des Rückstands selbst beim stärksten Glühen hinzuweisen.

§ 41. Kohlenstoff, Absorptionsvermögen für gelöste Substanzen und Gase.

a) Eine eiserne Schale, ein Trichter nebst Faltenfilter, Lackmuslösung, Heidelbeersaft oder Rotwein.

b) Eine Quecksilberwanne nebst Quecksilber, ein Glasrohr, $2^1/_2$—3 cm weit, 15 cm hoch. Ein Kolben zur Entwickelung von Ammoniakgas nebst Trockenapparaten.

a) Absorption gelöster Stoffe. Knochenkohle wird in einer eisernen Schale gut ausgeglüht (Fig. 514) und dann noch warm auf ein Faltenfilter gebracht. Man färbt Wasser mit einem Pflanzenfarbstoff (Heidelbeersaft, Lackmus oder Rotwein) schwach und gieſst es auf die Kohle (Fig. 515). Das Filtrat erscheint, wenn die Färbung nicht zu intensiv war, in der Regel schon beim ersten Durchlaufen farblos, jedenfalls aber nach einmal oder mehrmals wiederholtem Aufgieſsen auf die Kohle. Sicherer gelingt die Entfärbung, wenn das gefärbte Wasser mit Knochenkohle eine Zeitlang gekocht und dann filtriert wird.

b) Absorption von Gasen. Das Glasrohr wird mit Quecksilber gefüllt und in der Wanne verkehrt aufgestellt. Hierauf entwickelt man aus einem Kolben durch Kochen von Ammoniakflüssigkeit Ammoniakgas, leitet dasselbe, um es zu trocknen, durch ein mit gebranntem Kalke gefülltes Absorptionsrohr und läfst es in dem mit Quecksilber gefüllten Rohre aufsteigen, bis dasselbe damit gefüllt ist. Hierauf glüht man ein Stück zuvor zurechtgeschnittene Holzkohle (Buchsbaumkohle) im be-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

deckten Platintiegel stark, nimmt es glühend heraus, taucht es sogleich unter das Quecksilber und bringt es in das mit Gas gefüllte Rohr. Alsbald beginnt die Absorption unter Aufsteigen des Quecksilbers (Fig. 516). Die Kohle mufs rundlich geschnitten sein, so dafs sie sich im Glase nicht festsetzen kann. — Da durch diesen Versuch nur die Absorptionsfähigkeit der Kohle für Gase gezeigt werden soll, ist Ammoniakgas, welches am stärksten (90 Volume auf 1 Volum Kohle) absorbirt wird, gewählt worden, obgleich es im Unterrichte noch nicht vorgekommen ist. Man braucht es dem Schüler einfach nur als ein „Gas“ zu bezeichnen, wenn man sich geniert, es mit Namen zu nennen. Wer sich aber auch hieran stöfst, mufs Sauerstoff, Stickstoff oder Wasserstoff nehmen, welche indes in viel

Fig. 514.
Absorption von Farbstoffen durch Kohle.

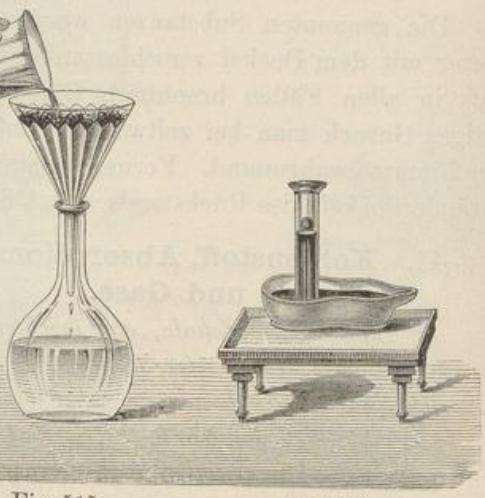


Fig. 515.
Absorption von Gasen durch Kohle.

Fig. 516.

geringerem Mafse absorbiert werden (Sauerstoff 9 Volume, Stickstoff 6,5 Volume, Wasserstoff 1,25 Volume der Kohle).

§ 42 A. Verbrennung von Kohlenstoff in Sauerstoff, Eigenschaften der Kohlensäure.

Ein Verbrennungsrohr, mehrere gewöhnliche hohe Fufscylinder, ein weiter Fufscylinder, dazu ein Gestell mit 4 Lichtern, eine Gasausströmungsröhre, eine pneumatische Wanne. Ein umgebogener Draht mit Lichthülse, zwei weite Cylindergläser, ein Heber, eine 1 m lange, einseitig geschlossene Glasröhre mit Stempel (Fig. 522). Gut ausgeglühte, gröblich gepulverte, staubfreie Holzkohle, (eventuell ein Kohlensäureentwickelungsapparat.

Das Verbrennungsrohr wird zum Teil mit der Holzkohle gefüllt und das Gasausströmungsrohr in einen hohen Fufscylinder gesteckt. Hierauf

erhitzt man die Holzkohle von aufsen her zum Glühen und leitet Sauerstoff in nicht zu raschem Strome ein, wobei man nach einiger Zeit mit einem brennenden Holzspane das Gas im Cylinder prüft (Fig. 517). Wendet man den Cylinder mit Lichtgestell an, so sieht man in kurzer Zeitfolge die vier Lichter der Reihe nach von unten her verlöschen.

Wenn die Kohle dem zugekorkten Ende des Verbrennungsrohrs zu nahe liegt, so geschieht es leicht, dafs der Kork durch fortspringende glühende Kohlenteilchen in Brand gerät, was zu vermeiden ist. Man schiebt deshalb zwischen Kork und Kohle beiderseitig einen lockeren Asbestpfropfen ein. Ferner kommt das Glasrohr durch die intensive Hitze

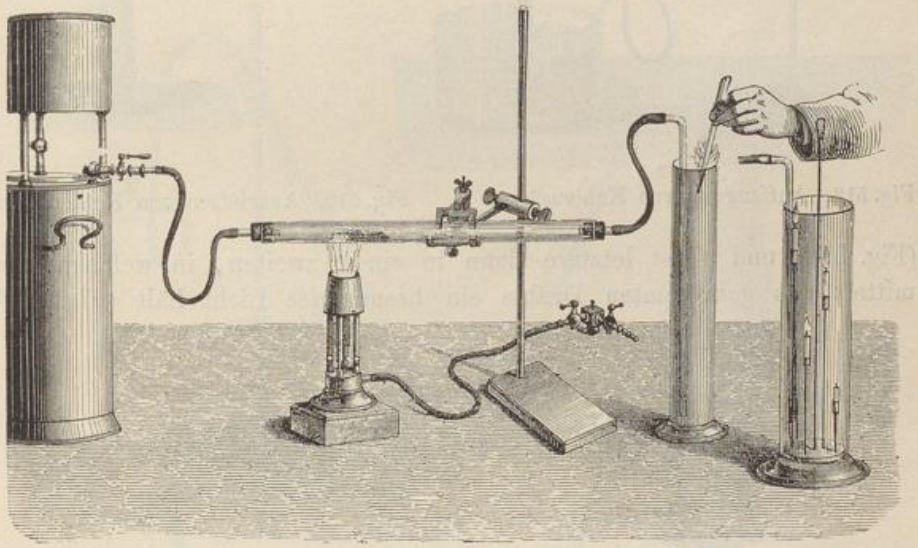


Fig. 517. Verbrennung von Kohlenstoff.

der verbrennenden Kohle leicht in die Gefahr, während des Versuchs zu springen. Um sich hiergegen zu sichern, schiebt man ein etwa 10 cm langes Platinblech, nachdem man es über einem Glasrohre zu einer Röhre geformt, so in die Verbrennungsröhre, dafs es sich dicht an die innere Wand derselben legt und diese ganz auskleidet. Man richtet es dann bei dem Versuche so ein, dafs die Kohle nur innerhalb des Platinblechs zum Verbrennen kommt. Will man gröfsere Mengen von Kohlensäure entwickeln, so bringt man das Platinblech nahe der Einströmungsöffnung des Rohrs an, füllt letzteres ganz oder fast ganz mit Kohle, setzt den Asbestpfropfen und dann den durchbohrten Kork auf, der mit dem Sauerstoffgasometer verbunden wird. Durch Schütteln bringt man die Kohle dicht an den Asbest. Ist die Kohle innerhalb des Platinblechs nahezu verbrannt, so schüttelt man neue Mengen von hinten vor.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Das hohe spezifische Gewicht der Kohlensäure läfst sich auch durch Ausgiefsen derselben zeigen. Man füllt einen Cylinder in der pneumatischen Wanne über warmem Wasser mit Kohlensäure

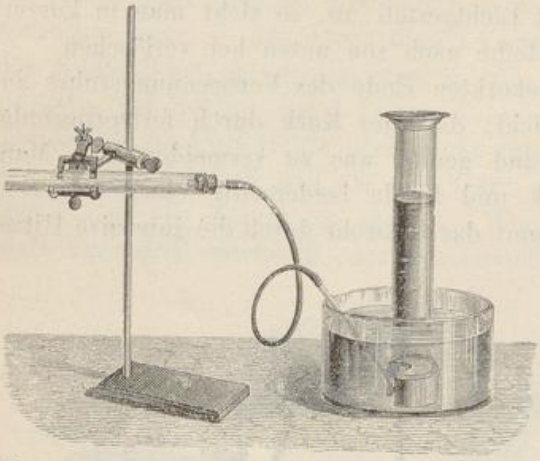


Fig. 518. Auffangung von Kohlensäure.

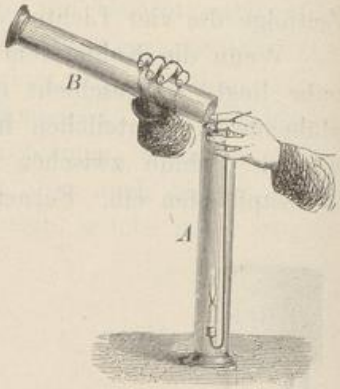


Fig. 519. Ausgiefsen von Kohlensäure.

(Fig. 518) und giefst letztere dann in einen zweiten, in welchen man mittels des gekrümmten Drahts ein brennendes Licht hält (Fig. 519).

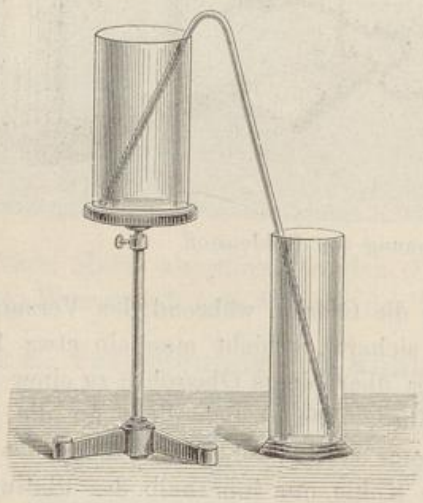


Fig. 520. Ausfliefsen von Kohlensäure durch den Heber.

Fig. 521. Absorption von Kohlensäure durch Wasser.

Um die Flamme nicht etwa durch eintropfendes Wasser zu verlöschen, bedecke man den mit Kohlensäure gefüllten Cylinder zuerst unter Wasser mit einer Glasplatte, stelle ihn auf den Tisch, lege hierauf statt der Glasplatte ein doppelt zusammengelegtes Stück Fliefspapier auf den Cylinder

und auf dieses wiederum die Glasplatte; hierauf halte man ihn einige Zeit verkehrt, bis sich das Wasser in das Fliefspapier gezogen hat. — Wie man die Kohlensäure mittels eines Hebers aus einem Glase in ein anderes fliefsen lassen kann (Böttger), zeigt Figur 520. Das obere Glas wird gefüllt, indem man das äufsere Rohr des Hebers mit dem Kohlensäure-Entwickelungsapparat verbindet, das Gas also von unten her einleitet, bis ein in das Glas hineingehaltener brennender Span verlöscht. Dann zieht man den Gaseinleitungsschlauch ab, setzt rasch einen zweiten Cylinder unter und weist durch Eintauchen eines brennenden Spanes nach, dafs die Kohlensäure in letzterem immer höher steigt.

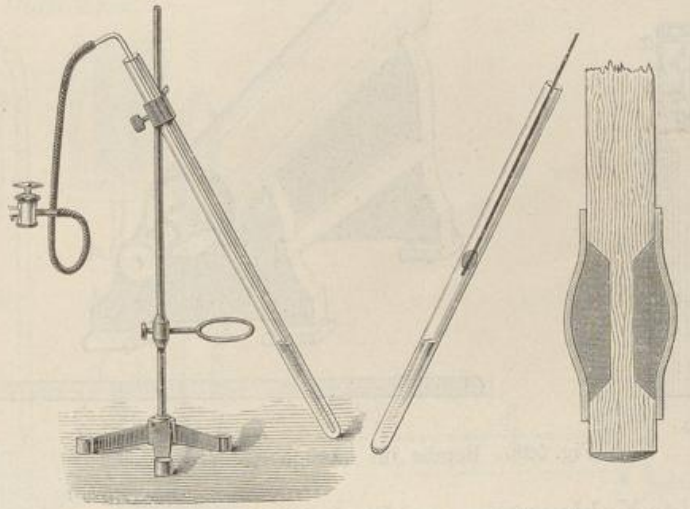


Fig. 522. Einpressen von Kohlensäure in Wasser.

Seifenblasen schwimmen auf Kohlensäure, wenn man sie in einen grofsen, senkrecht aufgestellten Trichter fallen läfst, den man von unten her bis zum Überfliefsen mit Kohlensäure füllt (Kessler).

b) Die Absorption durch Wasser wird demonstriert, indem man einen mit Stöpsel verschliefsbaren Cylinder ganz mit Kohlensäure füllt, dann in kaltes Wasser taucht, etwas von diesem eintreten läfst, unter Wasser den Stöpsel aufsetzt (Fig. 521), tüchtig schüttelt, abermals unter Wasser taucht u. s. f. — Dafs durch starken Druck mehrere Volume Kohlensäure in das Wasser eingepreſst werden können, wird durch den in Figur 522 abgebildeten Apparat gezeigt. Eine dickwandige Röhre von etwa 1 m Länge wird an dem einen Ende zugeschmolzen; dann stellt man einen dazu passenden Stempel in folgender Weise her: Ein starker Holzstab wird nahe an seinem Ende eingekerbt und mit weichem Bindfaden umwickelt, so dafs sich ein Bauch bildet. Über diesen schiebt man ein

weiches Kautschukrohr, so dafs sich der Stempel mit gelinder Reibung luftdicht in das Glasrohr einschieben läfst. Hierauf füllt man das Rohr etwa 20 cm hoch mit Wasser und leitet Kohlensäure ein, bis dieselbe oben überfliefst, worauf man das Rohr langsam herauszieht, während die Kohlensäureentwickelung noch fortgesetzt wird. Nach Einführung des Stempels drückt man den letzteren etwa 20 cm nieder, schüttelt, drückt von neuem, schüttelt wieder etc., bis das ganze Gas von dem Wasser aufgenommen ist. Zieht man dann den Stempel wieder heraus, so entweicht die eingepreſste Kohlensäure unter Aufschäumen (HEUMANN).

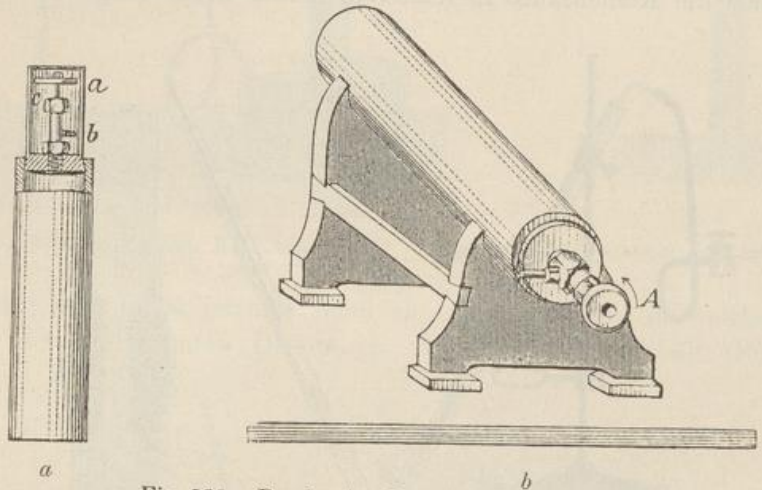


Fig. 523. Bombe für flüssige Kohlensäure.

Flüssige Kohlensäure. — Die Leichtigkeit, mit der man sich jetzt komprimierte Kohlensäure in flüssigem Zustand verschaffen kann, gestattet es, die zahlreichen, mit derselben anzustellenden Versuche in den experimentellen Schulunterricht zu ziehen. Am vorteilhaftesten sind Bomben von 4—8 kg Inhalt in Stahl (Fig. 523*a*). Man braucht dazu als Hilfsapparate noch einen Nippel (Schlauchansatz), einen Schlüssel, einen Tuchbeutel mit Holzring und einen Hornlöffel zum Entleeren des Tuchbeutels in eine gröfsere Porzellanschale. Die Flasche ist in eine solche Lage zu bringen, dafs das mit dem Ventil versehene Ende ungefähr 2 dm tiefer liegt als der Boden der Flasche (Fig. 523*b*). Nach der Entfernung der aufgeschraubten Schutzkappe des Ventils und Aufsetzen des Nippels wird der Holzring schräg nach oben gehalten, damit der Kohlensäurestrom den Tuchbeutel trifft. Man öffnet das Ventil allmählich, bis die Kohlensäure mit lebhaftem Zischen ausströmt, worauf sich in dem Beutel die feste Kohlensäure sammelt. Man bringt diese unter Zerdrücken im Tuche mit dem Hornlöffel in eine Porzellanschale, und erhält einen Schnee, mit

dem sich die Versuche rasch hintereinander ausführen lassen. Im übrigen sei auf die Ausführungen von SCHWALBE* verwiesen: Vorversuche zum Nachweis der Identität der festen Kohlensäure mit der gasförmigen, Experimente zur Demonstration der Spannungsverhältnisse bei der komprimierten Kohlensäure; elektrische Versuche, kalorische Versuche, Verhalten der Körper bei niederen Temperaturen, optische Versuche, das chemische Verhalten der Körper bei niederen Temperaturen; Versuche über die technische Verwertung der komprimierten Kohlensäure.

§ 42 B. Diffusion.

Zwei poröse Thonzellen mit aufgekitteten Deckeln und gebogenen Glasröhren.

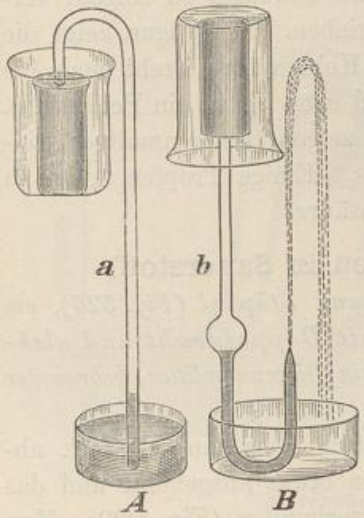


Fig. 524.

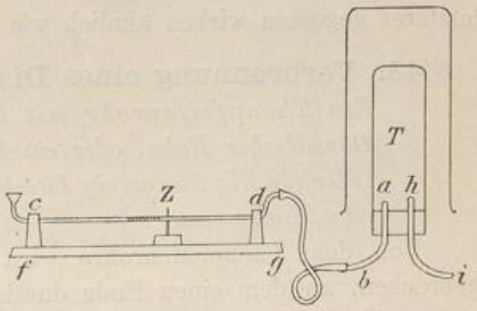


Fig. 525.

Diffusionsapparate.

Um die Diffusion von Gasen, die leichter oder schwerer als Luft sind, durch poröse Scheidewände zu zeigen, bedient man sich gewöhnlich des in Figur 524 abgebildeten Apparats. Zwei poröse Thonzellen sind mit Korkstöpseln dicht verschlossen, in welchen zwei Glasröhren von der Form *a* und *b* eingekittet sind. Die Zusammenstellung des Apparats, wie sie in *A* gezeichnet ist, dient zur Diffusion der Kohlensäure von aufsen in das Innere der Zelle. Das Becherglas wird mit Kohlensäure gefüllt; da diese langsamer nach innen als die Luft nach aufsen diffundiert, so entsteht ein luftverdünnter Raum und das Wasser steigt in *a* empor.

Um die Diffusion von Wasserstoff zu zeigen, wird das Glas verkehrt über die Thonzelle gestülpt, wie Figur *B* zeigt, und Wasserstoff unter das Becherglas geleitet. Sehr rasch steigt der Druck im Innern der

* *Zeitschr. für phys. u. chem. Unterricht*, Bd. 9, S. 61. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, I, S. 355.

Zellen und treibt das Wasser aus der verjüngten Öffnung der Glasröhre *d* in einem Strahl empor.

Dvorak* (Fig. 525) empfiehlt folgenden Diffusionsapparat, der in der Handhabung gewisse Bequemlichkeiten darbietet. Die Thonzelle *T* ist durch einen Korkstöpsel dicht verschlossen; derselbe trägt in der Durchbohrung *a* ein gebogenes Glasrohr *b* und in der anderen Durchbohrung *h* einen gebogenen Glasstab *i*, welcher als Handhabe dient. Die Glasröhre *b* ist mit dem 2 mm weiten und 45 cm langen Glasrohr *c d* durch einen möglichst biegsamen Kautschukschlauch verbunden. Das Rohr *c d* wird durch Holzkeile in horizontaler Lage gehalten und hat im Innern einige Tropfen gefärbten Weingeistes als Index.

Z ist ein verschiebbarer Zeiger. Um die Diffusion zu zeigen, verfährt man wie beim vorigen Apparat beschrieben. Die Figur zeigt die Haltung des Apparats für Wasserstoff. Für Kohlensäure dreht man die Thonzelle *D* mittels der Handhabe herum und setzt sie in ein Becherglas. Es genügt hier schon, um die Wirkung zu zeigen, ein einmaliges Einhauchen von Atmungsluft in das Becherglas. Einige Tropfen Äther in letzteres gegossen wirken ähnlich wie Kohlensäure.

§ 43. Verbrennung eines Diamanten in Sauerstoff.

Ein Thonpfeifenrohr mit Draht und Stöpsel (Fig. 526), ein Daniell'scher Hahn, oder ein Kork mit Doppeldraht und elektrischer Zündung; ein Literkolben; ein Diamantsplitter, gebrannter Gips, Kalkwasser.

Von dem Thonpfeifenrohre wird ein etwa 5 cm langes Stück abgebrochen, an dem einen Ende durch Bohren etwas ausgehöhlt und das andere Ende mit einem gebogenen Drahte verbunden (Fig. 526). Man bereitet durch Anrühren mit Wasser einen dicken Gipsbrei, bringt wenig davon in die Höhlung des Pfeifenrohrs, läfst etwas trocknen und drückt mittels der Pincette den Diamantsplitter ein, so dafs er mindestens zur Hälfte hervorragt. Dann schiebt man das andere Ende des Drahts in den Kork und läfst den Gips vollständig erhärten. Um den Diamant zu entzünden, bedient man sich des Knallgasgebläses in der Weise, wie Figur 527 zeigt, und schiebt den Draht in den Ballon, welchen man verstöpselt (Fig. 528). Nach dem Abbrennen des Diamanten gieſst man etwas Kalkwasser in den Ballon und schüttelt.

Andere Methoden zur Ausführung dieses Versuchs sind folgende:

a) Durch den durchbohrten Kork eines Literkolbens (s. d. Tafel am Ende des Werks, Fig. 26) führt man zwei isolierte starke Leitungsdrähte

* *Zeitschrift für phys. u. chem. Unterricht*, Bd. 6, S. 193. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 922.

senkrecht bis etwa in den halben Flaschenbauch hinab. Die äufseren (oberen) Enden können mit den Polen einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt werden, die inneren (unteren) sind etwas auseinandergebogen und durch einen schmalen Streifen dünnen Platinblechs oder einen feinen (zu einer Cylinderspirale gewundenen) Platindraht verbunden. Der Diamant wird auf den Blechstreifen gelegt (oder in die Spirale eingeschoben). Der Kork hat aufserdem noch zwei Durchbohrungen; die eine zum Einleiten von Sauerstoff, die andere zum Ableiten des Gases. Letztere ist mit einem Gasableitungsrohre verbunden, welches in Kalkwasser taucht. Man beginnt den Versuch, indem man, nachdem der Diamant an seinen Ort gebracht ist, den Ballon mit kohlensäurefreiem

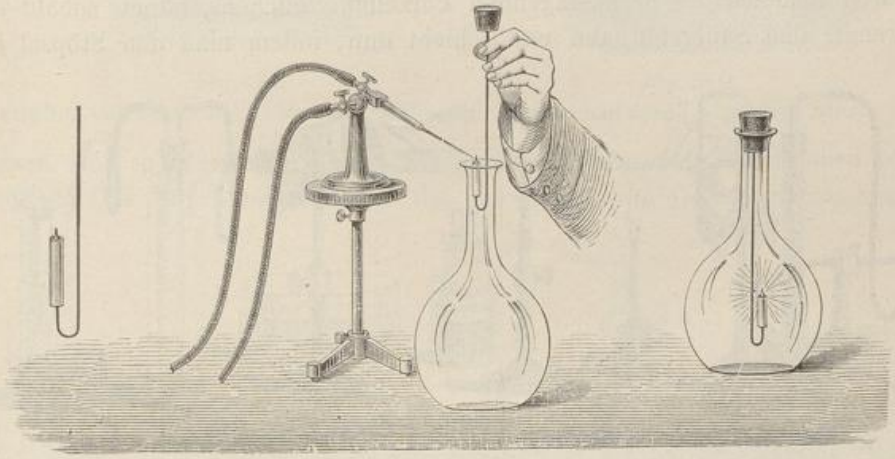


Fig. 526. Fig. 527. Fig. 528.

Verbrennen von Diamant in Sauerstoff.

Sauerstoff füllt und dann den elektrischen Strom schliefst. Indem sich der Diamant durch den glühenden Platinstreifen entzündet und mit lebhaftem Glanze verbrennt, erfolgt eine Trübung des Kalkwassers (C. J. Woodward*).

b) Man kann die Entzündung des Diamantsplitters auch durch Magnesium bewirken. Zu diesem Zwecke wird er auf ein kleines Stück Magnesiumband und dieses auf einen dünnen Thonscherben gelegt und mit ihm in eine Verbrennungsröhre geschoben, welche mit einem Sauerstoffgasometer in Verbindung steht. Nach Austreibung der Luft aus der Röhre durch Sauerstoff wird jener von aufsen durch die Flamme einer Gaslampe erhitzt, bis das Magnesium zu brennen beginnt; dieses entzündet den Diamant. Das austretende Gas leitet man in Kalkwasser. Die Magnesia hält man im Rohre durch einen Asbestpropfen zurück (Blindow**).

* *Chemical News*, Bd. 25, S. 127. — *Chem. Centr.-Blatt* 1872, S. 305.

** *Berichte d. Deutschen chem. Gesellsch.*, Bd. 9, S. 19. — *Chem. Centr.-Blatt* 1876, S. 179.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 44. Schwefel. Eigenschaften der schwefligen Säure.

Ein weites Verbrennungsrohr, mehrere Porzellanschiffchen, ein Sauerstoffgasometer, ein Präzisionshahn, ein Trockenrohr, eine kleine Glaslampe, ein Fufscylinder mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsvorrichtung, ein zweiter Fufscylinder mit Wasser, eine gröfsere Krystallisationsschale. Schwefel.

Zwei oder drei Porzellanschiffchen mit Schwefel werden in der Weise in die Röhre gebracht, dafs man das letzte vorerst noch halb herausragen läfst; der Stöpsel, welcher diese Seite des Rohrs zu verschliefsen bestimmt ist, ist mit einem Glasrohre durchbohrt, welches nach der inneren Seite etwa 10 cm über den Kork herausragt. Man entzündet den Schwefel durch Erhitzen des herausragenden Porzellanschiffchens, öffnet, sobald er brennt, den Sauerstoffhahn und schiebt nun, indem man den Stöpsel in

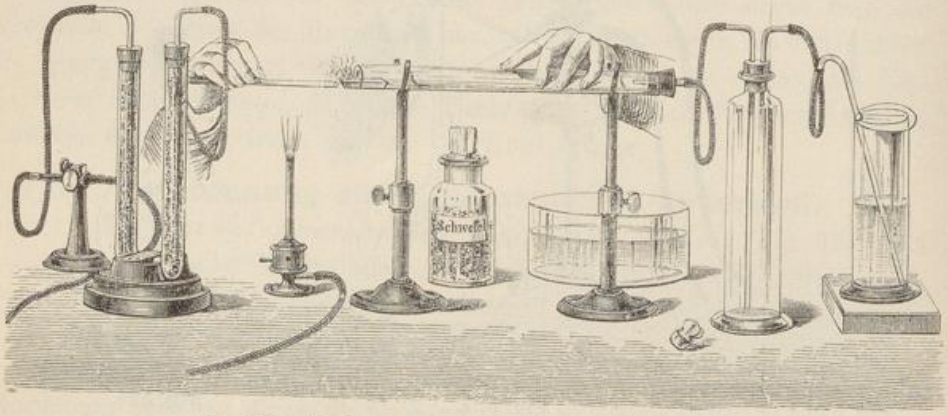


Fig. 529. Verbrennung von Schwefel in Sauerstoff.

die Hand nimmt, mit dem Gaseinströmungsrohre selbst das Schiffchen ganz in die Röhre (Fig. 529), worauf man den Stöpsel fest einsetzt. Der Schwefel mufs vor der Einführung des Sauerstoffs bereits brennen und darf nicht erst im Rohre durch Erhitzen von aufsen her entzündet werden, weil sich in diesem Falle ein explosives Gemenge von Sauerstoff und Schwefeldampf bilden würde. Bei der Verbrennung destilliert ein Teil des Schwefels ab und sublimiert im hinteren Teile des Rohrs zu Schwefelblumen. Man hält diese durch einen eingeschobenen Asbestpfropfen zurück. Wird der Versuch längere Zeit fortgesetzt, so kann es vorkommen, dafs die Schwefelblumen den Asbestpfropfen luftdicht überziehen. Man achte deshalb darauf, dafs aus dem Rohre im Wassergefäfs am Ende des Apparats fortwährend Gas austritt, und hebe es zu diesem Zwecke von Zeit zu Zeit an die Oberfläche. Sobald man hier keinen Gasaustritt mehr bemerkt, schliefst man den Sauerstoffhahn.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Eigenschaften der schwefligen Säure (hohes spezifisches Gewicht, Verlöschen von Flammen, Absorption durch Wasser, Fig. 530)

Fig. 530.
Asorption von schwefliger Säure durch Wasser.

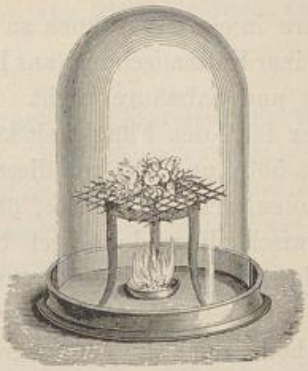
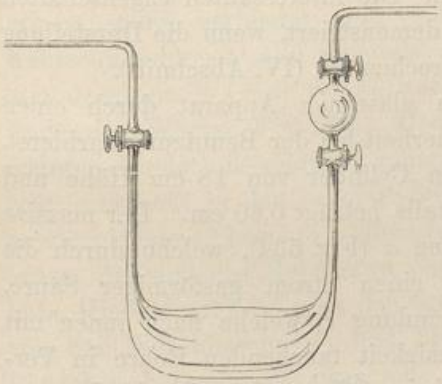


Fig. 531.
Bleichen durch schweflige Säure.

lassen sich in derselben Weise, wie bei der Kohlensäure beschrieben ist, zeigen. Das Bleichungsvermögen des schwefligsauren Gases erkennt man



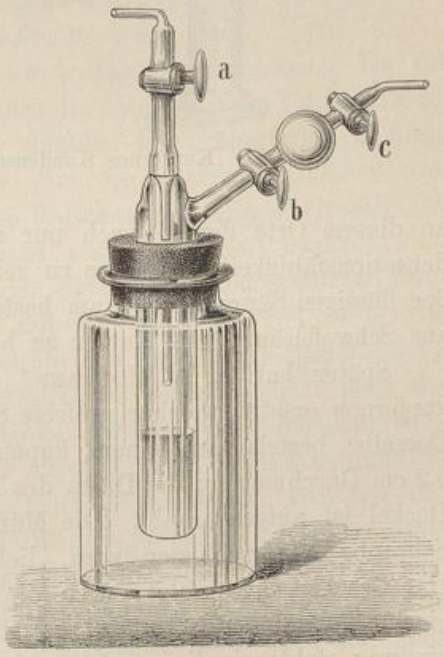


Fig. 532. Fig. 533.
Apparate zur Kondensation von schwefliger Säure.

durch Einwirkung desselben auf bunte Blumen unterhalb einer Glasglocke, in welcher Schwefel brennt (Fig. 531).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Kondensation der schwefligen Säure bewirkt man in einem der Apparate Figur 532 oder 533. Jener ist von Wöhler, dieser von A. W. Hofmann konstruiert. Beide beruhen darauf, daſs man die schweflige Säure in ein mit Hähnen zu verschlieſsendes weites Glasrohr leitet, welches in einer Kältemischung (aus Kochsalz und Schnee oder gepulvertem Glaubersalz und Salzsäure) steht. Nachdem darin eine hinreichende Menge zu einer farblosen Flüssigkeit kondensiert ist, schlieſst man die Hähne *a* und *b* (Fig. 533), und um von dieser Flüssigkeit etwas aus dem Apparate herauszuholen, schlieſst man *c*, öffnet *b* und neigt das Gefäſs so, daſs sich die dazwischenliegende Kugel teilweise füllt. Nachdem man *b* wieder geschlossen und *c* geöffnet hat, läſst sich die schweflige Säure ausgieſsen. Da die direkte Verbrennung von Schwefel in Sauerstoff nicht die geeignetste Methode zur Darstellung gröſserer Mengen dieses Gases ist, so wird man

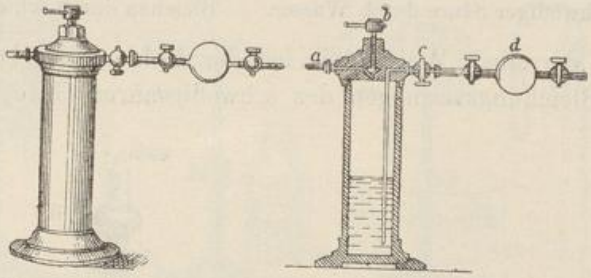


Fig. 534. Kupfernes Kondensationsgefäſs für schweflige Säure.

an diesem Orte den Versuch nur zu dem Zwecke ausführen, die Kondensationsfähigkeit des Gases zu zeigen. Die interessanten Eigenschaften der flüssigen Säure werden am besten demonstriert, wenn die Darstellung aus Schwefelsäure und Kupfer zu besprechen ist (IV. Abschnitt).

Später hat A. W. Hofmann* den gläsernen Apparat durch einen kupfernen ersetzt, welcher gröſsere Sicherheit bei der Benutzung darbietet. Derselbe besteht aus einem kupfernen Cylinder von 18 cm Höhe und 5,2 cm Durchmesser; die Dicke des Metalls beträgt 0,60 cm. Der massive Deckel ist aufgeschraubt. Die Mündung *a* (Fig. 534), welche durch die Schraube *b* verschlossen wird, liefert einen Strom gasförmiger Säure. Die Beschickung erfolgt durch die Mündung *c*, welche nach innen mit einem bis unter den Spiegel der Flüssigkeit tauchenden Rohre in Verbindung steht; sie liefert dann auch beim Öffnen einen Strahl des verflüssigten Gases. Zur Ansammlung begrenzter Mengen Flüssigkeit dient

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 2667. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 362.

eine Glaskugel *d* mit zwei angekitteten Metallhähnen, welche an die Mündung *c* angeschraubt werden kann. In diesem Apparate läfst sich das verflüssigte Schwefeldioxyd lange aufbewahren. Das Metall wird dadurch nicht angegriffen, wenn nur das Gas vor dem Einleiten völlig trocken war.

§ 45. Phosphor. Verbrennung in Sauerstoff; Phosphorsäure.

a) Gelber Phosphor, amorpher Phosphor. Eine Porzellanschale (10), ein Phosphorlöffelchen mit Draht. Glasröhrenstücke, 25 cm lang, von verschiedener Weite, ein Kautschukschlauch, eine mit Wasser gefüllte Waschflasche, ein tiefer Napf für kaltes Wasser.

b) Eine starkwandige Glasröhre, 8—10 mm weit, 25 cm lang, an einem Ende zugeschmolzen. Eine eiserne Röhre, in welche diese Glasröhre hineingeschoben werden kann, 20 cm lang.

c) Ein Eisenblech, 1,5 mm dick, 3 cm breit, 15 cm lang.

d) Eine grofse tubulierte Glasglocke, ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr (Fig. 535), ein Chamotteuntersatz, eine matt geschliffene Glastafel, eine Trockenröhre, ein Hahn, Sauerstoff.

e) Ein Kelchglas, ein Messingrohr, 3—4 mm weit.

a) Formen und Zerteilen von gelbem Phosphor. Da der gelbe Phosphor beim Aufbewahren selbst im Dunkeln sich bald mit einer undurchsichtigen, mehr oder weniger dunklen Haut überzieht, so formt man frische Stücke in folgender Weise: Mehrere Stangen Phosphor werden in einer Porzellanschale unter warmem Wasser, dem man etwas Salpetersäure zusetzt, zum Schmelzen gebracht und einige Zeit damit gelinde erhitzt; dann verbindet man eines der offenen Glasröhrenstücke durch Kautschukschlauch und Quetschhahn mit der Waschflasche, und zwar mit dem ins Wasser derselben tauchenden Rohre (s. die Tafel am Ende des Werks, Fig. 21). Über das andere Rohr schiebt man den anderen Kautschukschlauch, nimmt diesen in den Mund, hält das Glasrohr senkrecht in den in einer Schale unter warmem Wasser befindlichen geschmolzenen Phosphor, öffnet den Quetschhahn durch Drücken und saugt, bis sich das Rohr etwa zur Hälfte mit flüssigem Phosphor gefüllt hat. Hierauf schliefst man den Quetschhahn, zieht den Kautschukschlauch von der Waschflasche ab und bringt das Rohr vorsichtig (so dafs kein Phosphor heraustropft, was man leicht erreicht, indem man das Rohr mittels eines Löffelchens heraushebt) in den nebenstehenden tiefen Napf mit kaltem Wasser, bis der Phosphor darin erstarrt ist, worauf man ihn mit einem Drahte unter Wasser herausstöfst. Man wiederholt den Versuch, bis der Phosphor verbraucht ist. Will man kleine Stücke Phosphor

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

herstellen, ohne denselben zu schneiden, so schöpft man von dem unter Wasser geschmolzenen Phosphor mittels eines Löffelchens mit gebogenem Stiel etwas heraus, jedoch so, dafs noch eine Schicht Wasser im Löffel darüber steht, und läfst ihn in dem kalten Wasser erstarren.

Es ist bereits oben (S. 347) gesagt, dafs man den Phosphor aufser Wasser niemals mit der Hand, sondern nur mittels einer Pincette oder eines Stücks feuchten Fliefspapiers anfassen darf.

b) Amorpher Phosphor. Die Umwandlung des gelben Phosphors in roten geschieht (nach HEUMANN) am besten und raschesten in der folgenden Weise: Das dickwandige, an einem Ende zugeschmolzene Glasrohr wird bis zu einer Höhe von 4—6 cm mit abgetrockneten Phosphorstückchen gefüllt und dann 10—15 cm vom Ende entfernt mittels der Gebläselampe zugeschmolzen, indem man die betreffende Stelle des Rohrs völlig erweicht und innerhalb der Flamme das andere Stück langsam abzieht, wobei man dafür sorgt, dafs die Wand der abgezogenen Spitze nicht zu dünn wird. Durch nachträgliches Einhalten in die Gasflamme zieht sich die Spitze noch etwas zusammen. Man berufst das glühende Ende sofort, indem man es nach Abdrehung des Luftstroms in die Gasflamme hält. Hiernach läfst man erkalten. Alsdann schiebt man die Glasröhre in die eiserne Röhre hinein, legt sie in ein bereits auf 100—150° geheiztes Luftbad und steigert die Hitze bis auf 300°, welche Temperatur man 5—10 Minuten lang erhält; dann verlöscht man die Lampe, öffnet die Thüre des Luftbads und läfst erkalten. Der Apparat ist so aufzustellen, dafs, wenn die Röhre ja springen sollte (was bei genügender Vorsicht und hinreichender Erfahrung in der Behandlung geschlossener Röhren kaum zu befürchten ist), hierdurch niemand gefährdet werden kann; auch halte man einen genügenden Wasservorrat (Schlauch mit Spritzenrohr von der Wasserleitung) bereit, um den brennenden Phosphor sogleich zu löschen.

c) Das verschiedene Verhalten des amorphen und gewöhnlichen Phosphors beim Erwärmen zeigt man, indem man von jenem ein klein wenig im Löffel direkt in der Flamme erhitzt, anfangs schwach, dann stärker. Die Entzündung beginnt erst nach längerer Zeit. Oder besser: Man nimmt ein 1—1,5 mm dickes, 3 cm breites und 15 cm langes Eisenblech, bringt in der Entfernung von 5 cm von beiden Enden auf die eine Hälfte etwas roten und auf die andere etwas weifsen Phosphor, legt das Blech in horizontaler Lage auf den Ring eines Stativs und setzt genau unter die Mitte einen einfachen BUNSEN'schen Brenner, so dafs dessen Flamme das Blech gerade berührt. Es wird sich dann der weifse Phosphor sehr bald, der rote aber erst nach längerer Zeit entzünden. Man arbeite unter dem Abzug.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

d) Darstellung von Phosphorsäure. Auf eine ebene, matt geschliffene Glastafel setzt man einen Chamotteuntersatz mit Porzellanschälchen, spannt dann die rechtwinklig gebogene Glasröhre so in einen Röhrenhalter, dafs sie, in den Tubulus der Glocke eingeführt, den Rand des Schälchens gerade berührt, und verbindet ihr anderes Ende unter Einschaltung eines Hahns mit dem Sauerstoffgasometer. Dann hebt man die Glocke nebst Glasröhre wieder von der Platte ab, bringt ein Stück gut getrockneten Phosphor in das Schälchen, setzt die Glocke auf, rückt den Röhrenhalter so, dafs die Glasröhre innerhalb der Schale ganz dicht beim Rande mündet, füllt die Glocke rasch mit Sauerstoff und zündet den Phosphor durch Berührung mit einem warmen Drahte an (Fig. 535). Man beachte, dafs kein brennender Phosphor am Drahte hängen bleibt, und hüte sich, wenn dies doch geschehen sollte, vor einem Wegspritzen desselben auf die Haut. Den offenen Tubulus bedeckt man mit einem

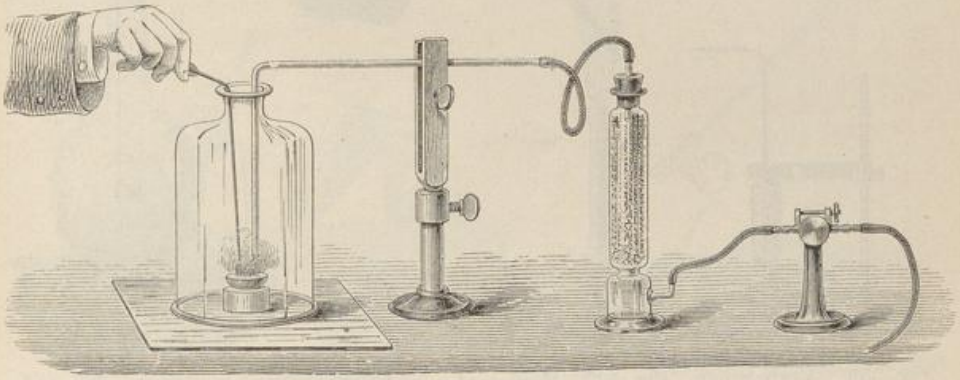


Fig. 535. Darstellung von Phosphorsäure.

ausgeschnittenen Stücke Asbestpappe, welches man durch ein Gewicht beschwert. Man reguliert den Sauerstoffstrom so, dafs die Verbrennung mit nicht zu grofser Intensität verläuft, andernfalls geht leicht ein Teil des Phosphors in den armorphen Zustand über, wodurch die an sich schneeweifse Phosphorsäure braun gefärbt werden würde. Nach Vollendung der Verbrennung wird der Sauerstoffstrom abgestellt und der Apparat, wie er ist, eine Zeitlang stehen gelassen, bis sich der Phosphorsäurerauch genügend gesetzt hat. Nach Abheben der Glocke ist die Glasplatte mit einer mehrere Millimeter dicken Schicht von Phosphorsäure bedeckt, welche nach ganz kurzer Zeit durch Anziehen von Wasser feucht und durchscheinend wird. Man stellt die Glocke verkehrt auf einen Dreifufs, setzt ein Becherglas unter und spritzt mit der Spritzflasche die Glasplatte und die innere Wand der Glocke ab, wobei ein starkes Zischen hörbar wird.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

e) Die Verbrennung von Phosphor unter Wasser wird in der Weise ausgeführt, dafs man ein Kelchglas zu zwei Dritteilen mit heifsem Wasser füllt, einige Phosphorstücke hineinwirft und mittels eines 3—4 mm weiten Messingrohrs, das man in einen Retortenhalter spannt, Sauerstoff bis dicht auf den Phosphor leitet. Sobald die aus dem Messingrohre austretenden Sauerstoffblasen den unter Wasser geschmolzenen Phosphor berühren, verbrennt derselbe mit lebhafter Flamme. Man setzt den Versuch so lange fort, bis keine Flammen mehr entstehen (Fig. 536). Das Wasser reagiert sauer und erscheint durch eine reichliche Menge brauner Flocken (amorpher Phosphor) getrübt.

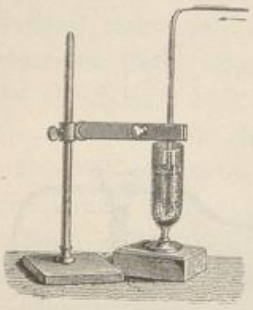


Fig. 536. Verbrennen von Phosphor in Wasser.

Fig. 537. Verdampfen und Sublimieren von Arsen.

Fig. 538. Verbrennen von Arsen in Sauerstoff.

Um gröfsere Mengen von Phosphorsäure darzustellen, bedient man sich eines an zwei Seiten tubulierten Kolbens (ein solcher ist weiter hinten in § 243 abgebildet). Durch den gut schliefsenden oberen Kork steckt man ein 15—20 mm weites Glasrohr, welches oben mit einem Korke verschlossen werden kann und an seinem unteren Ende ein mittels dreier 10 cm langer Platindrähte aufgehängtes Porzellanschälchen von 4 cm Durchmesser trägt. Das Rohr ist so tief in den Bauch des Kolbens eingesenkt, dafs der obere Rand der Porzellanschale mit den seitlichen Tubulaturen des Ballons in gleicher Höhe sich befindet. Durch die eine Tubulatur wird mittels Kork ein etwa 4—5 mm weites Glasrohr eingeführt, so dafs dessen inneres Ende gerade über den Rand der Porzellanschale reicht; das äufsere Ende ist mit einem Chlorcalciumturme verbunden. Durch die zweite Tubulatur ist ebenfalls ein wenigstens 10 mm

weites, kurzes Rohr geführt, welches in den Hals einer weiten tubulierten Vorlage eingepafst ist. Von der Tubulatur der letzteren endlich geht ein 4—5 mm weites Rohr zu einem Aspirator (Wasserluftpumpe oder Saugrohr des Wassertrommelgebläses). Man beginnt den Versuch damit, dafs man ein erbsengrofses Stück Phosphor durch das senkrechte Rohr des Ballons von oben herab in die Porzellanschale wirft, dasselbe mittels eines warmen Drahtes entzündet und das Rohr wieder schliefst. Der Phosphor brennt mit ruhiger Flamme weiter, bis der Sauerstoff der eingeschlossenen Luft fast verbraucht ist. Ehe er jedoch verlischt, setzt man den Aspirator in Thätigkeit, um die Flamme wieder anzufachen, und reguliert den Luftstrom so, dafs eine nicht allzu lebhafte Verbrennung stattfindet und keine erheblichen Mengen Phosphorsäure in die Vorlage, jedenfalls aber nicht in das Abzugsrohr der letzteren eingesogen werden.

Fig. 539. Verbrennen von Arsen auf Kohle.

Fig. 540. Verbrennen von Antimon auf Kohle.

Wird die Flamme des Phosphors schwächer, so wirft man ein neues Stück gut abgetrockneten Phosphor durch das Rohr ein u. s. f.

Bei allen Versuchen mit Phosphor sorge man dafür, dafs in den Apparaten nicht Reste von unverbrannter Substanz zurückbleiben.

§ 46. Arsen, Arsenspiegel, arsenige Säure.

a) Arsen. Ein Arsenröhrchen aus schwer schmelzbarem Glase.

b) Ein Ballon mit Korbuntersatz, ein Phosphorlöffelchen.

c) Ein böhmisches Rohr mit Porzellanschiffchen; ein grofser, seitlich tubulierter Ballon. Sauerstoff.

d) Ein Probierglas; arsenige Säure.

e) Ein Lötrohr mit Kohle.

Das käufliche Arsen ist in der Regel mit einer grauen Haut bedeckt. Um dieselbe zu beseitigen, kocht man es (nach BÖTTGER) mit einer mäfsig konzentrierten Lösung von doppelt chromsaurem Kali und etwas Schwefelsäure, wäscht es hierauf gut mit Wasser, dann mit Alkohol, schliefslich mit Äther ab und schmilzt es zur Aufbewahrung in ein Glasröhrchen ein.

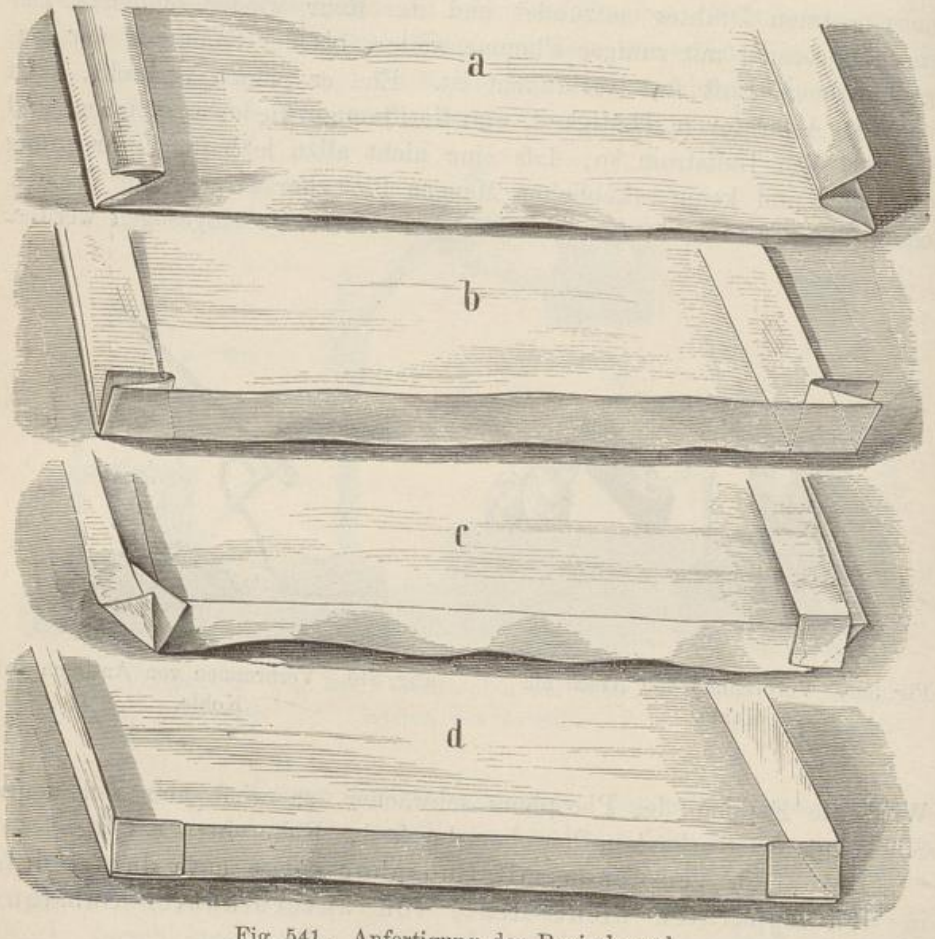


Fig. 541. Anfertigung der Papierkapsel.

a) Der Arsenspiegel wird erzeugt, wenn man einige Körnchen Arsen in die Röhre bringt und diese in der Flamme stark erhitzt (Fig. 537).

b) Verbrennung in Sauerstoff. Der mit Sauerstoff gefüllte Ballon wird auf den Korbuntersatz gesetzt und mit einer Glasplatte bedeckt; dann füllt man das Phosphorlöffelchen mit Arsen, entzündet dieses mittels der Lötrohrflamme und führt den Löffel in den Ballon

(Fig. 538). Mit bläulichgrauem Lichte und unter Entwickelung eines wellig geringelten weifsen Rauches erfolgt die Verbrennung.

c) Um zugleich die Verbrennung des Arsens und die Sublimation des entstandenen Arsentrioxyds zu zeigen, bringt man etwas Arsen mittels eines Porzellanschiffchens in ein böhmisches Rohr, führt das eine Ende desselben mittels eines durchbohrten Korks in den seitlichen Tubus des Ballons, welcher auch zur Sublimation des Schwefels benutzt wird (s. w. u., S. 399) und verbindet das andere Ende mit einem Sauerstoffgasometer. Erhitzt man nun das Glasrohr an der Stelle, wo das Porzellanschiffchen steht, so beginnt das Arsen zu brennen, und die Dämpfe der arsenigen Säure schlagen sich als weifser Überzug an der Wand des Ballons nieder.

d) In kaltem Wasser ist das Arsentrioxyd nur schwer löslich, doch rötet die Lösung, welche man erhält, wenn man das im Ballon sublimierte Verbrennungsprodukt mit Wasser schüttelt, einige Tropfen hinzugefügter Lackmustinktur deutlich, aber schwach. Gröfsere Mengen lösen sich beim Sieden (Übergang in die glasige Modifikation). Man erhitze in einem Reagensglase etwas arsenige Säure mit Wasser längere Zeit zum Sieden und filtriere heifs in ein anderes Reagensglas; aus dem Filtrat scheiden sich beim Erkalten reichliche Mengen festen Trioxyds wieder aus.

e) Um das Arsen auf Kohle zu verbrennen und dabei gleich den knoblauchartigen Geruch des Arsens zur Wahrnehmung zu bringen, bedient man sich des Lötrohrs (Fig. 539).

§ 47. Antimon; Verbrennung.

Ein Amboſs mit Hammer, ein eiserner Mörser, ein Lötrohr nebst Kohle, ein groſser Bogen glattes und steifes Papier. — Antimon.

Die Sprödigkeit des Antimons wird durch Hämmern auf dem Amboſs und durch Pulvern im Mörser gezeigt. Man schmilzt hierauf einige Gramm Antimon im Kohlengrübchen und erhitzt die geschmolzene Kugel zum lebhaften Rotglühen (Fig. 540). Zuvor hat man den Papierbogen auf die in Figur 541 dargestellte Weise mit einem aufgebogenen, senkrechten Rande umgeben. Die Kohle mit dem glühenden Kügelchen wird 1—2 dcm über die Mitte des Bogens gehalten und das Kügelchen auf diesen herabgeworfen. Das flüssige Metall teilt sich in sehr viel kleine Tröpfchen, welche glühend nach allen Richtungen herumhüpfen und ihre Spuren durch Verkohlen des Papiers zurücklassen (Fig. 542).

§ 48. Bor; Borsäure.

a) *Krystallisierte reine Borsäure, ein Becherglas (6), ein Schutzblech, ein Hornlöffel.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Ein Platintiegel, ein grofser Hempel'scher Ofen oder eine Gebläselampe.

c) Asbest, eine kleine Porzellanschale; ein kleines Kochfläschchen mit aufgesetztem, offenem Glasrohre, ein kleines Sandbad, Alkohol mit Schwefelsäure.

a) Löslichkeit der Borsäure und Reaktion. Borsäure ist in kaltem Wasser schwer, in heifsem leicht löslich. Man füllt das Becherglas bis zu $^3/_4$ mit Wasser, erhitzt es auf dem Schutzblech zum Sieden und trägt die Borsäure löffelweise unter Umrühren ein, solange auf neuen Zusatz noch Lösung erfolgt. Dann bewirkt man durch Einsetzen in kaltes Wasser die Abkühlung. Hierbei krystallisiert der gröfste Teil der Borsäure wieder aus. Die Mutterlauge rötet blaues Lackmus- und bräunt gelbes Curcumapapier.

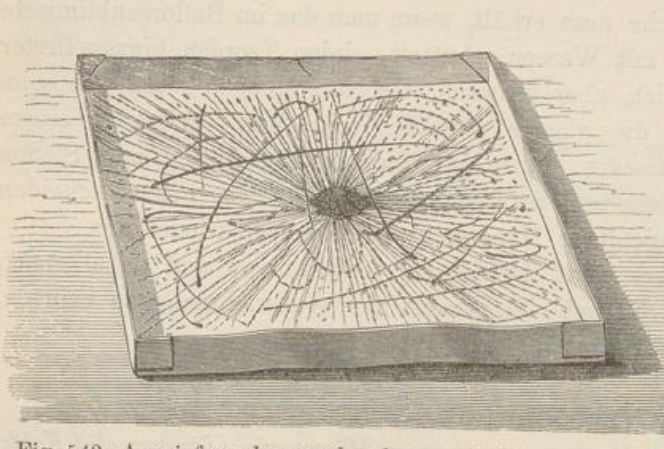


Fig. 542. Ausgiefsen des geschmolzenen Antimons.

Fig. 543. Verbrennen von Borsäureäther.

b) Schmelzung und Wassergehalt. Im Platintiegel (den man zuerst nur zur Hälfte füllt) schmilzt Borsäure schon bei gelinder Wärme, wobei ihr Krystallwasser unter Aufschäumen entweicht. Hierauf setzt man noch ein- oder zweimal neue Mengen von Borsäure zu und behandelt sie ebenso. Nachdem dies geschehen, bringt man den Tiegel über der Gebläselampe oder im HEMPEL'schen Ofen zum lebhaften Glühen und bringt hierdurch auch die wasserfreie Borsäure in Flufs. Nach dem Erkalten des Tiegels löst man die glasartige Masse durch sanftes Drücken und Aufklopfen des Tiegels mit seiner Öffnung auf den Tisch von den Tiegelwänden ab und bewahrt sie in einem gut zu verschliefsenden Glase für einen später anzustellenden Versuch (Hydrate) auf.

c) Die Grünfärbung der Flamme durch Borsäure bewirkt man am einfachsten, indem man eine alkoholische Lösung derselben über einen

Asbesthauch, der in einer kleinen Porzellanschale liegt, gießt und entzündet. — Eine hohe, grünleuchtende Flamme erhält man, wenn man in einem Kochfläschchen einen Löffel Borsäure mit Alkohol übergießt, einige Kubikcentimeter konzentrierter Schwefelsäure zusetzt, das Fläschchen durch den Kork mit Glasröhre verschließt, im Sandbade erhitzt und die alsbald austretenden Dämpfe (Borsäureäther) entzündet (Fig. 543). — Leitet man die Dämpfe mittels eines umgebogenen Glasrohrs in die Luftöffnung eines Bunsen'schen Brenners, so färbt sich die Flamme desselben durchaus grün.

§ 49. Selen, Verbrennung in Sauerstoff; selenige Säure.

Selen. Ein Kugelrohr mit weiter Röhre (Fig. 346). Eine doppelt tubulierte, weite Kugelvorlage mit Gasabströmungsrohr. Sauerstoff.

Verbrennung in Sauerstoff. Ein kleines Stückchen Selen wird in die Kugel der Kugelröhre gebracht, diese einerseits mit dem Sauerstoffgasometer und andererseits mit der Kugelvorlage verbunden. Das Gasableitungsrohr führt man in den Abzug. Der Apparat wird mit Sauerstoff gefüllt und das Selen in der Kugel durch Untersetzung einer Lampe erhitzt. Die beim Verbrennen sich bildende selenige Säure kondensiert sich in der Kugelvorlage. Die Möglichkeit der Verstopfung des Ausströmungsrohrs ist zu beachten.

Der Dampf der selenigen Säure ist grüngelb gefärbt, was man durch Erhitzen in einem Probiergläschen zeigen kann.

II. Leichte Metalle.

§ 50. Kalium und Natrium. Verbrennung in Sauerstoff; Kali und Natron.

a) *Kalium und Natrium unter Petroleum oder Petroleumäther. Beide Metalle für sich in Röhren eingeschmolzen. Kalium-, Natriumlegierung eingeschmolzen.*

b) *Ein weites böhmisches Rohr, 30—40 cm lang, oder ein Kugelrohr aus böhmischem Glase, eine Wasserstoffentwickelungsflasche nebst Trockenapparaten.*

c) *Zwei Porzellanschalen (4).*

a) Vergänglichkeit des Metallglanzes. Die frische Schnittfläche der beiden Metalle zeigt einen rasch verschwindenden Glanz. Man greife das Metall der Vorsicht halber nur mit einem Tuche (auf keinen Fall mit nassen Fingern) an. Ein größeres Stück, trocken an der Luft liegend, erwärmt sich stark und kann sich entzünden. Um die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

glänzende Fläche des Metalls zu zeigen, schmilzt man in einem Probierglöschen ein etwa haselnufsgrofses Stück unter Petroleum im Sandbade. — Um die Metalle längere Zeit blank zu erhalten, mufs man sie in einer Wasserstoffatmosphäre in Röhren einschmelzen, wozu Geschicklichkeit, Erfahrung und Vorsicht gehört. Eine weite Glasröhre wird an dem einen Ende zu einer Spitze ausgezogen und nach dem Erkalten ein gröfseres, von der Rinde befreites Stück Metall hineingebracht, wobei man sich möglichst beeilt, damit sich so wenig als möglich

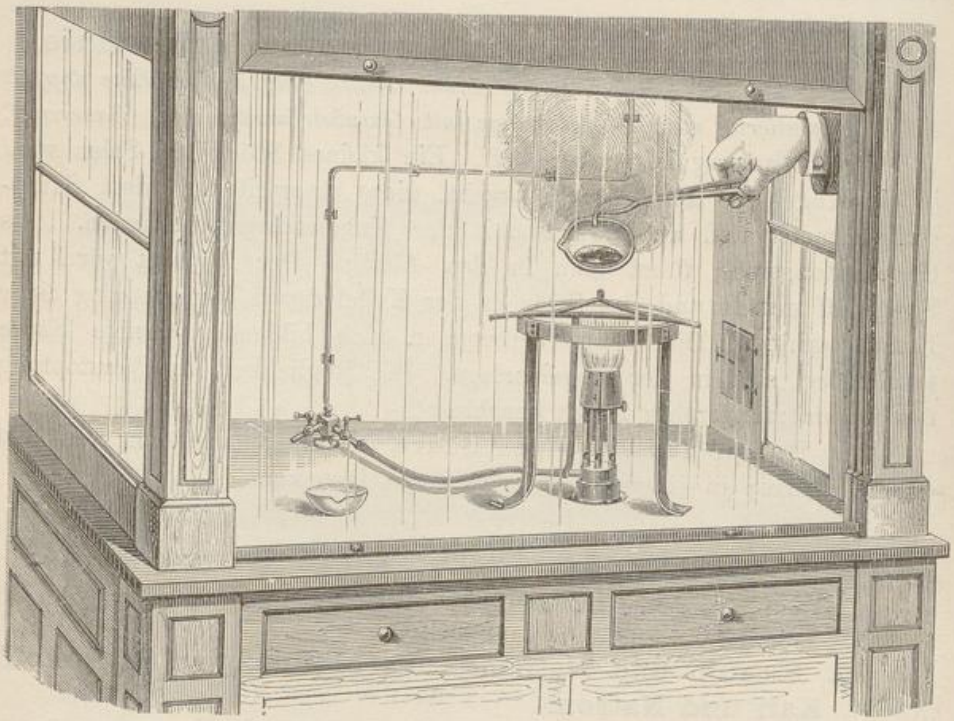


Fig. 544. Verbrennen von Kalium durch Hitze.

Oxyd an der Oberfläche bildet; hierauf zieht man auch das andere Ende der Röhre in einer Entfernung von 10—12 cm von jenem aus, verdrängt die Luft durch Wasserstoff und schmilzt das offene Ende der Röhre zu, während man den Gasstrom abstellt; hierauf wird auch das andere Ende verschmolzen. Man erwärmt nun die Röhre, indem man sie aufrecht in ein Luftbad stellt, etwas über 100°, und bringt sie, sobald das Metall flüssig geworden ist, in eine horizontale Lage. (Mit Kalium und Natrium in dieser Weise gefüllte Röhren liefert die Chemikalienhandlung von Dr. Schuchardt in Görlitz.)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Der Dampf des Kaliums ist grün; man bringt einige erbsengrofse Stücke in ein böhmisches (oder in ein Kugel-) Rohr, leitet trockenen Wasserstoff darüber, bis alle Luft verjagt ist, und erhitzt die Röhre von aufsen, wobei man den Wasserstoff in sehr langsamem Strome fortwährend darüber leitet. Das Metall verdampft und schlägt sich an den kälteren Stellen des Rohrs als glänzender Überzug nieder. Der austretende Wasserstoff brennt mit violetter Flamme (KÄMMERER*).

c) Verbrennung. Um die Metalle zu verbrennen, erhitzt man ein etwa haselnufsgrofses Stück davon in der Porzellanschale direkt über der Lampe unter dem Abzuge und bewegt, sobald Schmelzung eingetreten ist,

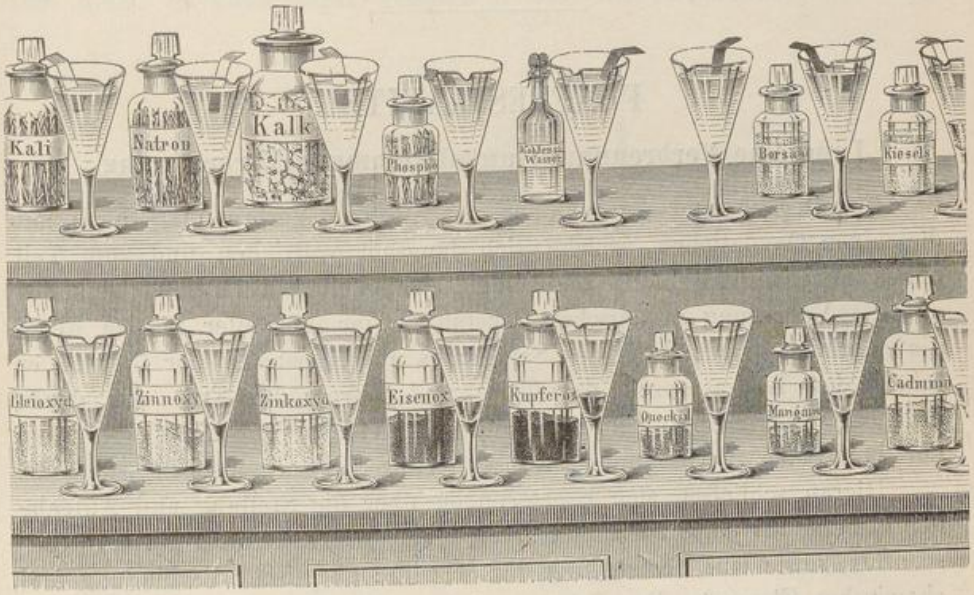


Fig. 545. Natur der Oxyde.

die Schale derart, dafs sich das geschmolzene Metall flach über den Boden der Schale ausbreitet (Fig. 544). Die Oxydation erfolgt mit Flamme unter blendender Lichtentwickelung. Ein Teil des Oxyds wirbelt in die Luft, der gröfsere Teil bleibt in der Schale und bildet eine feste, warzige Masse, welche aus der Luft Feuchtigkeit anzieht. — Die langsame Oxydation tritt ein, wenn man in kleinen Schalen einige dünne Scheibchen der Metalle an der Luft stehen läfst.

d) Eine Legierung von Natrium und Kalium nach gleichen Äquivalenten ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, hat ganz das Aussehen des Quecksilbers und erstarrt bei -8^{0}.

---

* *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 7, S. 170. — *Chem. Centr.-Bl.* 1874, S. 274.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 51. Natur der Oxyde.

16—24 Kelchgläser, destilliertes Wasser, blaues und rotes Lackmuspapier, Glasstäbe. — Kohlensaures Wasser, schweflige Säure in Wasser, Phosphorsäure, Borsäure, Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Baryt, Strontian, sowie verschiedene Oxyde schwerer Metalle.

Die verschiedenen Oxyde werden in Kelchgläsern, die in einer Reihe nebeneinander stehen, mit destilliertem Wasser angerührt, um ihre Löslichkeit, bezw. Unlöslichkeit und Reaktion zu zeigen und sie nochmals miteinander zu vergleichen (Fig. 545).

FÜNFTES KAPITEL.

Langsame Verbrennung; unvollkommene Verbrennung.

Erweiterung und Ausdehnung des Begriffs Verbrennung auch auf diejenigen Oxydationen, welche sich langsam vollziehen und zum Teil ohne wahrnehmbare Licht- und Wärmeentwickelung verlaufen. Ausblick auf die Verwesung organischer Substanzen (ihr Vorläufer in der Regel die Fäulnis). Bedeutung des Sauerstoffs im Haushalte der Natur: er erhält den Lebensprozefs der Tiere und befreit die Erde von deren Leichen. (Mitwirkung niederer Organismen.) Verzögerung (nicht Verhütung) der langsamen Verbrennung, Konservierung der organischen Substanz.

Hieran schliefsen sich Erörterungen über die Stellung und Aufgabe der Chemie als eines speziellen Zweiges der beobachtenden Naturwissenschaften, sowie eine Feststellung der Begriffe: chemische Verbindung und chemisches Element. Der Schüler wird auf Grund der gesammelten Erfahrungen im stande sein, das Unterscheidende der chemischen Erscheinungen von den physikalischen durch eigenes Nachdenken zu finden und braucht es nicht vom Lehrer überliefert zu erhalten, wie es geschehen mufs, wenn man — in gänzlicher Verkennung der Aufgabe des methodischen Unterrichts — mit derartigen Erörterungen beginnt.

§ 52. Langsame Verbrennung des Phosphors; Zusammensetzung der Luft.

Eine Krystallisationsschale (5), ein hoher Fufscylinder mit Glasplatte, eine mindestens 20 mm weite, 70 cm lange Glasröhre mit Kupferdraht, dessen Ende zu einer Cylinderspirale zusammengewunden ist, ein Retortenhalter, eine Krystallisationsschale (6). — Phosphor, ein Holzspan.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eine frisch geschmolzene Phosphorstange wird in der Krystallisationsschale so mit Wasser begossen, dafs sie zur Hälfte unbedeckt ist (Fig. 546). Eine andere Phosphorstange wird mittels eines dicken Mehlteiges senkrecht an die Glasplatte angeklebt und diese verkehrt auf den Fufscylinder gelegt (Fig. 547), wobei man ein dünnes Stückchen Holz unterschiebt, so dafs etwas Luftwechsel stattfinden kann. In beiden Fällen beobachtet man das Auftreten des Phosphorrauchs, welcher beim ersten Versuche von dem Wasser gelöst wird und beim zweiten senkrecht in den Cylinder niedersinkt. Ist die Luft des Zimmers warm, so kann hierbei Entzündung eintreten, worauf man vorbereitet sein mufs; es kann sogar geschehen, dafs die Entzündung von einer

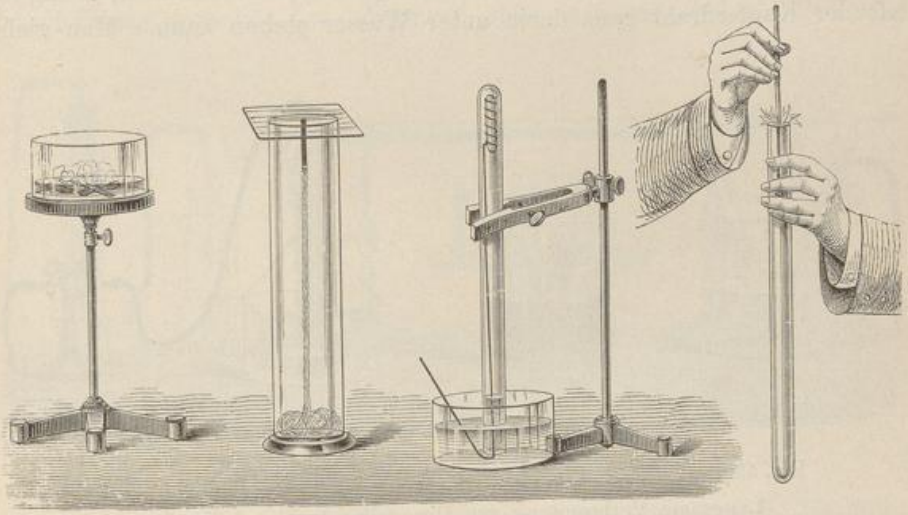


Fig. 546. Fig. 547. Fig. 548. Fig. 549.

Langsame Verbrennung des Phosphors und Zusammensetzung der Luft.

schwachen Explosion begleitet ist, welche die Glasplatte emporschleudert. Die Phosphorstange, die blofs lose durch den Mehlteig gehalten ist, fällt hierbei in den Cylinder zurück und verlischt entweder bald von selbst oder wird durch Wasser ausgelöscht. Der Apparat ist in sicherer Entfernung von den Zuhörern aufzustellen und darf auf keinen Fall im direkten Sonnenlichte stehen.

Um durch die langsame Verbrennung des Phosphors zugleich die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft darzuthun, richtet man den Apparat so ein, wie Figur 548 zeigt. In das spiralig gewundene Ende des Kupferdrahts wird eine dünne Phosphorstange geschoben, die Röhre dann ganz mit durch Lackmus gefärbtem Wasser gefüllt, in der Krystallisationsschale, die bereits zum Teil mit blau gefärbtem Wasser

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gefüllt ist, umgekehrt, so dafs das Wasser fast ganz ausläuft, und nun, nach Gleichstellung des inneren Niveaus mit dem äufseren, der Apparat sich selbst überlassen. Die langsame Verbrennung beginnt alsbald und ist nach einigen Stunden vollendet. Das Sperrwasser ist alsdann rot gefärbt und zu $^1/_5$ in der Röhre aufgestiegen. Man schliefst hierauf die Röhre mit dem Daumen, kehrt sie um und zeigt durch Eintauchen eines brennenden Spans, dafs sie nur noch Stickstoff enthält (Fig. 549). — Der Versuch giebt, in dieser Weise ausgeführt, nur ein annähernd richtiges Resultat, weil das Volum des Kupferdrahts und der Phosphorstange nicht in Rechnung gezogen werden können. Will man eine gröfsere Genauigkeit erreichen, so nimmt man eine graduierte Röhre und benutzt statt der Krystallisationsschale einen Fufscylinder, welcher hoch genug ist, dafs der Kupferdraht ganz darin unter Wasser stehen kann. Man gieſst

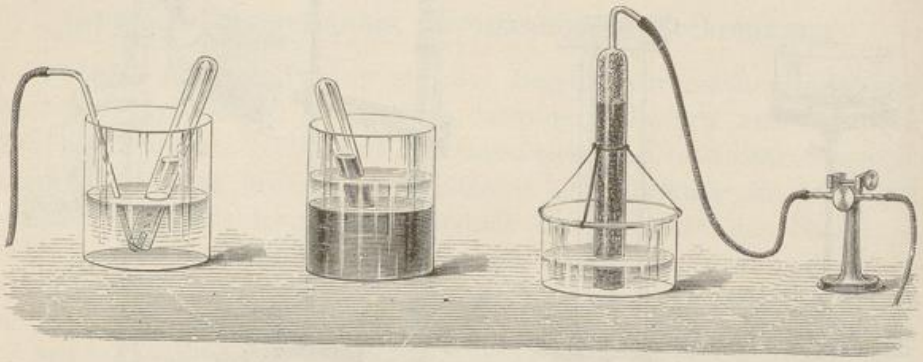


Fig. 550. Fig. 551. Fig. 552.

Langsame Verbrennung von Pyrogallussäure und Kupfer.

dann in die leere Röhre einige Kubikcentimeter Wasser, taucht sie nach Schliefsung mit dem Daumen verkehrt in das Wasser des Cylinders, so dafs beide Niveaus gleichstehen, liest den Wasserstand ab, schiebt dann den Kupferdraht mit der Phosphorstange hinauf und fixiert die Röhre. Nach Beendigung des Versuchs wird der Draht zuerst herausgezogen, dann werden durch Eintauchen der Röhre die Niveaus ausgeglichen und abgelesen, wobei Luftdruck und Temperatur zu berücksichtigen sind etc.

§ 53. Langsame Verbrennung anderer Substanzen.

a) *Ein Cylinderglas, 15—18 cm weit, 20—22 cm hoch, eine an der einen Seite geschlossene, 30 mm weite, 30 cm lange Glasröhre; eine Krystallisationsschale. — Kalilauge, Pyrogallussäure, Petroleum.*

b) *Ein weites Bürettenrohr mit Halter zum Befestigen an der Krystallisationsschale (Fig. 552). Ein Hahn. — Kupferoxyd und Ammoniakflüssigkeit.*

Durch diese Versuche soll nichts weiter gezeigt werden, als dafs es aufser dem Phosphor noch verschiedene andere Substanzen giebt, welche den Sauerstoff mit verhältnismäfsig grofser Geschwindigkeit absorbieren, also eine langsame Verbrennung erleiden. Auf die hierbei sich bildenden Oxydationsprodukte braucht durchaus noch keine Rücksicht genommen zu werden.

a) In die geschlossene Glasröhre bringt man einige Gramm Pyrogallussäure, füllt sie mit Wasser, bedeckt sie mit einer Glasplatte und taucht sie verkehrt in die verdünnte Kalilauge, welche in dem weiten Cylinderglase enthalten ist. Hierauf gieſst man eine Schicht Petroleum

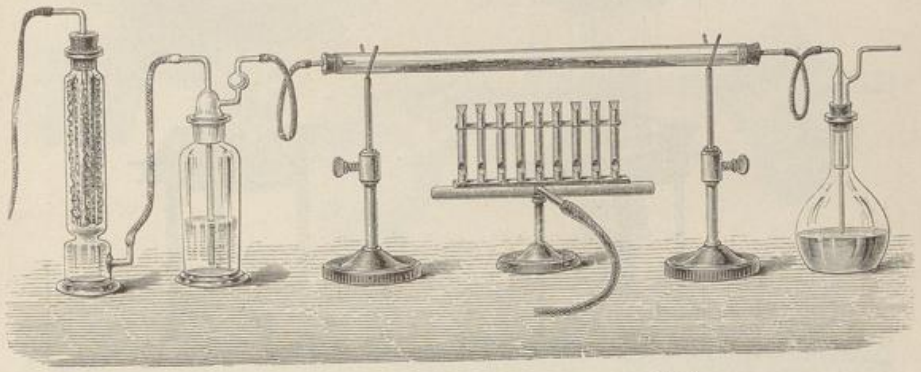


Fig. 553. Langsame Verbrennung von Rufs.

über und leitet mittels der Gaszuleitungsröhre Sauerstoff in die Röhre (Fig. 550), so dafs diese ganz damit gefüllt wird. Man rührt mit der Röhre um, so dafs die Pyrogallussäure in der Kalilauge sich löst, und überläfst den Apparat eine Zeitlang sich selbst, wobei unter Braunfärbung der Flüssigkeit die Röhre sich allmählich füllt (Fig. 551).

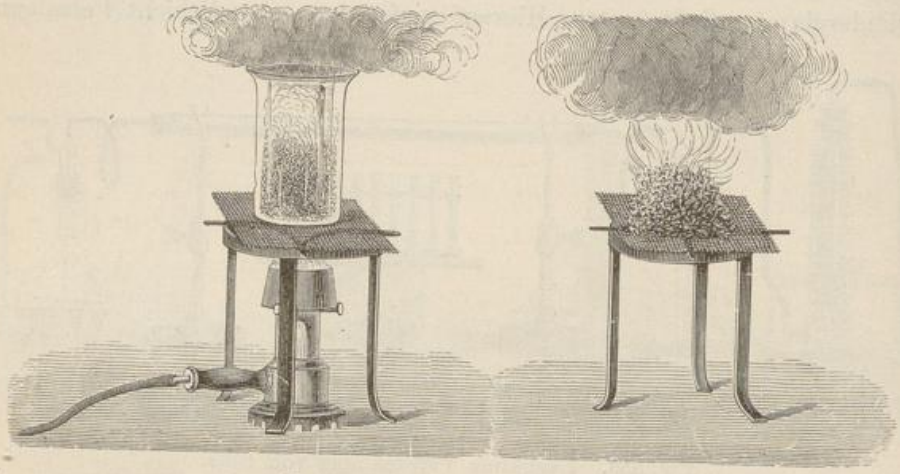
b) Das Bürettenrohr wird ganz mit blanken Kupferspänen vollgestopft und mittels seines Gestelles verkehrt in die Krystallisationsschale gestellt, welche Ammoniakflüssigkeit enthält; durch Saugen mittels eines Aspirators (nicht mit dem Munde) füllt man das ganze Rohr mit der Ammoniakflüssigkeit, dreht den Hahn zu, verbindet letzteren mit dem Ausströmungsrohre des Sauerstoffgasometers, aus welchem man vorher die Luft mittels Sauerstoffs ausgetrieben hat, und öffnet den Hahn, worauf die Flüssigkeit in der Bürettenröhre sinkt, und diese sich mit Sauerstoff füllt. Nach nicht langer Zeit beobachtet man das bereits beginnende Aufsteigen der Flüssigkeit unter Blaufärbung derselben (Fig. 552).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 54. Langsame Verbrennung von Ruſs.

Ein böhmisches Rohr, 50—60 cm lang, beiderseitig mit durchbohrten Korken verschlossen, ein mit Kalistücken gefüllter, weiter Absorptionsturm, zwei Waschflaschen mit Kalkwasser, eine Röhrenheizlampe, Röhrenträger. — Kienruſs.

Die Teile des Apparats werden so miteinander verbunden, wie Figur 553 zeigt. Der Ruſs wird in der Röhre frisch ausgeglüht, dann die Lampe ausgelöscht, das Rohr beinahe ganz erkalten gelassen und nun ein langsamer Luftstrom durch den Apparat geleitet. Das Kalkwasser in der ersten Waschflasche bleibt klar, das in der zweiten wird nach einiger Zeit getrübt.



a *b*

Fig. 554. Verkohlung und Selbstentzündung von Heu.

§ 55. Erglühen frisch gebrannter Kohle; Selbstentzündung des Heues.

a) Poröse Kohle aus Faulbaumholz, wie solche zur Pulverfabrikation benutzt wird; ein Porzellantiegel mit Deckel; eine Glühlampe.

b) Ein Becherglas (5 oder 6); etwas trockenes Heu; eine Glühlampe nebst Gestell; Drahtdreieck und Drahtnetz.

a) Die Faulbaumkohle wird zu hirsekorngroſsen Körnern zerrieben und nach Beseitigung des Staubes in dem bedeckten Tiegel eine Zeitlang stark geglüht; dann beseitigt man die Lampe und läſst den Tiegel so weit erkalten, daſs die Kohle durchaus nicht mehr glüht, aber noch warm ist; endlich schüttet man den Inhalt des Tiegels auf eine warme Porzellan- oder Glasplatte und kann nun beobachten, daſs sie nach kurzer Zeit durch Absorption von Sauerstoff aus der Luft ins Glühen kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Von dem Heu wird eine Hand voll fest in das Becherglas gestopft, letzteres mit untergelegtem Drahtnetze über der Lampe so lange erwärmt, bis die unteren Partien vollständig verkohlt sind, während die oberen noch wenig an der Zersetzung teilgenommen haben (Fig. 554a). Dann löscht man die Lampe aus, läfst das Glas so lange stehen, bis es gut mit der Hand angefafst werden kann, und stürzt es über dem Drahtnetze um, so dafs das halb verkohlte Heu in Form eines zusammenhängenden Haufens darauf zu stehen kommt. Durch den Luftstrom, welcher langsam zwischen den verkohlten Halmen aufsteigt, werden diese bald so weit erwärmt, dafs die inneren Teile des Haufens zu glühen beginnen. Nach einiger Zeit verbreitet sich die Glut durch den ganzen Haufen, und die noch unverkohlten Teile fangen Flamme (Fig. 554b).

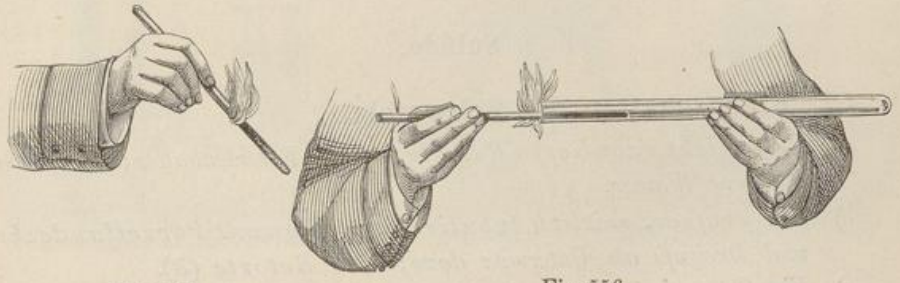


Fig. 555. Fig. 556.

Unvollkommene Verbrennung von Holz.

§ 56. Unvollkommene Verbrennung von Holz.

Ein an dem einen Ende zugeschmolzenes Glasrohr, 15 mm weit, 30 cm lang; ein langer Holzspan.

Der Holzspan wird in der Flamme entzündet und ein Stück davon frei abbrennen gelassen (Fig. 555); dann schiebt man ihn langsam in die Röhre, so dafs die Flamme zwar nicht erlischt, das Holz aber nur verkohlt, ohne vollkommen zu verbrennen (Fig. 556). Das Auftreten der sich dabei entwickelnden brenzlichen Produkte ergiebt sich aus der Rauchbildung und aus dem teerigen Beschlage an der Glaswand.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zweiter Abschnitt.

ERSTES KAPITEL.

Sulfide.

§ 57. Eigenschaften des Schwefels.

a) Eine nicht tubulierte Retorte (4), ein Retortenhalter; ein Becherglas mit Wasser.

b) Ein grofser, seitlich tubulierter Ballon mit Porzellandeckel und Dreifufs als Untersatz dazu; eine Retorte (3).

c) Ein Chamottetiegel von 10—12 cm Höhe, eine scharfkantige Raspel, ein Meifsel, ein Hammer.

d) Ein grofser Porzellantiegel; eine Schale mit kaltem Wasser.

e) Eine Röhre mit in Schwefelkohlenstoff gelöstem Schwefel.

a) Destillation des Schwefels. Der Bauch einer Retorte (4) wird etwa zu ½ mit Schwefel gefüllt, dann erhitzt man vorsichtig und allmählich stärker. Die Flamme mufs zuletzt den Bauch der Retorte ganz einhüllen, damit sich auch an der oberen Glaswand kein flüssiger Schwefel mehr kondensiert. Die kondensierten Dämpfe fliefsen zum gröfseren Teile als Flüssigkeit aus dem Halse in das Wasser des Becherglases (Fig. 557), zum kleineren Teile sublimieren sie zu Schwefelblumen und bilden eine Wolke, welche durch den Luftzug nach der brennenden Lampe geweht und dort leicht entzündet wird. Die Entzündung pflanzt sich dann bis zum Retortenhalse fort, und der ausfliefsende Schwefel gerät in Brand. Um dies zu vermeiden, schneidet man in eine Pappe ein Loch, so dafs der Retortenhals gerade zur Hälfte hindurch gesteckt werden kann. Die Pappe mufs dann auf dem Tische aufstehen und oben noch handbreit über die Retorte emporragen. Besser nimmt man statt der Pappe eine Glasscheibe, welche in einen Holzfufs eingesetzt wird. Die Schwefelblumen bedecken die Oberfläche des Wassers mit einer

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zähen, klebrigen Haut, welche das regelmäfsige Untersinken des flüssigen Schwefels verhindert. Man sorge dafür, diese Haut soviel wie möglich

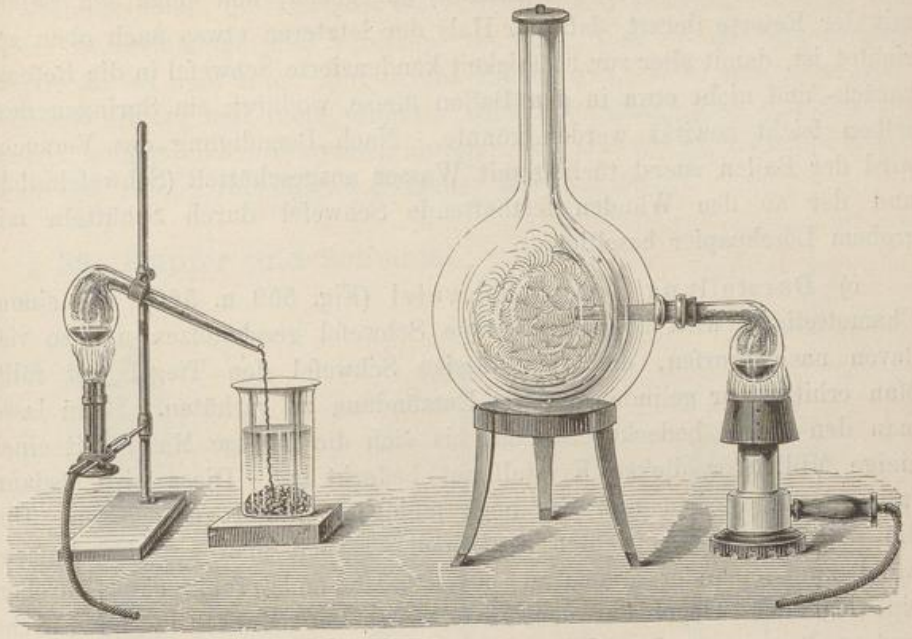


Fig. 557. Fig. 558.

Destillation und Sublimation von Schwefel.

mit einem Glasstabe zu beseitigen. Dann verdichtet sich der Schwefel zu schönen, gelben, elastischen Fäden und Tröpfchen, welche längere Zeit

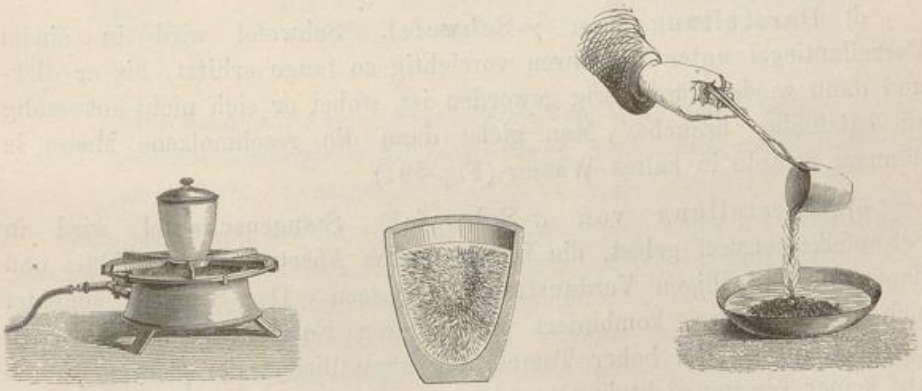


Fig. 559. Fig. 560. Fig. 561.

Darstellung von β- und γ-Schwefel.

hindurch die Eigenschaften des amorphen Schwefels bewahren. Die Retorte bleibt für spätere Versuche brauchbar.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Sublimation (Fig. 558). Der Retortenhals wird mit Asbestpappe in den Tubulus des Glasballons geklebt. Beim Erhitzen der Retorte verfahre man so, wie unter a) angegeben, und neige den Ballon mit der Retorte derart, dafs der Hals der letzteren etwas nach oben gerichtet ist, damit aller zur Flüssigkeit kondensierte Schwefel in die Retorte zurück- und nicht etwa in den Ballon fliefse, wodurch ein Springen desselben leicht bewirkt werden könnte. Nach Beendigung des Versuchs wird der Ballon zuerst tüchtig mit Wasser ausgeschüttelt (Schwefelmilch) und der an den Wänden festhaftende Schwefel durch Schütteln mit grobem Löschpapier beseitigt.

c) Darstellung von β-Schwefel (Fig. 559 u. 560). In einem Chamottetiegel wird über der Lampe Schwefel geschmolzen und so viel davon nachgeworfen, dafs der flüssige Schwefel den Tiegel fast füllt. Man erhitze nur gelinde, um die Entzündung zu verhüten. Dann lasse man den Tiegel bedeckt erkalten, bis sich die flüssige Masse mit einer einige Millimeter dicken Krystallhaut bedeckt hat. Diese wird alsdann rasch durchgestofsen und der noch flüssige Schwefel ausgegossen. Um die Krystalle gut beobachten zu können, raspelt man auf der Aufsenwand zwei einander diametral gegenüberstehende senkrechte Furchen ein, legt den Tiegel auf den Tisch, setzt den Meifsel in die Furche und spaltet jenen durch einen Hammerschlag in zwei Hälften. Die Krystalle erscheinen in dünnen, mehrere Centimeter langen Prismen wachsartig durchsichtig. Beim Aufbewahren behalten sie zwar ihre Gestalt, werden aber (durch Übergang in α-Schwefel) hellgelb, undurchsichtig und brüchig.

d) Darstellung von γ-Schwefel. Schwefel wird in einem Porzellantiegel unter Umrühren vorsichtig so lange erhitzt, bis er dick- und dann wieder dünnflüssig geworden ist, wobei er sich nicht notwendig zu entzünden braucht. Man gieſst dann die geschmolzene Masse in dünnem Strahle in kaltes Wasser (Fig. 561).

e) Darstellung von α-Schwefel. Stangenschwefel wird in Schwefelkohlenstoff gelöst, die Lösung durch Absetzenlassen geklärt und dann der freiwilligen Verdunstung überlassen. Der Schwefel scheidet sich in Oktaëdern, kombiniert mit anderen Formen des rhombischen Systems, ab. — Bei hoher Temperatur krystallisiert der Schwefel auch aus seiner Lösung nicht in Oktaëdern, sondern in schiefen, rhombischen Prismen. Man schmilzt ein 15—20 mm weites und 20 cm langes Glasrohr an einem Ende zu und füllt es etwa 6—7 cm hoch mit Schwefel, der aus klarer Schwefelkohlenstofflösung umkrystallisiert war, zieht es dann 15 cm weit vom zugeschmolzenen Ende aus, so dafs der obere Teil eine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Art Trichter bildet. Nun füllt man 12 cm hoch Schwefelkohlenstoff nach; stellt das Rohr aufrecht in ein geheiztes Wasserbad, löst unter Umschütteln den gröfsten Teil des Schwefels und schmilzt, nachdem etwa 1 cm Schwefelkohlenstoff verdampft ist, das Rohr an der ausgezogenen Stelle ab, so dafs keine Luft in das Innere tritt. Wird nun diese Röhre stärker erhitzt und dann langsam abkühlen gelassen, so scheiden sich zuerst, solange die Lösung noch hinreichend warm ist, rhombische Prismen und erst zuletzt rhombische Oktaëder aus (Fig. 562).

§ 58. Kupfer und Schwefel.

Fig. 562. α-Schwefel.

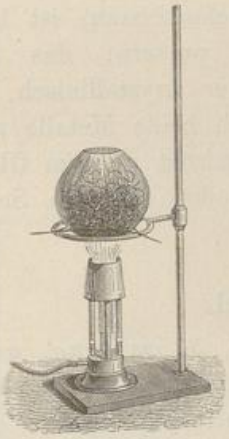


Fig. 563. Darstellung von Schwefelkupfer.

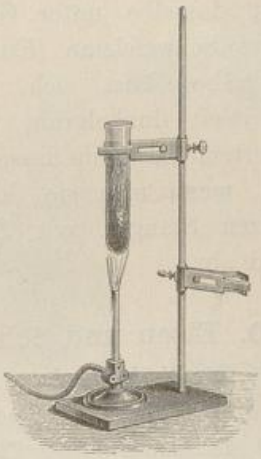


Fig. 564. Darstellung von Schwefelzinn.

Eine Kochflasche von 400—500 ccm Inhalt, Kupferdrehspäne, spiralig zusammengewundener Kupferdraht oder dünnes Kupferblech in Streifen geschnitten. Schwefel.

Die Kupferspäne oder die Kupferdrahtspiralen werden in den Ballon gestopft, so dafs sie den Bauch desselben ausfüllen, und dann einige Löffel gestofsener Schwefel hineingeschüttet. Man erhitze (mit untergesetzter Eisenschale) rasch, dafs der Bauch des Ballons sich möglichst bald mit Schwefeldämpfen anfüllt. Nach kurzer Zeit beginnt das Metall an einer Stelle zu glühen, und rasch verbreitet sich die Glut über die ganze Masse, welche tropfend herabschmilzt (Fig. 563). Enthält der Kolbenbauch (und Hals) noch überschüssigen Schwefeldampf, so erwärmt man das in Streifen geschnittene dünne Kupferblech ein wenig und taucht es hinein, worauf es in Berührung mit dem Dampfe alsbald abschmilzt.

Das Produkt ist Kupfersulfür oder Halbschwefelkupfer, es erscheint in blauer Anlauffarbe. Man zerschlägt, um es zu zeigen, den Kolben und pulvert das Produkt im Mörser.

§ 59. Zinn, bezw. Blei und Schwefel.

Zwei Probiergläser aus schwer schmelzbarem Glase, ein Probierglashalter; Zinnfolie, Bleifolie, Schwefel.

Man bringt etwas Schwefel in ein Probierglas, ballt dann ein etwa handtellergrofses Stück Zinn-, bezw. Bleifolie locker zusammen, schiebt es etwa zur Hälfte in das Probiergläschen hinein und erhitzt letzteres von unten her (Fig. 564); sobald der Schwefeldampf das Metall einhüllt, beginnt dasselbe unter Glühen zu schmelzen und fliefst herab. Das erstarrte Schwefelzinn (Einfachschwefelzinn) ist hellgrau, krystallinisch, etwas zähe, läfst sich nicht pulvern; das Schwefelblei (Einfachschwefelblei) dunkelgrau, weniger krystallinisch, spröde. — Auch in gepulvertem Zustande lassen sich beide Metalle mit dem Schwefel verbinden, wenn man sie damit mischt und im Glase erwärmt. Endlich schmelzen Stangen von Zinn oder Blei, in Schwefeldampf gehalten, glühend ab.

§ 60. Eisen und Schwefel.

a) *Ein böhmisches Rohr, 30 cm lang, an einem Ende zugeschmolzen, am andern offen, zwei Röhrenträger, eine kleine Röhrenheizlampe. Eine Thonplatte, ein Glasstab.*

b) *Ein flacher Napf.*

c) *Ein Glaskolben mit eiserner Schale zum Untersetzen, ein spiralig gewundener Eisendraht. Eine dünne (3—4 mm dicke) Stange von Schmiedeeisen, eine Gasgebläselampe. — Stangenschwefel, Schwefelblumen, Eisenstaub.*

Die Verbindung des Eisens mit dem Schwefel läfst sich auf verschiedene Weise bewirken.

a) Man mische ein Volum Eisenstaub mit zwei Volumen Schwefelblumen, schütte sie in das böhmische Rohr und erhitze, worauf die Verbindung alsbald unter Glühen erfolgt (Fig. 565). Noch einfacher läfst sich dasselbe Resultat erreichen, wenn man das Pulvergemenge in ein Probiergläschen schüttet, dasselbe zuerst seiner ganzen Länge nach erwärmt und dann den unteren Teil stark über der Lampe erhitzt, indem man es in den Probierglashalter spannt. Die Verbindung des Schwefels und Eisens beginnt dann unter Erglühen im untersten Teile des Rohrs und pflanzt sich durch die ganze Masse fort.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nach Merz und Weith* erfolgt die Verbindung des Gemenges bereits, wenn man es auf eine Thonplatte (oder einen Ziegelstein) häuft und mit einem heifsen Glasstabe berührt.

b) Unter Mitwirkung von Wasser entsteht Schwefeleisen, wenn man 30 g Eisenstaub, 20 g Schwefelblumen und 10 ccm Wasser in dem flachen Napfe zu einem Brei anrührt und sich selbst überläfst. Unter Erwärmung tritt die Verbindung ein und vollendet sich nach etwa einer halben Stunde. Wärmt man die Substanz sowie das Wasser vorher an, so geht die Verbindung noch rascher von statten.

c) Auch massives Eisen läfst sich, wenn es weifsglühend ist, mit Schwefel verbinden. Man erhitze den spiralig gewundenen Eisendraht in

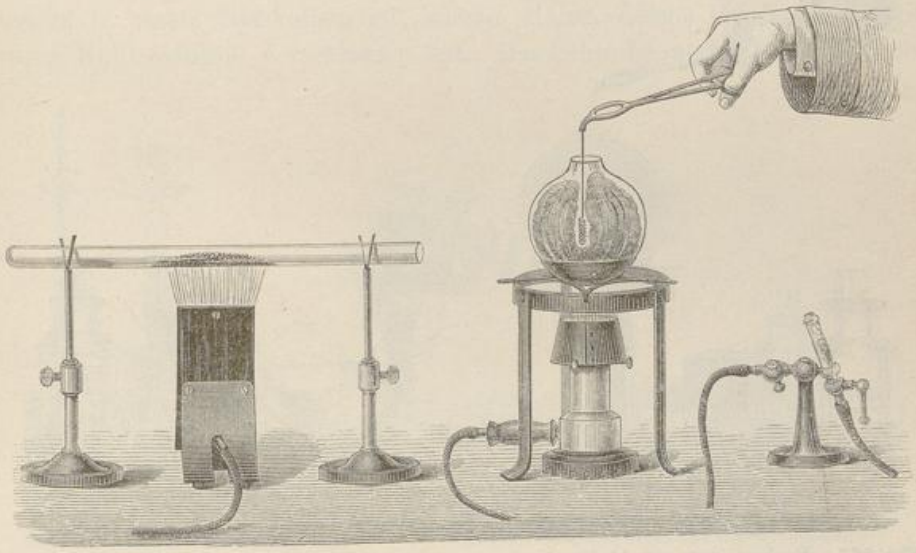


Fig. 565. Fig. 566.

Verbrennung von Eisen im Schwefeldampfe.

der Gebläselampe zu lebhaftester Glut und tauche ihn in einen mit Schwefeldampf gefüllten Ballon (Fig. 566), worauf die Verbindung unter Abschmelzen des Metalls von statten geht. Soll der Ballon mehrmals dienen, so schütte man zuvor eine fingerhohe Lage Sand auf den Boden, damit das schmelzende Schwefeleisen das Glas nicht sprengt. Um den Versuch in gröfserem Mafsstabe auszuführen, benutzt man den Schmiedeeisenstab, doch mufs man, um denselben auf die genügende Glühhitze zu bringen, entweder einen Gebläseofen oder die Sauerstoffgebläselampe anwenden. Man berühre dann die weifsglühende Stange mit einer Stange Schwefel: beide verbinden sich unter Abschmelzen.

* *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 13, S. 723. — *Chem. Centr.-Bl.* 1880, S. 354.

§ 60A. Zink und Schwefel.

Schwefelblumen, Zinkstaub. Eine eiserne Schale.

Erhitztes oder geschmolzenes Zink verbindet sich nicht mit Schwefel, wohl aber Zinkstaub, wenn man denselben zu gleichen Gewichtsteilen mit Schwefelblumen mischt und dieses Gemenge in geeigneter Weise erhitzt. Am leichtesten gelingt der Versuch in einer eisernen, etwas verrosteten Schale, welche man über der Lampe stark erhitzt und das Schwefelzinkgemenge mit einem eisernen Löffel portionsweise hineinschüttet. Die Verbindung beider erfolgt explosionsartig unter Auftreten

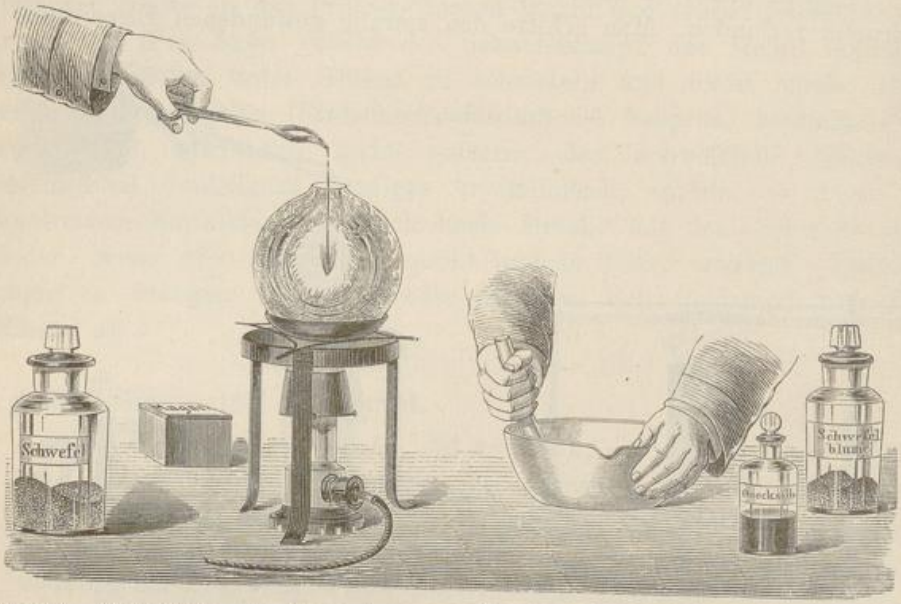


Fig. 567. Verbrennen von Magnesium im Schwefeldampfe.

Fig. 568. Zusammenreiben von Schwefel und Quecksilber.

einer mächtigen, hell leuchtenden, etwas grünlichen Flamme (Schwarz). Auch durch ein brennendes Holz läfst sich die Entzündung bewirken oder durch einen erhitzten Glasstab wie bei Schwefeleisen.

§ 61. Magnesium und Schwefel.

Bandmagnesium, ein Kolben mit eiserner Schale als Untersatz, eine Zange, Schwefel.

Der Ballon wird, nachdem einige Schwefelstücke hinein gethan sind, in einer eisernen Schale stark erhitzt, bis sich der Bauch mit Dämpfen füllt. Dann zündet man Magnesiumband in der Lampenflamme an und senkt es ruhig in den Schwefeldampf, worin es fortfährt zu brennen (Fig. 567).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 62. Quecksilber und Schwefel.

Eine Reibschale, ein Sublimierkolben (Vorlage), Quecksilber und Schwefel.

Man reibt 10 g Schwefel mit 50 g Quecksilber im Mörser zusammen, wodurch sich bald ein schwarzes Pulver bildet (Fig. 568). Um aber die Verbindungen beider vollkommen zu bewirken, so dafs keine Quecksilberkügelchen mehr zu erkennen sind, ist ein mehrstündiges Reiben erforderlich. Erhitzt man die nicht vollständig verbundene Masse vorsichtig im Sublimationskolben, so erfolgt nach einiger Zeit die Vereinigung unter schwacher, gefahrloser Explosion. Nach dem Erkalten reibt man die Masse nochmals im Mörser, mischt etwas Schwefel zu und erhitzt von neuem in einem Glaskolben mit langem Halse, dessen Öffnung man mit einem Kohlenstöpsel verschlossen hat. Das Schwefelquecksilber sublimiert

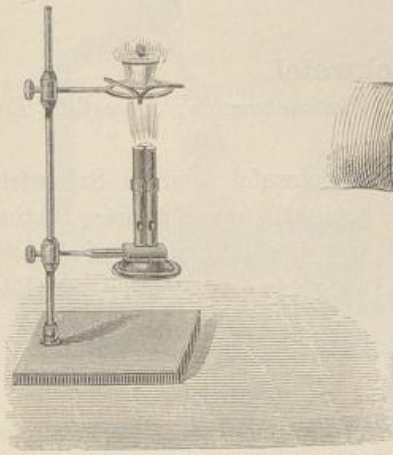


Fig. 569.
Verbindung von Silber mit Schwefel.

Fig. 570.
Beaumé's Schnellfluss.

nun zu einer stahlgrauen Masse, welche nach dem Reiben rot erscheint (Zinnober).

§ 63. Silber und Schwefel.

Fein verteiltes metallisches Silber. Ein Silberblech oder eine Silbermünze. Beaumé'scher Schnellflufs, eine Nufsschale, eine kleine Silbermünze.

Ein Teil Schwefel wird mit drei Teilen fein verteilten Silbers (durch Niederschlagen aus Silberlösung mittels Kupfer, Waschen und Trocknen erzeugt) im Mörser innig gemischt und im Porzellantiegel über der Lampe erhitzt (Fig. 569). Es entsteht eine metallisch glänzende, bleigraue Masse, Schwefelsilber, welche sich mit dem Messer schneiden läfst und hämmerbar

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist (Aufbewahrung derselben zur Reduktion!). — Oberflächlich erfolgt die Bildung von Schwefelsilber auf einem Silberbleche oder einer Silbermünze, wenn man einige Körnchen Schwefel darauf schmilzt. — Um Silber scheinbar in einer Nufsschale zu schmelzen, bedient man sich des Beaumé'schen Schnellflusses, welcher aus 3 Teilen Salpeter, 1 Teil Schwefel und 1 Teil Sägespänen (besser fein gepulvertem Holz) besteht. Die Mischung wird in eine Nufsschale gedrückt und eine kleine Silbermünze (ein oder zwei 20-Pfennigstücke) hineingesteckt, worauf man das Gemenge anzündet (Fig. 570). Es brennt mit lebhafter Flamme ab, und in der Nufsschale findet sich die Münze als zusammengeschmolzene Kugel. Ein Teil des dem Pulver beigemengten Schwefels hat sich bei der durch die Verbrennung erzeugten Temperatur mit dem Silber und auch mit dem in der Münze enthaltenen Kupfer zu leicht schmelzbarem Sulfid vereinigt.

§ 64. Gold, bezw. Platin und Schwefel.

Reines Goldblech, reines Platinblech, Platinschwamm; Schwefel. Ein Porzellantiegel.

Beide Metalle bleiben, in schmelzenden Schwefel oder in Schwefeldampf getaucht, oder auch in Schwefel geglüht, unverändert; Platinschwamm dagegen, im bedeckten Tiegel mit überschüssigem Schwefel erhitzt, geht in schwarzes Schwefelplatin über (Aufbewahrung zur Reduktion!).

§ 65. Natrium, bezw. Kalium und Schwefel.

Ein Kolben von 500 ccm Inhalt mit Eisenschale als Untersatz, ein Phosphorlöffelchen. — Schwefel, Kalium und Natrium.

Beide Metalle vereinigen sich langsam schon in der Kälte, rasch und energisch beim Erwärmen miteinander. Man schichte in einem Porzellantiegel Schwefelpulver mit dünnen Natriumscheibchen (nicht zu viel!) und erwärme den Tiegel gelinde, so erfolgt die Verbindung unter Feuererscheinung. — Im Schwefeldampfe brennen beide Metalle mit leuchtender Flamme. Der Ballon wird mit etwas Schwefel beschickt und durch Erhitzen in der untergesetzten Eisenschale mit Schwefeldampf gefüllt; dann erhitzt man in einem Phosphorlöffelchen etwas Kalium oder Natrium über der Flamme, bis es zu brennen beginnt, und taucht den Löffel ruhig in den mit Dampf gefüllten Raum. Die Verbrennung setzt sich mit schönem Glanze fort. Nachdem das Kalium oder Natrium verbrannt ist, fährt der Eisenlöffel im Schwefeldampfe fort zu glühen und schmilzt, wenn man ihn nicht sofort herauszieht, unter Bildung von Schwefeleisen ab.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 66. Arsen, bezw. Antimon und Schwefel.

Zwei Kölbchen à 50 ccm Inhalt mit langem Halse (Fig. 571), ein Retorten- oder Probierglashalter, ein Porzellantiegel mit Deckel, eine Wage, eine Reibschale. — Arsen, Antimon und Schwefel.

Man mischt im Mörser innig: a) 10 g gepulverten Schwefel mit 23,5 g gepulvertem Arsen; b) 10 g Schwefel mit 15,6 g Arsen, bringt beide Mischungen in die dazu bestimmten langhalsigen Kölbchen, spannt diese in den Retorten- oder Probierglashalter und erwärmt sie über der Flamme langsam bis zum Schmelzen der Masse (Fig. 571). Unter teilweiser Sublimation vereinigen sich die beiden Mischungen, die erste zu rotem Schwefelarsen (Arsendisulfid, Realgar), die zweite zu gelbem Schwefelarsen (Arsentrisulfid, Auripigment). Nach dem Erkalten werden

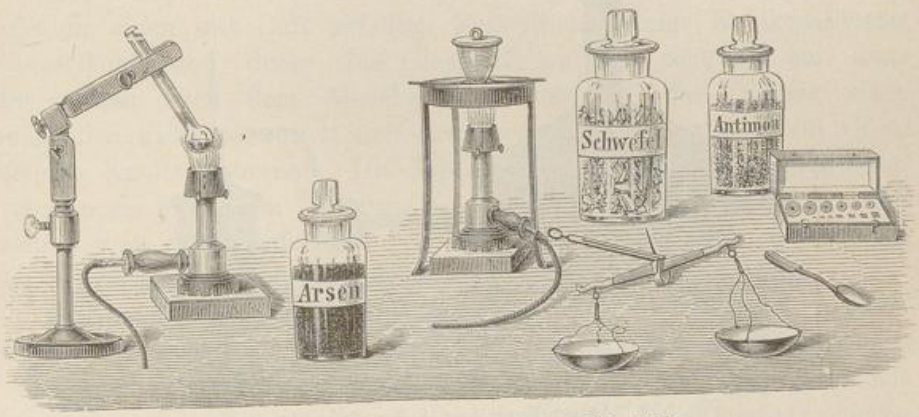


Fig. 571. Fig. 572.

Verbindung von Arsen und Antimon mit Schwefel.

die Gläser zerschlagen; die Produkte erscheinen mit glänzend spiegelnder Oberfläche. (Aufbewahrung zum Rösten!)

Man reibt im Mörser 10 g Schwefel mit 25 g fein gepulvertem Antimon und erhitzt beide im bedeckten Porzellantiegel (Fig. 572). Das Produkt ist ein grauschwarzes Pulver (Antimontrisulfid). (Aufbewahrung zum Rösten!)

§ 67. Kohlenstoff und Schwefel.

a) *Ein Porzellanrohr, ein Glühofen für Holzkohlen oder ein Gaslampenofen, eine Kugelvorlage mit Gasableitungsrohr, damit verbunden eine zweite Vorlage mit passender Kühlvorrichtung. — Gröblich zerstofsene, pulverfreie Holzkohle, Schwefel.*

b) *Ein weites Bürettenrohr zur Extraktion ölhaltiger Substanzen.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Darstellung von Schwefelkohlenstoff. Die Holzkohlenstücke werden zuvor in einer bedeckten Eisenschale gut ausgeglüht, um die absorbierte Feuchtigkeit zu verjagen und dann noch warm in die Porzellanröhre gefüllt; diese wird hinten und vorn mit einem Korkstöpsel verschlossen. Der vordere ist durchbohrt und steht mit der Vorlage und dem Kondensationsapparate in Verbindung (Fig. 573). Die Röhre wird im Kohlen- oder im Lampenofen zum Glühen gebracht, wobei der Ofen etwas schräg zu stellen ist. Dann öffnet man den hinteren Kork und wirft einige Stücke Schwefel hinein, welcher alsbald schmilzt, verdampft, mit der glühenden Kohle in Berührung kommt und sich mit ihr verbindet. Diese Operation wird mehrmals wiederholt, überhaupt mufs man

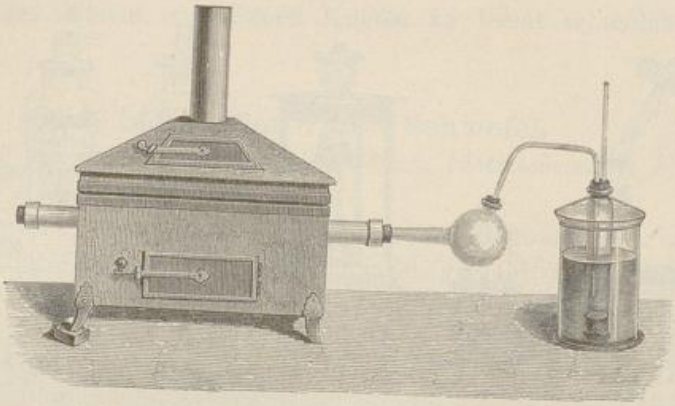


Fig. 573. Darstellung von Schwefelkohlenstoff.

stets dafür sorgen, dafs der Schwefel immer in genügendem Überschusse vorhanden ist. Wenn der Schwefelkohlenstoff nicht zum gröfseren Teile entweichen soll, mufs die Vorlage gut mit Eis gekühlt werden. Trotzdem entweichen brennbare Gase, welche zum Teil aus Schwefelwasserstoff (die Holzkohle enthält stets noch Wasserstoff), zum Teil aber auch aus Schwefelkohlendampf bestehen.

b) Reinigung des Schwefelkohlenstoffs. Der rohe Schwefelkohlenstoff hat einen sehr unangenehmen Geruch und erscheint gelb gefärbt von aufgelöstem Schwefel, welcher mit überdestilliert ist. Man reinigt das Produkt, indem man es mit einem Gemenge von gepulvertem Kalke und Bleioxyd längere Zeit tüchtig schüttelt und dann aus einer Retorte im Wasserbade rektifiziert. Der Geruch ist dann viel weniger unangenehm, ätherartig, und die gelbe Farbe vollständig beseitigt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ein anderes Reinigungsverfahren schlägt R. Allary* vor. Der rohe Schwefelkohlenstoff wird mit einer Lösung von übermangansaurem Kalium heftig geschüttelt und, sobald die rote Farbe verschwunden ist, neue Mengen der Lösung hinzugesetzt, bis das Wasser dauernd rot gefärbt bleibt; dann wäscht man mit einer gröfseren Menge Wasser aus, bis alles überschüssige, nicht zersetzte Permanganat entfernt ist, trennt den Schwefelkohlenstoff von dem Wasser durch einen Scheidetrichter und filtriert ihn durch ein doppeltes trockenes Filter.

c) Brennbarkeit des Schwefelkohlenstoffs. Schwefelkohlenstoff ist brennbar und leicht entzündlich. Er läfst sich nach Merz und Weith** schon durch einen heifsen Glasstab entzünden. Seine Flamme scheidet bei der Berührung kalter Flächen Schwefel ab.

Sein Dampf, mit Luft oder Sauerstoff gemischt, explodiert. Man gieſse in einen mit Luft gefüllten Fufscylinder einige Kubikcentimeter Schwefelkohlenstoff, decke eine Glasplatte auf und schüttele um, dann nähere man nach dem Abziehen der Glasplatte der Öffnung einen brennenden Fidibus, worauf sich das Gemenge entzündet und mit einem dumpfen Knalle abbrennt. Die Innenwand des Cylinders ist nach der Verbrennung mit einem Überzuge von ausgeschiedenem Schwefel bedeckt, welchen man durch sofortiges Auswaschen beseitigen mufs, da er nach dem Antrocknen sehr fest anhaftet.

Will man den Versuch mit Sauerstoff ausführen, so darf man nur sehr kleine Mengen anwenden. Man wähle einen kleinen, höchstens 2—300 ccm fassenden starkwandigen Fufscylinder, fülle denselben mit Sauerstoff, gieſse einige Tropfen Schwefelkohlenstoff hinein und verschliefse das Gefäfs mit einer Glasplatte. Dann setze man es in sicherer Entfernung von den Zuhörern (am besten unter dem Abzuge) in einen Kasten, entferne den Deckel und bewirke die Entzündung durch einen langen Fidibus. Der Knall, mit dem die Explosion erfolgt, ist äufserst heftig.

d) Das Lösungsvermögen für Schwefel, Phosphor, Kautschuk, Guttapercha etc. ist leicht darzuthun, indem man die genannten Substanzen im Kölbchen damit schüttelt (Fig. 574), wenn nötig, im Wasserbade erwärmt. Wird die Phosphorlösung auf einen zusammengebauschten Bogen Filtrierpapier gegossen, so verdampft der Schwefelkohlenstoff und hinterläfst den Phosphor in so fein verteiltem Zustande, dafs derselbe sich freiwillig entzündet, wobei eine grofse, stark leuchtende Flamme hervorbricht (Fig. 575). Der Versuch ist unter dem Abzuge auszuführen, nachdem

* *Bull. de la Société chimique de Paris*, Bd. 35, S. 491. — *Chem. Centr.-Bl.* 1881, S. 435.
** *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 13, S. 723. — *Chem. Centr.-Bl.* 1880, S. 354.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zuvor das Abzugsrohr durch Anzünden der Gasflamme genügend vorgewärmt war.

Die Extraktion ölhaltiger Substanzen (Rapskuchen) wird gezeigt, indem man ein weites Bürettenrohr unten locker mit Baumwolle verstopft, darauf etwas groben Sand schichtet und dann die zu extrahierende Substanz gröblich gepulvert hineinbringt. Das Rohr wird in den Bürettenhalter eingespannt und nach Untersetzung eines Becherglases Schwefelkohlenstoff oben aufgegossen; die durchgelaufene Flüssigkeit gießt man noch 1—2mal auf und läßt sie dann in einer flachen Porzellanschale (Fig. 576)

Fig. 574. Fig. 575. Fig. 576.

Versuche mit Schwefelkohlenstoff.

oder in einem Uhrglase verdunsten, wobei das Öl zurückbleibt und mit seinen Eigenschaften erkannt werden kann.

e) Verdunstungskälte des Schwefelkohlenstoffs. Bei der raschen Verdunstung des Schwefelkohlenstoffs wird viel Wärme absorbiert und die Temperatur der Umgebung dadurch sehr erniedrigt. Dies läßt sich schon durch Ausgießen einer geringen Menge auf die Handfläche zeigen, noch besser, indem man die Verdunstung durch Aufblasen oder Durchblasen eines Luftstroms beschleunigt. Führt man den Versuch in der Weise aus, daß man etwas Schwefelkohlenstoff in ein Becherglas gießt und mittels eines Gebläses durch eine Glasröhre Luft dicht auf die Oberfläche leitet, während man die Temperatur durch ein eingesenktes

Thermometer beobachtet, so schlagen sich schon, wenn die Temperatur der Flüssigkeit noch einige Grade über 0 ist, an der inneren Wand des Glases, sowie an den aus der Flüssigkeit herausragenden Teilen des Thermometers schneeartige Krusten nieder, wobei die Temperatur rasch auf —17 bis —18° sinkt. Von jetzt ab verdichten sich auch an der Oberfläche des Schwefelkohlenstoffs blumenkohlartige Massen, welche auf der Flüssigkeit schwimmen und das Zuleitungsrohr verstopfen, wenn dasselbe nicht weit genug ist. Diese weifsen Massen hält WARTHA, der diesen Versuch beschreibt,* für festen Schwefelkohlenstoff, andere dagegen (BERTHELOT, DUCLAUX und BALLO**) für ein Hydrat des Schwefelkohlenstoffs. Sie zerfliefsen langsam an der Luft unter allmählicher Steigerung der Temperatur.

Auf diese Weise lassen sich auch gröfsere Mengen Wasser leicht zum Gefrieren bringen, indem man Wasser, welches in einer Krystallisationsschale enthalten ist, mit einigen Kubikcentimetern Schwefelkohlenstoff versetzt und nun mittels eines Gebläses einen kräftigen Luftstrom durchtreibt; das Wasser erstarrt dann in kurzer Zeit. Man kann auch in der Weise verfahren, dafs man auf die Oberfläche von Schwefelkohlenstoff, der in einer Krystallisationsschale enthalten ist, einen Luftstrom kräftig aufbläst und nun Wasser in feinen Tröpfchen mittels einer Spritzvorrichtung darauf träufeln läfst. Jeder Tropfen erstarrt momentan bei der Berührung mit dem Schwefelkohlenstoffe (WARTHA).

Endlich läfst sich auch ohne Anwendung eines Luftstroms durch langsames Verdunsten eine ähnliche Temperaturerniedrigung erzielen, sobald man die Kapillarität poröser Gegenstände zu Hilfe nimmt. Wenn man einen Streifen Fliefspapier von 10—12 cm Länge und 2—3 cm Breite zwei-, drei- oder vierfach der Länge nach zusammenfaltet oder zusammenrollt und ihn mit seinem unteren Ende in Schwefelkohlenstoff, der in einem offenen Gefäfse enthalten ist, stellt, so steigt letzterer rasch in den Poren des Papiers in die Höhe. Nach weniger als einer Minute erreicht er eine Höhe von 7—8 cm. In diesem Augenblicke erscheint auf dem Papiere zuerst an dem oberen Rande der aufgesogenen Flüssigkeit eine gleichmäfsige Zone, bestehend aus einer Art weifsen Reifes, anscheinend in Form von Krystallen. Dieselbe verdankt nach der Annahme DECHARME's*** ihre Entstehung entweder der Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes oder der Bildung eines Hydrats des Schwefelkohlenstoffs. Ihre Dicke nimmt mehr und mehr zu, und zu

* *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 80. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 129.
** *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 4, S. 118. — *Chem. Centr.-Blatt* 1871, S. 161.
*** *Comptes rendus* T. 77, S. 998. — *Chem. Centr.-Blatt* 1873, S. 769.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gleicher Zeit zieht sie sich auch über die unteren Partien des Papiers hin bis etwa 2 cm oberhalb des Flüssigkeitsspiegels; dann scheint das Aufsteigen des Schwefelkohlenstoffs vollständig aufzuhören. Allein obwohl der Schwefelkohlenstoff nicht über die Zone des Reifs hinausgeht, findet doch in dieser selbst eine lebhafte Aspiration statt, infolge deren man rasch eine Menge anfangs kleiner, dann immer gröfser werdender Verästelungen an der Oberfläche des Papiers herauswachsen sieht. Diese können in einer halben Stunde eine Gröfse von 12—15 mm erreichen. Sie gewähren ganz den Anblick kleiner, mit Reif bedeckter Bäume. Die Erscheinung nimmt dauernd ihren Fortgang, vorausgesetzt, dafs man von Zeit zu Zeit den rasch verdunstenden Schwefelkohlenstoff ersetzt. Die Erscheinung geht selbst in vollem Sonnenscheine in der beschriebenen Weise von statten, ja sogar, wenn man Schwefelkohlenstoff im Wasserbade vorher auf 60° erhitzt hat, nimmt die Reifbildung ihren Fortgang. Um die Temperaturerniedrigung zu beobachten, umgiebt man das Quecksilberreservoir eines kleinen Thermometers mit Fliefspapier und stellt das Instrument so auf, dafs der untere Teil des Papiers in den Schwefelkohlenstoff taucht und zwischen dem Flüssigkeitsspiegel und dem Reservoir etwa 3 cm Abstand sind. Das Thermometer sinkt hierbei rasch, beispielsweise von + 20 bis — 15°. Wenn man einen Streifen Fliefspapier in Schwefelkohlenstoff taucht und rasch wieder herauszieht, so sieht man in 20—30 Sekunden die erwärmte Reifzone sich bilden, dann etwa eine Minute lang an Dicke zunehmen und zuletzt wieder schmelzen. Bei feuchtem Wetter tritt die Erscheinung rascher ein, der Ansatz ist bedeutender und die Abkühlung stärker. Will man Wasser auf diese Weise zum Gefrieren bringen, so umwickelt man ein kleines Probierglas von 10 mm äufserer Weite und 8—10 cm Länge mit einer einfachen Lage Filtrierpapier, so dafs letzteres etwa 2 cm über das untere Ende des Probierglases herausragt, und bindet es mit einem dünnen Faden fest; dann füllt man das Glas bis zu einer Höhe von etwa 6—7 cm mit Wasser, fixiert es mittels des Probierglashalters in senkrechter Lage und setzt eine offene Schale mit Schwefelkohlenstoff so unter, dafs das untere Papierende etwa 1 cm tief in die Flüssigkeit taucht. Die Verästelungen bilden sich dann namentlich auf der Stelle des Rohrs, welche das Wasser enthält, und nach 15—20 Minuten ist der Inhalt des Röhrchens gefroren (Tafel, Fig. 16). Nimmt man ein dünnwandiges Glasrohr, welches etwa nur die Dicke eines Federkiels hat, und bringt 2—3 cm Wasser hinein, nachdem man es unten mit Fliefspapier umwickelt hat, so bedarf es nur eines ein-, höchstens zweimaligen Eintauchens in Schwefelkohlenstoff und Verdunstenlassens desselben an der Luft, um nach 2 bis 3 Minuten das Gefrieren zu bewirken.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 68. Wasserstoff und Schwefel; direkte Verbindung beider.

Eine tubulierte Retorte mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr. Ein Wasserstoffentwickelungsapparat. Schwefel.

Die frühere Annahme, dafs der Schwefel sich mit dem Wasserstoffe nicht direkt verbindet, ist von Merz und Weith (1869) widerlegt. Man kann die Verbindung beider in einem Apparate bewirken, der dem weiter unten (Fig. 588) abgebildeten gleicht. In die Retorte werden einige Gramm Schwefel gebracht und der Wasserstoffapparat mit dem durch den Tubulus gehenden Einleitungsrohre verbunden. Das aus dem Halse der Retorte abführende Rohr taucht in Wasser. Man leitet Wasserstoff durch den Apparat bis alle Luft verdrängt ist, und beginnt dann erst den Schwefel zu erhitzen. Man reguliert die Flamme so, dafs der Bauch der Retorte unter gelindem Sieden des Schwefels sich etwa zu $^3/_4$ mit Schwefeldämpfen füllt, ohne dafs diese in den Hals der Retorte aufsteigen, und unterhält währenddessen einen langsamen Wasserstoffstrom. Das vorgelegte Wasser nimmt bald den Geruch von Schwefelwasserstoff an.

§ 69. Darstellung von Schwefelwasserstoff aus Schwefeleisen.

Ein Gasentwickelungsapparat, Schwefeleisen, verdünnte Schwefelsäure. Eine Glasröhre, 30—40 cm lang, am Ende etwas verjüngt.

Das Schwefeleisen wird zu einem gröblichen Pulver zerstofsen, in die Gasentwickelungsflasche gebracht, mit etwas Wasser übergossen, der Stöpsel mit der Gasableitungsvorrichtung und dem Sicherheitsrohre aufgesetzt und verdünnte Schwefelsäure aufgegossen. Alles geschieht unter dem Abzug nach genügender Anwärmung des Abzugsrohrs. Dann prüft man das Gas (wie beim Wasserstoff angegeben) auf seine Reinheit (Freiheit von Luft), steckt ein ausgezogenes Glasrohr in den Kautschukschlauch und entzündet das ausströmende Gas, welches mit schwach leuchtender, blaugesäumter Flamme brennt. Hierauf stellt man durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in destilliertes Wasser Schwefelwasserstoffwasser dar, welches man in einem verstöpselten Glase im Dunkeln aufbewahrt.

§ 70. Natur der Sulfide.

10—16 Kelchgläser mit Glasstäben. — Schwefelkupfer, Schwefelzinn, Schwefelblei, Schwefeleisen, Schwefelkadmium, Schwefelquecksilber, Schwefelsilber, Schwefelnatrium, Schwefelkalium, Schwefelarsen, Schwefelantimon, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoffwasser, die festen hiervon zerrieben. 10—16 Streifen rotes und blaues Lackmuspapier.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Sulfide werden mit Wasser angerührt und das Wasser danach mit Lackmuspapier geprüft. Hierbei wird namentlich die Übereinstimmung der Sulfide mit den Oxyden in Bezug auf Löslichkeit und Reaktion hervorzuheben sein.

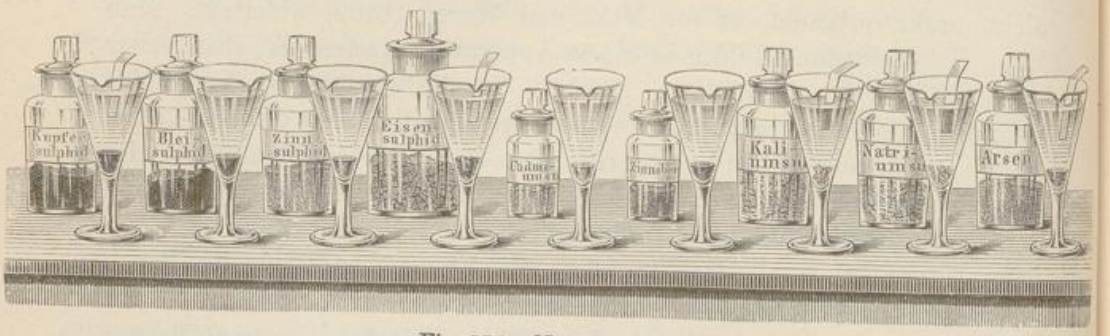


Fig. 577. Natur der Sulfide.

ZWEITES KAPITEL.

Haloide.

Die gröfsere Energie des Chlors im Vergleiche mit Sauerstoff und Schwefel ergiebt sich daraus, dafs es sich mit den meisten unedlen Metallen und Metalloiden schon bei gewöhnlicher Temperatur verbindet, während bei Sauerstoff und Schwefel mit wenigen Ausnahmen Erhitzung nötig ist. Verschiedenheit der Chloride (Bromide, Jodide) von den Oxyden und Sulfiden in Bezug auf ihre äufseren Eigenschaften (Krystallform, Löslichkeit, Reaktion und Flüchtigkeit). Chlor, Brom und Jod bilden eine Reihe, wenn sie miteinander nach Aggregatzustand, nach Farbe und spezifischem Gewicht ihrer Dämpfe und nach Verbindungsfähigkeit verglichen werden.

§ 71. Darstellung von Chlor.

Aus Braunstein und Salzsäure

Die Versuche mit Chlor nehmen mehrere Unterrichtsstunden in Anspruch. Man kann sich zur Darstellung des Gases entweder eines gewöhnlichen Gasentwickelungskolbens bedienen, den man dann in jeder Stunde frisch zu beschicken hat, oder man benutzt einen kontinuierlich

wirkenden Apparat, den man nur abzustellen braucht, um in der folgenden Stunde sogleich wieder frisches Chlor zu haben.

1. Apparate für einmaligen Gebrauch.

Ein Kolben von 1—1,5 l Inhalt mit Kautschukstöpsel, Sicherheits- und Gasableitungsrohr, eine eiserne Schale als Untersatz.

a) Braunstein in erbsen- bis haselnufsgrofsen Stücken, staubfreie konzentrierte Salzsäure.*

b) Braunstein, gepulvert, Kochsalz, konzentrierte Schwefelsäure.

a) Chlorentwickelung aus Braunstein und Salzsäure. Hierzu wendet man den Braunstein in erbsen- bis haselnufsgrofsen Stücken an und füllt den Kolben $^1/_3$ damit an, verschliefst ihn, prüft nach Anlegung der Waschflasche den ganzen Apparat auf die Dichtheit aller Verschlüsse, gieſst durch das Sicherheitsrohr konzentrierte Salzsäure und erwärmt den Kolben, nach untergesetzter Eisenschale, anfänglich gelinde, gegen das Ende hin stärker, bis die Gasentwickelung aufhört. Mit der angegebenen Quantität Braunstein und $^1/_2$ l konzentrierter Salzsäure lassen sich alle Versuche, welche zur Demonstration der Eigenschaften des Chlors (s. unten) dienen, ausführen, was bei gehöriger Vorbereitung im Laufe einer Unterrichtsstunde möglich ist. Der Braunstein wird dabei nicht völlig verbraucht. Man gieſst, um den Apparat zu einem nächsten Versuche wieder vorzubereiten, durch das Trichterrohr kaltes Wasser, bis der ganze Kolben gefüllt ist; hierbei läfst man den Kautschukschlauch in das Ventilationsrohr des Experimentiertisches hängen, um nicht von dem ausgetriebenen Chlor belästigt zu werden. Dann wird die Flüssigkeit vom Braunstein abgegossen, und der Apparat ist zu abermaligem Gebrauche präpariert.

b) Chlorentwickelung aus Braunstein, Kochsalz und Schwefelsäure. Hierbei mufs der Braunstein fein gepulvert sein; er wird mit der nötigen Menge Kochsalz gemischt in den Kolben gebracht, dieser verschlossen, mit der Waschflasche verbunden, auf seine Dichtheit geprüft, und dann durch das Trichterrohr die mit Wasser verdünnte, noch heifse Schwefelsäure hineingegossen, worauf nach dem Umschütteln die Chlorentwickelung beginnt, ohne dafs man von Anfang an zu erwärmen nötig hat. Letzteres geschieht erst gegen das Ende des Versuchs, wenn die Gasentwickelung träge zu werden anfängt. Die Mischungsverhältnisse

* Der käufliche Braunstein ist nicht selten sehr unrein und namentlich mit Kohlensäure entwickelnden Materialien vermengt, wodurch er zur Ausführung mancher Versuche mit Chlor (wie z. B. Brennen eines Lichts in Chlorgas) unbrauchbar ist. Man verlange daher in der Droguenhandlung stets reinen, krystallisierten Braunstein in Stuffen (Pyrolusit) und schlage sich diesen selbst in Stücke von der gewünschten Gröfse oder lasse ihn in gröfserer Quantität fein pulvern.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

der Materialien sind: 3 Teile Kochsalz, 6 Teile gepulverter Braunstein, 20 Teile konzentrierte Schwefelsäure und 20 Teile Wasser. Wendet man einen Literkolben als Gasentwickelungsflasche an, so nimmt man 50 g Kochsalz, 100 g gepulverten Braunstein, 160 ccm konzentrierte Schwefelsäure und 160 ccm Wasser. Das Wasser wird im Porzellanlitermafs abgemessen, durch Rühren mit dem Glasstabe in drehende Bewegung versetzt und dann die Schwefelsäure darunter gemischt. Man füllt die Mischung aus der Mensur direkt in die Entwickelungsflasche. Ist die Chlorentwickelung beendet, so füllt man, wie unter a) angegeben, den ganzen Apparat mit Wasser und beseitigt den Inhalt vollständig.

2. Apparate für kontinuierliche Entwickelung.

a) *Dreikolbenapparat nach Orlowski. Braunstein in erbsen- bis haselnufsgrofsen Stücken, staubfreie, konzentrierte Salzsäure.*

b) *Kipp'scher Apparat mit eingeschliffenem Glashahn. Chlorkalk, gepreſst in Form von Würfeln. Salzsäure.*

a) Dreikolbenapparat nach Orlowski (Fig. 578 s. folg. S.). Auf einem Eisengestelle werden drei grofse Kolben nebeneinander aufgestellt und durch geeignete Halter so befestigt, dafs sie bei einem etwaigen Transport des Apparats nicht umfallen können. Der mittelste Kolben *A* ist der eigentliche Chlorentwickelungsapparat, er hat einen Inhalt von 3 l oder etwas mehr; die beiden anderen Kolben sind von entsprechender Gröfse. Alle drei Kolben sind mit durchbohrten Kautschukstöpseln verschlossen. *A* und *B* haben je drei, *C* zwei Durchbohrungen. Aus *B* gehen drei Glasrohre ab; *c* dicht unter dem Stöpsel mündend, *a* und *b* bis auf den Boden reichend, beide unten schräg abgeschliffen; *c* und *b* sind mit kurzen Schlauchstücken und Quetschhähnen versehen und können dadurch mit einem längeren Rohre verbunden werden. *A* hat in der einen Durchbohrung seines Stöpsels das Rohr *a* bis auf den Boden reichend und unten schief abgeschliffen; es ist so lang und so gebogen, dafs es mit *a* aus *B* durch ein kurzes Kautschukschlauchstück verbunden werden kann; *d* mündet dicht unter dem Stöpsel und ist aufsen so verlängert, dafs es bis auf den Boden eines hohen, mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllten Fufscylinders reicht; es dient als Sicherheitsrohr; *c* mündet gleichfalls dicht unter dem Stöpsel und ist mit einem Rohre der Flasche *C* verbunden, welches in dieser bis auf den Boden reicht und hier schief abgeschliffen ist; *f* endlich endigt dicht unter dem Stöpsel *C* und dient als Gasableitungsrohr. Um den Apparat in Thätigkeit zu setzen, füllt man zuerst den Bauch des Kolbens *A* etwas über die Hälfte mit erbsen- bis haselnufsgrofsen Stücken Braunstein, setzt dann, indem man hierbei den Kolben horizontal hält, den Stöpsel mit seinen drei Röhren luftdicht

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auf und bringt den Ballon an seinen Platz. Dann füllt man in *B* etwa 1 l konzentrierte Salzsäure, setzt den Stöpsel mit seinen drei Glasröhren ein, bringt den Kolben ebenfalls an seinen Platz, schiebt über die Röhre *b* einen Quetschhahn und verbindet *a* mit *a* durch ein starkwandiges, gutschliefsendes Kautschukrohr; endlich füllt man in *C* 200—300 ccm konzentrierte Schwefelsäure, setzt den Kork mit seinen Röhren auf und verbindet, wie die Figur zeigt, die eine mit *e*, die andere mit dem Apparate, in welchem das Chlor wirken soll. Man braucht nun noch einige kurze Stücke Kautschukrohr zum Verschliefsen der äufseren Glasröhren des

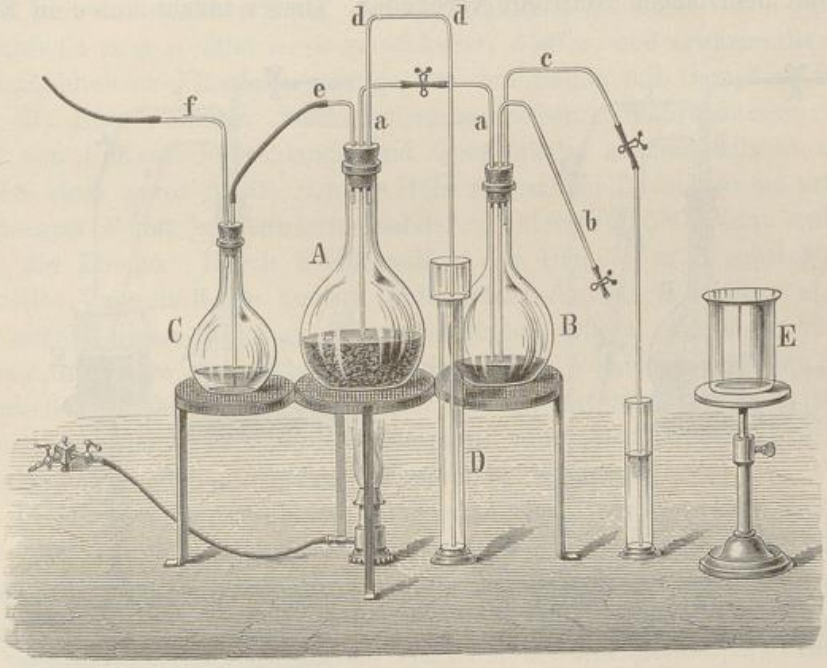


Fig. 578. Chlorentwickelungsapparat nach Orlowski.

Kolbens *B*. Man wählt hierzu 3—4 cm lange Schlauchenden aus und verschliefst dieselben auf der einen Seite entweder mit einem Glasstöpsel oder durch einen Quetschhahn. (NB. Alle Quetschhähne sind so eingerichtet, dafs sie über das Glasrohr geschoben werden können, wodurch die betreffende Kautschukröhre geöffnet wird; man kann dafür auch Schraubenquetschhähne [Fig. 335 *d* oder Fig. 336] anwenden.)

Soll die Chlorentwickelung beginnen, so verschliefst man *b* und *c* am Ende, löst den Quetschhahn zwischen *a* und *a* und erwärmt *B* durch Unterschiebung der Lampe. (NB. Die Kolben *A* und *B* stehen auf Drahtnetzen.) Die in *B* enthaltene konzentrierte Salzsäure giebt Chlorwasserstoffgas ab, welches, da es nicht entweichen kann, die flüssige Säure

durch *a* drückt. Sobald dies geschehen, schliefst man das Kautschukrohr zwischen *a* und *a* durch Überschieben des Quetschhahns und schiebt die Lampe unter *A*, worauf die Chlorentwickelung sogleich beginnt und so lange anhält, bis die Salzsäure erschöpft ist, was erst nach mehreren Stunden der Fall ist. Das entwickelte Chlor wird in der Flasche *C* gewaschen und von dort aus nach dem betreffenden Apparate geleitet. Will man den Versuch unterbrechen, so braucht man nur einen Quetschhahn über das Kautschukrohr *f* zu schieben und danach denjenigen zwischen *a* und *a* zu öffnen. Das Rohr *b* bleibt geschlossen, *c* aber wird geöffnet und mit dem langen Glasrohre verbunden. Dieses taucht unten in Kali-

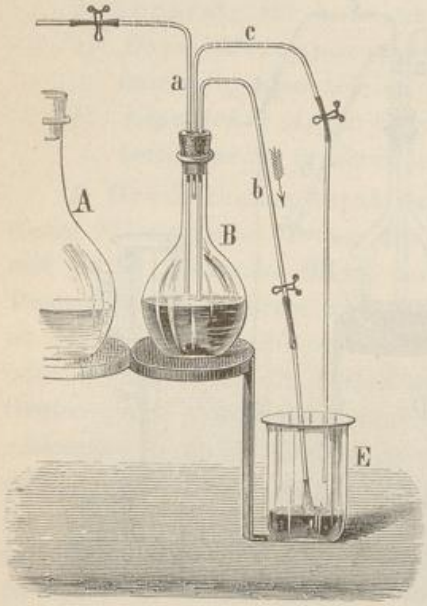


Fig. 579. Entleeren des Säuregefäfses.

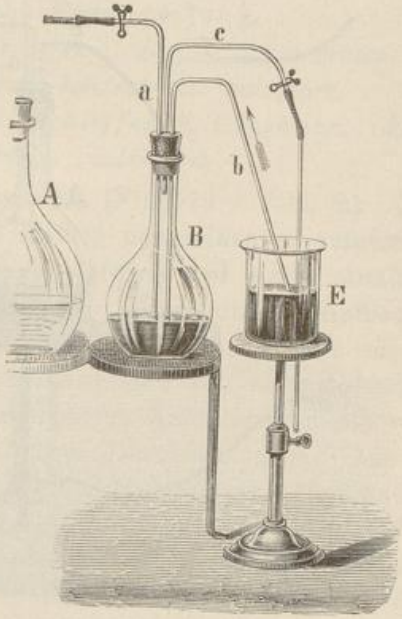


Fig. 580. Wiederfüllen des Säuregefäfses.

lauge. Die Lampe bleibt so lange unter *A* stehen, bis durch den Gasdruck alle Säure nach *B* hinüber getrieben ist. Chlor, welches hier mit übergeht, wird von der Kalilauge absorbiert. Nachher entfernt man die Lampe und schliefst der Sicherheit wegen den Quetschhahn zwischen *a* und *a*; in wenigen Minuten ist der ganze Apparat vollständig aufser Thätigkeit gesetzt. Soll die Entwickelung nach kürzerer oder längerer Zeit wieder beginnen, so öffnet man *a*, schliefst *b* und *c*, öffnet *f* und setzt die Lampe unter *B*; dann verfährt man weiter, wie vorher angegeben, worauf nach wenigen Minuten die Chlorentwickelung beginnt.

Die Braunsteinmenge ist so grofs, dafs sie zu allen Versuchen ausreicht, die Säure aber ist nach einiger Zeit erschöpft. Auf folgende sehr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einfache Weise wird sie durch frische Säure ersetzt. Man schliefse, nachdem die Chlorentwickelung völlig aufgehört hat, *a*—*a* und *c*, verbinde *b*, dessen Hahn man öffnet, mit einem langen Glasrohre, setze ein grofses, mehr als 1 l fassendes Becherglas unter und erwärme *B* durch Untersetzen der Lampe; alsbald wird die Flüssigkeit aus *B* (die man zuvor aus *A* in der oben angegebenen Weise bis nach *B* getrieben hat, durch den Druck des sich entwickelnden Dampfes in die Röhre *b* hinauf) gedrückt und fliefst durch diese, welche als Heber wirkt, ab (Fig. 579). Man kann die Lampe entfernen, mufs aber selbstverständlich *c* öffnen, damit Luft nachströmen kann. Ist der Ballon *A* auf diese Weise geleert, so schliefst man *c*, läfst *a*—*a* verschlossen, *b* offen, und erwärmt die in *B* zurückgebliebene Flüssigkeitsmenge, um den Ballon mit Dampf zu füllen und die Luft teilweise durch *c* hinauszutreiben. Währenddessen zieht man von *b* Kautschukschlauch und Quetschhahn ab und schiebt rasch mittels eines zuvor in die richtige Höhe gebrachten Tischchens ein grofses Becherglas *E* mit konzentrierter Salzsäure unter (Fig. 580), dann entfernt man die Lampe. Durch Kondensation der Dämpfe in *A* entsteht ein partielles Vakuum. Die äufsere Luft drückt die Säure durch *b* empor, und sobald dieses Rohr zu fliefsen begonnen, öffnet man *a*—*a* oder *c*, worauf die Säure von selbst durch den Heber *b* ganz in die Flasche *A* überfliefst; sobald dies geschehen, ist der Apparat zum neuen Gebrauche fertig. Ausfüllen und Einfüllen der Säure nimmt bei einiger Übung des Experimentierenden nur wenige Minuten in Anspruch.

Die Sicherheitsvorrichtung *D* verhütet jede Gefahr, welche eintreten könnte, wenn irgend eines der Rohre *a*, *e* oder *f*, oder etwa der Apparat, durch welchen man das Chlor leitet, selbst verstopft wäre. Das Gas entweicht dann ungehindert durch die Schwefelsäure in *D*.

Dieser Apparat, der in einer einfacheren Form (ohne Sicherheitsvorrichtung *D*) zuerst von Orlowski* empfohlen worden ist, kann, wenn die Kautschukverschlüsse gut sind, Monate lang unbenutzt stehen und wird dennoch ohne weitere Vorbereitung sogleich wieder eine regelmäfsige Chlorentwickelung gestatten, sobald man die Lampe unter *A* setzt.

b) Chlorentwickelung aus dem Kipp'schen Apparat. Das Bestreben, den Kipp'schen Apparat auch für die Darstellung von Chlor nutzbar zu machen, führte schon früher zu dem in der ersten Auflage dieses Werks durch Wort und Bild erläuterten Vorschlage, den ganzen, mit gekörntem Braunstein und Salzsäure beschickten Apparat in ein grofses Wasserbad zu setzen, und dieses entweder durch direkte Heizung

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 11, S. 38. — *Chem. Centr.-Blatt* 1872, S. 387.

oder Einleiten von Dampf warm zu erhalten. Der Apparat funktioniert dann, solange die genügende Temperatur vorhanden ist, wie bei der Entwickelung anderer Gase und gestattet, den Gasstrom durch Schliefsung und Öffnung des Hahns beliebig oft zu unterbrechen und in Gang zu setzen. Allein da der Apparat bis zur Höhe des Ausströmungshahns untergetaucht sein, also eine grofse Wassermenge bis nahe zum Sieden erhitzt werden mufs, so vergeht eine geraume Zeit, ehe die Gasentwickelung in Gang kommt und die Benutzung während einer Unterrichtsstunde ist deshalb ausgeschlossen, wenn man den Versuch nicht mindestens eine halbe Stunde vorher einleitet. Hiermit aber wird gerade der Hauptvorzug des Kipp'schen Apparats — schnelle Ingangsetzung und Unterbrechung des Gasstroms — aufgehoben, und ich glaube wohl, dafs für Unterrichtszwecke wenig von dieser Methode Gebrauch gemacht worden sein mag. Ich wenigstens habe für länger fortgesetzte Chlorentwickelung die Benutzung des Dreikolbenapparats immer vorteilhafter gefunden.

In neuerer Zeit hat nun Cl. Winkler* ein Verfahren angegeben, nach welchem es gelingt, den Chlorkalk so zu präparieren, dafs man ihn für die Beschickung des Kipp'schen Apparats benutzen, also die Chlorentwickelung mittels Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur bewirken kann. In seiner gewöhnlichen Form eignet sich der Chlorkalk bekanntlich hierzu nicht, weil er sich wegen seiner pulverförmigen Beschaffenheit in der mittleren Kugel des Apparats nicht festhalten läfst. Winkler beseitigt diesen Übelstand, indem er ihn mit $^1/_4$ seines Gewichts gebrannten Gipses auf das innigste mengt, das Gemenge mit kaltem Wasser in dem Mafse anfeuchtet, dafs eine brökliche Masse entsteht, diese in einem Mörser gehörig durchstampft und in einem viereckigen Rahmen zu einer 10—12 mm dicken Scheibe zusammenpreſst. Nach dem Erhärten der Masse wird sie in Würfel zerschnitten, welche jetzt einen so festen Zusammenhang haben, dafs sie, mit Salzsäure übergossen, nur allmählich von aufsen fortschreitend angegriffen werden, ohne zu zerfallen. Sie werden in die mittlere Kugel des Apparats gebracht und zur Füllung eine Salzsäure von 1,124 spez. Gew. benutzt, die frei von Schwefelsäure sein mufs. Solche Würfel sind käuflich zu haben und lassen sich in gut verschlossenen Gefäfsen aufbewahren.

Die Entwickelung von Chlor ist hierdurch zu einer so leichten und einfachen Arbeit geworden, wie die von Kohlensäure oder Wasserstoff. Der Apparat kann ohne jede Vorsichtsmafsregel auf dem Experimentier-

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 20, S. 184 und Bd. 22, S. 1076. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 328 und 1889, I, S. 802.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tisch in Gang gesetzt werden; doch mufs seine obere Öffnung selbstverständlich mit einer Absorptionsvorrichtung (Fig. 581) verbunden sein. Ich ziehe diese Art der Chlorentwickelung für den experimentierenden Unterricht jeder anderen vor und verzichte deshalb auf die Beschreibung aller anderen sonst noch gebräuchlichen Methoden.* Nur ist dabei auf folgendes noch aufmerksam zu machen.

Bei dem Apparat sind Kork- oder Kautschukstöpsel zu vermeiden; alle Verschlüsse müssen deshalb in Glas eingeschliffen sein. Damit diese durch den inneren Gasdruck nicht herausgetrieben werden, müssen sie auf irgend eine Weise von aufsen befestigt werden — am besten durch Kautschukringe, welche über kurze angeschmolzene Glasfortsätze geschoben werden (Fig. 581). Man fettet die Schliffe gut mit Vaselin ein und überzeugt sich von Zeit zu Zeit durch Drehen, dafs keine Verkittung eingetreten ist, welche sich sehr schwer wieder beseitigen lassen würde. Freilich habe ich gefunden, dafs sich der Stöpsel des Tubus an der untersten Kugel, durch welchen man die verbrauchte Säure abläfst, trotz aller Vorsicht dennoch festsetzt. Um in einem solchen Falle den Apparat behufs frischer Füllung zu entleeren, brauche ich einen Glasheber, dessen kürzerer Schenkel in das Fallrohr der obersten Kugel eingesenkt wird und so lang sein mufs, dafs seine unterste Öffnung, wenn die Biegung des Hebers gerade auf dem Rande des obersten Tubus hängt, aus der untersten Öffnung jenes Fallrohrs um einige Millimeter hervorragt. Der Heber wird aus einem Becherglase durch Saugen mit Wasser gefüllt, mit dem Finger verschlossen und in den Apparat eingehängt, worauf die Entleerung beginnt. Den abgeschiedenen Gips, der sich am Boden der unteren Kugel angesammelt hat, rührt man durch Schwenken mit eingegossenem Wasser auf und entleert von neuem. Das Heberrohr darf nicht zu eng sein, damit es sich durch das Gipspulver nicht verstopft. Aus demselben Grunde darf auch das Fallrohr der obersten Kugel weder zu eng sein, noch zu nahe an den Boden reichen;

Fig. 581.
Kipp'scher Apparat zur Chlorentwickelung nach Winkler.

* Unter anderen auch auf die des Apparats von Kämmerer (*Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 9, S. 1548), dessen Einrichtung aus der Abbildung auf der Tafel am Ende dieses Werks Figur 20 ersichtlich ist, und der ebenfalls die Entwickelung aus Chlorkalk (ungeformtem) gestattet.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

es kann sonst leicht geschehen, dafs selbst während des Versuchs Verstopfung eintritt und die Gasentwickelung aufhört. (Für diesen Notfall halte man einen starken Draht bereit, durch welchen man von oben her die Verstopfung beseitigt.) Man achte deshalb bei der Anschaffung des Apparats auf diesen Umstand und wähle nur einen solchen, dessen Fallrohr an der untersten Öffnung mindestens 1,5 cm weit ist und je nach der Gröfse des Apparats 2—3 cm vom Boden absteht (oder schneide selbst ein entsprechendes Stück davon ab). In vermindertem Mafse tritt dieser Übelstand hervor, wenn der Boden des untersten Gefäfses nicht hohl, sondern flach ist (wie bei Fig. 251 u. 252 auf Seite 185).

Wenn der Chlorstrom durch Abstellung des Ausströmungshahns auf einige Zeit unterbrochen wird, so hört zwar die Gasentwickelung nach dem Aufdrücken der Säure in die oberste Kugel auf; da aber das die mittlere Kugel füllende Chlor von der Säure langsam absorbiert wird, so steigt diese allmählich wieder bis zum Chlorkalk hinauf und giebt zu einer langsamen unwahrnehmbaren Nachentwickelung von Chlor Veranlassung, welche, da letzteres in dem Mafse, wie es sich entwickelt, immer wieder absorbiert wird, lange Zeit andauern und sich bis zur Erschöpfung der Säure oder des Chlorkalks fortsetzen kann. Man soll deshalb, wie Winkler vorschlägt, nach dem ersten Aufhören der Gasentwickelung Luft in den Apparat blasen, wodurch eine trennende, nicht absorbierbare Gasschicht entsteht, welche eine Berührung der Säure mit dem Chlorkalk verhütet. Es braucht kaum gesagt zu werden, dafs man hierbei die Vorsicht anwenden mufs, vor dem Öffnen des Glashahns die Luft im Munde so stark zu komprimieren, dafs sie beim Öffnen desselben den inneren Gasdruck überwindet und ein Eintreten von Chlor in den Mund unmöglich macht. Meist wird ein einmaliges Einblasen von Luft nicht genügen; man beobachte deshalb den Apparat, ehe man ihn wegsetzt, noch einige Zeit, bis man nach dem letzten Einblasen ein Aufsteigen der Flüssigkeit nicht mehr wahrnimmt. — Wenn der Apparat voraussichtlich auf Monate unbenutzt bleibt, ist es am besten, die Säure auszufüllen, wenigstens so weit, dafs sie nur noch die unterste Kugel füllt, alle Schliffe gut zu reinigen und dick mit Vaselin einzufetten.

Da der Chlorkalk durch Anziehen von Kohlensäure aus der Luft langsam unterchlorige Säure entwickelt und an Wirksamkeit verliert, so verwende man zur Herstellung der Würfel nur solches Material, von dem man sich überzeugt hat, dafs es genügend frisch und unverdorben sei. Man schütte zur Probe in einen engen Fufscylinder einige Löffel Chlorkalk, gieſse Salzsäure auf, bedecke den Cylinder mit einer Glasplatte, beobachte die Farbe des Gases und führe, wenn das Gefäfs bis oben

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gefüllt ist, ein brennendes Wachslicht ein: ist die Farbe des Gases intensiv gelbgrün und brennt die Kerze rauchend weiter, so ist das Material brauchbar, anderenfalls aber zu verwerfen. Bei der Bereitung der Würfel mufs dann rasch verfahren werden und die gepreſste Platte bis zum Erhärten luftdicht bedeckt bleiben. Ich habe käufliche Würfel bezogen, welche ein fast farbloses Chlor entwickelten, das zum gröſseren Teile aus Kohlensäure bestand und zu keinem der unten zu beschreibenden Versuche brauchbar war.

Als eine wesentliche Verbesserung der WINKLER'schen Methode zur Darstellung der Würfel erscheint ein Vorschlag von THIELE,* dahin gehend, dieselben ohne Gips zu formen, da der frisch bereitete Chlorkalk schon für sich durch starken Druck in eine zusammenhängende Masse verwandelt werden kann. Man bedient sich dazu eines 6 cm hohen starkwandigen, viereckigen Holzrahmens, in welchen zwei starke Böden von 24×17 cm Fläche lose hineinpassen. Der eine Boden wird in den Rahmen gelegt und der übrig bleibende Raum mit Chlorkalk gefüllt; dann legt man den zweiten Boden auf, bringt das Ganze unter eine kräftige Presse und zieht diese so stark wie möglich an. Schon nach einigen Minuten kann man den Rahmen aus der Presse heben und durch einen leichten Hammerschlag die Böden mit der dazwischen liegenden Chlorkalktafel herausnehmen, welche man mit einem Messer unter Benutzung eines eisernen Lineals einritzt und in Würfel zerbricht. Diese sind hinreichend fest, um im KIPP'schen Apparate wie die mit Gips bereiteten gebraucht werden zu können, und haben vor diesen den Vorzug, daſs sie bei gleichem Volum mehr Chlor entwickeln und keinen Gipsniederschlag in der unteren Kugel geben. Sie lassen sich auch mit Vorteil benutzen, um in einem Absorptionsturme zur Befreiung des entwickelten Chlors von etwa beigemengter Kohlensäure zu dienen.

Kautschukschläuche, welche bei der Chlorentwickelung gedient haben, versäume man nicht, unmittelbar nach dem Gebrauche mit verdünnter Kalilauge oder Ammoniak auszuspülen und mit Wasser gut nachzuwaschen. Trotzdem werden sie nach öfter wiederholtem Gebrauche inwendig brüchig und halten dann nicht mehr dicht.

§ 72. Eigenschaften des Chlors. Einwirkung auf Metalle, Metalloide und organische Körper.

Ein Chlorentwickelungsapparat mit Waschflasche, 4—6 hohe Fufscylinder, einer davon mit Glasstöpsel, dazu die nötigen Glasplatten,

* *Liebig's Annalen*, Bd. 253, S. 239. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 638.

eine davon ausgeschnitten. Zwei oder drei tubulierte Glasglocken mit Glas- oder Schieferplatte als Untersatz; dazu ein Kölbchen (100 ccm Inhalt) mit abgesprengtem Halse und darüber geschobenem weiten Kautschukrohre, Glasrohr und durchbohrtem Korke mit seitlichem Einschnitte (Fig. 585), ein umgebogener Draht mit Lichthülse, zwei Woulfe'sche Flaschen mit den nötigen Rohr- und Schlauchverbindungen (Fig. 583), oder eine starkwandige Flasche von 1 l Inhalt mit Hahnverschluſs, unechtes Blattgold und Blattsilber. Stanniol, Rauschgold. Spiralig gewundene, dünne Drähte von Messing, Neusilber, Kupfer und Eisen. Gepulvertes Antimon und Schwefelantimon. Natrium, Phosphor, ein Phosphorlöffel. Ein Strauſs bunter Blumen, angefeuchtete bunte Kattunlappen, angefeuchtetes beschriebenes und bedrucktes Papier.

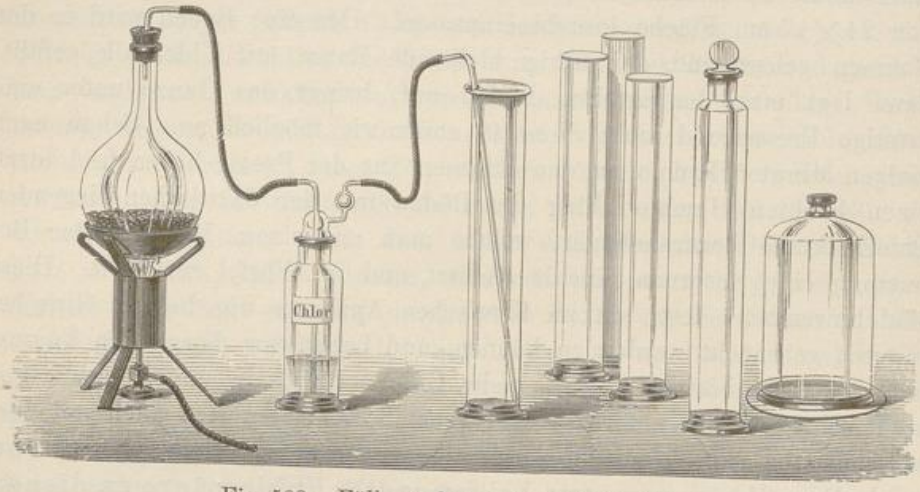


Fig. 582. Füllung der Apparate mit Chlor.

a) Füllung der Apparate. Die Fuſscylinder und die Glasglocken werden während der Unterrichtsstunde vor den Augen der Schüler mit Chlor gefüllt, indem man ein langes Gasableitungsrohr, welches bis auf den Boden der Cylinder reicht, hineinstellt (Fig. 582) und, sobald das Chlor, was man an der grünen Farbe leicht erkennen kann, den Cylinder gefüllt hat, das Rohr langsam herauszieht und in einen anderen Cylinder steckt. Die tubulierten Glasglocken sind vorher mit Schmierwachs auf die Glas- oder die Schieferplatten aufgeklebt worden. Jeder Cylinder wird, nachdem er gefüllt ist, mit einer Glasplatte bedeckt und beiseite gesetzt. Während der Einleitung von Chlor deckt man eine ausgeschnittene Glasplatte auf. Der Versuch wird im Abzug vorgenommen, nachdem man die Abzugsröhren vorher gut angeheizt hatte. Ist man in Ermangelung

eines Abzugs genötigt, die Chlorentwickelung im Zimmer auszuführen, so hat man vor allem dafür zu sorgen, dafs beim Auswechseln der Cylinder keine Störung eintritt. Man zieht, sobald der eine Cylinder beinahe gefüllt erscheint, das Rohr langsam in die Höhe, während die ausgeschnittene Glasplatte liegen bleibt und mit der Hand festgehalten wird. Sobald man den Rand erreicht hat, zieht man das Rohr rasch heraus und steckt es sogleich in einen anderen, von dem Assistenten dicht daneben gehaltenen Cylinder. Nun wechselt man die ausgeschnittene Glasplatte mit einer vollen aus und deckt jene auf den neuen Cylinder u. s. f. Wenn man in dieser Weise mit Ruhe, ohne Überhastung und mit Sicherheit

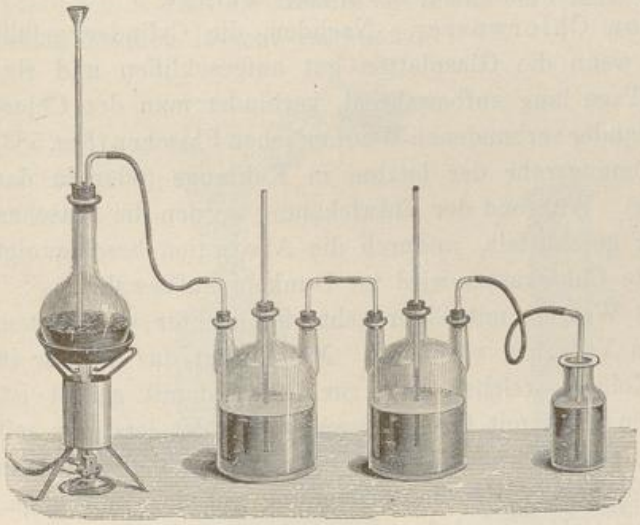


Fig. 583.
Darstellung von Chlorwasser.

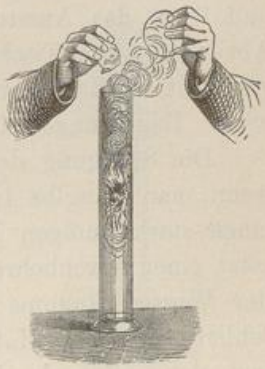


Fig. 584.
Blattmetalle in Chlor.

arbeitet, so lassen sich alle Apparate mit Chlor füllen, ohne dafs merkliche Mengen austreten, wenigstens nicht in dem Mafse, dafs man dadurch belästigt würde. Jedenfalls mufs aber die Entwickelungsflasche mit einem Sicherheitsrohre versehen sein, dessen Stand man während der Arbeit fortwährend beobachtet. Sollte sich ein bedenkliches Steigen der Sperrflüssigkeit bemerklich machen, so zieht man den Kautschukschlauch von der Waschflasche ab, läfst ihn aber an der Entwickelungsflasche hängen und entfernt dieselbe, indem man sie, wenn man keinen anderen Ort zur Verfügung hat, vor das Fenster stellt. Auf diesen Fall mufs man vorbereitet sein und deshalb vor das Fenster ein Holzklötzchen legen, auf welches man die Flasche setzt, damit sie nicht, indem sie den kalten Stein berührt, springt. Den Schlauch läfst man an der Wand herunterhängen und nicht etwa mit dem offenen Ende auf dem Fenstersimse

liegen, da sonst das Chlor auch bei geschlossenem Fenster durch die unteren Ritzen in das Zimmer eindringen würde. Da eine Störung, wenn sie in dieser Weise vorkommen sollte, nur durch eine Verstopfung in einem der Kautschukschläuche veranlafst sein konnte, so wird der Übelstand sogleich durch Austauschung des Schlauchs gegen einen neuen zu heben sein. Man mufs deshalb bei Beginn des Versuchs immer einen oder zwei Reserveschläuche vorrätig haben. Nach dem Gebrauche wasche man die Kautschukschläuche zuerst mit Wasser, dann mit verdünnter Kalilauge und zuletzt wieder mit Wasser aus. — Alle diese Vorsichtsmafsregeln sind kaum erforderlich, wenn man über einen Kipp'schen Apparat zur Chlorentwickelung verfügt.

b) Bereitung von Chlorwasser. Nachdem die Cylinder gefüllt sind (sie lassen sich, wenn die Glasplatten gut aufgeschliffen und eingetalgt sind, mehrere Tage lang aufbewahren), verbindet man den Chlorapparat mit zwei miteinander verbundenen Woulfe'schen Flaschen (Fig. 583) und leitet das Ausströmungsrohr der letzten in Kalilauge (oder in das Abzugsrohr vom Tische). Während der Entwickelung werden die Flaschen von Zeit zu Zeit stark geschüttelt, wodurch die Absorption beschleunigt wird. Das grüngefärbte Chlorwasser wird im Dunkeln aufbewahrt.

Die Sättigung des Wassers mit Chlor geht viel leichter von statten, wenn man dieselbe im Vakuum vornimmt. Man bringt das Wasser in einen starkwandigen Kolben, welcher etwa zur Hälfte damit gefüllt ist, setzt einen durchbohrten Kork mit Glashahn auf, verbindet letzteren mit der Wasserluftpumpe und entfernt die Luft so gut wie möglich; dann schliefst man den Hahn, unterbricht die Verbindung mit der Luftpumpe, legt den Schlauch des Chlorentwickelungsapparats an und öffnet den Hahn. Der Kolben füllt sich rasch mit Chlor, welches beim Schütteln sofort absorbiert wird. War das Chlor luftfrei, so erhält man schon nach einmaligem Auspumpen der Luft eine gesättigte Lösung. Man erkennt dies daran, dafs aus der zwischen dem Chlorapparat und der Flasche eingeschalteten Waschflasche keine Blasen mehr übertreten.

c) Verbrennung von Blattmetallen. Sogenanntes unechtes Blattsilber (dünn geschlagenes Zinn) und Blattgold (Messing) wird bauschig zusammengedrückt und in einen mit Chlor gefüllten Cylinder geworfen (Fig. 584). Während des Fallens verbinden sich die Metalle unter Feuererscheinung mit dem Chlor. Das Zinn giebt dabei einen weifsen, das Messing einen braunroten Rauch. Reichliche Mengen Chlor und Rauch quellen dabei aus dem Cylinder hervor und verderben die Luft. Der Versuch mufs also jedenfalls unter dem Abzug oder auf dem Tische unter dem Ventilationsabzuge oder, wenn beides nicht vorhanden ist, am Ende der Unterrichtsstunde ausgeführt werden. Blattaluminium verbindet sich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit Chlor nicht freiwillig, wohl aber, wenn man ein kleines Stückchen unechtes Blattgold mit hineinwickelt, so dafs dieses gleich mit dem Chlor in Berührung kommt (Böttger).

Nach Roscoe und Schorlemmer braucht man zum Verbrennen von unechtem Blattgold in Chlor den auf der Tafel, Figur 23, abgebildeten Apparat. Der untere gröfsere Kolben ist mit Chlor gefüllt, und der obere kleinere enthält einige Blätter bauschig zusammengewickeltes Blattgold. Beide können durch ein Hahnrohr verbunden werden. Man evakuiert den kleinen Kolben mit der Luftpumpe und setzt ihn mit geschlossenem Hahn auf den gröfseren. Durch Öffnung des letzteren tritt Chlor ein, worauf die Metalle mit lebhaftem Glanze und unter Entwickelung eines braunen Rauchs verbrennen.

Fig. 585.
Antimon in Chlor.

Fig. 586.
Bleichen in Chlor.

Fig. 587.
Flamme in Chlor.

Stärkere Blattmetalle, z. B. Stanniol, Bleifolie oder sogenanntes Rauschgold (ganz dünnes Messingblech) müssen, wenn die Entzündung nicht zu lange auf sich warten lassen soll, etwas vorgewärmt werden. Man schneidet die betreffenden Folien in Streifen von 2—3 cm Breite, hängt sie mittels eines Kupferdrahts an eine breite Korkscheibe, erwärmt sie sehr vorsichtig (hochgehalten) über der Flamme, so dafs sie weder schmelzen noch sich mit Oxyd überziehen, und taucht sie dann in den mit Chlor gefüllten Cylinder, worauf die Entzündung in den meisten Fällen sogleich erfolgt (Tafel, Fig. 3).

d) Glühen und Verbrennen von Metalldrähten in Chor.

Metalldrähte lassen sich unter ähnlichen Erscheinungen in Chlor verbrennen, wie in Sauerstoff. Dünner Messingdraht, Neusilberdraht, Kupferdraht und Eisendraht wird spiralig zusammengewunden, jede Spirale am

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

unteren Ende mit einem kleinen Bäuschchen Blattgold umwickelt und mit ihrem oberen Ende durch einen Kork gesteckt, welcher in die tubulierten Glasglocken mit Schieferuntersatz (s. oben) pafst. Die Korke sind seitlich ausgeschnitten. Sobald man die Spiralen in das Innere der Glocken taucht, entzündet sich das Blattgold und bringt dadurch die Drahtspirale zum Glühen, auf welche nun das Chlor einwirkt. Der Messingdraht verbrennt unter Funkensprühen, der Neusilberdraht schmilzt zu Tropfen ab, welche auf der Schieferplatte auseinander springen. Die Kupfer- und Eisenspiralen aber kommen nur zum Glühen.

e) Verbrennung von Antimon und Schwefelantimon.

Das Antimon wird im Mörser zerstofsen, so dafs die gröfsten Körner höchstens Stecknadelkopfgröfse haben; dann wird das Kölbchen (Fig. 585) zur Hälfte damit gefüllt, in der Lampe von aufsen etwas angewärmt, der Kork in den Hals der tubulierten, mit Chlor gefüllten Glocke gesteckt (wobei man das Kölbchen unter Biegung des Kautschukschlauchs nach unten hält) und nun durch Schütteln das Antimon in die Glocke geschüttet, anfangs in kleinen, nachher in immer gröfseren Portionen. Die kleinen Stäubchen entzünden sich beim Fallen, die gröfseren Körner erst unten und hüpfen brennend von der Schiefer- oder Glasplatte in die Höhe. Durch die starke Wärmeentwickelung wird viel des gasförmigen Inhalts samt dem Rauche (Chlorantimon) durch den Ausschnitt des Stöpsels hinausgetrieben; daher gilt hier das, was unter c) gesagt ist. — Schwefelantimon verbrennt (ohne angewärmt zu sein) mit noch viel gröfserer Heftigkeit, weshalb man nur wenig auf einmal in die Glocke schütten darf.

Die Glocken, sowie die Glas- und Schieferplatten müssen sogleich nach dem Versuche durch Waschen mit Wasser gereinigt werden.

f) Bleichen durch Chlor. Bunte Blumen, feuchte Kattunlappen, feuchtes beschriebenes und bedrucktes Papier werden durch Bindfaden zu einem Straufse vereinigt und in einen mit Chlor gefüllten Cylinder gehängt (Fig. 586). Die Bleichung vollendet sich während der Unterrichtsstunde, und zwar verschwinden die Farben der Blumen und die Schreibschrift, falls sie mit Gallus- oder sogenannter Alizarin- (d. h. Indigo-) Tinte ausgeführt war, vollständig, blaue Anilintinte dagegen nicht, und ebenso widerstehen auch viele von den Farben, welche jetzt zum Kattundrucke benutzt werden, der Einwirkung des Chlors, so dafs bedruckte Kattunlappen in der Regel nur teilweise (vielleicht auch gar nicht) gebleicht werden. Druckschrift bleibt unverändert.

g) Verbrennen eines Lichtes in Chlor. Hierzu mufs das Chlor kohlensäurefrei sein (s. S. 415, Note und 422). Man entzündet das Licht und taucht es brennend in den mit Chlor gefüllten Cylinder, wobei oben dicke Rufswolken herausquellen (Fig. 587).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 73. Verbindung von Kupfer, bezw. Zink mit Chlor.

Zwei tubulierte Retorten (4) mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr. Kupfer- und Zinkspäne. Ein Chlorentwickelungsapparat.

Der Versuch wird in der Retorte vorgenommen (Fig. 588). Der Bauch derselben ist mit Spänen des betreffenden Metalls gefüllt, und durch den Tubulus leitet man mittels einer Glasröhre trockenes Chlorgas ein. Nachdem von aufsen hinreichend stark erhitzt wurde, beginnt die Verbindung unter Erglühen der Metallspäne und Abschmelzen des Produkts, welches sich unten in der Retorte sammelt. Der Hals der Retorte ist mit einem Ableitungsrohre verbunden, welches in Kalilauge

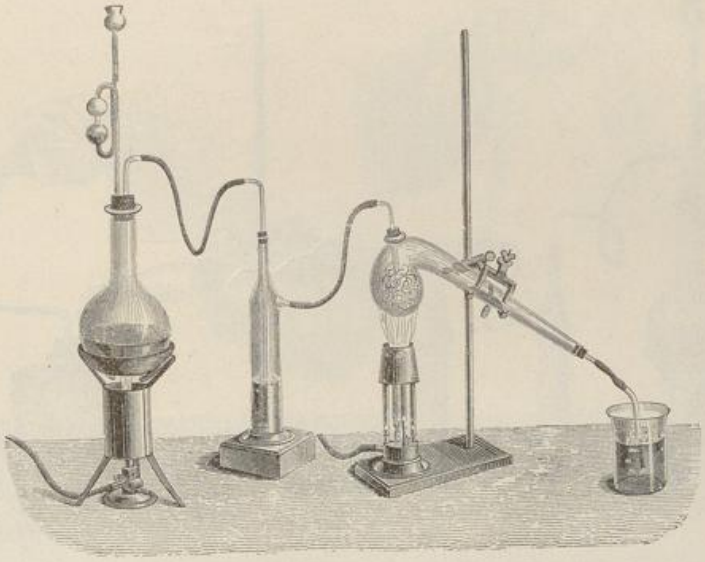


Fig. 588. Verbindung von Kupfer, bezw. Zink mit Chlor.

taucht oder in das Ventilationsrohr des Tisches gesenkt ist. Die geschmolzenen Produkte erstarren nach dem Abkühlen: beim Kupfer zu einer braunen, beim Zink zu einer weifsen Masse von Kupferchlorür, bezw. Zinkchlorid; jenes wird an feuchter Luft grün.

§ 74. Verbindung von Zinn, bezw. Blei mit Chlor.

Zwei böhmische Röhren mit Vorstofs etc.; mehrere Porzellanschiffchen. Zinn und Blei. Ein Chlorentwickelungsapparat.

Die Metalle werden klein geschnitten, in Porzellanschiffchen gethan und in eine Verbrennungsröhre geschoben, welche an ihrem hinteren Ende mit einem Vorstofse verbunden ist, dessen Ableitungsrohr in eine Kondensationsvorrichtung geführt wird; aus letzterer geht ein Ableitungsrohr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach einer Absorptionsflasche mit Kalilauge oder in den Ventilationskanal des Tisches.

Sobald das Zinn etwas über seinen Schmelzpunkt erhitzt ist, verbrennt es mit schön leuchtender Flamme im Chlorstrome (Fig. 589) und kondensiert sich in dem Vorstofse und in der abgekühlten Vorlage zu einer Flüssigkeit (Zinnchlorid). Will man gröfsere Mengen davon bereiten, so richtet man zwei oder drei Porzellanschiffchen vor, welche man gleich beim Beginne des Versuchs in die Röhre schiebt; ist alles Zinn verbrannt, so läfst man den Apparat völlig erkalten, zieht den Kautschukschlauch von der Einleitungsröhre ab, ohne indes den Kork des

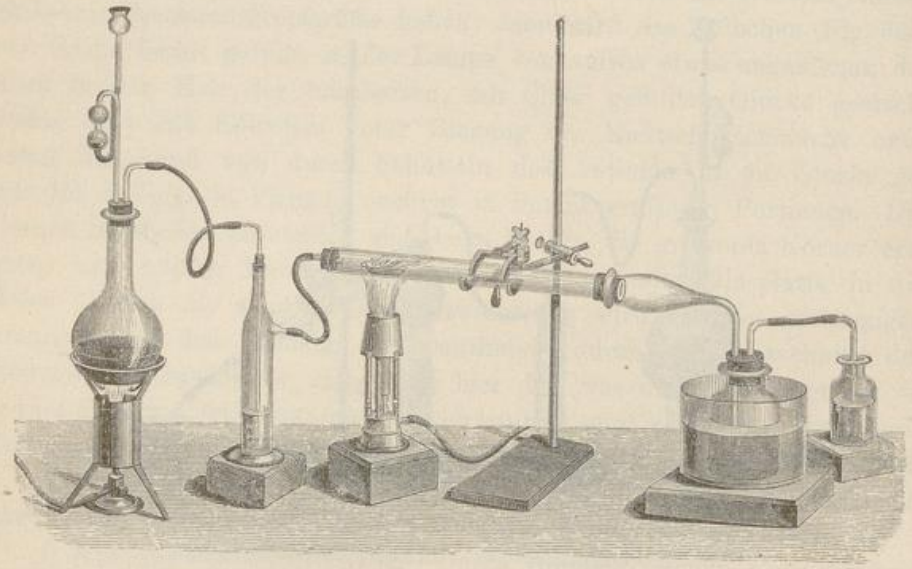


Fig. 589. Verbindung von Zinn, bezw. Blei mit Chlor.

Verbrennungsrohrs zu lüften, und trägt den ganzen Apparat entweder ins Freie oder unter den Abzug, nachdem man beide Ventilationsflammen in demselben angezündet hat. Hier läfst man das etwa im Vorstofse noch vorhandene flüssige Zinnchlorid in die Vorlage laufen, öffnet den Stöpsel der letzteren, ersetzt ihn sogleich durch einen bereit gehaltenen neuen, bläst mittels eines angelegten frischen Kautschukschlauchs das Rohr nebst Vorstofs vollkommen aus und reinigt beide sofort mit Wasser. Das Zinnchlorid bringt man dann in ein mit Glasklappe versehenes Standgefäfs. Zuvörderst aber benutzt man es, um seine grofse Flüchtigkeit zu zeigen, zu folgenden Versuchen: einige Tropfen davon werden in eine Krystallisationsschale gegossen und diese dann mit einem Papiere bedeckt stehen gelassen (Fig. 590). Ferner gieíst man etwas in einen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Halbliterkolben mit engem Halse und läfst diesen ebenfalls stehen (Fig. 591). Das flüssige Chlorid geht durch Wasseranziehung in gewässertes krystallinisches Zinnchlorid über, welches sich in der Krystallisationsschale nach einiger Zeit als erstarrte Masse am Boden anhaftend befindet. Der Kolben dagegen hat sich nach 24 Stunden nahe an seiner Mündung durch eine krystallinische Schicht verschlossen, während die Substanz in ihm noch zum gröfsten Teile flüssig geblieben ist. Dafs der gasförmige Inhalt zum Teil aus Dampf von Zinnchlorid besteht, zeigt man, indem man die krystallinische Scheidewand mit einem Glasröhrchen durchstöfst und feuchte Luft einbläst, wodurch sich sogleich der ganze

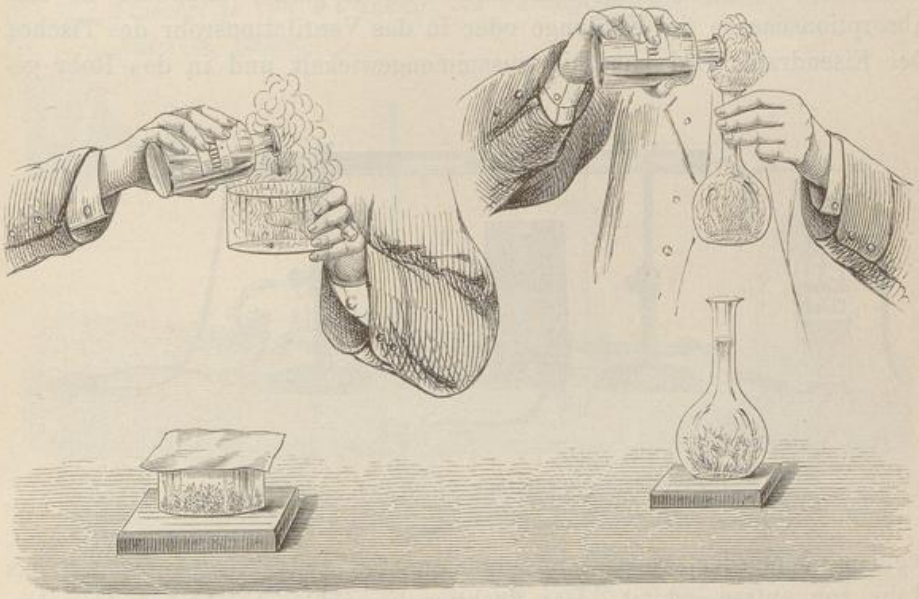


Fig. 590. Fig. 591.
Flüchtigkeit und Wasserverbindung des Chlorzinns.

Kolben wieder mit dickem Rauche von gewässertem Zinnchlorid füllt. Dieses setzt sich zu Boden, der Gasinhalt klärt sich abermals, das Loch in der Scheidewand wächst wieder zu u. s. f. (Dafs die Bildung des Rauchs und die Entstehung der Krystalle in der That auf Verbindung des flüssigen Zinnchlorids mit Wasser beruht, zeigt man, indem man mittels einer kleinen Pipette Wasser in einige Kubikcentimeter flüssiges Zinnchlorid tropfen läfst, wodurch man, sobald das richtige Verhältnis erreicht ist, unter Umschwenken die ganze Mischung zum Erstarren bringt.)

Auch das Blei, wenn es im Schiffchen über seinen Schmelzpunkt erhitzt wird, verbindet sich direkt mit Chlor zu Chlorblei, welches zum

Teil im Rohre stromabwärts und im Vorstofse sublimiert, zum Teil aber auch im Schiffchen als eine geschmolzene, beim Abkühlen erstarrende, weifse Verbindung zurückbleibt.

§ 75. Verbindung von Eisen, bezw. Aluminium mit Chlor.

Eine böhmische Röhre mit Kugelvorlage. Eisendraht. Ein Chlorentwickelungsapparat.

a) Eisen. Hierzu kann man bei kleineren Mengen ein einfaches böhmisches Rohr nehmen, bei gröfseren Mengen aber verbindet man dasselbe mit einer Kugelvorlage (Fig. 592); in beiden Fällen geht ein Gasableitungschlauch von dem Ende des Apparats entweder in eine Absorptionsflasche mit Kalilauge oder in das Ventilationsrohr des Tisches. Der Eisendraht wird bauschig zusammengewickelt und in das Rohr ge-

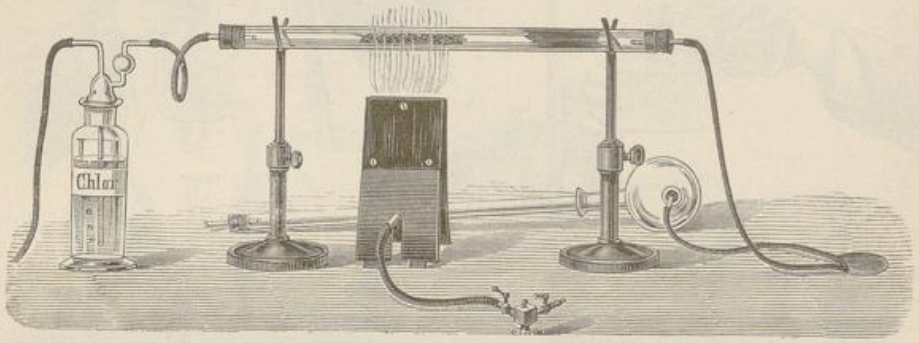


Fig. 592. Verbindung von Eisen mit Chlor.

schoben, dann der Apparat zusammengesetzt, Chlor eingeleitet und das Rohr von aufsen erhitzt. Das flüchtige Eisenchlorid bildet dicht neben der erhitzten Stelle einen braunen Rauch, welcher zu stahlgrauen Krystallflittern sublimiert. Damit diese sich nicht im Innern des Eisendrahtbauschs festsetzen und den Durchgang des Chlors hemmen, mufs man das Rohr, soweit der Eisendraht reicht, erhitzen, wozu man bei gröfseren Mengen am besten die Röhrenheizlampe nimmt. Auch beachte man, dafs die Ableitungsschläuche nicht durch fortgerissene Eisenchloridkrystalle verstopft werden. Es ist gut, den Schlauch von Zeit zu Zeit zu wechseln, um ihn durch Ausspülen wieder zu reinigen. Das sublimierte Eisenchlorid zieht aus der Luft bald Feuchtigkeit an und zerfliefst zu einer gelblichen Flüssigkeit.

b) Aluminium. Derselbe Apparat kann zur Darstellung von Chloraluminium dienen. Man schneidet ein dünnes Aluminiumblech in schmale Streifen, biegt diese zu einem Bündel zusammen und schiebt sie in die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Mitte des Rohrs ein; darauf erhitzt man die Glasröhre von aufsen stark und leitet Chlor ein. Das Aluminium kommt zum Glühen und verbrennt unter Auftreten blendend leuchtender Flämmchen, wobei sich ein gelblich weifser Rauch von Chloraluminium zum kleineren Teile im Rohre, zum gröfseren Teile in der Vorlage ansammelt. Man bewahrt dasselbe in einem gut zu verstöpselnden Gefäfse, vor Feuchtigkeit geschützt, zu einem späteren Versuche auf.

§ 76. Verbindung von Magnesium, bezw. Natrium mit Chlor.

Ein weites, 20—25 cm langes Bürettenrohr; ein Ballon, eine Flasche, je von 2 l Inhalt; ein Verbrennungslöffelchen. Magnesium, Natrium, Chlor.

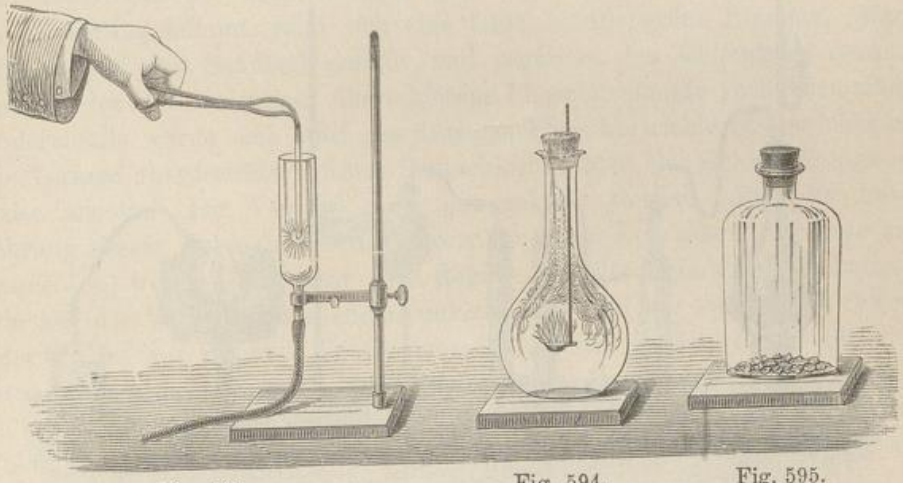


Fig. 593.
Verbindung von Magnesium mit Chlor.

Fig. 594. Fig. 595.
Verbindung von Kalium, bezw. Natrium mit Chlor.

a) Zur Verbrennung des Magnesiums in Chlor benutzt man ein 4—5 cm weites, 20—25 cm langes, unten zu einer engen Röhre ausgezogenes Glasrohr (ein weites, zur Hälfte abgesprengtes Bürettenrohr). Das Chlor wird von unten her langsam eingeleitet, und nachdem sich der Cylinder über die Hälfte gefüllt hat, das brennende Magnesium eingetaucht (Fig. 593). Das Produkt ist hierbei mit Magnesia gemischt; will man reines Chlormagnesium haben, so mufs man einen Chlorstrom durch ein Rohr leiten, in welchem Magnesium zum Glühen gebracht wird wie bei dem Versuche mit Blei.

b) Dafs Natrium in Chlorgas mit schön leuchtender Flamme brennt, zeigt man in derselben Weise, wie beim Verbrennen von Phosphor und Arsen in Sauerstoff, nämlich durch Erhitzen des Metalls im Ver-

brennungslöffelchen und Eintauchen in einen mit Chlor gefüllten Ballon (Fig. 594). Der aufsteigende Rauch (Chlornatrium) ist hier anfangs weifs, wird aber bald durch Eisenchlorid (vom Löffel) gebräunt. Reines Chlornatrium erhält man, wenn man in eine mit Chlor gefüllte Flasche dünne Natriumscheibchen bringt, die Flasche zustöpselt und mehrere Tage unter öfterem Umschütteln stehen läfst (Fig. 595). Das Chlor verschwindet allmählich, und ein jedes Scheibchen zeigt sich nachher mit einer weifsen, krystallinischen Haut von Chlornatrium bedeckt, welches man sorgfältig abschabt, in Wasser löst und auf seine Eigenschaften prüft. Das noch unangegriffene Metall beseitigt man sogleich durch Verbrennen oder durch Auflösen in Alkohol und Weggiefsen.

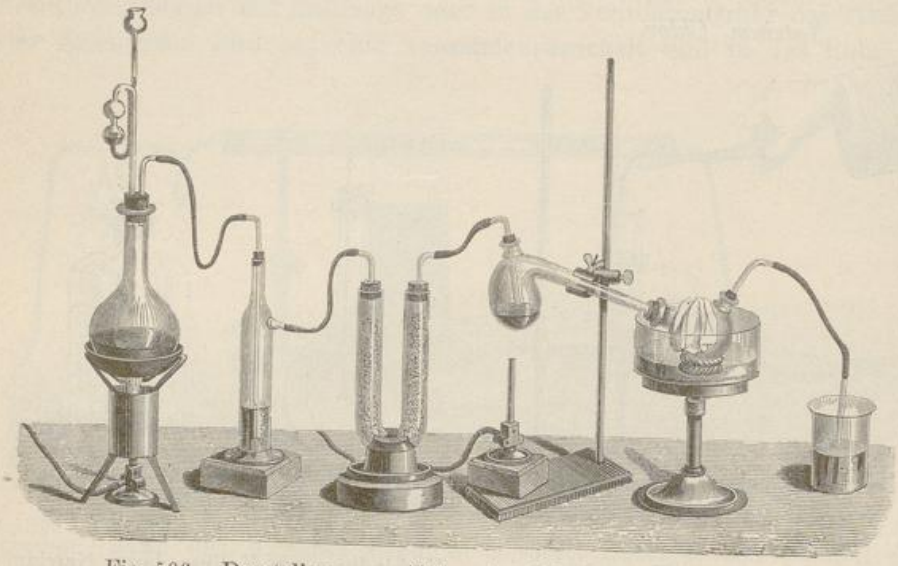


Fig. 596. Darstellung von Chlorschwefel, bezw. Chlorphosphor.

§ 77. Verbindung von Schwefel, bezw. Phosphor mit Chlor.

Zwei tubulierte Retorten (4) mit Kugelvorlage, Gasableitungsrohr und Absorptionsgefäfs. Ein Chlorentwickelungsapparat nebst Trockenflasche. Schwefel; Phosphor.

a) Chlorschwefel (Schwefelchlorür, S_2Cl_2). Etwa 50 g Schwefelblumen werden in eine tubulierte Retorte gebracht, der Kork mit Gaszuleitungsrohr aufgesetzt (die Röhre mufs bis dicht auf den Schwefel reichen), die Retorte mit der Vorlage verbunden, in den Halter geschraubt, überhaupt der ganze Apparat so zusammengestellt, wie es Figur 596 zeigt. Nachdem man denselben auf seine Dichtheit geprüft hat, setzt man die Chlorentwickelung in Gang. Man kann die Retorte anfangs gelinde erwärmen, doch ist dies kaum nötig, da das Chlor schon in der Kälte auf

den Schwefel einwirkt und unter beträchtlicher Wärmeentwickelung sich mit demselben zu Schwefelchlorür verbindet. In die gut gekühlte Vorlage destilliert braungelbes Schwefelchlorür über. Das Gasableitungsrohr wird durch verdünnte Kalilauge gesperrt oder in das Ventilationsrohr des Tisches gehängt. — Da das Schwefelchlorür an der Luft stark raucht, nehme man den Apparat an einem Orte auseinander, wo der Rauch nicht belästigt (s. oben bei Zinnchlorid).

b) Chlorphosphor. Das Phosphortrichlorid, PCl_3, entsteht, wenn man Chlor in langsamem Strome auf überschüssigen Phosphor einwirken läfst. Man benutzt hierzu einen ganz ebenso zusammengesetzten Apparat, wie zur Darstellung des Chlorschwefels, nur setze man die Retorte in ein auf einem Dreifufse stehendes Sandbad. In die Retorte werden einige gut abgetrocknete Phosphorstücke gethan. Sobald das Chlor mit diesen in Berührung kommt, zeigt sich eine fahle, bläulichgrüne Flamme. Man erhitze nun das Sandbad gelinde und reguliere den Chlorstrom derart, dafs in der Retorte immer überschüssige Phosphordämpfe vorhanden sind, anderenfalls würde sich statt des flüssigen Phosphortrichlorids, welches in die Vorlage überdestilliert, festes Pentachlorid bilden, das sich im Retortenhalse ansetzt. Die Vorlage mufs gut gekühlt werden. Für die Ausführung dieser Versuche ist die Anwendung des Kipp'schen Apparats zu empfehlen, welcher eine sehr gute Regulierung des Chlorstroms gestattet. Die aus der Vorlage abziehenden unkondensierten Gase müssen absorbiert oder in das gut ziehende Ventilationsrohr geleitet werden, da sie für die Atmungsorgane äufserst belästigend sind. — Das feste Phosphorpentachlorid entsteht, wie bereits erwähnt, durch Einwirkung überschüssigen Chlors auf Phosphor oder durch nachträgliche Behandlung von flüssigem Trichlorid mit Chlor.

§ 78. Verbindung von Antimon, bezw. Arsen mit Chlor.

Zwei böhmische Röhren mit Vorstofs und Kondensationsvorrichtung, mehrere Porzellanschiffchen, ein Chlorentwickelungsapparat. Antimon, Arsen.

a) Antimontrichlorid und Antimonpentachlorid, Sb_2Cl_3 und Sb_2Cl_5. Ein oder zwei Porzellanschiffchen werden mit gröblich gepulvertem Antimon gefüllt und in das böhmische Rohr gebracht, dieses mit dem Vorstofse verbunden und der Apparat so zusammengestellt, wie Figur 589 (S. 430) zeigt. Man erhitze nun das Rohr an der Stelle, wo das erste Porzellanschiffchen steht, sehr stark und leite Chlor darüber. Die Verbindung erfolgt mit Flamme. Je nach den relativen Mengen beider Reagentien bildet sich entweder Trichlorid oder Pentachlorid. Ist der Chlorstrom rasch, so dafs die ganze Oberfläche des erhitzten Antimons

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von einer Flamme bedeckt ist, so bildet sich vorwiegend das Pentachlorid, welches flüssig ist und in die Vorlage überdestilliert; bei langsamem Chlorstrome aber entsteht meist Trichlorid, welches sich als fester Körper schon im Rohre teilweise kondensiert. Auch hier sorge man für Beseitigung etwa unkondensierter Dämpfe und beachte in Bezug auf das Auseinandernehmen des Apparats das oben beim Zinnchlorid Gesagte.

b) Arsentrichlorid, As_2Cl_3. Zur Darstellung dieser Verbindung kann man sich desselben Apparats bedienen; nur ist hier, weil das Arsenchlorid äufserst giftig ist, unbedingt die Vorlage noch mit einem Abzugsrohre zu verbinden, durch welches die etwa nicht kondensierten Dämpfe sicher abgeleitet werden. Auch wäre es wohl zu empfehlen, den ganzen Apparat (wenn man den Versuch überhaupt in der Klasse ausführen will) unter den Abzug zu stellen, nachdem man die Essen desselben gut geheizt hat. Das Schiffchen wird mit Arsen beschickt, die Röhren von aufsen erhitzt und Chlor eingeleitet. Die Verbindung erfolgt unter Feuererscheinung, und das Kondensationsprodukt bildet eine farblose, sehr flüchtige Flüssigkeit, welche in einem gutschliefsenden Glase aufzubewahren ist. Es verdunstet schon bei gewöhnlicher Temperatur und bildet, wie alle vorhergehenden Chloride, an feuchter Luft sogleich einen weifsen Rauch, vor dessen Einatmung man sich sorgfältig zu hüten hat.

§ 79. Wasserstoff und Chlor; Darstellung des Chlorwasserstoffgases.

Ein Wasserstoffgasometer oder ein Wasserstoffentwickelungsapparat, ein grofser Ballon (mit Chlor gefüllt), eine unten umgebogene, ausgezogene Glasröhre (Fig. 597). Oder: ein Apparat zur kontinuierlichen Salzsäurebildung durch Verbrennung von Wasserstoff in Chlor oder umgekehrt (Fig. 599), dazu eine dreihalsige Flasche mit Sicherheitsrohr, ein Kipp'scher Apparat zur Chlorentwickelung.

Im kleinen zeigt man die Verbindung des Chlors mit Wasserstoff, indem man eine am Ende ausgezogene Glasröhre durch Kautschukschlauch mit einem Wasserstoffgasometer oder einem Wasserstoffentwickelungsapparat verbindet, den ausströmenden Wasserstoff in der Luft anzündet, die Flamme durch Drehen des Hahns so reguliert, dafs sie etwa 2 cm hoch ist, und das Rohr dann brennend in ein grofses mit Chlor gefülltes Gefäfs taucht (Fig. 597). Das Gas brennt im Chlor weiter; doch ändert sich die Farbe der Flamme aus blafsblau in leuchtend blaugrün. Dabei treten aus der Mündung des Gefäfses unter dem Deckel reichliche Wolken von Salzsäurenebeln hervor, entstanden durch Anziehung der Luft-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

feuchtigkeit. Man wird daher den Versuch unter dem Abzug ausführen. Sobald die Flamme anfängt unsicher zu brennen, drehe man den Hahn zu, hebe die Glasröhre heraus, bedecke die Öffnung mit der Hand und kehre die Flasche in einer grofsen Krystallisationsschale mit kaltem Wasser um, welches in die Höhe steigt und das Gefäfs zum Teil ausfüllt. Man schüttele einige Male und setze etwas blaue Lackmuslösung zu, welche sofort rot wird.

Gröfsere Mengen von Chlorwasserstoffgas lassen sich mit dem in Figur 599 dargestellten Apparate bereiten. Es gehören dazu zwei (KIPP'sche) Gasentwickelungsapparate; der eine für Wasserstoff, der andere für Chlor. (Statt des in Fig. 599 abgebildeten, durch heifses Wasser zu erwärmenden

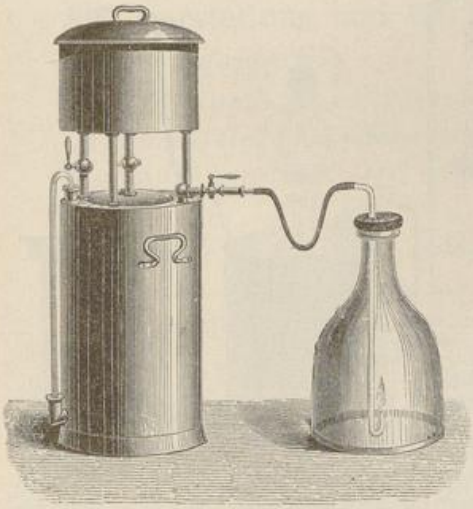


Fig. 597. Verbrennen von Wasserstoff in Chlor.

Fig. 598. Chlorknallgas.

Chlorentwickelungsapparats wird man jetzt mit Vorteil den WINKLER'schen Apparat, S. 421, Fig. 581 anwenden, mit dem sich der Chlorstrom aufserordentlich leicht regulieren läfst.) Die Verbrennung erfolgt in einem bauchigen Glasgefäfse, welches einige Ähnlichkeit mit dem Apparate hat, der zur Erzeugung umgekehrter Flammen dient (S. 358). Die untere Öffnung ist mit einem Korke verschlossen, in welchen eine sogenannte HOFMANN'sche Röhre, wie sie zur Konstruktion von Waschflaschen benutzt wird (Fig. 240, *E*) eingesetzt ist; das lange Rohr ist abgesprengt, so dafs es nur etwas aus dem weiten Rohre hervorragt. Man nimmt das Glasgefäfs ab, leitet den Wasserstoff durch die innere Röhre und entzündet ihn; hierauf setzt man das Glasgefäfs wieder auf und öffnet sogleich den Hahn des Chlorapparats, um einen raschen Chlorstrom eintreten zu lassen und die Luft dadurch zu verdrängen. Man hat zu diesem Behufe darauf zu

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

achten, dafs vor Beginn des Versuchs die mittlere Kugel des Chlorapparats ganz mit Chlor gefüllt ist, damit nachher beim Aufdrehen des Hahns eine genügende Menge von Chlor vorhanden ist, sonst verlischt die Flamme leicht. Es brennt nun der Wasserstoff in Chlor mit leuchtender grünblauer Flamme, und das Verbrennungsprodukt (HCl) geht durch den Kautschukschlauch in die WOULFE'sche Flasche, wo es von dem Wasser sogleich absorbiert wird; das überschüssige Gas entweicht durch den zweiten Tubulus und mufs, da es Chlor enthält, in eine Absorptionsflüssigkeit (verdünnte Kalilauge) eingeleitet werden, doch läfst man das Gasableitungsrohr nicht tief in diese eintauchen. Bei diesem Versuche

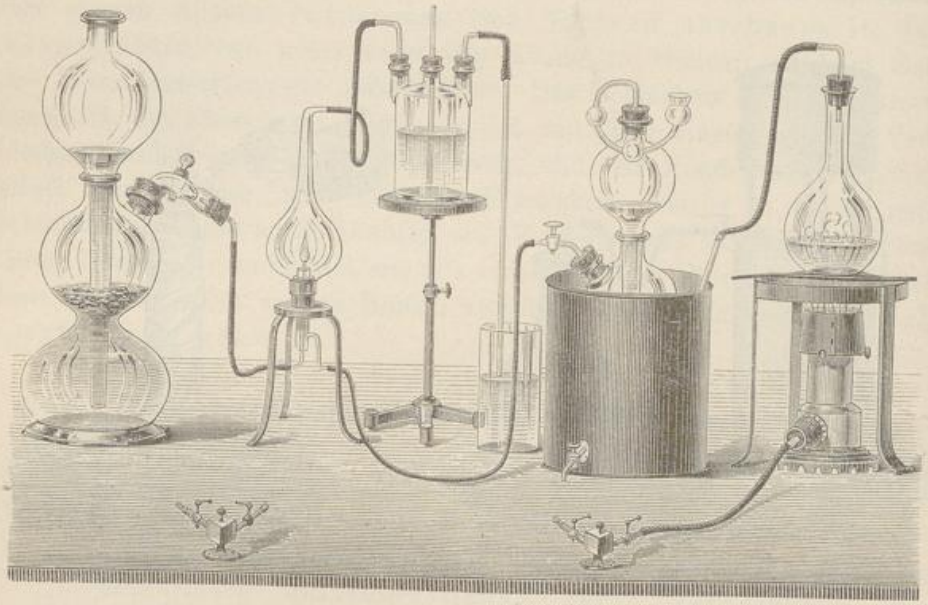


Fig. 599. Direkte Synthese der Salzsäure.

läfst sich ebenfalls das Phänomen der umgekehrten Flammen zeigen, indem man den Chlorstrom mäfsigt und zugleich den Wasserstoffstrom verstärkt, wodurch die Flamme von dem engeren Rohre nach dem weiteren wandelt. Doch verlischt sie hierbei in den meisten Fällen, wenn der Apparat in der Weise arrangiert ist, wie es die Figur zeigt, weil der sehr viel leichtere Wasserstoff aus dem engeren Rohre mit viel gröfserer Geschwindigkeit aufsteigt als das Chlor aus dem weitem, so dafs eine genügende Mischung beider Gase meist nicht eintritt. (Man hüte sich vor einer Berührung der austretenden Gase mit einer Flamme oder vor einer Bestrahlung des Apparats durch direktes Sonnenlicht; s. den folgenden Paragraph.) Will man Chlor in Wasserstoff verbrennen, so verbindet

man die beiden Brennerröhren in umgekehrter Weise, d. h. die weitere mit dem Wasserstoff- und die engere mit dem Chlorapparat. Man nimmt das bauchige Glasgefäfs von dem Korke, entzündet den aus der weiten Röhre ausströmenden Wasserstoff, dreht den Hahn des Chlorapparats auf (wobei nicht selten eine kleine, aber ungefährliche Explosion eintritt, weil leicht etwas Wasserstoff in das andere Glasrohr diffundiert) und setzt dann das Glasgefäfs wieder auf den Kork. Der Wasserstoff brennt noch eine kurze Zeit fort auf Kosten des in dem Glase enthaltenen Sauerstoffs, verlischt aber dann, und nun brennt das Chlor im Wasserstoff ruhig weiter. — Um die Glasröhren vor dem Springen zu schützen, umgiebt man sie mit Hüllen von dünnem Platinblech.

§ 80. Darstellung und Explosion von Chlorknallgas.

a) *Ein Fufscylinder.*

b) *Ein Apparat zur Darstellung von Chlorknallgas nach Rosenfeld. Ein dünnwandiges Glaskölbchen (50—100 ccm), eine Pappkappe mit Öse, ein mehrere Meter langer Stab mit Haken.*

c) *Mehrere dünnwandige Glaskugeln mit ausgezogenen Spitzen, ein Fufscylinder zur Erzeugung des Schwefelkohlenstofflichts (hierzu ein Apparat zur Entwickelung von Stickoxyd, s. w. u. im IV. Abschnitt § 191, Stickoxyd), eine Krystallisationsschale, ein starkes Drahtnetz.*

Chlorknallgas besteht aus gleichen Raumteilen Chlor und Wasserstoff. Es kann im Dunkeln und im zerstreuten Tageslichte aufbewahrt werden, ohne sich zu entzünden, explodiert aber im direkten Sonnenlichte, Magnesiumlichte, sowie im Lichte der Schwefelkohlenstoffflamme (in Stickoxyd) und beim Entzünden. Der Versuch kann deshalb auf verschiedene Weise ausgeführt werden.

a) Explosion durch Entzündung. Man füllt zuerst den Fufscylinder in der pneumatischen Wanne zur Hälfte mit Wasserstoff und dann ganz mit Chlor, indem man einen raschen Chlorstrom eintreten läfst. Sobald die ersten Blasen unten austreten, schliefst man den Chlorstrom ab und stöpselt den Cylinder sogleich zu. Man umwickelt ihn dann mit einem Tuche und entzündet das Gas nach Hinwegnahme des Stöpsels (Fig. 598). Der Knall ist ein äufserst intensiver, und wer dergleichen nicht liebt, der nehme einen kleinen Cylinder und arbeite nur mit geringen Mengen (100 ccm); eine Gefahr für den Experimentator aber, wenn der Versuch in der vorgeschriebenen Weise ausgeführt wird, ist nicht vorhanden, nur hüte man sich, den Versuch auszuführen, wenn das Sonnenlicht auf den Experimentiertisch scheint.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Explosion im Sonnenlichte. Man füllt ein dünnwandiges Kölbchen mit Chlorknallgas, was am besten in der Weise geschieht, dafs man letzteres zuerst in einer Blase ansammelt und dann in das Kölbchen drückt. (Die Blase ist dieselbe, welche zur Bereitung des gewöhnlichen Knallgases dient, und auch die Füllung wird mit demselben Apparate vorgenommen [s. o. S. 350], nur mit dem Unterschiede, dafs man gleiche Mafse Chlor und Wasserstoff in die Blase füllt. Das Wasser in dem Gefäfse, worin das Chlor abgemessen wird, mufs warm sein.) Man verschliefst dann das Kölbchen mit einem doppelt durchbohrten Korke, welcher ein langes, bis auf den Boden reichendes Gaseinleitungsrohr und

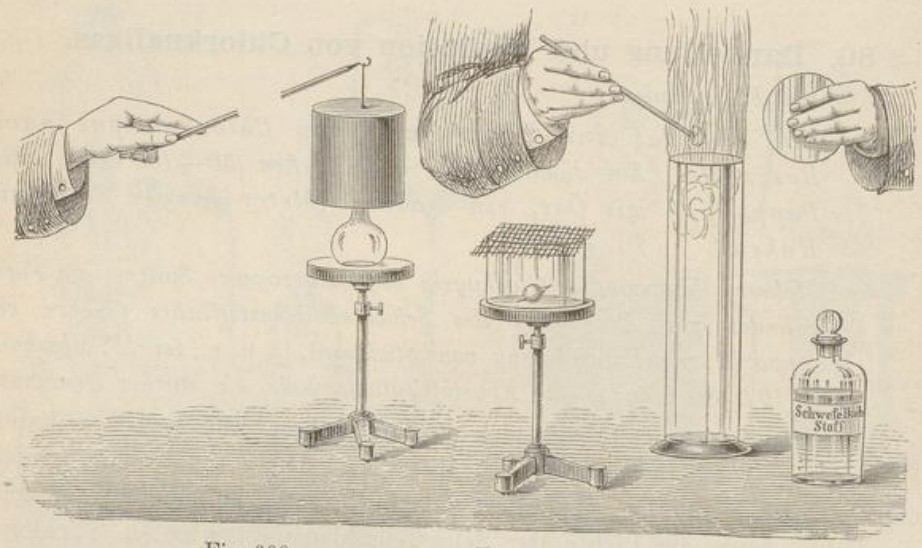


Fig. 600. Fig. 601. Fig. 602

Explosion von Knallgas im Lichte.

ein kurzes, unter dem Korke endigendes Gasableitungsrohr hat (wie bei den Waschflaschen, der Spritzflasche etc.), verbindet das Gaseinleitungsrohr mittels Kautschukschlauch mit dem Ansatzrohre der Blase, öffnet den Hahn der letzteren und drückt das Chlorknallgas rasch in das Kölbchen, bis man annehmen kann, dafs alle Luft verdrängt ist; hierauf schliefst man den Hahn der Blase, entfernt den Kork mit der Gaseinleitungsvorrichtung und verstöpselt das Kölbchen mit einem anderen Korke dicht. In dieser Weise lassen sich mehrere Kölbchen hintereinander füllen. Um das darin enthaltene Gasgemenge durch Sonnenlicht zur Explosion zu bringen, setzt man das Fläschchen auf den Tisch, bedeckt es mit der Pappkappe, trägt es ins Freie an eine vom Sonnenlichte beschienene Stelle und hebt aus der Entfernung mittels eines langen Stabs die

Pappkappe ab (Fig. 600). Der Erfolg ist aber auch ebenso sicher, wenn man das Kölbchen aus dem Schatten in weitem Bogen in das Sonnenlicht hinaus wirft, wo es dann, indem es die Schattengrenze überschreitet, zerspringt. In beiden Fällen kann man der Vorsicht halber das Gesicht durch Vorhalten eines Schirms schützen; doch ist bei der grofsen Entfernung in der That wenig Gefahr vorhanden.

c) Explosion durch Magnesiumlicht oder durch die Schwefelkohlenstoff-Stickoxydflamme. Zu diesem Versuche kann man nur kleine, ganz dünnwandige Glaskugeln nehmen, die man sich selbst aus Glasröhren bläst (S. 130). Die Glasröhrenenden werden zu feinen Spitzen ausgezogen und abgebrochen. Man verbindet mehrere solcher Kügelchen mittels enger Kautschukschläuche zu einer Reihe und das letzte mit der Knallgasblase, in welcher noch genügender Vorrat vorhanden sein mufs, um alle reichlich zu füllen. Dann drückt man das Knallgas rasch hindurch, dreht den Hahn zu und verschliefst das letzte Ausströmungsrohr mit dem Finger. Hierauf macht man sich aus weichem Wachs kleine Pfröpfchen, drückt einen davon auf das Ausströmungsrohr der letzten Kugel, läfst vom Assistenten das Schlauchstück, welches diese mit der vorletzten verbindet, fest zudrücken, zieht die Kugel heraus, verschliefst schnell das andere Ende derselben mit einem Wachspfröpfchen, zieht den Kautschukschlauch von der nunmehr letzten Kugel ab etc. Eine solche Kugel wird nun in ein Glasgefäfs gelegt (Krystallisationsschale) und dieses oben mit einem Drahtnetze bedeckt (Fig. 601). Hierauf erzeugt man dicht neben dem Gefäfse eine der genannten Flammen, indem man entweder ein Stück brennendes Magnesiumband daneben hält oder Magnesiumstaub aus einem Glasröhrchen in eine Flamme bläst oder auch ein Gemenge von Stickoxyd mit Schwefelkohlenstoffdampf (s. weiter unten § 191) anbrennt (Fig. 602). Auch hierbei ist keine Gefahr zu befürchten, wenn nur die Glaskügelchen dünnwandig genug sind; doch ist es immerhin geraten, das Gesicht durch Vorhalten einer starken Glasplatte oder eines Drahtnetzes zu schützen.

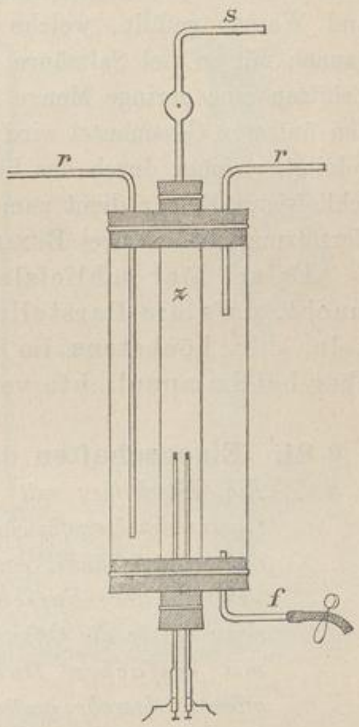


Fig. 603.

Das zu diesen Versuchen nötige Chlorknallgas läfst sich auch bequem auf elektrolytischem Wege darstellen, wozu ein von Max Rosenfeld* beschriebener Apparat geeignet ist. Als Zersetzungsgefäfs dient ein oben und unten mit Kautschukstöpsel verschlossenes, 18 mm weites und 17 cm hohes Glasrohr, in welches von unten her zwei als Elektroden dienende Kohlenstäbchen hineinragen. Es ist von einem 4,5 cm weiten Glasrohr umgeben, durch dessen oberen und unteren Verschlufs drei gebogene Glasröhren eingeführt sind. Das Zersetzungsrohr *z* wird zu drei Vierteln mit einer Mischung aus gleichem Volumen Salzsäure und Wasser gefüllt, welche in der Hitze mit Kochsalz gesättigt und danach mit so viel Salzsäure versetzt wurde, dafs bei dem nachfolgenden Erhitzen eine geringe Menge festen Kochsalzes ausgeschieden bleibt. In den äufseren Glasmantel wird durch das längere Rohr *r* Wasserdampf eingeleitet, welcher durch das kürzere oben entweicht. Das mit Hahn verschliefsbare Rohr *f* dient zum Ablassen des kondensierten Wassers. Zur Zersetzung dienen zwei Bunsen'sche Elemente.

Es sei hier schliefslich nochmals darauf aufmerksam gemacht, dafs die Darstellung des Chlorknallgases nur im Dunkeln, d. h. höchstens im zerstreuten Tageslichte, noch besser aber bei Lampenlichte vorgenommen werden darf.

§ 81. Eigenschaften der Salzsäure.

Ein Literkolben mit Gasableitungs- und Sicherheitsrohr oder eine Gasentwickelungsflasche nach Thiele (S. 190); eine Waschflasche mit Schwefelsäure, ein Absorptionsturm mit Chlorcalcium, ein möglichst hoher Fufscylinder mit Gaseinleitungsvorrichtung, dazu ein in die Öffnung desselben passender, gut schliefsender Kork mit einfacher Durchbohrung, durch welche ein beiderseits offenes Glasrohr gesteckt ist, das nach innen halb in den Cylinder hinein und nach aufsen etwa 4 cm herausragt; eine grofse Krystallisationsschale.

Um die Eigenschaften des Salzsäuregases zu zeigen, bereitet man sich dasselbe durch Erhitzen roher, konzentrierter, rauchender Salzsäure, indem man dieselbe entweder in einem Literkolben mit Gasableitungsrohr erhitzt oder in einem Gasentwickelungsapparat nach Thiele (S. 190) mit konzentrierter Schwefelsäure versetzt, wobei man wie dort angegeben ist verfährt. In beiden Fällen leitet man das HCl-Gas erst durch eine Waschflasche mit konzentrierter Schwefelsäure und dann durch einen mit Chlorcalcium gefüllten Absorptionsturm. Hierbei läfst sich beobachten, dafs

* *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 685.

das reine Salzsäuregas farblos, unsichtbar und trocken ist, indem der Cylinder (der natürlich innen nicht feucht sein darf) vollkommen leer erscheint. Ferner zeigt sich, sowie man das Gas aus dem Ausströmungsrohre in die Luft treten läfst, das Auftreten dicker Nebel, herrührend von der Bildung wässeriger Salzsäure (durch Absorption des atmosphärischen Wasserdampfs), welche in Form zahlloser kleiner Tröpfchen eine Nebelwolke bildet.

Das hohe spezifische Gewicht und das Verlöschen der Flamme läfst sich in ähnlicher Weise darthun, wie bei der Kohlensäure, ebenso die

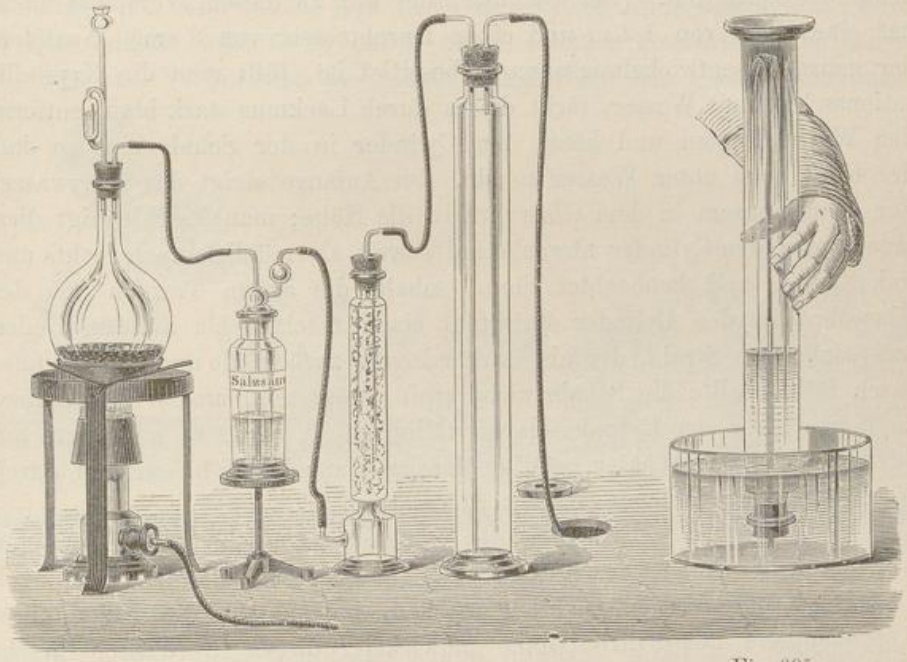


Fig. 604. Fig. 605.

Eigenschaften der Salzsäure.

Absorption durch Wasser. Da letztere aber viel bedeutender ist, als bei der Kohlensäure, so eignet sie sich zur Ausführung eines sehr effektvollen Versuchs. Man fülle einen möglichst hohen Fufscylinder (Fig. 604) mit Chlorwasserstoffgas, indem man das letztere so lange einleitet, dafs man völlig überzeugt sein kann, die Luft sei möglichst daraus vertrieben, dann lüfte man, während die Gasentwickelung in unvermindertem Mafse fortgesetzt wird, den Kork ein wenig, schiebe unter ihn eine aufgeschnittene Glasplatte, so dafs diese die Öffnung des Cylinders bedeckt, lasse den Cylinder samt der Platte durch einen Assistenten festhalten, ziehe das Rohr langsam heraus und schiebe sogleich die Glasplatte völlig über die Öffnung. Hierauf setze man rasch den für den hohen

Fufscylinder bestimmten durchbohrten, mit langem Glasrohre versehenen Kork auf und stöpsele das äufsere Ende der Röhre zunächst mit Wachs zu. Bei diesen Arbeiten wird man etwas von den Salzsäuredämpfen belästigt. Um hierdurch nicht in der Ausführung des Versuchs gestört zu werden, mufs man darauf vorbereitet sein und sämtliche Arbeiten, die hierzu nötig sind, mit dem Assistenten vorher mit leeren Apparaten gut einexerziert haben. Übrigens kann man durch einen anderen Assistenten mittels eines Pappdeckels die Dämpfe während des Herausziehens der Glasröhre wegfächeln lassen; doch ist dies nur nötig, wenn der Cylinder eine bedeutende Länge hat. (Der Cylinder, der mir zu diesem Versuche dient, hat eine Höhe von 1,2 m und einen Durchmesser von 8 cm.) Nachdem der ganze Gasentwickelungsapparat beseitigt ist, füllt man die Krystallisationsschale mit Wasser, färbt dieses durch Lackmus stark blau, entfernt den Wachspfropfen und kehrt den Cylinder in der Schale um, so dafs der Kork noch unter Wasser taucht. Im Anfange steigt das Sperrwasser nur sehr langsam in dem Glasrohre in die Höhe; man beschleunigt dies, indem man den Cylinder abwechselnd soweit als möglich nach rechts und links neigt, und beobachtet dann, sobald die ersten Tropfen aus der Glasröhre in den Cylinder eintreten, einen mächtig bis an den Boden aufspringenden Strahl, der als starker Regen zurückfällt und den Cylinder rasch füllt. Sollte die Schale nicht grofs genug sein, um so viel Wasser zu fassen, dafs der Cylinder davon völlig gefüllt wird, so mufs man ein oder mehrere mit Wasser gefüllte Mensuren zur Hand haben, um durch Nachgiefsen das fehlende Wasser zu ersetzen.

Dafs bei der Absorption des Salzsäuregases durch Wasser eine bedeutende Wärmeentwickelung stattfindet, kann man nach Christomanos* deutlich sichtbar machen, indem man die Kugel eines Thermometers mit Filtrierpapier umwickelt, dieses in Wasser taucht und dann in eine mit Salzsäuregas gefüllte Flasche senkt, wobei das Quecksilber bis auf 70° steigt. Um die Wärmeentwickelung auf weitere Entfernung hin sichtbar zu machen, befestigt man in einem Korbe eine Glasröhre, an deren Ende man eine Kugel von etwa 1—1,5 cm Durchmesser geblasen hat, füllt diese mit Äther, umwickelt sie von aufsen, wie die des Thermometers, mit Filtrierpapier, taucht sie in Wasser und setzt den Kork in eine mit Salzsäuregas gefüllte Kochflasche. Nach kurzer Zeit kommt der Äther zum Sieden, und seine Dämpfe lassen sich oben entzünden (Ätherthermometer nach Faraday und Hofmann). Die Flamme wird eine Zeitlang immer gröfser, nimmt dann wieder ab, bis sie sich zuletzt ganz in die Röhre zurückzieht und verlischt.

---

* *Chem. Centr.-Blatt* 1877, S. 770.

In kleinerem Maſsstabe läſst sich die vollständige Absorption des HCl-Gases durch Wasser in folgender Weise zeigen. Ein 10—15 mm weites und 20—30 cm langes Glasrohr wird an beiden Enden zu einer offenen Spitze ausgezogen und die eine durch ein kurzes, dicht schlieſsendes Kautschukrohr mit einem 80 cm langen, 2—3 mm weiten Glasrohr verbunden, welches an seinem oberen Ende knieförmig umgebogen ist. In dieses wird durch Vermittelung eines kurzen Kautschukrohrs mit Quetschhahn das getrocknete HCl-Gas (frei von Luft) eingeleitet, bis man annehmen kann, daſs alle Luft aus dem Apparate verdrängt ist. Man taucht nun rasch das untere Ende der weiten Röhre in Quecksilber, welches in einem unterstehenden Becherglase enthalten ist, löst die Verbindung des langen Rohrs mit dem Gasentwickelungs-

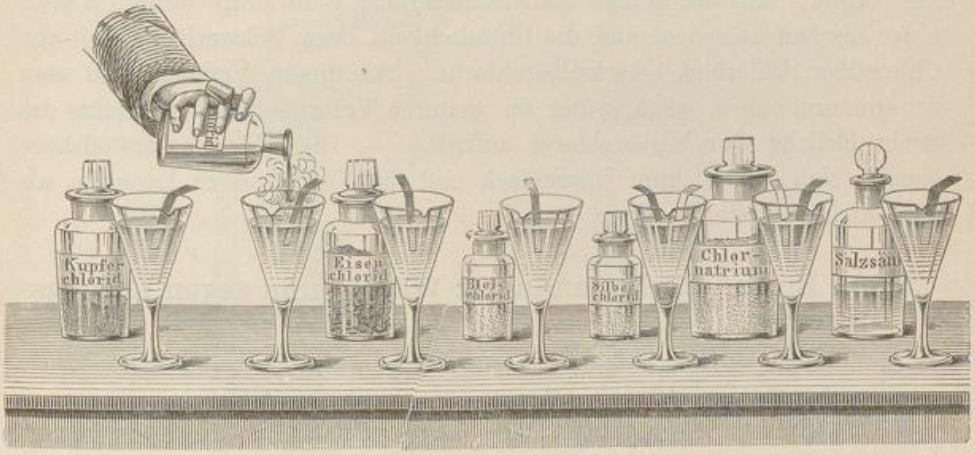


Fig. 606. Natur der Chloride.

apparate, verschlieſst den Quetschhahn luftdicht, gieſst eine Schicht mit Lackmusrot gefärbten Wassers auf das Quecksilber und hebt die Spitze des Glasrohrs so viel aus dem Quecksilber empor, daſs sie in das Wasser taucht. Durch das eintretende Wasser findet rasche Absorption des Gases unter Rotfärbung der Flüssigkeit statt, und das Quecksilber steigt bis zur Barometerhöhe. Selbstverständlich muſs die Menge des hierzu nötigen Quecksilbers durch Ausmessen des inneren Raums der Röhre vorher bestimmt sein.

Dieselben Apparate lassen sich auch zur Absorption von Ammoniakgas durch Wasser (§ 160) benutzen.

§ 82. Natur der Chloride.

Die durch die bisherigen Versuche dargestellten Chloride oder statt deren käufliche Präparate: Kupferchlorid, Zinnchlorid (flüssig und krystalli-

siert), Chlorzink, Chlorblei, Eisenchlorid, Chlormagnesium, Chlorquecksilber (Kalomel) gepulvert, Chlorsilber (durch Fällung bereitet, pulverförmig, im Dunkeln getrocknet und eine andere Quantität geschmolzen), Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorbarium, Chlorcalcium, Chlorstrontium, konzentrierte wässerige, rohe und reine Salzsäure. Eine entsprechende Anzahl Kelchgläser; Lackmuspapier und Lackmuslösung.

Die Metallchloride werden nebeneinander im Wasser gelöst, ihr Verhalten dabei und ihre Farbe beobachtet, dann mit Lackmus geprüft und einige davon (Eisenchlorid, Chloraluminium, Chlornatrium, Chlormagnesium) auch gekostet. Dabei ist namentlich folgendes zu beobachten: Die saure Reaktion der Schwermetallchloride und des Chloraluminiums, die neutrale der Leichtmetallchloride, die leichte Löslichkeit der meisten, die Begier, mit der einige (Chloraluminium, Chlorzinn) wenig Wasser unter Zischen anziehen, und die Unlöslichkeit, bezw. Schwerlöslichkeit von Chlorsilber, Chlorblei, Quecksilberchlorür. (An diesen Versuch wird man zu erinnern haben, wenn später im weiteren Verlaufe des Unterrichts das leicht lösliche Quecksilberchlorid auftritt.) — Die Chlorwasserstoffsäure erweist sich durch ihren Geschmack und ihr Verhalten zu Lackmus als eine wirkliche, starke Säure.

§ 83. Brom. Verhalten in der Wärme und gegen Lösungsmittel.

Brom, mehrere Literkolben, ein grofses, weites Cylinderglas, destilliertes Wasser, Alkohol, Äther.

Das Brom wird in einem mit Kappe versehenen Standgefäfse aufbewahrt. Beim Ausgiefsen hüte man sich, viele Bromdämpfe in die Luft treten zu lassen. Man bringe einige Kubikcentimeter in einen Literkolben und erwärme denselben gelinde mit der Lampe, deren Flamme man möglichst weit eindreht, bis sich der Kolbenbauch völlig mit Bromdämpfen füllt (Fig. 609), lasse die Farbe derselben beobachten und gieſse sie dann in das weite Cylinderglas, welches man nachher bedeckt. Den Rest des flüssigen Broms übergiefse man mit 5—800 ccm Wasser und stelle durch Schütteln die Lösung her (Bromwasser). In einem anderen Kolben löse man Brom in Äther und vergleiche die Farbe dieser Lösung mit der wässerigen. Ferner übergiefse man die wässerige Lösung mit einer etwa 1 cm hohen Ätherschicht, verstöpsele den Kolben dicht und schüttele stark, wodurch der Übergang aus der wässerigen in die ätherische Schicht bewirkt wird. Das Wasser erscheint farblos und die Ätherschicht hellbraun (Fig. 610).

(Wer nicht meint, dafs der Versuch an diesem Orte verfrüht sei, nimmt einen dritten Kolben, löst 1 ccm Brom in Wasser, setzt Kalilauge

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zu, bis alles Brom absorbiert ist, und zeigt, dafs das Brom anscheinend durch Kalilauge „beseitigt" wird, dafs es aber durch Zusatz von Säure wieder in freiem Zustand auftritt etc.)

Um das hohe spezifische Gewicht des Bromdampfes und zugleich seine Diffusion in Luft und in Wasserstoff mit verschiedener Geschwindigkeit zu zeigen, bedient man sich des von Biltz* angegebenen Apparats (Fig. 607 und 608).

Zwei Fufscylinder von 27 cm Höhe und 6,5 cm Weite sind oben glatt abgeschliffen und werden durch etwas Fett gasdicht mit zwei Glas-

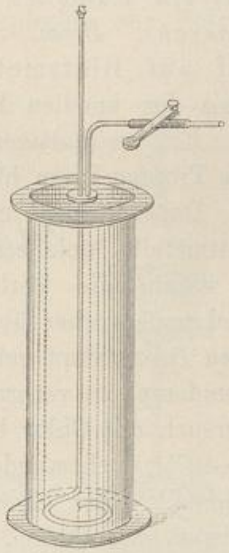


Fig. 607.

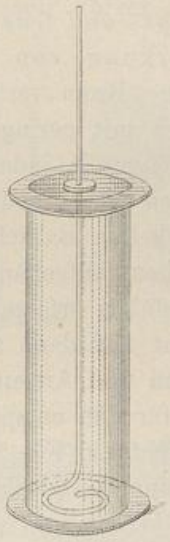


Fig. 608.

Diffusion des Bromdampfes.

platten verschlossen, welche in der Mitte eine Öffnung haben. Durch diese Öffnungen sind zwei lange, unten, wie die Figur zeigt, gebogene Glasröhren mittels Kork eingesetzt und in dem einen Cylinder ist neben dieser Röhre noch ein beiderseits offenes Knierohr durchgeführt, welches mittels eines über Kautschuk gezogenen Quetschhahns zu verschliefsen ist. Zuvor ist in jeden ein kleines mit Brom gefülltes dünnwandiges Gaskügelchen eingeführt worden. Der eine Cylinder wird durch das mit Quetschhahn versehene Rohr mit Wasserstoff gefüllt, bis alle Luft aus dem längeren Rohr verdrängt ist. Dann schliefst man den Quetschhahn und zertrümmert in beiden Cylindern vermittels der längeren Glasröhre die Bromkügelchen. Hierauf läfst sich ohne irgend welche Belästigung be-

* *Zeitschr. f. physikal. Chemie*, Bd. 9, S. 152. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 733.

obachten, wie der Bromdampf in dem mit Wasserstoff gefüllten Cylinder viel schneller emporsteigt, als in dem mit Luft erfüllten.

§ 84. Einwirkung von Brom auf Metalle und Metalloide.

a) *Stanniol, unechtes Blattgold und Blattsilber, gepulvertes Antimon und Arsen, einige weithalsige Glaskolben, Brom.*

b) *Bromwasser, Zinkstaub, Eisenstaub.*

c) *Ein Ballon mit Eisenlöffelchen, in einem Korke befestigt, Brom, Phosphor, Schwefelkohlenstoff.*

d) *Ein Wassersoffentwickelungsapparat, ein Kölbchen mit Gaseinleitungs- und Gasausströmungsrohr. Brom.*

a) Einwirkung von Bromdampf auf Blattmetalle, Arsen und Antimon. Brom verbindet sich mit den unedlen Metallen direkt wie Chlor, doch mit geringerer Energie. Ein weithalsiger Kolben wird mit Bromdampf gefüllt, indem man einige Tropfen Brom hinein thut und in einer eisernen Schale gelinde erwärmt. Darauf taucht man einen lose zusammengewickelten Bausch unedler Blattmetalle, welche man an einem kupfernen Haken aufgehängt, hinein, worauf die Verbindung unter schwachem Erglühen erfolgt. Das Stanniol mufs vorher über der Lampe gelinde erwärmt und dann sogleich in den Bromdampf getaucht werden. — Um Antimon und Arsenpulver in Bromdampf zu verbrennen, bedient man sich der für den entsprechenden Versuch mit Chlor benutzten Einschüttungsvorrichtung (Fig. 585 auf Seite 427), doch wendet man selbstverständlich keine Glasglocke, sondern ebenfalls einen Kolben an. Beide Versuche sind in dem gut ventilierten Abzug auszuführen.

b) Einwirkung von Brom in wässeriger Lösung auf Metalle. Brom wirkt auf Eisen und Zink lebhaft ein. Übergiefst man in einem Becherglase Eisenstaub mit wenig Wasser und etwas Brom, so tritt bald starke Erhitzung ein und unter heftigem Aufkochen entweicht das überschüssige Brom als dicke schwere Dampfwolke, welche, über den Rand des Becherglases fliefsend, zur Erde sinkt. Man führe deshalb den Versuch an einem Orte aus, wo man durch die Bromdämpfe nicht belästigt wird, z. B. vor dem Fenster oder ganz im Freien. Will man den Abzug dazu benutzen, so mufs man das Becherglas hoch, am besten auf ein Tischchen in eine weite Porzellanschale stellen, nachdem zuvor die Ventilation durch Anwärmen gut in Gang gebracht ist. — Gelinder verläuft die Reaktion mit Bromwasser. Schüttelt man eine wässerige gesättigte Lösung von Brom mit Zink- bezw. Eisenstaub, so verschwindet in beiden Fällen die tiefrote Farbe der Lösung unter Bildung von Brommetall. Der Versuch mit Zink ergiebt eine farblose, der mit Eisen eine gelblich-braune Lösung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

c) Verbindung von Phosphor mit Brom. Beide verbinden sich direkt mit grofser Energie unter lebhafter Explosion und dürfen deshalb nicht ohne weiteres zusammengebracht werden. Man bringe in einen Kolben (wie in Fig. 594, S. 433 abgebildet) eine geringe Menge Brom, setze denselben in eine eiserne Schale und erhitze gelinde, so dafs der Bauch des Ballons sich mit Bromdämpfen füllt, dann lege man ein kleines, wohl abgetrocknetes Stückchen Phosphor in das Verbrennungslöffelchen und tauche dieses in den Ballon, indem man den (seitlich ausgeschnittenen) Kork einsetzt. (Man gebe wohl acht, dafs der Phosphor beim Einsenken des Löffels nicht herunterfällt; dies könnte eine sehr gefährliche Explosion zur Folge haben.) Nach kurzer Zeit entwickelt

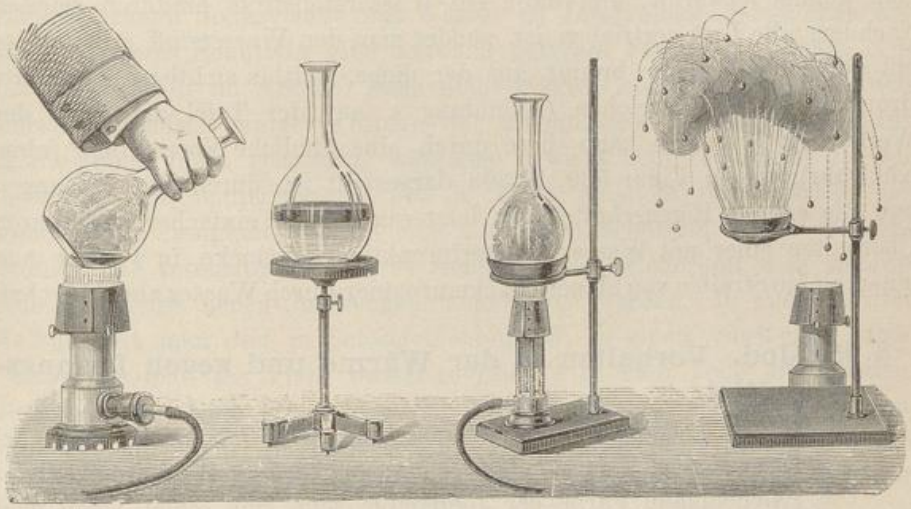


Fig. 609. Verdampfen von Brom. Fig. 610. Brom in Äther. Fig. 611. Verdampfen von Jod. Fig. 612.

sich ein gelblichweifser Rauch, worauf sich der Phosphor entzündet und im Bromdampf ruhig verbrennt. — Die Verbindung beider Elemente läfst sich auch durch Vermischen ihrer Lösungen in Schwefelkohlenstoff darthun. Man löse ein erbsengrofses Stück gut abgetrockneten Phosphor in einigen Kubikcentimetern Schwefelkohlenstoff, wozu man einen etwa 200 ccm fassenden Kolben verwendet; dann tröpfle man langsam eine Lösung von Brom in Schwefelkohlenstoff hinzu, welche auf jene unter starkem Aufwallen reagiert und dadurch entfärbt wird. Man fährt mit dem Zusatze so lange fort, bis die Lösung schwach gelblich gefärbt erscheint (von wenig überschüssigem Brom). Gieſst man dann das Produkt in eine flache Schale, so erhält man nach dem Verdunsten des Schwefelkohlenstoffs eine gelblichweifse Masse von Phosphorbromid

(PBr_5), welches an der Luft stark raucht. Diese Versuche sind in dem gut ventilierten Abzug auszuführen; auch beachte man wohl die bei der Behandlung des Phosphors (S. 381 ff.) angegebenen Vorsichtsmafsregeln.

d) Darstellung von Bromwasserstoff. Wenn mit Bromdämpfen gesättigtes Wasserstoffgas an der Luft verbrennt, so bildet sich neben Wasser Bromwasserstoff. Man benutzt hierzu ein kleines, etwa 200 ccm fassendes Kölbchen mit doppelt durchbohrtem Kork, durch welchen eine bis nahe zum Boden reichende und aufsen rechtwinklig umgebogene und eine zweite unter dem Korke endigende gerade, oben ausgezogene Röhre geht. In das Kölbchen wird eine kleine Menge Brom gebracht, welches man gelinde erwärmt, und dann ein Wasserstoffstrom hindurch geleitet. Nachdem alle Luft vertrieben ist, zündet man den Wasserstoff an, welcher mit gelblicher Flamme brennt, aus der dicke, weithin sichtbare Nebel von Bromwasserstoff entweichen (Abbildung s. auf der Tafel am Ende des Werks Fig. 27). Man kann diese durch eine ähnliche Vorrichtung (ohne Kühlrohr), wie in Figur 509, S. 363 dargestellt ist, durch Wasser saugen und die sauren Eigenschaften des letzteren zeigen, einfacher aber durch Überhalten einer mit Wasser ausgeschwenkten Glasglocke, in welcher man innen einige Streifen von blauem Lackmuspapier durch Wasser angeklebt hat.

§ 85. Jod. Verhalten in der Wärme und gegen Lösungsmittel.

Mehrere Literkolben, eine Eisenschale zum Untersetzen beim Erwärmen. Jod. Sand. Wasser, Alkohol, Schwefelkohlenstoff, Äther.

Die veilchenblaue Farbe der Joddämpfe zeigt sich schon, wenn man einige Gramm Jodkrystalle in einen trockenen Literkolben bringt und schüttelt, besser aber beim Erwärmen. Hierbei aber springt der Kolben fast regelmäfsig in dem Augenblicke, wo das Jod schmilzt und die stärker erhitzten Glasteile berührt. Man kann dies verhüten, wenn man das Jod auf eine Schicht trockenen Sand bringt, den man vorher in den Kolben geschüttet hat. Man erwärmt dann vorsichtig in der eisernen Schale (Fig. 611). Zuletzt steigert man die Hitze, bis der Kolben sich fast ganz mit Joddämpfen gefüllt hat. Diese sublimieren an dem oberen kälteren Teile des Glases zum Teil in Form kleiner, grauer Krystalle. Man gieſst den Joddampf, wie beim Brom beschrieben ist, in ein weites Cylinderglas und beobachtet hierbei den Übergang der veilchenblauen in eine graublaue Farbe, veranlafst durch die Verdichtung der Joddämpfe zu kleinen Krystallen, welche eine Wolke bilden und sich im Glase niederschlagen. — Anstatt die Verdampfung und Sublimation des Jods in einem Glaskolben vorzunehmen, kann man sich einer Retorte von passender

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gröfse bedienen, wodurch der Versuch noch anschaulicher wird (s. die Tafel am Ende des Werks, Fig. 17).

Nicht ohne Interesse ist die Bildung eines LEIDENFROST'schen Tropfens aus flüssigem Jod. Man bedarf dazu einer nicht zu dünnwandigen Platinschale. Dieselbe wird glühend gemacht und das Jod in kleinen Portionen vorsichtig eingestreut, wodurch es schmilzt und einen immer gröfser werdenden Tropfen bildet, der zitternd in der Schale rotiert. Nach Entfernung der Lampe und Abkühlung der Schale tritt plötzlich Dampfbildung unter Aufwirbeln einer dicken braunen Wolke ein, aus welcher viele feine Tröpfchen in schönem Bogen herabfallen (Fig. 612).

Dafs sich Jod in Wasser schwer löst, zeigt sich durch Übergiefsen einiger Gramm Jodkrystalle mit Wasser im Literkolben, indem man erst durch längeres Schütteln eine schwach gefärbte Flüssigkeit erhält. Die Leichtlöslichkeit im Alkohol kann nicht minder leicht dargethan werden. Durch Eingiefsen einiger Tropfen der alkoholischen Lösung (Jodtinktur) in die (noch nicht gesättigte) wässerige bewirkt man zuvörderst die Abscheidung von feinpulverigem Jod in Form einer Wolke innerhalb der wässerigen Flüssigkeit, welche sich aber beim Schütteln wieder löst und dadurch die Intensität der Farbe steigert. Dies wiederholt man mehrere Male, bis keine neuen Jodmengen mehr gelöst werden. In einem dritten Kolben löst man Jod in Schwefelkohlenstoff, in einem vierten in Äther. Dann teilt man die klare wässerige Lösung in zwei Teile und entzieht derselben (wie beim Brom) das Jod durch Schütteln mit Schwefelkohlenstoff und mit Äther: im ersteren Falle bildet sich eine zu Boden sinkende violette, im letzteren eine aufschwimmende braune Schicht. (Das Verhalten des Jods zu Kali kann auch hier nach Belieben gezeigt werden.)

§ 86. Einwirkung von Jod auf Metalle und Metalloide.

Eisenstaub, Zinkstaub; ein Wasserstoffentwickelungsapparat, eine böhmische Röhre.

Die direkte Vereinigung der unedlen Metalle mit Jod erfolgt im allgemeinen mit noch geringerer Energie als mit Brom. Doch gewinnt sie bei feinverteilten Metallen immerhin eine gewisse Lebhaftigkeit. Eisenpulver verbindet sich beim Zusammenreiben mit Jod unter ziemlich starker Erhitzung. Man schütte mehrere Gramm Eisenpulver und etwa die dreifache Menge Jodkrystalle in ein Becherglas und giefse einige Kubikcentimeter Wasser auf; nach kurzer Zeit tritt starke Erhitzung ein, wobei reichliche Mengen violetter Joddämpfe aufsteigen und das Becherglas anfüllen. Erwärmt man dann das Gemenge (welches überschüssiges Eisenpulver enthalten mufs) mit mehr Wasser, so erhält man eine nach

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dem Filtrieren bläulichgrüne Auflösung von Eisenjodür. Zinkstaub giebt bei gleicher Behandlung eine farblose Lösung von Jodzink.

Die Verbindung des Jods mit Wasserstoff läfst sich auf direktem Wege erzielen, wenn man Joddämpfe mit Wasserstoff nicht zu stark erhitzt. Man bringe etwas Jod in ein Porzellanschiffchen, schiebe dieses in ein böhmisches Rohr, leite trockenen Wasserstoff hindurch, doch ohne denselben beim Austritt zu entzünden, erwärme dann zuletzt den Teil des Rohrs zwischen dem Jod und dem Austrittsende und verwandle schliefslich das Jod durch Erwärmen in Dampf. Dafs die Bildung von Jodwasserstoffsäure erfolgt, erkennt man durch die Rötung eines Streifens feuchten Lackmuspapiers, welchen man in das offene Ende des Glasrohrs einschiebt.

§ 87. Färbung der Stärke durch Jod; Jodstärke.

Kartoffelstärke, Weizenstärke, Reisstärke; einige Kartoffeln, Jod in Alkohol gelöst.

Die verschiedenen Stärkearten werden einzeln mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und dieser unter Schütteln allmählich mit so viel Jodtinktur versetzt, dafs er tief dunkelblau erscheint. Hiervon nimmt man Proben zur Beobachtung unter dem Mikroskop. Die einzelnen Stärkekörner erscheinen durch und durch blau gefärbt, die Flüssigkeit aber farblos. Von den Kartoffeln wird eine gekocht, bis sie völlig weich ist. Von dieser, sowie von einer nicht gekochten bereitet man dünne, für die mikroskopische Beobachtung geeignete Schnitte, befeuchtet dieselben mit Wasser und setzt einige Tropfen Jodlösung hinzu. Die Stärkekörner sind blau, die Zellenwände gelb gefärbt, die der gekochten Kartoffel sind um vieles gröfser, als die der rohen, und zum Teil aufgeplatzt.

(Auch hier kann man die Aufhebung der Blaufärbung durch Kali und die Wiederherstellung derselben durch Säuren zeigen.)

§ 88. Darstellung von Chlorjod.

Ein Literkolben; gepulvertes Jod; ein Chlorentwickelungsapparat.

Der Literkolben wird mit trockenem Chlorgas gefüllt und von dem gepulverten Jod etwas hinein gestreut. Dieses schmilzt alsbald und verbindet sich mit dem Chlor zu Einfachchlorjod JCl. Man bewegt den Kolben, damit sich die Flüssigkeit auf seiner inneren Wand ausbreitet. Hierbei nimmt sie noch mehr Chlor auf und verwandelt sich in gelblichrote Krystalle von Jodtrichlorid JCl_3.

§ 88 A. Relative Stärke der Halogene.

a) Zersetzung von Bromkalium durch Chlor. Man löst in einem Kolben wenige Gramm Bromkalium in Wasser und überschüttet

die Lösung mit gesättigtem (womöglich frisch bereitetem) Chlorwasser. Die grüne Farbe des letzteren verschwindet und geht in die gelblichbraune des Jods über, welches in Wasser gelöst bleibt.

b) Zersetzung von Jodkalium durch Chlor. Der Versuch wird in derselben Weise ausgeführt, wie unter a) beschrieben ist. Die Lösung färbt sich anfangs braun (Jodwasser) und scheidet nach Zusatz von überschüssigem Chlorwasser festes Jod als grauschwarzes Pulver ab. — Mischt man eine verdünnte Lösung von Jodkalium mit etwas Stärkelösung, so färbt sich die Flüssigkeit nach Zusatz von Chlorwasser blau durch Bildung von Jodstärke.

DRITTES KAPITEL.

I. Reduktion der Oxyde.

§ 89. Reduktion von Kupferoxyd durch Wasserstoff.

a) Eine böhmische Glasröhre, 30 cm lang.

b) Eine böhmische Glasröhre, 60 cm lang, mit Vorstofs und Kugelvorlage.

c) Geformte Cylinder aus reduziertem Kupfer, nach Vorschrift bereitet, zwei 6 cm lange, abgeschnittene Bürettenröhren, eine Wage.

d) Eine halbkugelige, blankpolierte Glocke aus Kupferblech, ein darüber passender Glastrichter.

a) Reduktion durch Wasserstoff im kleinen. In ein kürzeres böhmisches Rohr (30 cm) wird etwas Kupferoxyd gebracht, dasselbe unter Einschaltung eines Trockenrohrs mit einem Wasserstoffentwickelungsapparate verbunden, Wasserstoff durch das Rohr geleitet, das austretende Gas angezündet und das Kupferoxyd in der Röhre durch Untersetzen einer Lampe erhitzt (Fig. 613). Die Reduktion beginnt bald unter Erglühen und setzt sich durch die ganze Masse fort, wobei, wenn der Wasserstoffstrom nicht zu stark war, die Flamme verlischt und Wasserdampf dafür austritt.

b) Reduktion mittels Wasserstoff in gröfserem Mafsstabe. Ein längeres böhmisches Rohr (60 cm) wird auf etwa 30 cm Länge mit Kupferoxyd gefüllt, mit dem Vorstofs und der Kugelvorlage verbunden und so aufgestellt, wie es die Figur 614 zeigt.

Zwischen dem Wasserstoffapparat und dem Rohre schaltet man einen Absorptionsturm ein; hierauf füllt man den ganzen Apparat mit

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wasserstoff und zündet, sobald man sich überzeugt hat, dafs alle Luft vertrieben ist, die Röhrenheizlampe an, setzt sie aber nicht sogleich unter die Röhre, sondern zuerst dicht daneben, damit sich das Glas durch Strahlung vorwärme. Dann erst schiebt man sie unter (Fig. 614). Man mufs wohl darauf achten, dafs im Rohre kein Tropfen kondensiertes Wasser mit dem heifsen Glase in Berührung kommt; aus diesem Grunde ist das Rohr schräg gelegt. Die Kugelvorlage mufs abgekühlt werden.

c) Abwechselnde Reduktion und Oxydation geformter Cylinder aus Kupferoxyd nach J. Thomsen.* Man rühre Kupferoxyd mit etwas Gummilösung zu einem dicken Teige an und forme daraus etwas flach gedrückte Cylinder von etwa 1 cm Durchmesser und 3 cm Länge. Diese werden getrocknet, schwach geglüht, um das Gummi

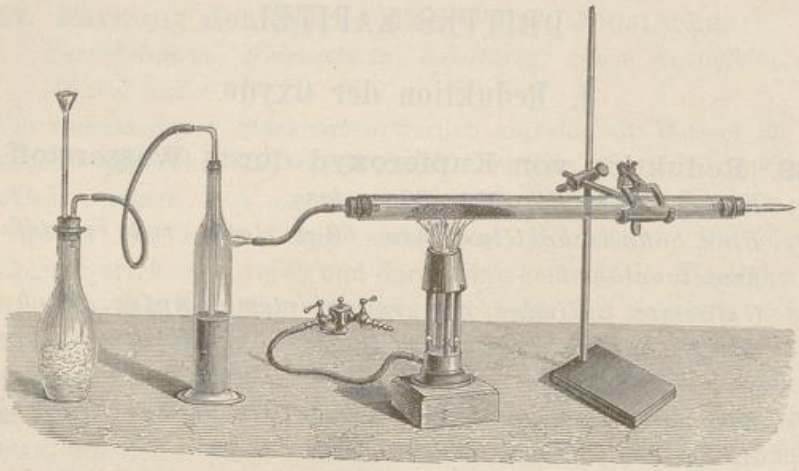


Fig. 613. Reduktion von Kupferoxyd durch Wasserstoff.

zu verkohlen, und dann im Wasserstoff bei möglichst niedriger Temperatur reduziert. Das reduzierte Kupfer behält die Form der Cylinder, ist sehr porös, aber hinreichend fest, um nicht zu zerfallen. Man umwickelt einen solchen Cylinder mit dünnem Platindraht und schmilzt die Enden des letzteren an ein Glasröhrchen an, wodurch er sich gut handhaben läfst. Hierauf richtet man zwei 2,5—3 cm weite, 6 cm lange, an dem einen Ende ausgezogene Glasröhren (abgeschnittene Bürettenröhren) so vor, dafs beide senkrecht nebeneinander, die eine mit der weiten Öffnung nach unten, die andere nach oben gerichtet, stehen, verbindet jene mit dem Wasserstoff-, diese mit dem Sauerstoffgasometer, läfst die Gase frei hindurchströmen, wärmt den reduzierten Kupfercylinder ein wenig an und

* *Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 390. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 817.

taucht ihn zuerst in die Sauerstoffröhre, wodurch er sich unter Erglühen oxydiert. Sobald die Oxydation vollendet ist, hört er zu glühen auf. Man schiebt ihn nun noch warm in die Wasserstoffröhre, wodurch er von neuem ins Glühen kommt infolge der eintretenden Reduktion. Das sich hierbei bildende Wasser schlägt sich an den Wänden der Glocken nieder. Es ist sehr leicht, die hierbei eintretende Gewichtszunahme und -abnahme zu konstatieren, indem man den Cylinder an eine gewöhnliche Wage hängt und die Röhren abwechselnd überstülpt. (Abbildung s. auf der Tafel am Ende des Werks, Fig. 15.)

d) Abwechselnde Oxydation und Reduktion von Kupferblech, nach A. W. Hofmann.* Man legt eine halbkugelförmige Glocke

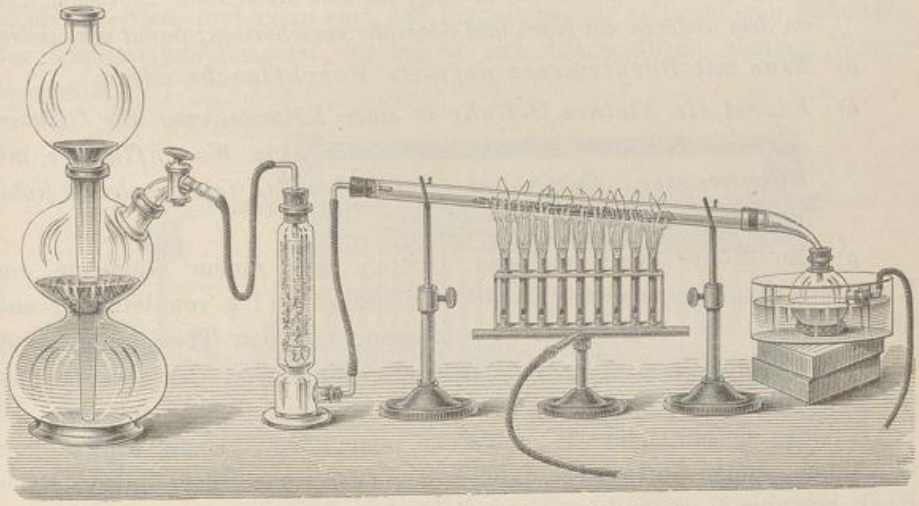


Fig. 614. Reduktion von Kupferoxyd im grofsen.

aus Kupferblech auf einen Dreifufs und erhitzt sie von unten durch eine kräftige Gasflamme, wodurch sie sich nach wenigen Augenblicken mit einem schwarzen Überzuge von Kupferoxyd bedeckt. Dann verbindet man mittels eines Kautschukschlauchs einen Glastrichter, der gerade so grofs ist, dafs er die Glocke bedeckt, mit einem Wasserstoffentwickelungsapparat und leitet einen möglichst kräftigen Wasserstoffstrom hindurch, indem man den Trichter auf die heifse Glocke stülpt. In dem Augenblicke, in welchem das Gas auf das glühende Metall trifft, verschwindet die Oxydschicht, und das Kupfer nimmt seinen ursprünglichen Metallglanz wieder an. Hebt man jetzt den Trichter wieder in die Höhe, so

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 665. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 514.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tritt sofort wieder Oxydation ein, deren Fortschreiten man an der Reihenfolge der Anlauffarben beobachten kann. Durch Aufdecken des Wasserstofftrichters bewirkt man wieder die Reduktion etc. Zu beachten ist, dafs der Wasserstoff frei von Schwefel und Arsen sein mufs, wenn das Kupfer nach der Reduktion wieder seinen ursprünglichen Glanz und seine reine Farbe annehmen soll. (Abbildung auf der Tafel am Ende dieses Werks, Fig. 10.)

§ 90. Reduktion von Kupferoxyd durch Kohle (oder organische Körper) unter Auffangung der Verbrennungsprodukte.

Ein böhmisches Rohr, 50 cm lang, an dem einen Ende zugeschmolzen, an dem anderen mit Kork und Glasrohr verschlossen; damit verbunden:

a) Eine mit Barytwasser gefüllte Waschflasche oder:

b) Zuerst ein kleines U-Rohr in einer Kältemischung aus Glaubersalz und Salzsäure stehend, und dann eine Waschflasche mit Barytwasser. Kupferoxyd. Gut ausgeglühte, fein gepulverte Kohle (a) oder gepulverter Zucker (b).

a) Die Röhre wird zu zwei Dritteln mit einem Gemenge von Kupferoxyd und gepulverter Kohle, welches etwa 1 g von letzterer enthält, gefüllt, mit dem Stöpsel geschlossen, auf den Tisch aufgeklopft, damit sich ein Kanal über der Mischung bildet, in den Lampenofen gelegt und endlich mittels eines kurzen Kautschukschlauchs mit der Barytwasser enthaltenden Waschflasche verbunden. Dann erhitzt man allmählich, indem man eine Lampe des Ofens nach der anderen (vom Kork beginnend) anzündet. Unter lebhafter Gasentwickelung trübt sich das Barytwasser und wird bald milchig weifs. Man kann, sobald dies deutlich sichtbar geworden ist, die Waschflasche entfernen und dafür das Rohr, welches in Figur 517 abgebildet ist, damit verbinden, um nach einiger Zeit durch Eintauchen eines brennenden Spans zu zeigen, dafs das entwickelte Gas (Kohlensäure) die Flamme verlöscht.

b) Mischt man das Kupferoxyd mit Zuckerpulver, statt mit Kohle, so schaltet man zwischen der Barytwasserflasche und dem Verbrennungsrohre ein kleines U-Rohr zur Kondensation des bei der Verbrennung entstehenden Wassers ein und stellt dasselbe senkrecht in ein Becherglas, welches man, sobald die Gasentwickelung begonnen hat, mit einer Kältemischung aus 1 Teil gepulvertem, krystallisiertem Glaubersalz und 2 bis 3 Teilen konzentrierter Salzsäure füllt. Die Ausführung ist die gleiche, wie unter a). Nach Beendigung des Versuchs findet man eine geringe Menge Wasser im U-Rohr angesammelt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 91. Reduktion von Kupferoxyd mittels anderer brennbarer Gase.

Zu allen in § 89 beschriebenen Versuchen läfst sich auch Leuchtgas anwenden; doch wirkt dies wegen seines Schwefelgehalts in der unter d) erwähnten Weise störend. Auch die Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten können als Reduktionsmittel dienen, z. B. Ätherdampf. Man verbindet eine mit Kupferoxyd gefüllte Röhre mit einer kleinen, zum Teil mit Äther gefüllten Retorte, bringt die Röhre zum Glühen und erhitzt die Retorte durch eine kleine Flamme vorsichtig (Fig. 615). (Hierbei ist an das, was auf Seite 306, über die Behandlung brennbarer Flüssigkeiten gesagt ist, zu erinnern.) Das Rohr kann an seinem offenen Ende mit den in § 90, b) angegebenen Kondensationsapparaten für Wasser und Kohlensäure verbunden werden, und wenn man den Prozefs bis zur vollständigen Reduktion des Kupferoxyds fortsetzt, so lassen sich beträchtliche Mengen Wasser ansammeln.

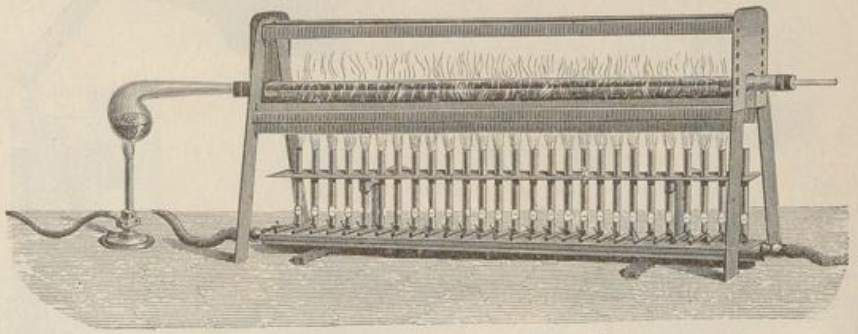


Fig. 615. Reduktion von Kupferoxyd in Ätherdampf.

§ 92. Reduktion von Eisenoxyd mittels Wasserstoff.

Ein böhmisches Rohr, ein Wasserstoffentwickelungsapparat nebst Trockenvorrichtung, wie beim vorigen Versuche unter a) beschrieben. Eisenoxyd.

Der Versuch wird ganz so, wie beim Kupferoxyd angegeben ist, ausgeführt. Das braune Eisenoxyd verwandelt sich in schwarzes, feinpulveriges Eisen. Soll dasselbe die Eigenschaft besitzen, sich an der Luft von selbst zu entzünden, so müssen bei der Reduktion einige Vorsichtsmafsregeln beobachtet werden. Man wendet am besten Eisenoxydhydrat an, welches durch Fällung einer Eisenchloridlösung, Auswaschen und Trocknen des Niederschlags dargestellt ist. Bei der Reduktion mufs man möglichst schwach erhitzen. Man nimmt deshalb eine dünnwandige Reduktionsröhre und eine einfache Gaslampe mit Schnittbrenner (Fig. 74). Läfst man das reduzierte Metall aus einiger Höhe auf einen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Porzellanteller fallen, so entzündet es sich. Sehr gut lassen sich solche Röhren mit pyrophorischem Eisen zum Aufbewahren präparieren. Man zieht sie zu diesem Zwecke an dem einen Ende aus, füllt das Eisenoxyd hinein und zieht nun auch das andere Ende zu einer (offenen) Spitze aus. Dann bewirkt man die Reduktion, verjagt nach Vollendung derselben durch gelindes Erwärmen unter fortwährendem Einleiten von Wasserstoff alles Wasser, schmilzt die Ausströmungsspitze mit dem Lötrohr zu, während man in demselben Moment den Wasserstoffstrom unterbricht und schmilzt endlich auch die Einströmungsspitze zu. (Abbildung s. auf der Tafel am Ende des Werks, Fig. 12.) Das Eisenpulver hält sich in der Wasserstoffatmosphäre unverändert.

Fig. 616.

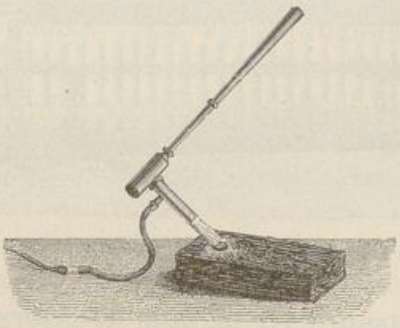


Fig. 617.

Reduktion von Blei (Zinn) auf Kohle.

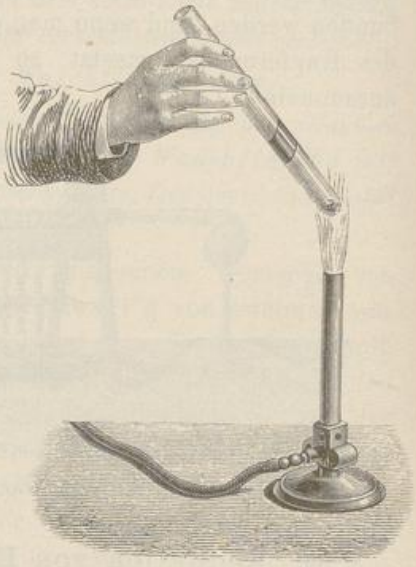


Fig. 618.

Reduktion von arseniger Säure.

§ 93. Reduktion von Bleioxyd und Zinnoxyd durch Holzpulver oder Kohle.

Ein Porzellantiegel mit Deckel. Ein Lötrohr nebst Kohle. Bleioxyd (Bleiglätte oder Mennige). Zinnoxyd. Sägespäne oder Holzpulver.

Das Bleioxyd oder Zinnoxyd wird in einer Reibschale mit dem Holzpulver innig gemischt und im Porzellantiegel anfangs schwach (Fig. 616), zuletzt bis zum Glühen des Tiegels erhitzt. Während des Glühens hebt man den Tiegel von Zeit zu Zeit von der Lampe und klopft ihn gelinde auf, damit das geschmolzene Metall sich unten ansammele.

Soll die Reduktion vor dem Lötrohr vorgenommen werden, so bohre

man ein Grübchen in die Kohle, fülle dasselbe mit Bleioxyd oder Zinnoxyd an und blase mit der Reduktionsflamme darauf (Fig. 617), anfangs schwach, um das Oxyd zu schmelzen, dann zum vollen Glühen. Die Reduktion vollzieht sich unter lebhaftem Aufschäumen (von Kohlensäure) und ist nach einigen Minuten vollendet. Das zu einer erbsengrofsen Kugel zusammengeschmolzene Metall hebt man nach dem Erstarren heraus und plattet es auf dem Ambofs aus.

§ 94. Reduktion von arseniger Säure durch Kohle.

Ein Arsenröhrchen, arsenige Säure; einige Kohlensplitter.

Die arsenige Säure kommt in die unterste Spitze des Röhrchens und darauf die Kohlensplitter. Die Innenwandung des Glases putzt man mit einer Federfahne aus. Man erhitzt nun zuerst die Stelle, an welcher die Kohle liegt, so dafs diese zu glühen beginnt, und bringt dann die arsenige Säure zum Verdampfen (Fig. 618).

Fig. 619.

Fig. 620.

Fig. 621.

Reduktion von Wasser durch Kalium und Natrium.

§ 95. Reduktion von Wasser durch Kalium und Natrium.

Ein hohes Cylinderglas, eine flache Schale, eine Krystallisationsschale mit Fufscylinder und Holzklotz (mit Blei ausgegossen) zum Untersetzen. Kalium und Natrium.

Erbsengrofse Stücke der Metalle, von der Rinde befreit, werden auf Wasser geworfen. Die Reduktion des letzteren tritt sofort ein, sowie die Metalle mit ihm in Berührung kommen. Beide schwimmen darauf. Der sich entwickelnde Wasserstoff entzündet sich beim Kalium (Fig. 619) und brennt mit violetter Flamme (durch Kalium gefärbt), entweicht aber beim Natrium in der Regel frei. Soll er sich auch hier entzünden, so bedeckt man das Wasser in der Schale mit einer Scheibe Filtrierpapier und legt das Natrium ruhig auf. Nach einiger Zeit schmilzt es und erwärmt sich,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

da es an der Stelle liegen bleibt, hinreichend, um den Wasserstoff zu entzünden (Fig. 620). Das Natron (Hydrat) bildet nach dem Erlöschen der Flamme eine weifsglühende Kugel, welche, nachdem sie sich etwas abgekühlt hat, von dem Wasser benetzt wird und mit einem hellen Krache zerspringt. Die Versuche sind unter dem Abzuge auszuführen, da leicht glühende Metalltröpfchen weggeschleudert, auch wohl die ganze schwimmende Kugel mit Knall zersprengt werden kann. Dies ist namentlich der Fall, wenn das Metall längere Zeit aufbewahrt worden ist, wobei sich leicht Petroleum in kleine Risse und Höhlungen einsaugt.

Soll der Wasserstoff aufgefangen werden, so bringt man das Metall in einen mit Wasser gefüllten, in der Wanne verkehrt aufgestellten Cylinder. Die einfachste Art, in welcher dies geschehen kann, ist in Figur 621 abgebildet. Man formt mittels der Rundzange das Ende eines Eisendrahts zu einer Öse von 3—4 mm Durchmesser, biegt diese etwas um, drückt auf dieselbe ein Natriumkügelchen von der Gröfse einer Erbse und schiebt den Draht mit einer raschen und sicheren Bewegung unter die Öffnung des ganz mit Wasser gefüllten Cylinders, wobei sich das Kügelchen vom Drahte sofort löst und im Wasser aufsteigt. Ist das Metall gelöst, so bringt man ein neues Stück hinein, bis der Cylinder mit Wasserstoff gefüllt ist. Der Versuch kann gefährlich enden, wenigstens liegen von mehreren Experimentatoren Berichte über Fälle vor, in denen die ruhige Wasserstoffentwickelung plötzlich von einer kräftigen Detonation unterbrochen worden ist, durch welche Cylinder und Schale zersprengt und weit weggeschleudert wurden. Es ist deshalb anzuraten, den Cylinder nicht mit der Hand zu halten, sondern durch einen Halter zu stützen und das Metall vorher zu prüfen, indem man aus einer Stange, die von der Rinde befreit ist, ein Stück abschneidet und frei auf Wasser wirft. Nur wenn die Entwickelung ganz ruhig von statten geht, darf man von demselben Natrium ein anderes Stück zur Zersetzung des Wassers im Cylinder verwenden. Anderenfalls unterbleibt der Versuch besser, und man demonstriert die Entwickelung von Wasserstoff, indem man über den in der offenen Schale freischwimmenden Metallkügelchen ein Becherglas verkehrt hält und nach einiger Zeit den Inhalt desselben entzündet.

§ 96 A. Reduktion von Wasserdampf durch glühende Kohle (Wassergas).

Bei der Darstellung des Wassergases im grofsen durch Vergasung der Kohlen wird in einen mit glühendem Koks oder Anthracit gefüllten Schacht abwechselnd durch Einblasen von Luft der Brennstoff in Weifsglut versetzt

(Heifsblasen) und nachher nach Abstellung des Windes Wasserdampf eingeblasen (Kaltblasen). Hierbei findet nach der Gleichung:

$$C + H_2O = CO + H_2$$

die Bildung des Wassergases statt.

Dieser Vorgang läfst sich nach LÜBKE* folgendermafsen demonstrieren:

Ein mit Holzkohle oder Koks gefülltes Porzellanrohr *A B* wird im schräg gestellten Verbrennungsofen *C* unter Sauerstoffzufuhr, welcher durch die Waschflasche *F* eintritt, intensiv erhitzt (Fig. 622). Das hierbei sich bildende Kohlenoxydgas entspricht dem in der Fabrik beim Heifsblasen auftretenden Generatorgas. Es wird nach dem Waschen durch die in *K* befindliche Kalilauge in den Cylinder *R* geleitet. Nach zwei Minuten der

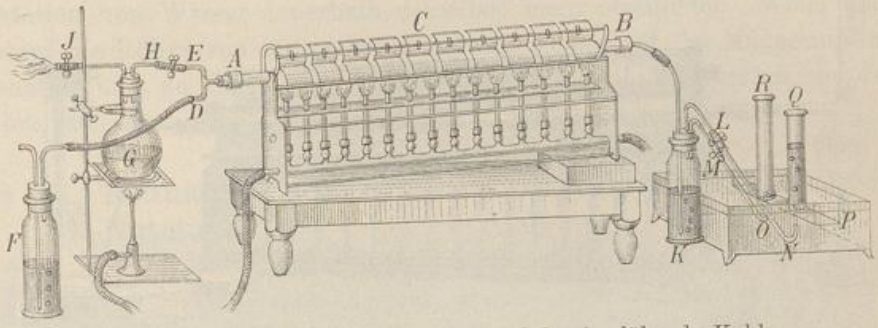


Fig. 622. Reduktion von Wasserdampf durch glühende Kohle.

CO-Entwickelung wird der Sauerstoff abgestellt und Wasserdampf, welcher in *G* entwickelt wird, nach Öffnen des Quetschhahns *E* und Schliefsung des anderen *J* durch das Porzellanrohr geleitet. Nun tritt die Bildung des Wassergases nach der obigen Gleichung ein. Der Quetschhahn *L* wird geschlossen und *M* geöffnet, worauf sich das Gemisch CO und H in dem Cylinder *Q* ansammelt.

§ 96 B. Reduktion von Wasserdampf durch glühendes Eisen.

Ein Porzellanrohr, eine tubulierte Retorte mit Sicherheitsrohr, eine Gasableitungsröhre mit pneumatischer Wanne und Fufscylinder, ein Lampenofen. Eisendraht, in centimeterlange Stücke geschnitten, oder Eisennägel.

Eine Porzellanröhre wird mit Eisendrahtstücken oder Eisennägeln gefüllt, die vordere Öffnung mit einer Gasableitungsvorrichtung verbunden

* *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 584.

und in das hintere Ende eine halb mit Wasser gefüllte tubulierte Retorte eingesetzt. Hierauf legt man das Rohr in den Lampenofen (Fig. 623) und bringt es zum lebhaften Rotglühen. Es wird dann das Wasser in der Retorte zum Sieden erhitzt. Die Dämpfe werden in Berührung mit dem glühenden Eisen (welches sich zu Oxyduloxyd oxydiert) reduziert, und Wasserstoff tritt aus. Man beendigt den Versuch, indem man, noch während das Wasser lebhaft siedet, die Gasableitungsröhre aus dem Wasser nimmt und dann erst die Lampe verlöscht, damit das Zurücksteigen des Wassers aus der pneumatischen Wanne vermieden wird.

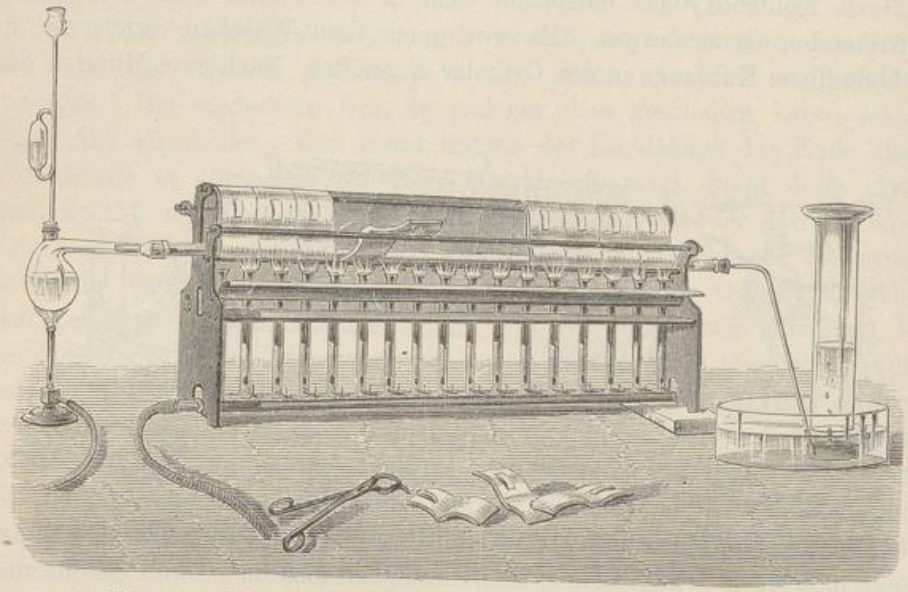


Fig. 623. Reduktion von Wasserdampf durch glühendes Eisen.

In einem Glasrohre ist der Versuch in der hier beschriebenen Weise nicht gut auszuführen, weil das Rohr fast regelmäfsig springt. F. Stolba* empfiehlt, den Wasserdampf in der Röhre durch Glühen einer wasserhaltigen Substanz, am besten krystallisierten Gipses, zu entwickeln. Die Röhre ist hinten zugeschmolzen und wird an dieser Seite zu $^1/_3$ mit kleinen Stückchen Marienglas und vorn mit zerschnittenem, feinmaschigem Eisendrahtsieb gefüllt. Zuerst wird letzteres zum lebhaften Glühen gebracht und dann der Gips von vorn nach hinten erhitzt.

§ 97. Zersetzung von Wasserdampf durch Magnesium.

Ein Halbliterkolben. Eine böhmische Röhre, eine dazu passende

* *Sitzungsbericht der k. böhmischen Gesellschaft der Wissensch.*, Juli 1879. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 562.

Retorte, wie beim vorigen Versuche, das vordere Ende zu einer Spitze ausgezogen. Magnesiumband.

In einem Halbliterkolben bringe man Wasser zum lebhaften Sieden und tauche währenddessen ein mittels einer Zange gehaltenes Stück brennendes Magnesiumband ein (wie bei Fig. 593). Das Metall fährt fort zu brennen, wie in Luft, während aus dem Halse des Kolbens eine hohe blasse Flamme brennenden Wasserstoffs aufsteigt (Kessler 1869).

Um den Versuch in etwas gröfserem Mafsstabe auszuführen, schiebe man nach Henry Leffmann* das zu einem Bündel zusammengewickelte Magnesiumband in eine böhmische Röhre, setze mittels eines durchbohrten Korks eine mit Wasser gefüllte Retorte ein, lege das Rohr auf zwei Röhrenträger, bringe das Wasser in der Retorte zum Sieden, bis alle Luft ausgetrieben und das Rohr so heifs geworden ist, dafs keine Kondensation von Wasser innerhalb desselben mehr stattfindet. Wenn man hierauf die Röhre von aufsen stark erhitzt, so beginnt das Magnesium zu brennen, und an Stelle des Wasserdampfes strömt Wasserstoff aus der Röhre, den man leicht entzünden kann.

§ 98. Reduktion von Kohlensäure aus Holzkohle durch Natrium.

Zwei böhmische Glasröhren; ein Platinblech, 10 cm lang, 4 cm breit, ein Porzellanschiffchen, ein Gasometer mit Sauerstoff oder ein Sauerstoffentwickelungsapparat, ein Trockenapparat. Holzkohle als gröbliches Pulver, staubfrei; Asbest, Kalium und Natrium; ein Kelchglas mit gewöhnlichem Alkohol.

Ein böhmisches Rohr wird in derselben Weise beschickt, wie bei der Verbrennung von Kohlenstoff im Sauerstoffstrome: man verschliefst das eine Ende mit einem durchbohrten Korke, schiebt einen lockeren Asbestpfropf vor, füllt Kohle in einer Schicht von 15—20 cm Höhe hinein, biegt das Platinblech über einer Glasröhre cylindrisch zusammen, schiebt es in die Röhre, so dafs es die Innenwand derselben auskleidet, so weit hinein, dafs es 1—2 cm von der vorderen Öffnung absteht, setzt einen zweiten Asbestpfropf locker auf und verschliefst auch dieses Ende mit einem durchbohrten Korke. Nun bringt man die Kohle durch Schütteln und Neigen des Rohrs in die Platinblechröhre, legt das Rohr horizontal auf zwei Röhrenhalter, verbindet es mit einem Trockenapparate und mit einem Sauerstoffgasometer (Fig. 624). Hierauf wird ein zweites Rohr an einer Seite mit einem durchbohrten Korke verschlossen, auf zwei Röhrenträger gelegt und mit dem ersten Rohre durch einen Kautschukschlauch

* *Chemical News*, Bd. 42, S. 118. — *Chem. Centr.-Blatt* 1880, S. 661.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verbunden (Fig. 625). Man erhitzt das Rohr an der Stelle, wo das Platinblech liegt und leitet Sauerstoff ein, bis die Verbrennung beginnt. Dann befreit man ein gröfseres Stück Kalium oder Natrium von seiner Rinde, schneidet es in längliche dünne Stückchen, legt dieselben rasch in ein Porzellanschiffchen und schiebt es in das offene Ende der zweiten Röhre hinein. Man reguliert nun den Sauerstoffstrom so, dafs zu dem zweiten Rohre nur Kohlensäure ausströmt, was man durch Einstecken

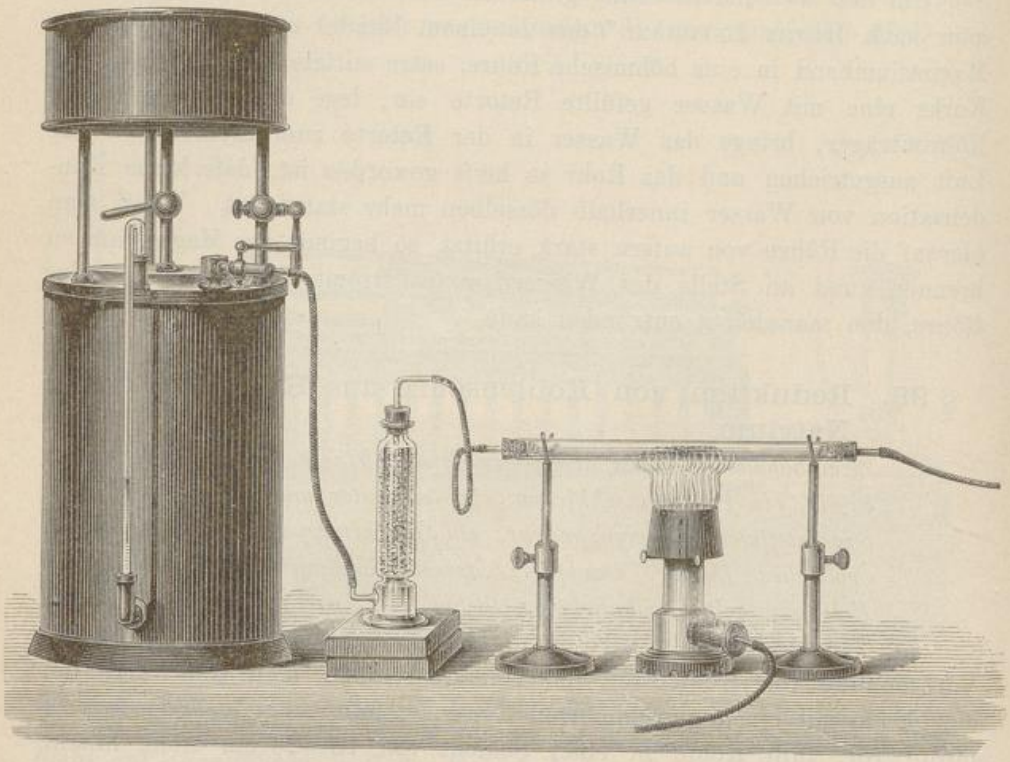


Fig. 624. Oxydation und Reduktion

eines brennenden Holzspans konstatiert. Endlich wird das zweite Rohr an der Stelle, wo das Porzellanschiffchen steht, stark erhitzt. Nach kurzer Zeit beginnt die Reaktion, indem das Metall im Porzellanschiffchen die Kohlensäure reduziert, sich selbst dabei oxydiert und dadurch ins Glühen kommt. Es bedeckt sich dabei mit einer schwarzen Schicht von fein verteiltem Kohlenstoff. Nach Beendigung des Versuchs läfst man das Rohr erkalten, nimmt das Porzellanschiffchen heraus und wirft es in Alkohol, wodurch das noch unverbrannte Metall unter ruhiger Wasserstoffentwickelung vollständig gelöst wird, der Kohlenstoff aber zurückbleibt. Letzteren sammelt man auf einem Filter.

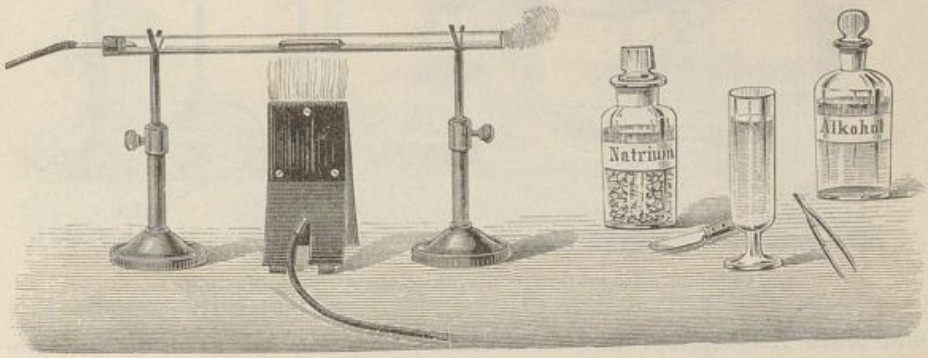
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Von besonderem Interesse ist es bei diesem Versuche auf die Wanderung des Kohlenstoffs aus dem einen Rohre in das andere aufmerksam zu machen, wobei der Sauerstoff als Vehikel dient, eine Erscheinung, die eine gewisse Analogie mit der Wanderung des Kohlenstoffs aus dem Tierreiche durch die Luft in das Pflanzenreich besitzt.

§ 99. Reduktion von Kohlensäure durch Kalium im Kugelrohre.

Ein Kugelrohr aus böhmischem Glase, zwei Röhrenhalter, ein Apparat zur Wasserstoffentwickelung, ein anderer zur Entwickelung von Kohlensäure aus Marmor. Eine dreihalsige kleine Woulfe'sche Flasche. Kalium.

Durch die Korke der Woulfe'schen Flasche führen drei Glasröhren, zwei bis auf den Boden derselben, eine dicht unter dem Korke endigend. Letztere wird mit dem Kugelrohre, die beiden ersten mit dem Wasserstoff-, bezw. Kohlensäureapparate verbunden. Die Woulfe'sche Flasche ist zur Hälfte mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt. Man bringt einige erbsen-



von Kohlensäure aus Holzkohle. Fig. 625.

grofse Stücke Kalium in das Kugelrohr, leitet Wasserstoff aus dem Gasometer durch den ganzen Apparat, bis alle Luft verdrängt ist, und zündet das austretende Gas an. Hierauf mäfsigt man den Strom so, dafs die Flamme nur ganz klein ist, setzt unter die Kugel eine Lampe, um das Kalium in Dampf zu verwandeln, welcher das Innere der Kugel erfüllt, und stellt, sobald dies geschehen ist, den Wasserstoffstrom ab, während man zugleich den Hahn des Kohlensäureapparats öffnet (Fig. 626). Sobald die Kohlensäure in die mit Kalium erfüllte Kugel tritt, kommt der ganze Inhalt derselben in lebhaftes Glühen, der glänzende Metallüberzug verschwindet von der Glaswand, und an seiner Stelle bedeckt sich diese

mit einer schwarzen Schicht von Kohlenstoff. Nach dem Erkalten wird die Kugelröhre mit Alkohol ausgespült, welcher die blättrige Kohle vom Glase ablöst (HEUMANN).

§ 100. Reduktion von Kohlensäure durch Magnesium.

Ein kurzes böhmisches Glasrohr, ein Retortenhalter, ein Kohlensäureentwickelungsapparat, Magnesiumband, Asbest. — Ein weites, cylindrisches, unten verengtes Glasrohr (Bürettenrohr).

Soll die Reduktion im Rohre vorgenommen werden, so wickelt man das Magnesiumband bauschförmig zusammen, schiebt es in das Rohr, setzt

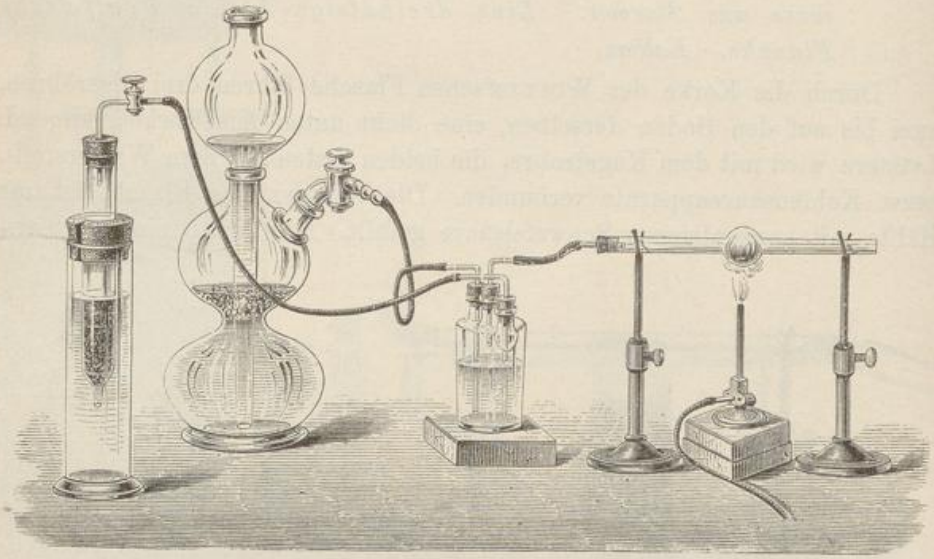


Fig. 626. Reduktion von Kohlensäure durch Kalium.

erst einen Asbestpfropf und dann einen Kork auf, spannt es in den Retortenhalter und verbindet das Ende, wo kein Asbestpfropf liegt, mit dem Kohlensäureentwickelungsapparate. Durch Untersetzen einer Lampe wird das Magnesium zum Glühen gebracht und dann Kohlensäure eingeleitet. Das Metall verbrennt darin anscheinend gerade so wie in Luft (Fig. 627), während sich das dabei entstehende Oxyd mit schwarzer Kohle bedeckt. Nach dem Abkühlen steckt man das Rohr in ein Kelchglas und gießt verdünnte Salzsäure hinein, welche die Magnesia löst, den Kohlenstoff als Pulver zurückläßt.

Oder: ein Bürettenrohr wird senkrecht in einen Retortenhalter gespannt und mittels eines Kautschukschlauchs von unten her Kohlensäure eingeleitet, bis das ganze Rohr damit erfüllt ist, was man durch Eintauchen eines Spans zeigt. Man faßt nun ein etwa 3 dcm langes

Stück glattgestrichenes Magnesiumband mit der Zange, entzündet es in der Lampe und hält es ruhig in das Rohr, während man den Kohlensäurestrom langsam weiter gehen läfst (Fig. 628). Die Verbrennung setzt sich im Rohre fort, wobei unter prasselndem Spritzen das gemischte Oxydations- und Reduktionsprodukt an die Glaswand geschleudert wird und dort hängen bleibt. Das mit schwarzen Flecken und weifsem Staub bedeckte Rohr wird nachher mit verdünnter Salzsäure ausgespült und dadurch die Kohle wie vorher von der Magnesia getrennt.

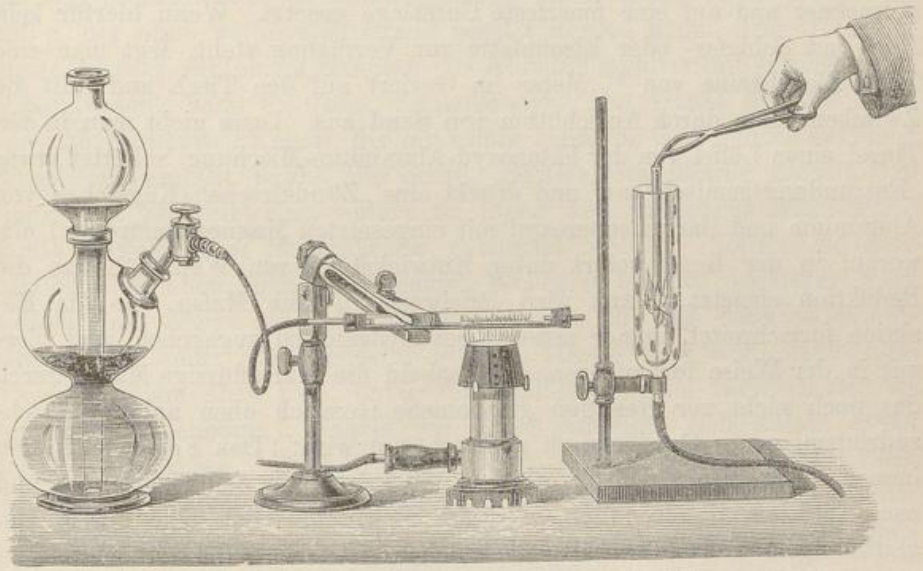


Fig. 627. Fig. 628.
Reduktion von Kohlensäure durch Magnesium.

§ 100A. Reduktion von Metalloxyden durch Aluminium.

a) Mehrere Tiegel zur Metallabscheidung, mit Magnesia ausgekleidet, ca. 20 cm hoch. Eisenoxyd-Aluminium-Mischung, Manganoxyd-Aluminium-Mischung. Entzündungsgemisch. Zündkirschen.

b) Ein eiserner Niet von ca. 250 g, mit cementierter Erwärmungsmasse umkleidet. Entzündungsgemisch. Zündkirschen.

c) Ziegelsteine. Eine Schmiedezange, ein grofser Amboſs, ein Schmiedehammer.

Das Aluminium ist ein äufserst kräftiges Reduktionsmittel für die Oxyde schwerer Metalle. Wird es in Pulverform z. B. mit einem gepulverten Metalloxyd gemischt und das Gemenge an einer Stelle entzündet, so beginnt die Reduktion sofort und setzt sich fortschreitend weiter fort, wobei so viel Wärme frei wird, dafs bald lebhafteste Weifsglut eintritt und das reduzierte Metall zum Schmelzen kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diese Reduktion ist von Hans Goldschmidt zur Anstellung aufserordentlich effektvoller Vorlesungsversuche benutzt worden, zu denen die „Chemische Thermo-Industrie“ in Essen a. d. Ruhr die fertig zubereiteten Materialien liefert (s. Verzeichnis der „Apparate für bestimmte Versuche“). Man kann sich auf folgende zwei Versuche beschränken:

a) Reduktion von Eisenoxyd. Der mit Magnesia ausgefütterte Tiegel wird zuvor mit Hilfe der Gebläselampe, deren Flamme man auf die innere Auskleidung leitet, durch starkes Erhitzen vollständig ausgetrocknet und auf eine feuerfeste Unterlage gesetzt. Wenn hierfür kein Herd mit Schiefer- oder Eisenplatte zur Verfügung steht, legt man eine Lage Ziegelsteine von ½ Meter im Geviert auf den Tisch und füllt die Zwischenräume durch Aufschütten von Sand aus. Dann giebt man in den Tiegel einen Löffel von der Eisenoxyd-Aluminium-Mischung, schüttet etwas „Entzündungsgemisch“ auf und drückt eine „Zündkirsche“ (Kügelchen von Aluminium und Bariumsuperoxyd mit eingesetzten Magnesiumstreifen) ein, worauf in der Regel sofort unter Entwickelung von Weifsglühhitze die Reduktion einsetzt. Dann wird löffelweise in dem Mafse, wie die Reaktion fortschreitet, immer neues Eisenoxydgemisch zugegeben, und hiermit in der Weise fortgefahren, dafs, sobald die feurigflüssige Masse durch das noch nicht zur Reaktion gekommene Gemisch oben anfängt durchzudringen, neues Oxydgemisch aufgeschüttet wird. Das Feuer mufs also immer sofort wieder gedeckt werden. So kann man den Tiegel nach und nach bis zum Rande füllen, wodurch man schliefslich eine Masse von glutflüssigem Korund erhält, in welcher sich das reduzierte Metall zu einem Regulus zusammenballt, der sich am Boden des Tiegels ansammelt. Die Oberfläche der geschmolzenen Korundmasse strahlt helle Weifsglut aus, weshalb es ratsam ist, das Auge durch eine blaue Brille zu schützen. Die oberste Schicht erstarrt ziemlich rasch. Wird die Decke eingestofsen, so quillt flüssiger Korund hervor. Ein Eisenstab von ca. 10 mm Dicke schmilzt in der feurigflüssigen Masse nach mehreren Sekunden ab. Nach dem Erkalten wird der Tiegel umgestülpt und zerschlagen, worauf man den Eisenregulus von der erstarrten Schlacke trennt. Jener besteht aus kohlefreiem dichten Eisen.

Auch Manganoxyde lassen sich in dieser Weise durch Aluminiumpulver leicht reduzieren. Das kohlefreie Mangan ist luftbeständig und zerfällt nicht, wie das durch Reduktion mittels Kohle erhaltene, zu Pulver; auch zeigt es meist schöne Anlauffarben. Man braucht zu diesen Versuchen, unter Anwendung eines Tiegels von etwa 20 cm Höhe, 1—1,3 kg Reduktionsgemisch. Führt man den Versuch in kleinerem Mafsstabe aus, so ist er weniger effektvoll und der Regulus weniger schön.

Auch die Reduktion von schwerer schmelzbaren Metallen, z. B. von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Chrom, gelingt in dieser Weise, doch erhält man nur dann einen guten, dichten Regulus, wenn man mehrere Kilogramm Oxydgemisch in Arbeit nimmt.

b) Erzeugung hoher Temperaturen. Die Erzeugung höchster Weifsglut im Laufe weniger Minuten läfst sich mit Hilfe der oben beschriebenen Reaktion an gröfseren Eisenmassen auf dem Experimentiertisch in überraschendster Weise darthun. Zu diesem Zwecke eignet sich ein mit „cementierter Erwärmungsmasse" überzogener eiserner Niet von 250 g, der ohne weiteres in Brand gesetzt werden kann. Die Überzugsmasse besteht aus einem Gemisch von Aluminiumpulver mit verschiedenen Metalloxyden, Sand etc. und Cementmasse. Das Ganze hat die Form eines abgestumpften Kegels, der mit seiner kleineren Grundfläche auf einen Ziegelstein gestellt wird. Die obere, gröfsere Grundfläche enthält zwei eingesetzte Zündkirschen, welche an ihrem herausragenden Magnesiumbande mittels eines Streichholzes entzündet werden. Sollten sie etwa nutzlos abbrennen, ohne dafs sofort Weifsglut eintritt, so drückt man mittels einer Zange eine neue Zündkirsche ein, die sich dann selbst entzündet und sofort die Weifsglut bewirkt. Diese setzt sich, rasch fortschreitend, von oben nach unten fort und nach kaum zwei Minuten ist der Prozefs beendigt. Sobald die Masse anfängt, sich aufsen etwas dunkler zu färben, stürzt man den Niet um, zerschlägt mittels eines Hammers die anhaftende Schlacke, fafst den weifsglühenden Niet mittels einer Schmiedezange, und kann ihn nun auf dem Amboís mittels eines schweren Hammers ganz kunstgerecht schmieden.

Der Versuch läfst sich auch mit gröfseren Eisenmassen ausführen, wozu von der genannten Fabrik Niete von 500—1000 g Gewicht geliefert werden. Diese sind unbekleidet. Man füllt einen gewöhnlichen Eimer, welcher von Holz sein kann, mit gut ausgetrocknetem Sand. In diesen drückt man einen Holzbolzen in Form eines abgestumpften Kegels ein, der mit einer losen Hülle von starkem Papier umgeben ist, und zieht ihn dann mittels eines eingesetzten Bohrers wieder heraus, so dafs die Papierhülle im Sande stecken bleibt. Nun schüttet man einige Löffel „Erwärmungsgemisch" (Mischung von Aluminiumpulver mit Metalloxyden) in die Höhlung, setzt den schweren Niet, mit dem Kopfe nach oben, ein und füllt die ganze Höhlung mit dem Erwärmungsgemisch voll, so dafs der Kopf des Niets noch einige Centimeter hoch davon bedeckt ist. Jetzt wird ein halber Löffel „Entzündungsgemisch" aufgeschüttet, eine Zündkirsche eingedrückt und diese entzündet. Die Reaktion vollzieht sich nun innerhalb der Sandmasse und ist nach kaum 1—2 Minuten vollendet. Nach 3—4 Minuten kann der Eimer mit seinem Inhalte umgekippt werden, worauf man den durch und durch weifsglühenden Niet mit der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schmiedezange erfafst und weiter verarbeitet. Zum Erhitzen einer Eisenmasse von etwa 500 g sind 900—1000 g Erwärmungsmasse nötig; bei Stücken von 1 kg Gewicht braucht man 2 kg der Masse.

Diese Reaktion wird zur lokalen Erwärmung von Metallmassen behufs Schweifsens, Schmiedens etc. verwendet.*

II. Reduktion der Sulfide.

§ 101. Reduktion von Schwefelquecksilber (Zinnober).

a) Ein Stück blankes Kupfer- oder Messingblech; Eisenstaub; Zinnober.

b) Eine tubulierte Retorte mit Vorlage und Gasleitungsrohr, ein Sauerstoffgasometer, eine Schwefelsäuretrockenflasche.

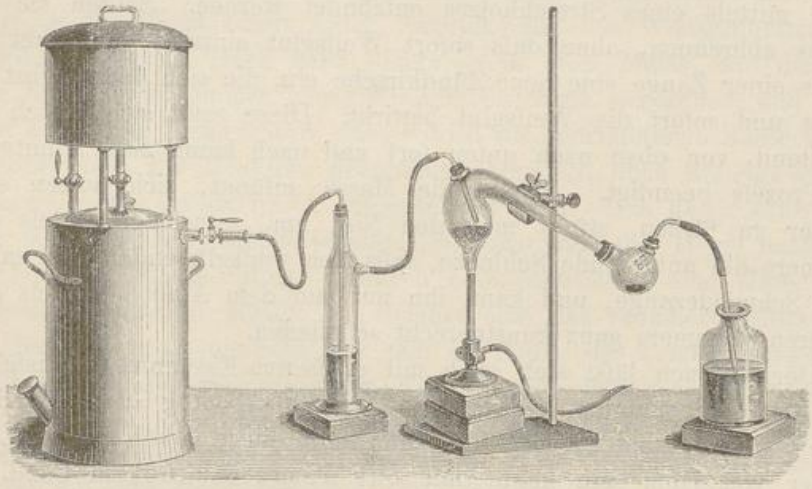


Fig. 629. Reduktion von Zinnober durch Sauerstoff.

Schwefelquecksilber (rotes wie schwarzes) läfst sich durch Metalle und durch Sauerstoff reduzieren.

a) Reduktion durch Metalle. Ein Stück blankes Kupferblech wird mit etwas Zinnober bedeckt, dieser angefeuchtet und mit einem Baumwollenbausch unter gelindem Drucke darauf verrieben. Wäscht man das Blech mit Wasser (oder verdünnter Salzsäure) ab, so erkennt man nach Beseitigung des schwarzen Überzugs von Schwefelkupfer eine silberglänzende spiegelnde Fläche von Quecksilberamalgam. Zinnober wird mit seinem sechsfachen Volum Eisenpulver im Mörser innig gemengt,

* *Zeitschrift für Elektrochemie*, Bd. 4, S. 494 und Bd. 6, S. 53. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 84 und 1899, II, S. 459.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Gemenge in ein kleines, langhalsiges Kölbchen geschüttet, dieses mit dem Halse in einen Probierglashalter gespannt und die Kugel über der Lampe erhitzt. Nach einiger Zeit beobachtet man die Bildung eines Beschlags von metallischem Quecksilber im Halse des Kölbchens.

b) Reduktion durch Sauerstoff (oder Luft). In eine tubulierte Retorte wird etwas Zinnober gebracht, der Tubulus mit einem durchbohrten Korke verschlossen, durch welchen ein bis nahe zum Quecksilber reichendes Glasrohr geht, der Hals der Retorte mit einer Kugelvorlage und diese mit einer Gasableitungsröhre verbunden, während man andererseits die Gaseinleitungsröhre durch eine Schwefelsäurewaschflasche mit einem Sauerstoffgasometer verbindet. Man erwärmt hierauf den

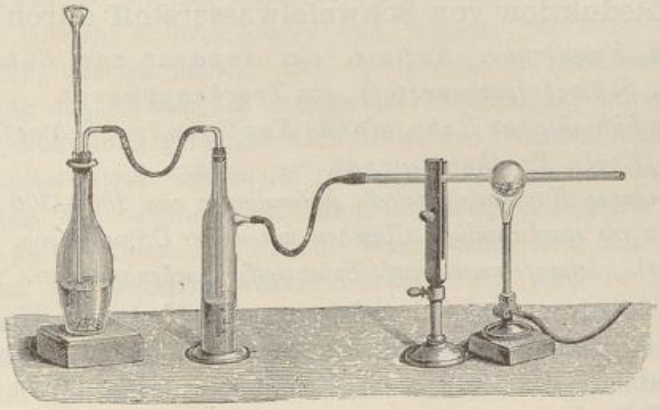


Fig. 630. Reduktion von Schwefelsilber durch Wasserstoff.

Zinnober durch Untersetzen einer Lampe gelinde und läfst Sauerstoff zuströmen, worauf man bald das Auftreten einer blauen Flamme bemerkt, die von dem Verbrennen des Schwefels zu schwefliger Säure herrührt (Fig. 629). Sie kann an dem Geruche erkannt werden und wird von der Sperrflüssigkeit absorbiert. Durch stärkeres Erhitzen der Retorte jagt man die Dämpfe des reduzierten Quecksilbers in den Hals, bezw. in die Vorlage der Retorte.

§ 102. Reduktion von Schwefelsilber.

Ein Kugelrohr von schwer schmelzbarem Glase, ein Röhrenhalter, ein Wasserstoffentwickelungsapparat, ein Sauerstoffgasometer. Schwefelsilber.

Schwefelsilber läfst sich durch Sauerstoff und durch Wasserstoff reduzieren.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Reduktion durch Sauerstoff. Schwefelsilber (erhalten durch gelindes Erwärmen von galvanisch gefälltem, metallischem, gut getrocknetem Silberpulver mit Schwefel) wird in eine Kugelröhre gebracht, trockenes Sauerstoffgas hindurchgeleitet und die Kugelröhre erhitzt. Unter Erglühen verwandelt sich das Schwefelsilber in metallisches Silber, wobei schweflige Säure, kenntlich am Geruch und an ihrem Verhalten, austritt.

b) Reduktion durch Wasserstoff. Das Kugelrohr wird gerade so mit Schwefelsilber beschickt, wie zu a). Statt des Sauerstoffs aber leitet man Wasserstoff durch und erhitzt (Fig. 630). Die Reduktion erfolgt hier unter Auftreten von Schwefelwasserstoff.

§ 103. Reduktion von Schwefelwasserstoff durch Metalle.

a) Ein Kugelrohr, Kalium, ein Apparat zur Entwickelung von Schwefelwasserstoff, ein Trockenapparat.

b) Ein böhmisches Rohr, blanke Kupferspäne, Schwefelwasserstoff, ein Trockenapparat.

c) Trockenes Kupferpulver; ein Fufscylinder von 200—300 ccm Inhalt, oder ein starkwandiges Gläschen mit weiter Öffnung (sog. Opodeldokglas). Schwefelwasserstoff, Sauerstoff, Trockenapparate.

a) Zersetzung von Schwefelwasserstoff durch Kalium. In ein Kugelrohr (wie Fig. 630) bringe man ein kleines Stück blankes Kalium, verbinde das Rohr unter Einschaltung eines Trockenapparats mit einer Schwefelwasserstoffentwickelungsflasche und setze (unter dem gut ventilierten Abzuge) die Gasentwickelung in Gang. Sobald alle Luft ausgetrieben ist, erhitze man die Kugel vorsichtig; das Natrium schmilzt und entzündet sich, wobei es unter Reduktion des Schwefelwasserstoffs zu Schwefelkalium verbrennt.

b) Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Kupfer. Zu diesem Versuche kann man denselben Apparat benutzen, welcher zum Glühen von Kupfer im Wasserstoffstrom benutzt wurde und in Fig. 470 abgebildet ist. Ein böhmisches Rohr wird mit blanken Kupferdrehspänen gefüllt, beiderseits mit Korken, die mit Gaseinleitungs-, bezw. Gasableitungsröhren versehen sind, verschlossen und nach Einschaltung eines Chlorcalciumturmes mit der Schwefelwasserstoffentwickelungsflasche verbunden. Nachdem alle Luft aus dem Apparate verdrängt ist, zündet man das Schwefelwasserstoffgas an (unter dem Abzuge oder auf dem Experimentiertische unter dem offenen Rauchfange S. 16, Fig. 8). Die Schwefelwasserstoffflamme ist durch ihre Färbung und dadurch charakterisiert, dafs sie auf einem hineingehaltenen kalten Porzellanscherben unverbrannten Schwefel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

abscheidet. Man beginnt nun, das Rohr langsam zu erhitzen, indem man zuerst die Röhrenheizlampe daneben stellt, so dafs es durch Strahlung erwärmt wird, und jene dann erst unterschiebt. Sobald das Kupfer heifs geworden ist, überzieht es sich mit einer blaugrauen Haut von Schwefelkupfer, und wenn der Schwefelwasserstoffstrom nicht zu lebhaft oder die Kupfermenge nicht zu gering war, tritt am Ausströmungsende nur Wasserstoff aus, welcher mit der für ihn charakteristischen blauen Flamme brennt, auch auf kaltem Porzellan keinen Schwefel mehr abscheidet.

c) Reduktion von Schwefelwasserstoff durch Kupfer unter gleichzeitiger Wiederverbrennung des Wasserstoffs. Während Kupfer in der Kälte durch Schwefelwasserstoff fast gar nicht angegriffen wird, erfolgt der Angriff sehr leicht, wenn gleichzeitig Sauerstoff mitwirkt, dessen Verwandtschaft zum Wasserstoff offenbar die Zersetzung begünstigt. Hierdurch entsteht Schwefelkupfer und Wasser, wie Merz und Weith zuerst (1869) gezeigt haben. Bei der Reduktion tritt starke Wärmeentwickelung ein, so dafs das entstandene Knallgas explodiert. Der Versuch läfst sich völlig gefahrlos nach Merz und Weith* folgendermafsen ausführen: Man stellt sich zuerst trockenes Kupferpulver her, indem man eine Lösung von Kupfersulfat durch Elektrolyse zersetzt, das ausgeschiedene pulverförmige Kupfer mit Wasser und dann mit Alkohol abwäscht und bei gelinder Wärme trocknet. Es wird in einem wohlverschlossenen Gefäfse aufbewahrt. Man füllt nun einen Fufscylinder von 2—300 ccm Inhalt mit $^1/_3$ Schwefelwasserstoff und $^2/_3$ Sauerstoff und bedeckt ihn mit einer gut schliefsenden Glasplatte; dann schüttet man $^1/_2$—1 g des getrockneten Kupferpulvers auf ein kleines Kartonblättchen, welches man mittels Fäden in horizontaler Lage an einer Papp- oder Korkscheibe, die grofs genug ist, um die Öffnung des Cylinders zu bedecken, aufgehängt hat, und senkt es in das Gasgemenge, indem man die Scheibe auf den Cylinder legt. Das Kartonblättchen mufs etwa in der Mitte des Cylinders hängen. Das Kupferpulver wird sofort schwarz und gerät in lebhaftes Glühen; es tritt weifser Dampf (zersetzter Schwefelwasserstoff) auf, und ungefähr nach einer halben Minute explodiert das Gasgemenge mit blendender, nahezu weifser Flamme, wobei die Korkscheibe in die Höhe geschleudert wird. — In einer anderen Weise läfst sich der Versuch ausführen, wenn man in ein offenes Gläschen von 150—200 ccm Inhalt mit weiter Öffnung (sogenanntes Opodeldokglas) von oben her zwei, aufserhalb durch einen Retortenhalter getragene Röhren einsenkt, so dafs sie bis fast auf den Boden reichen und sich diametral im Glase gegenüberstehen. Man schüttet einige Gramm Kupferpulver ein, leitet Schwefel-

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 13, S. 722.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wasserstoff zu und läfst dann zeitweilig durch das andere Rohr, welches mit einem Sauerstoffgasometer verbunden ist, rasch etwas Sauerstoff eintreten. Das Kupfer kommt jedesmal zum Glühen und bringt die Gase zur Explosion.*

III. Reduktion der Chloride, Bromide, Jodide.

§ 104. Reduktion von Eisenchlorid durch Wasserstoff.

Ein böhmisches Rohr mit Kugelvorlage und Gasableitung; ein Wasserstoffentwickelungsapparat. Eisenchlorid.

Man bringt einige Gramm Eisenchlorid mittels der halbcylindrischen Einfüllungsrinne in die Mitte des Rohrs und setzt den Apparat zusammen. Das Gasableitungsrohr senkt man in ein Kelchglas mit Wasser, welches mit Lackmus blau gefärbt ist. Nachdem durch Wasserstoff alle Luft aus dem Apparate ausgetrieben ist, erhitzt man die Röhre zum schwachen Glühen, doch so, dafs das Eisenoxyd sich möglichst wenig verflüchtigt. Die eingetretene Zersetzung erkennt man an der bald erfolgenden Rötung des Lackmus in der Vorlage, sowie daran, dafs sich das Rohr innen mit einem grauschwarzen, metallisch spiegelnden Beschlage bedeckt. Man kann zeitweilig das Ableitungsrohr aus dem Wasser nehmen und das Auftreten der Salzsäurenebel zeigen.

§ 105. Reduktion von Chlorsilber durch Wasserstoff.

Ein Kugelrohr von schwer schmelzbarem Glase, ein Röhrenhalter, ein Apparat zur Entwickelung von Wasserstoff, ein Trockenapparat. Chlorsilber.

Trockenes, pulverförmiges, weifses Chlorsilber wird in die Kugelröhre gebracht und diese mit dem Wasserstoffentwickelungsapparate verbunden, wie Figur 630 zeigt. Leitet man jetzt Wasserstoff hindurch und erhitzt das Kugelrohr durch einen einfachen Bunsen'schen Brenner, so sieht man bald an der Öffnung des Rohrs Nebel von Chlorwasserstoff auftreten, deren Natur man durch ihre Wirkung auf blaues Lackmus erkennt (Boussingault; Aug. Vogel**). Man kann das Gas mittels einer langen Gasableitungsröhre in einen trockenen Fufscylinder leiten und diesen nach Beendigung des Versuchs, mit einer Glasplatte bedeckt, verkehrt

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 13, S. 722.
** *Chem. Centr.-Blatt* 1871, S. 532.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in Wasser tauchen, welches in den Cylinder tritt und denselben zum Teil anfüllt.

Jodsilber wird nur in höchster Weifsglühhitze unvollkommen durch Wasserstoff reduziert.

§ 106. Reduktion von Chlor- und Bromblei, Chlor- und Bromkadmium durch Wasserstoff.

Mehrere böhmische Röhren mit Porzellanschiffchen oder mehrere Kugelröhren, ein Wasserstoffentwickelungsapparat mit Trockenrohr. Chlor- und Bromblei. Chlor- und Bromkadmium.

Alle vier Haloide lassen sich nach POTILITZIN* durch Erhitzen im Wasserstoffstrome reduzieren. Die Versuche werden gerade so ausgeführt, wie die Reduktion des Chlorsilbers. Die Einwirkung beginnt schon unter der Schmelztemperatur der Salze, geht aber nach dem Schmelzen derselben mit so grofser Lebhaftigkeit von statten, dafs aus dem offenen Ende des Rohrs reichliche Nebel von Chlor-, bezw. Bromwasserstoff austreten. Besonders energisch ist die Einwirkung des Wasserstoffs auf Bromkadmium; das reduzierte Metall setzt sich dabei in dem kälteren Teile des Rohrs als ein glänzender, metallischer Ring ab.

§ 107. Reduktion von Chlormagnesium, bezw. Chloraluminium durch Natrium.

Ein hessischer Tiegel, ein Glühofen, Chlormagnesium, Chlornatrium, Chlorcalcium, Fluorcalcium; Natrium.

Ein im kleinen nicht wohl auszuführender Versuch. Im grofsen Mafsstabe verfährt man zur Darstellung des Magnesiums wie folgt: Man mischt 600 g wasserfreies Chlormagnesium mit 100 g einer Mischung aus 7 Teilen Chlornatrium und 9 Teilen Chlorcalcium mit 100 g reinem, gepulvertem Fluorcalcium; diesem Gemenge setzt man 100 g Natrium in Stücken zu, welche man darin verteilt. Die Masse wird dann mittels eines Eisenblechs in einen stark glühenden Tiegel eingetragen und letzterer geschlossen. Nach Beendigung der am Geräusch wahrnehmbaren Reaktion rührt man den Inhalt mit einer eisernen Stange um, bis das Gemenge der geschmolzenen Substanz gleichförmig fliefst. Man nimmt den Tiegel aus dem Ofen, und wenn die Salzmasse dem Erkalten nahe ist, gieſst man sie nach einem nochmaligen Umrühren auf eine eiserne Platte aus. Das Magnesium ist in der erstarrten Masse in Form kleiner Kügelchen verteilt; man zerschlägt diese und liest das Metall aus. —

* *Chem. Centr.-Blatt* 1880, S. 20.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sonstadt empfiehlt, eine Lösung von Chlormagnesium und Kochsalz einzudampfen, zu schmelzen und diese Masse, mit Natriumstücken gemischt, in einem Eisentiegel zu glühen.

§ 108. Reduktion von Chlorwasserstoffgas durch Kalium oder Natrium.

Ein Kugelrohr, eine Gasentwickelungsflasche mit Trichterrohr oder ein Gasentwickelungsapparat nach Thiele (S. 190 Fig. 258), ein Trockenapparat, ein Fufscylinder mit pneumatischer Wanne. Kalium, bezw. Natrium.

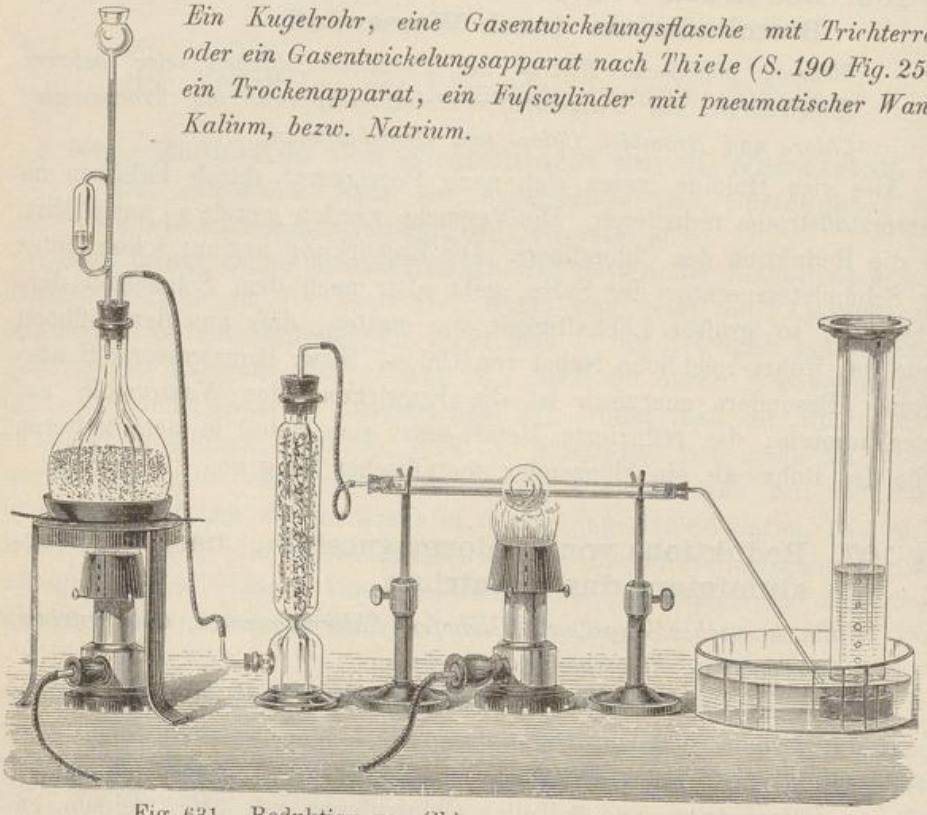


Fig. 631. Reduktion von Chlorwasserstoffgas durch Natrium.

In das Kugelrohr werden einige erbsengrofse Stücke wohlabgetrockneten Natriums, bezw. Kaliums gebracht, das Rohr mittels eines mit Chlorcalcium gefüllten Absorptionsturmes mit einer Gasentwickelungsflasche verbunden, welche konzentrierte Salzsäure enthält. Andererseits hat das Kugelrohr eine Gasableitungsvorrichtung, welche in die pneumatische Wanne reicht und unter den darin aufgestellten Cylinder geschoben werden kann. Durch Erhitzen entwickelt man aus der wässerigen Salzsäure einen nicht zu raschen Strom Chlorwasserstoffgas. (Zur Entwickelung des letzteren kann man sich auch des auf S. 190 beschriebenen Apparats nach Thiele bedienen, indem man die Flasche mit konzentrierter Salzsäure füllt und durch das Rohr konzentrierte Schwefelsäure nachgiefst.)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Metall im Kugelrohre bedeckt sich bald mit einer weifsen Schicht von Chlornatrium. Es wird hierauf gelinde erwärmt, wodurch jenes schmilzt und bald im Chlorwasserstoffstrome zu brennen beginnt (Fig. 631). Das Chlornatrium (bezw. Chlorkalium) setzt sich im hinteren Ende des Rohrs ab, welches deshalb hinreichend weit sein mufs, damit es sich nicht verstopft. Sobald man dies an dem Steigen der Sperrflüssigkeit im Sicherheitsrohre gewahr werden sollte, mufs man sogleich die Gasentwickelung unterbrechen und das Rohr aus der pneumatischen Wanne nehmen. Der Wasserstoff wird im Fufscylinder aufgefangen, kann aber auch gleich an der Austrittsöffnung des Rohrs entzündet werden, wo er mit durch Kalium violett (bezw. durch Natrium gelb) gefärbter Flamme brennt.

§ 109. Reduktion von Chlorwasserstoff durch Natriumamalgam.

Eine kleine zweihalsige Woulfe'sche Flasche mit Gaseinleitungsrohr, am unteren Ende 8 mm weit, und Gasableitungsrohr, letzteres zu einer nicht zu engen Spitze ausgezogen. Ein Apparat zur Entwickelung von Chlorwasserstoffgas nebst Chlorcalciumturm, wie zum vorigen Versuche. Natrium, Quecksilber.

Man stellt sich zuerst flüssiges Natriumamalgam her, wobei man in folgender Weise verfährt. In die Mitte eines Pappdeckels macht man mit einem scharfen Messer einen Kreuzschnitt und steckt den Stiel eines Mörserpistills hindurch (s. im V. Abschn. bei Ammoniumamalgam). Dann bringt man in eine trockene Reibschale etwas Quecksilber und darauf eine frisch geschnittene Scheibe Natrium. Durch Drücken sucht man das Natrium mit dem Pistill zu fassen und reibt es ein wenig, worauf unter schwacher Verpuffung und Feuererscheinung die Verbindung beider statt hat. Dies wiederholt man einige Male unter Zusatz von steigenden Mengen Quecksilber, so dafs ein dünnflüssiges Amalgam entsteht (1 Teil Natrium auf wenigstens 150 Teile Quecksilber). Dieses Amalgam wird in eine Woulfe'sche Flasche gebracht, so dafs dieselbe mindestens zur Hälfte damit gefüllt ist; dann leitet man durch das weite Gaszuleitungsrohr einen Strom Chlorwasserstoff ein. (Um den Druck des Quecksilbers zu überwinden, gieſst man in das Sicherheitsrohr der Salzsäureentwickelungsflasche etwas Quecksilber.) Das Chlorwasserstoffgas wird durch das Natrium des Amalgams unter Bildung von Chlornatrium und Freiwerden von Wasserstoff zersetzt. Letzterer entströmt dem Gasableitungsrohre, welches in der zweiten Öffnung der Woulfe'schen Flasche steckt, und kann, nachdem alle Luft beseitigt ist, dort entzündet werden. Das Quecksilber wird mit Wasser und verdünnter Salzsäure gewaschen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VIERTES KAPITEL.

Reduktion (Spaltung) mittels Elektrizität (Elektrolyse). Konstante Verhältnisse.

§ 110. Reduktion von Wasser durch Elektrolyse.

a) *Eine galvanische Batterie. Ein Zersetzungsgefäfs zur Erzeugung von Knallgas auf elektrolytischem Wege mit pneumatischer Wanne und Fufscylinder zum Auffangen der gemischten Gase; verdünnte reine Schwefelsäure (1 : 10).*

b) *Ein zweischenkliger Zersetzungsapparat für Wasser mit Platinelektroden; verdünnte reine Schwefelsäure (1 : 10).*

Die Einrichtung und Aufstellung einer gröfseren galvanischen Batterie und eines Akkumulators mit den dazu gehörigen Nebenapparaten ist auf

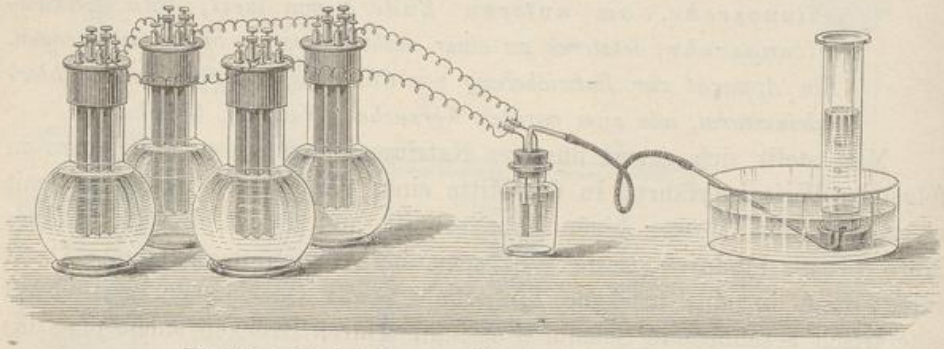


Fig. 632. Reduktion von Wasser durch Elektrolyse.

S. 58—79 ausführlich beschrieben. Wenn man über eine solche Einrichtung nicht verfügt, so genügen zur Ausführung der vorliegenden Versuche 2—4 Bunsen'sche Salpetersäure- oder Chromsäure-Elemente von mittlerer Gröfse mit frischer Füllung.

a) Darstellung von Knallgas durch Elektrolyse. Ein hierzu geeigneter Apparat ist in Figur 632 dargestellt. Derselbe besteht aus einem kleinen weithalsigen Gläschen, durch dessen Kautschukstöpsel zwei in Röhren eingeschmolzene und aufsen mit Klemmschrauben versehene Platindrähte luftdicht eingesteckt sind, welche unten in schmale Platinelektroden endigen. In der zwischen beiden angebrachten Durchbohrung steckt ein umgebogenes Glasrohr, welches dicht unter dem Korke endigt und mit der Gasableitungsvorrichtung verbunden ist. Man füllt das Gefäfs mit einer Mischung von 1 Teil reiner konzentrierter Schwefelsäure und 10 Teilen reinen Wassers ganz voll, so dafs keine Luftblasen zurück-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bleiben, verbindet die Klemmschrauben mit den Poldrähten der Batterie und schliefst den Strom. Die entweichenden Gase kann man in einem kleinen Fufscylinder auffangen. Wenn man sie aber anzünden will, so ist es besser, eine kleine Quantität davon in Seifenwasser zu leiten, so dafs sich eine etwa walnufsgrofse Menge Schaum bildet. Das elektrolytisch dargestellte Knallgas explodiert mit einer solchen Energie und mit so aufserordentlich heftigem Knalle, dafs unbedingt abzuraten ist, vor Schülern gröfsere Mengen, als hier angegeben ist, auf einmal zu entzünden.

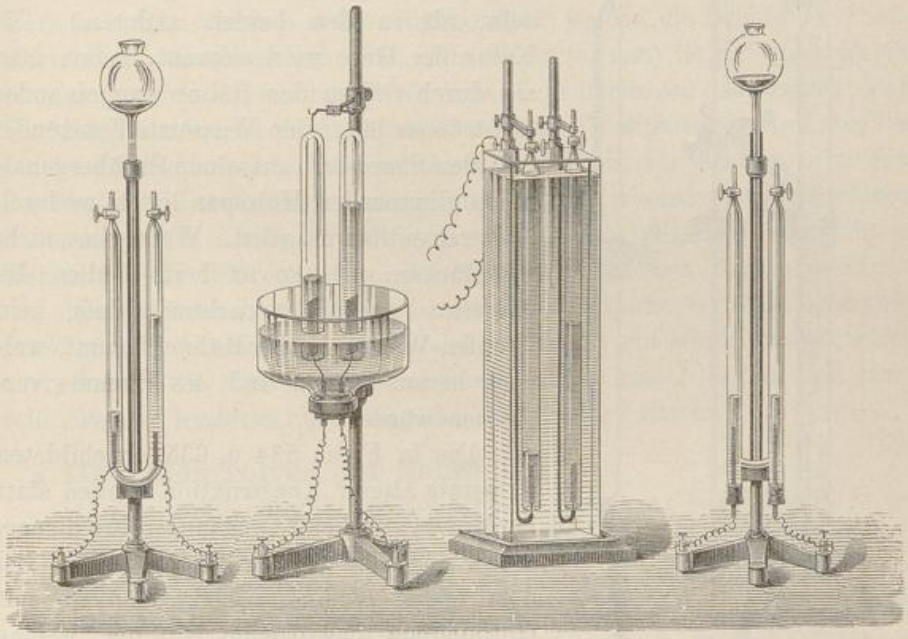


Fig. 633. Fig. 634. Fig. 635. Fig. 636.

Voltameter.

b) Elektrolyse des Wassers im zweischenkligen Zersetzungsapparate. Die Form, welche Hofmann dem Wasserzersetzungsapparate gegeben (Fig. 633), ist für den Gebrauch höchst bequem; die Füllung geschieht ohne alle Schwierigkeit, indem man die Hähne öffnet und durch die Kugeln langsam so viel mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser (1 : 10) oben einfliefsen läfst, dafs beide Röhren bis ziemlich dicht unter die Hähne gefüllt werden; dann schliefst man die Hähne, gieſst noch so viel Wasser nach, dafs es in der mittleren Röhre 1—2 cm über den Hähnen steht, und verbindet die Klemmschrauben mit den Poldrähten, worauf die Zersetzung sofort beginnt. Das Volumverhältnis von 1 Teil Sauerstoff zu 2 Teilen Wasserstoff hält sich während des ganzen Versuchs

konstant. (Da die beiden Gase, Sauerstoff und Wasserstoff, in Wasser etwas löslich sind, aber nicht im gleichen Verhältnis davon aufgenommen werden, so verhalten sich die Volume beider nicht genau wie 1 : 2; man lasse daher die beiden Flüssigkeitssäulen sich zuerst mit den Gasen sättigen, was sehr leicht dadurch geschehen kann, dafs man den elektrischen Strom bei geöffneten Hähnen eine gewisse Zeitlang den Apparat passieren läfst, doch darf in diesem Falle selbstverständlich der Wasserstand im dritten Rohre nicht höher sein, als in den beiden anderen.) Die Natur der Gase wird erkannt, indem man sie durch Öffnen der Hähne nacheinander ausströmen läfst, den Wasserstoff anzündet und den Sauerstoff auf einen darübergehaltenen glimmenden Holzspan leitet, wodurch letzterer entflammt wird. Wenn dies nicht mifsglücken soll, so ist beim Füllen des Apparats darauf zu achten, dafs kein Tropfen Wasser in die Hähne kommt, welches herausspritzen und die Flamme verlöschen würde.

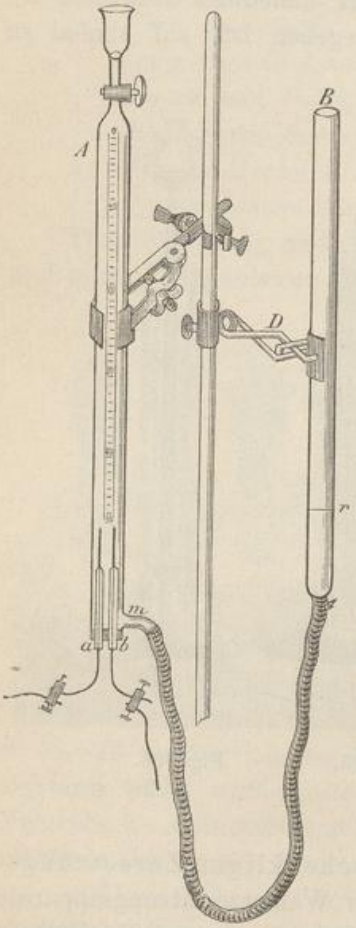


Fig. 637. Voltameter.

Die in Figur 634 u. 635 abgebildeten Apparate älterer Konstruktion können statt der Hofmann'schen Zersetzungsröhre dienen, lassen sich aber weniger bequem füllen. Bei dem ersten sind die Elektroden an mit Guttapercha überzogenen Drähten, welche durch den unteren Kork führen und hier mit Siegellack oder Paraffin gedichtet sind, befestigt. Das weite, schalenartige Gefäfs wird mit der Zersetzungsflüssigkeit gefüllt; dann nimmt man die Röhren von ihren Trägern, gieſst sie voll Wasser, verschliefst sie mit dem Daumen, taucht sie umgekehrt ein und hängt sie, nachdem man die Platinelektroden eingeschoben hat, wieder an ihren Haken auf. Die Prüfung der Gase kann nur geschehen, indem man die Röhren wieder aus dem Wasser heraushebt. Figur 635 (Wiedemann) ist unzweifelhaft eine Verbesserung dieses Apparats. Die Röhren tauchen hier ihrer ganzen Länge nach in das Wasser und füllen sich bei geöffneten Hähnen von selbst. Die Prüfung der Gase kann wie beim Hofmann'schen Apparate geschehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bekanntlich benutzt man die Wasserzersetzung durch den elektrischen Strom zur Bestimmung der Stärke desselben (Voltameter). Das Auffangegefäfs des Apparats besteht dann aus einer graduierten Röhre, innerhalb deren die Elektroden angebracht sind. Eine für den Gebrauch sehr geeignete Form zeigt Figur 637 nach WALTHER.* Röhre *A* ist etwa 16 mm weit, 50 cm lang und oben mit einem durch Glashahn abzuschliefsenden kleinen Trichter versehen. Durch das nahe am unteren Ende angeschmolzene Rohr *m* wird sie durch Kautschukschlauch mit einem gleichgrofsen Bürettenrohr *B* verbunden. Von unten her sind durch Kork zwei Glasröhren *a* und *b* eingekittet, in welche die Drähte der Platinelektroden eingeschmolzen sind. Die Skala (in mm) ist auf einen Papierstreifen geschrieben, welchen man mit der Schriftseite auf das Glasrohr klebt. Hierdurch erscheinen beim Ablesen durch die Flüssigkeit hindurch die Teilstriche der Skala besonders deutlich und in die Breite gezogen. Der Wert der Skalenteile mufs durch Ausmessung festgestellt werden. Zweckmäfsiger ist es natürlich, die Teilung in ccm auszuführen, mit dem Nullpunkt am Hahne. Beide Röhren sind durch Klemmen an einem Stativ befestigt.

Beim Gebrauche füllt man bei geöffnetem Hahne verdünnte Schwefelsäure (1 : 10) in das Rohr *B*, bis beide Röhren ein wenig über $^1/_2$ gefüllt sind, bringt die Flüssigkeit in *A* durch Heben von *B* bis an den Hahn, schliefst erst letzteren und dann den elektrischen Strom.

§ 111. Elektrolyse der Salzsäure.

a) Ein zweischenkliger Zersetzungsapparat für Salzsäure mit Kohleelektroden. Konzentrierte Salzsäure, Chlornatrium.

b) Apparat zur Elektrolyse der Salzsäure nach Lothar Meyer.

c) Apparat zur Zersetzung der Salzsäure nach Highley u. Howard.

a) Wässerige Salzsäure wird durch den elektrischen Strom in Chlor und Wasserstoff zersetzt. Um aber hier das richtige Volumverhältnis (1 : 1) zu erhalten, sind noch weitergehende Vorsichtsmafsregeln nötig als beim Wasser. Zuvörderst ist zu beachten, dafs das Chlor sich in statu nascendi mit dem Platin verbindet, deshalb dürfen die Elektroden nicht aus diesem Metalle gefertigt sein. HOFMANN giebt dem Apparate aus diesem Grunde eine abweichende Form (Fig. 636). Die beiden Zersetzungsschenkel sind unten offen und werden durch Kautschukstöpsel verschlossen. Durch die Bohrungen derselben sind beiderseits offene Glasröhren von etwa 8 mm innerer Weite geführt, welche zur Aufnahme cylindrischer Elektroden aus Retortenkohle dienen. Letztere sind mit Platindrähten von mindestens 1 mm Stärke spiralig umwunden und für die Aufnahme derselben etwas eingefeilt. Die unteren freien Enden der Platindrähte ragen aus den

* *Journal für praktische Chemie*, Bd. 31, S. 536. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 802.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Glasröhren hervor, welche hier zugeschmolzen sind. Die Zwischenräume zwischen den Kohlen und Glasröhren sind mit geschmolzenem Schellack ausgegossen. Die oberen, frei aus den Glasröhren herausragenden, zugespitzten Enden der Kohlenstäbchen stehen ein wenig oberhalb der Verbindungsröhre beider Zersetzungsschenkel. Auf diese Weise ist die Verbindung des freiwerdenden Chlors mit der Substanz der Elektrode vermieden. Allein noch ein anderer Umstand tritt hier für die gleichmäfsige Entwickelung des Gases störend auf, nämlich die beträchtliche Löslichkeit des Chlors in Wasser und in Salzsäure. Wenn man daher den Apparat mit Salzsäure füllt und den Strom schliefst, so beobachtet man zwar am negativen Pole eine lebhafte Gasentwickelung, am positiven Pole aber wird zuerst alles auftretende Gas von der Flüssigkeit absorbiert. Hofmann empfiehlt deshalb zur Füllung nicht Salzsäure, sondern eine gesättigte Kochsalzlösung zu nehmen, welche man höchstens mit $^1/_{10}$ ihres Volums konzentrierter Salzsäure versetzt. Man läfst den Strom auch hier zuerst eine geraume Zeit bei geöffneten Hähnen durch die Flüssigkeit gehen, und zwar so lange, bis die Gasentwickelung an beiden Elektroden nahezu gleich stark ist. Dann erst schliefst man die Hähne. (Man fülle die Zersetzungsschenkel nicht zu voll, lasse namentlich die oberen verjüngten Enden frei, damit die bei der Gasentwickelung schäumende Salzlösung nicht in die Hähne hinaufgetrieben werde; letztere kitten sich hierdurch sehr leicht fest und lassen sich nachher, wenn der eigentliche Versuch beginnen soll, nicht zudrehen.) Um endlich zu verhindern, dafs während der Zersetzung infolge der Zunahme der Druckhöhe in dem mittleren Steigrohre die Absorptionsfähigkeit der Flüssigkeit für Chlor wieder gesteigert werde, hat das Steigrohr an seinem unteren Ende ein durch einen Hahn verschliefsbares Abflufsrohr (in der Figur nicht sichtbar), welches man während des Versuchs von Zeit zu Zeit öffnet, um den Flüssigkeitsstand in allen drei Röhren immer gleich zu erhalten. Nach Unterbrechung des elektrischen Stroms bleibt das Abflufsrohr geschlossen, die ausgelaufene Flüssigkeit wird wieder in das Steigrohr gegossen, und nun erst kann man die Gase austreten lassen und auf ihre Natur prüfen: das Chlor, indem man es auf einen Bausch unechtes Blattgold strömen läfst, das Wasserstoffgas, indem man es entzündet. (Es mag hier daran erinnert werden, dafs, wenn der Versuch etwas lange, vielleicht sogar mit Unterbrechung fortgesetzt worden ist, etwas Chlor nach dem Wasserstoffschenkel diffundieren kann, wodurch sich Chlorknallgas bilden würde!)

b) Mit dem Apparat von A. W. Hofmann erhält man aber immer etwas zu wenig Chlor, selbst wenn man die Säure vorher mit Chlorgas gesättigt hat. Dies rührt daher, dafs nach Schlufs der Hähne das Chlor bei stetig wachsendem Druck durch eine hohe Flüssigkeitssäule aufsteigen mufs,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

welche von demselben eine der Steigerung des Drucks entsprechende Menge absorbiert. Folgender von LOTHAR MEYER* abgeänderter Apparat (Fig 638) vermeidet diese Fehlerquelle.

Das zur Elektrolyse dienende Gefäfs *A* ist viel niedriger als das HOFMANN'sche und ohne Hahn. Die Kohleelektroden sind mit kurzen dünnwandigen Röhren lose umgeben, damit die Gase sich nicht in dem wagrechten mittleren Querstück mischen. In die oberen Enden von *A* passen die Entbindungsröhren *EE* so hinein, dafs dickwandige Gummi-

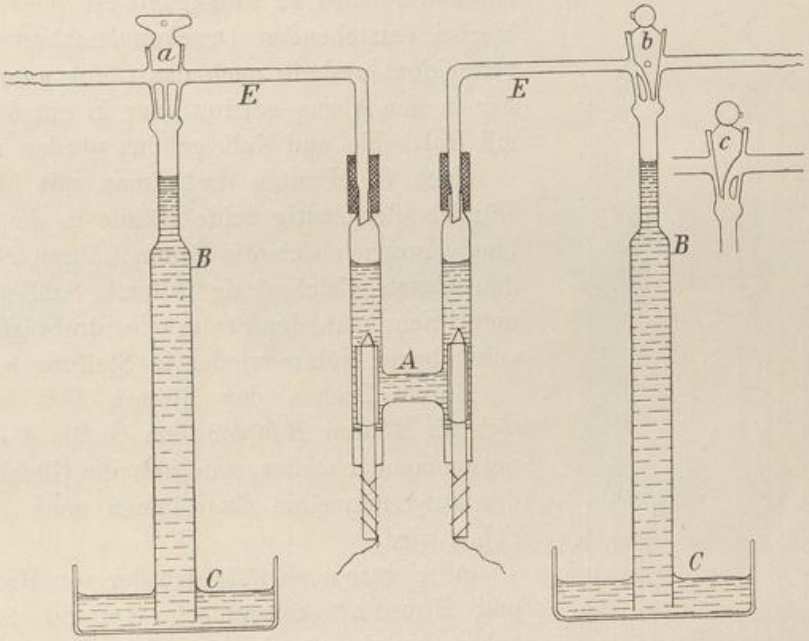


Fig. 638. Elektrolyse der Salzsäure nach LOTHAR MEYER.

schläuche beide Teile luftdicht verbinden, ohne dafs die Gase mit dem Kautschuk in Berührung kommen. Je ein Dreiweghahn der Röhren *EE* gewährt die Verbindung mit den Sammelgefäfsen *BB* oder freien Abzug der Gase. Zur Ausführung des Versuchs füllt man *A* zu etwa $^3/_4$ mit starker Salzsäure, setzt dann die Röhren *EE* ein und bringt beide Hähne in Stellung *c*. Hierauf wird die Schale *C* auf Seite der Kathode mit reinem Wasser und die andere neben der Anode mit bei der Temperatur des Experimentierraums gesättigtem Chlorwasser möglichst genau gleich hoch gefüllt. Dann saugt man an den offenen Enden von *EE* die Flüssigkeit in *B* und *B* bis nahe an die Hähne empor, sperrt die Röhren *BB*

* *Bericht der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 27, S. 850. — *Chem. Centr.-Blatt* 1894, I, S. 947.

durch eine Drehung der Dreiweghähne von *EE* ab, entfernt die Saugvorrichtung (Gummikugel mit Schlauch) und dreht die Hähne dann wieder in die Stellung *a*. Man schliefst jetzt den Strom, läfst 10 Minuten lang Gas entwickeln, wobei man zum Nachweis des Wasserstoffs und Chlors ersteren in einem über das freie Ende von *E* gehaltenen Reagiercylinder auffängt und entzündet, das Chlor dagegen in einen unter die Austrittsöffnung gehaltenen Reagiercylinder fallen und hier auf Jodkaliumstärkepapier (§ 88A, S. 453) wirken läfst. Einleiten der Gase in Flüssigkeit ist wegen der hierbei entstehenden Druckungleichheiten zu vermeiden, weshalb auch das Chlor unmittelbar in den Abzug geleitet oder in einen Topf mit Holzkohle und Kalk geführt werden mufs.

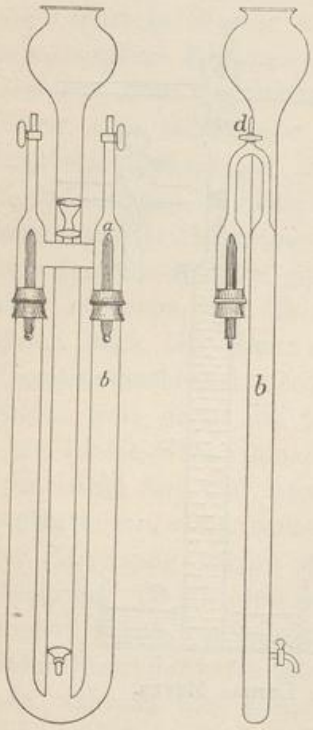


Fig. 639. Fig. 640.
Elektrolyse der Salzsäure nach Higley und Howard.

Nach 10 Minuten dreht man mit beiden Händen gleichzeitig beide Hähne in die Stellung *c*, wonach sich die Sammelröhren *B* mit den Gasen gleichmäfsig füllen. Schliefslich unterbricht man den Strom oder dreht gleichzeitig beide Hähne wieder in Stellung *a*.

Durch Drehen der Röhren *EE* lassen sich die Röhren *BB* vor dem Gefäfs *A* dicht nebeneinander stellen, wodurch die Gleichheit der aufgesammelten Gasvolumen noch deutlicher wird.

c) Leichter noch läfst sich der von Higley und Howard* konstruierte Apparat handhaben, welcher nach demselben Prinzip wie der vorige die Gase ebenfalls in einem anderen Raume auffängt und mifst, als in welchem die Elektrolyse erfolgt. Auch hier passiert das entwickelte Gas nur eine geringe Schicht der elektrolysierten Flüssigkeit.

In Figur 639 ist der Apparat in Vorderansicht, und in Figur 640 in Seitenansicht gezeichnet. Man benutzt, wie A. W. Hofmann angegeben, eine mit Chlor und Chlornatrium gesättigte Mischung gleicher Volume konzentrierter Salzsäure und Wasser. Die Elektrolyse erfolgt in den kurzen, nach unten gerichteten Schenkeln *a*. Die Flüssigkeit wird durch den Trichter bis an die Hähne *d* eingefüllt, sodafs die Röhren *b* ganz damit gefüllt sind. Dann schliefst man die Hähne *d* und verbindet den

* *American Chemical Journal*, Bd. 18, S. 584. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 464.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

im mittleren Rohr angebrachten unteren Hahn mit einem tiefer zu stellenden Niveaugefäfs. Schliefst man jetzt den Strom, so entwickeln sich die Gase in *a* unter vermindertem Druck und können unter solchem auch in den Schenkeln *b* gemessen werden.

§ 112. Synthese des Wassers. (Quantitativer Versuch.)

Ein sehr starkwandiges Eudiometer mit Glashahn (Fig. 641). Oder: ein unten offenes Eudiometer, dazu ein Cylinder mit Quecksilber (Fig. 642). Apparate zur Entwickelung von Wasserstoff und Sauerstoff.

Benutzt man das in Figur 641 abgebildete Eudiometer, so füllt man über Wasser zwei Volume Wasserstoff und ein Volum Sauerstoff hinein, verschliefst den Hahn und läfst den Funken hindurch schlagen.

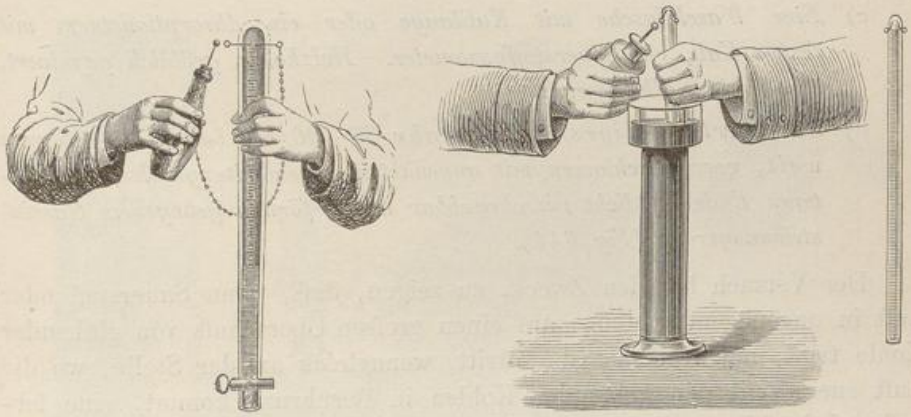


Fig. 641. Fig. 642.

Quantitative Synthese des Wassers.

Die Wandungen des Rohrs sind hinreichend dick, um den Explosionsdruck auszuhalten. (Es ist indessen der Vorsicht halber unbedingt anzuraten, die Röhre, während man den Funken hindurch schlagen läfst, mit einem Tuche zu umwinden.) Man taucht das Rohr alsdann unter Wasser und öffnet den Hahn, worauf es sich vollständig mit Wasser füllt. Der Versuch wird wiederholt, indem man a) zwei Volume Wasserstoff und mehr als ein Volum Sauerstoff und b) zwei Volume Wasserstoff und weniger als ein Volum Sauerstoff mischt. Im ersteren Falle bleibt Sauerstoff, im letzteren Wasserstoff übrig, und zwar genau in den Mengen, die sich vorher durch Rechnung feststellen lassen.

Wendet man das offene Eudiometer an, so taucht man die Röhre vor dem Durchschlagen des elektrischen Funkens tief in Quecksilber, um eine Austreibung des Gases zu verhüten. Im übrigen ist die Ausführung des Versuchs dieselbe, wie vorher beschrieben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

FÜNFTES KAPITEL.

Vielfache Verhältnisse. Oxydationsreihe des Kohlenstoffs.

§ 113. Unvollkommene Verbrennung von Kohlenstoff. Reduktion der Kohlensäure.

a) Ein Porzellanrohr nebst Glühofen oder:

b) Ein Glasrohr mit Lampenofen, ein Platinblech, 10—20 cm lang, 4—5 cm breit, ein rechtwinklig gebogenes Gasausströmungsrohr, in den Kork des Porzellan- oder Glasrohrs passend.

c) Eine Waschflasche mit Kalilauge oder ein Absorptionsturm mit festem Kali, ein Sauerstoffgasometer. Holzkohle, gröblich gepulvert, staubfrei; Kalkwasser.

d) Ein starkwandiges Kupferrohr 80—90 cm lang, 20—25 mm weit, vorn geschlossen mit angelötetem Gasableitungsrohr; am hinteren Ende luftdicht verschraubbar mit U-förmig gebogenem Gaseinströmungsrohr (Fig. 644).

Der Versuch hat den Zweck, zu zeigen, dafs, wenn Sauerstoff oder Luft in ungenügender Menge auf einen grofsen Überschufs von glühender Kohle trifft, nur Kohlenoxyd auftritt, wenngleich an der Stelle, wo die Luft zuerst mit den glühenden Kohlen in Berührung kommt, eine lebhafte, jedenfalls vollkommene Verbrennung stattfindet. Es bildet sich also jedenfalls Kohlensäure, welche nachher durch die Einwirkung der glühenden Kohle zu Kohlenoxyd reduziert wird. Hieraus ergiebt sich, dafs zwei gasförmige Kohlensauerstoffverbindungen existieren, von denen die eine, weil sie noch brennbar ist, weniger Sauerstoff enthalten mufs, als die andere. Dieser Versuch bildet demnach die Grundlage für die Lehre von den vielfachen Verhältnissen.

a) Unvollkommene Verbrennung des Kohlenstoffs im Porzellanrohre. Holzkohle wird gröblich gestofsen (Stücke höchstens erbsengrofs) und durch Absieben von Staub befreit. Hiermit füllt man das Porzellanrohr fast vollständig an und läfst an dem vorderen Ende (an der Seite, von woher der Sauerstoff eintritt) nur etwa 2 cm Raum, welchen man mit einem lockeren Pfropf von langfadigem Asbest ausfüllt. Dann setzt man den Kork auf und verbindet die Röhren desselben mit einer mit Kali gefüllten Waschflasche (oder einem mit Kalistücken gefüllten Absorptionsturme) und diese mit einem Sauerstoffgasometer. Das Porzellanrohr wird in einen Glühofen für Holzkohle gelegt, so dafs seine beiden

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Enden 4—5 cm herausragen (Fig. 643), und seiner ganzer übrigen Länge nach glühend gemacht, indem man glühende Holzkohlestücke unter und auf dasselbe legt und den Dom aufsetzt. Durch die Thüre des letzteren ersetzt man die teilweise verbrannte Kohle durch Nachlegen neuer Stücke, so dafs der Ofen immer vollgefüllt bleibt. Nach etwa einer halben Stunde kann man mit der Überleitung von Sauerstoff beginnen. Man öffnet den Hahn des Gasometers und reguliert den Strom so, dafs er die Röhre nicht allzu rasch passiert. Das austretende Gas läfst sich entzünden und brennt mit der für das Kohlenoxyd charakteristischen bläulichen Flamme. Durch Einleiten in Kalkwasser läfst sich zeigen, dafs es frei von Kohlensäure ist. Hält man dagegen eine Glasglocke, welche innen mit Kalk-

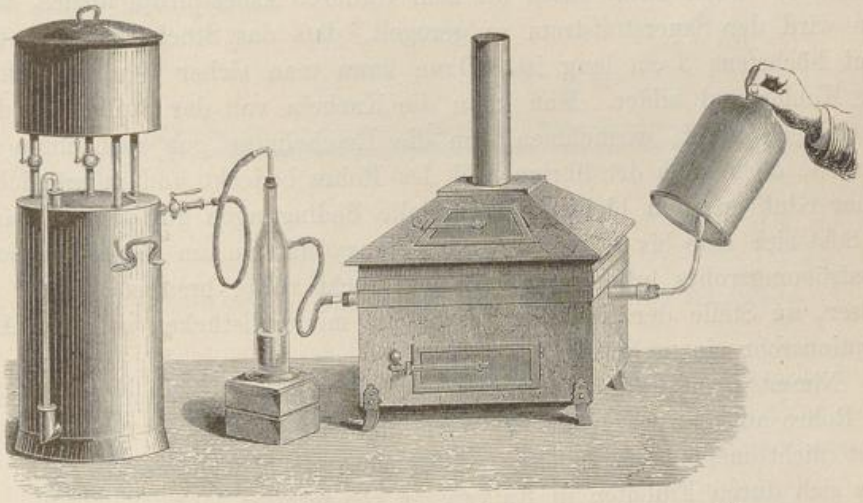


Fig. 643. Unvollkommene Verbrennung von Kohlenstoff.

wasser ausgeschwenkt ist, über die Lampe des brennenden Gases, so bedeckt sich die Wand der Glocke bald mit einem weifsen pulverigen Überzuge.

b) Unvollkommene Verbrennung von Kohlenstoff im Glasrohre. Derselbe Versuch läfst sich auch ganz gut im Glasrohre ausführen, wenn man zweierlei beachtet. Zuvörderst mufs die Kohle sehr gut ausgeglüht sein und darf keine Feuchtigkeit mehr enthalten, welche sich im Rohre kondensieren und dasselbe sprengen würde. Man schüttet daher eine angemessene Quantität gröblich gepulverte Kohle in eine eiserne Schale, bedeckt diese mit einer zweiten und erhitzt sie etwa 15 Minuten lang stark. Dann läfst man sie (bedeckt) so weit abkühlen, dafs man sie auf Papier schütten kann, und füllt das Glasrohr zu $^3/_4$ seiner Länge da-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit an; hierauf schiebt man ein über einer Glasröhre röhrenförmig gebogenes Platinblech in das noch freie Ende, so dafs es sich dicht an die innere Glaswand anlegt und diese auskleidet und eine Platinblechröhre bildet, füllt auch diese mit Holzkohle aus, setzt einen Asbestpfropf und zuletzt den Kork auf und legt das so präparierte Rohr in einen Lampenofen, wo man ihm eine Rinne von Eisenblech als Unterlage giebt. Im übrigen ist die Zusammensetzung des Apparats genau dieselbe, wie unter a) beschrieben. Man zündet nun die Lampen des Ofens so weit an, dafs die Röhre 6 cm von beiden Enden entfernt ungeheizt bleibt, legt die Kacheln auf und wartet, bis die Kohle im Innern Dunkelrotglut zeigt. Jetzt öffnet man den Sauerstoffgasometer und erkennt an dem bald eintretenden Glühen des Platinbleches die Stelle, wo die lebhafte Verbrennung stattfindet. Diese rückt rasch bis zum vorderen Asbestpfropf zurück, und nun wird der Sauerstoffstrom so geregelt, dafs das Stück der höchsten Glut höchstens 3 cm lang ist. Dann kann man sicher sein, dafs sich nur Kohlenoxyd bildet. Man kann die Kacheln von der Stelle, wo das Platinblech glüht, wegnehmen, um die Erscheinung gut beobachten zu können, doch mufs der übrige Teil des Rohrs bedeckt und in möglichst hoher Glut erhalten bleiben. Wenn alle Bedingungen gut geregelt sind so läfst sich eine bis 10 cm lange Kohlenoxydflamme am Ende des Gasausströmungsrohrs erhalten. (Soll diese recht ruhig brennen, so ist es besser, an Stelle der Kaliwaschflasche ein mit Kalistücken gefülltes Absorptionsrohr einzuschalten.)

Nimmt man die Kacheln vom ganzen Ofen weg, so dafs die Kohle im Rohre aufhört zu glühen, so verlischt die Flamme, ein Zeichen, dafs jetzt nicht mehr blofs Kohlenoxyd, sondern auch Kohlensäure auftritt, was sich durch Einleiten in Kalkwasser konstatieren läfst.

c) Unvollkommene Verbrennung von Kohlenstoff im Kupferrohr. Viel leichter und sicherer läfst sich dieser Versuch in dem oben Seite 486 unter d) beschriebenen, und in Figur 644 abgebildeten Kupferrohr ausführen, welches ohne besondere Vorsichtsmafsregeln im Verbrennungsofen erhitzt werden kann. Die Kohle in erbsengrofsen Stücken, von allem Staub befreit, mufs zuvor gut ausgeglüht und bedeckt so weit erkaltet sein, dafs man sie noch warm in das Rohr einfüllen kann. Dann wird es mit Vorlegung einer passend geschnittenen Scheibe von Asbestpappe fest verschraubt, und ist zum Gebrauche fertig. Man legt es in den Verbrennungsofen, aus dem es vorn und hinten einige Centimeter hervorragen mufs, setzt unter das U-förmig gebogene Gaseinleitungsrohr ein Becherglas und füllt dieses mit Wasser. Das Ende des Rohrs wird mit dem Sauerstoffgasometer durch einen längeren Kautschukschlauch verbunden, in dem ein Kalitrockenrohr und ein gut regulierbarer Hahn

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eingeschaltet ist. Man erhitzt nach Aufsetzung aller Kacheln bis das Rohr seiner ganzen Länge nach hell rotglühend erscheint und öffnet dann vorsichtig den Sauerstoffhahn, worauf sich in der Regel sofort das austretende Gas entzünden läfst. Man reguliert, wie oben unter b) gesagt und erhält, nachdem die anfängliche Grünfärbung verschwunden ist, eine schwach leuchtende, ruhig brennende Kohlenoxydflamme.

Der Versuch kann auch mit einem Luftstrome ausgeführt werden und entspricht dann den Bedingungen des Generatorofens in der Praxis. Die Flamme ist kleiner und läfst sich leichter zum Verlöschen bringen. Leitet man in diesem Falle das ausströmende Gasgemisch von Kohlenoxyd und Stickstoff erst durch ein längeres abgekühltes Glasrohr, so läfst es sich nicht mehr entzünden, sondern brennt nur, wenn man es direkt durch eine Flamme leitet.

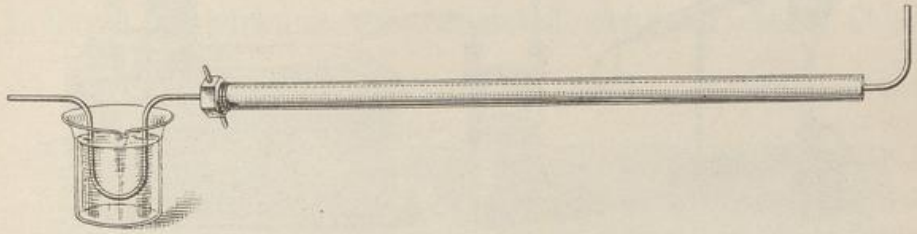


Fig. 644. Unvollkommene Verbrennung von Kohlenstoff im Kupferrohr.

d) Endlich läfst sich mit diesem Apparat auch die Reduktion der Kohlensäure durch glühende Kohlen demonstrieren, wenn man das U-förmig gebogene Gaseinströmungsrohr mit einem Kohlensäureentwickelungsapparate verbindet.

§ 114. Zersetzung von Oxalsäure in Wasser, Kohlenoxyd, und Kohlensäure.

Eine tubulierte Retorte, eine Waschflasche mit Kalilauge, eine pneumatische Wanne mit tubulierter Glasglocke, ein Fufscylinder, ein Kelchglas, ein Platin- oder Porzellantiegel; krystallisierte Oxalsäure, Kalkwasser.

Um das Zerfallen der Oxalsäure in die oben genannten Bestandteile zu zeigen, erhitzt man zuvörderst einige Gramm davon im Tiegel gelinde und zeigt durch Überhalten einer (trocknen) Glasglocke, dafs sich reichliche Mengen Wasser auf ihrer Innenwand kondensieren. Dann schüttet man etwa 20 g in eine Retorte, übergiefst sie mit konzentrierter Schwefelsäure und erhitzt gelinde. Nachdem die Gasentwickelung begonnen hat,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

leitet man das austretende Gas in klares Kalkwasser, welches in einem Kelchglase enthalten ist, und konstatiert durch die Trübung desselben das Auftreten von Kohlensäure; hierauf verbindet man die Retorte mit der Waschflasche und leitet, nachdem die Luft aus derselben vertrieben ist, das Gas unter die Glocke in der pneumatischen Wanne (Fig. 645). Damit die Kohlensäure von der Kalilauge gut absorbiert werde, schüttle man während der Entwickelung die Waschflasche gelinde. Ist die Glocke voll,

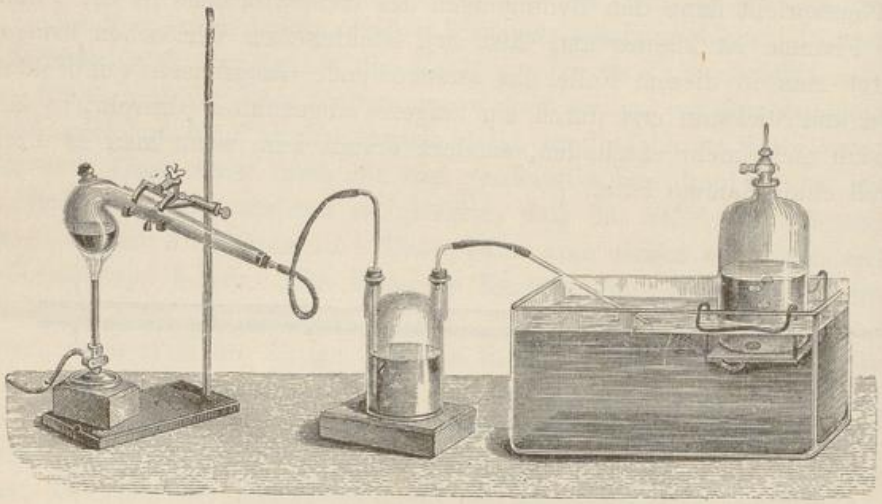


Fig. 645. Darstellung von Kohlenoxydgas.

so kann man noch einen Fufscylinder füllen und unterbricht dann die Zersetzung. Die Gasentwickelung wird leicht sehr stürmisch; daher mufs man die Hitze der Flamme sehr mäfsigen, wenn nötig, die Lampe von Zeit zu Zeit entfernen. Der Fufscylinder wird mit einer Glasplatte bedeckt aus der pneumatischen Wanne gehoben, aufrecht auf den Tisch gestellt, die Glasplatte abgezogen, das Gas sogleich entzündet, und während es brennt, der Cylinder rasch mit Wasser gefüllt. Dann taucht man die Glocke etwas in das Wasser der pneumatischen Wanne, öffnet den Hahn, läfst das ausströmende Gas entzünden und drückt die Glocke währenddessen langsam in das Wasser hinein.

SECHSTES KAPITEL.

Umwandlung von Oxyden, Sulfiden und Chloriden ineinander.

Vergleichung der unter I. beschriebenen Umsetzung mit den Reduktionen. In einigen Fällen findet einfache Substitution des einen Elements durch ein anderes statt, in anderen addiert sich das dritte Element zu den beiden miteinander verbundenen unter Entstehung zweier binärer Verbindungen.

Die unter II. beschriebenen Reaktionen sind Wechselzersetzungen.

I. Durch Einwirkung von Sauerstoff, Schwefel, bezw. Chlor.

§ 115. Umwandlung metallischer Sulfide in Oxyde durch Sauerstoff (Rösten).

Mehrere böhmische Röhren, 30—35 cm lang, ein Retortenhalter, ein Sauerstoffgasometer, eine Gasableitungsvorrichtung. Schwefelzinn, Schwefelblei, Schwefelkupfer (künstlich dargestellt), Bleiglanz, Kupferkies, Zinkblende, Schwefeleisen (Eisenkies und Arsenkies), Schwefelmangan.

Die zu diesen Veruchen dienenden Sulfide sind entweder künstlich dargestellte (wie sie bei den früheren Versuchen durch Einwirkung von Schwefel auf Metalle, S. 401—405, erhalten wurden) oder natürliche Mineralien. Sie werden gröblich gepulvert und in die Röhren gebracht. Man kann, wenn alles vorbereitet ist, sämtliche Versuche hintereinander im Laufe einer Stunde ausführen, da es weniger darauf ankommt, die Reaktionen jedesmal zur Vollendung zu bringen, sondern nur zu zeigen, dafs überhaupt eine Einwirkung stattfindet, und dafs die Produkte in schwefliger Säure und den betreffenden Metalloxyden bestehen. Erstere leitet man durch das Gasableitungsrohr in das Ventilationsrohr des Tisches oder in einen mit Wasser gefüllten Cylinder und läfst von Zeit zu Zeit etwas davon in die Luft treten. Die Röhren sind alle von gleicher Weite, so dafs sie mit denselben Korken verschlossen und leicht gegeneinander ausgewechselt werden können. Man spannt die erste Röhre in den Retortenhalter, verschliefst sie, erhitzt das darinliegende Sulfid und leitet Sauerstoff über. Soll die Reaktion unterbrochen werden, so schliefst man den Hahn des Sauerstoffgasometers, zieht die Korke von der Röhre ab, setzt sie in die zweite Röhre ein und behandelt diese ebenso.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Reaktion geht in den meisten Fällen glatt von statten, das graue Schwefelzinn bläht sich auf und verwandelt sich in weifses Zinnoxyd, welches vom Sauerstoffstrom ein Stück mit fortgeführt und am kälteren Ende der Röhre abgesetzt wird. Das Schwefelblei geht in Bleiglätte über, welche an der erhitzten Stelle zum Teil schmilzt. Eisenkies und Kupferkies verbrennen unter schönem Funkensprühen, ebenso Zinkblende; Schwefelmangan wird leicht zu braunem Manganoxyd oxydiert. Dieser Farbenwechsel der Sulfide beim Übergang in Oxyde läfst sich leicht beobachten. (Es ist daran zu erinnern, dafs die Sulfide der edlen Metalle und des Quecksilbers durch Sauerstoff nicht in Oxyde umgewandelt werden, sondern dafs hier nur der Schwefel verbrennt, die Metalle aber in freiem Zustande auftreten [reduziert werden].)

Die genannten Sulfide lassen sich fast alle auch beim Glühen im Luftstrome in Oxyde umwandeln; doch mufs man hier stärker erhitzen, auch sind die Erscheinungen selbstverständlich weniger brillant, sie entsprechen dem in der metallurgischen Praxis gebräuchlichen Verfahren des Röstens sulfidischer Erze.

Um das Verhalten arsenhaltiger Kiese zu zeigen, welche beim Rösten neben der schwefligen Säure arsenige Säure geben, führt man einen Versuch mit Arsenkies aus, indem man denselben gepulvert in ein langes, mit grofsem, bauchigem Vorstofs oder Kugelvorlage versehenes böhmisches Rohr bringt und wie vorher beschrieben im Sauerstoff- oder Luftstrom röstet. Die arsenige Säure setzt sich als weifser Beschlag zum Teil in dem Rohre, zum Teil in der Vorlage (Giftfang) ab, und die schweflige Säure entweicht als Gas.

§ 116. Verbrennung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelwasserstoff in Luft.

a) Ein flaches Porzellanschälchen, eine Glasglocke, Schwefelkohlenstoff, Kalkwasser.

b) Ein Schwefelwasserstoffapparat, ein hoher Fufscylinder, Schwefeleisen und verdünnte Schwefelsäure zur Bereitung von Schwefelwasserstoff.

a) Der Schwefelkohlenstoff entzündet sich leicht und brennt mit schwach leuchtender, blaugesäumter Flamme; seine Verbrennungsprodukte sind Kohlensäure und schweflige Säure. Erstere wird dadurch erkannt, dafs man eine mit Kalkwasser ausgeschwenkte Glasglocke über die Flamme hält (Fig. 646). Letztere am Geruch und an ihrer Reaktion auf Lackmus; man klebe in die Glocke einige mit Wasser befeuchtete Streifen von blauem Lackmuspapier, welche rot werden.

b) Der Schwefelwasserstoff läfst sich ebenfalls sehr leicht entzünden (Vorsicht wie beim Wasserstoff). Aus seiner Flamme entweichen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wasser und schweflige Säure. Jenes kondensiert sich in dem darüber gehaltenen kalten, trocknen Fufscylinder (Fig. 647), diese wird am Geruch und durch Lackmuspapier (wie oben) erkannt. Hält man in die Flamme des Schwefelwasserstoffs einen kalten Porzellanscherben, so überzieht sich dieser mit einem gelben Anflug von Schwefel infolge unvollkommener Verbrennung.

Fig. 646. Verbrennen von Schwefelkohlenstoff.

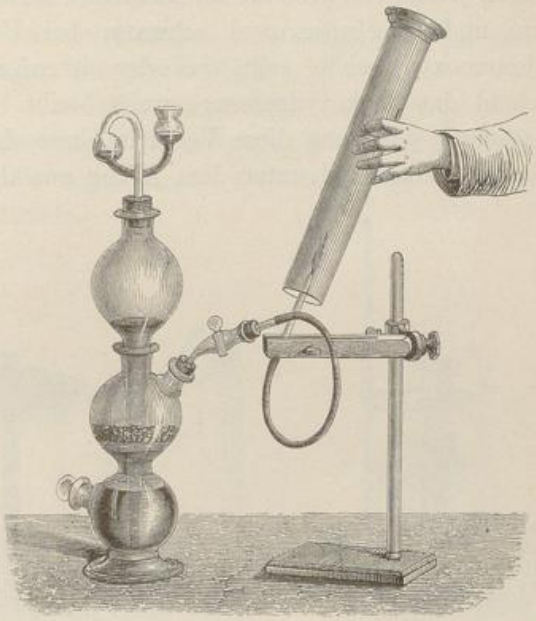


Fig. 647. Verbrennen von Schwefelwasserstoff.

§ 117. Umwandlung von Oxyden in Sulfide durch Einwirkung von Schwefel.

a) Mehrere Porzellantiegel oder böhmische Probiergläser, Bleiglätte oder Mennige, Eisenoxyd, Zinkoxyd, Kadmiumoxyd, Uranoxyd, Quecksilberoxyd, arsenige Säure, Antimonoxyd, Kupferoxyd.

b) Ein böhmisches Rohr, an dem einen Ende geschlossen, und einige Centimeter von diesem Ende entfernt unter einem Winkel von 45° umgebogen.

Die genannten Oxyde lassen sich leicht in Sulfide umwandeln, entweder indem man sie mit Schwefelpulver mischt und im Tiegel erhitzt, oder indem man Schwefeldämpfe bei Glühhitze darüber leitet.

a) Durch Erhitzen mit Schwefel. Man mischt Bleiglätte oder Mennige, Eisenoxyd (Kadmiumoxyd, Uranoxyd, bezw. Chromoxyd), arsenige Säure und antimonige Säure, jedes für sich, mit Schwefel und läfst die Farbe der Gemenge beobachten. Dann schüttet man diese in die be-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

treffenden Tiegel* und erhitzt gelinde (Fig. 648). Dafs der Schwefel (auf Kosten des Sauerstoffs der Oxyde) zu schwefliger Säure verbrennt, wird wie vorher durch Einwirkung der entweichenden Gase auf feuchtes Lackmuspapier oder, wenn man will, auch durch den Geruch erkannt. Die Umwandlung der Oxyde in Sulfide ergiebt sich aus dem Farbenwechsel, indem das Produkt bei Bleiglätte, Mennige, Eisenoxyd, antimoniger Säure und Quecksilberoxyd schwarz, bei Uranoxyd schwarzbraun, bei Kadmiumoxyd schön gelb, bei der arsenigen Säure gelbrot erscheint, während das Zinkoxydgemenge weifs bleibt. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dafs man diese Versuche, besonders den mit arseniger Säure und Quecksilberoxyd unter dem Abzug ausführen mufs.

Fig. 648. Umwandlung von Antimonoxyd in -sulfid.

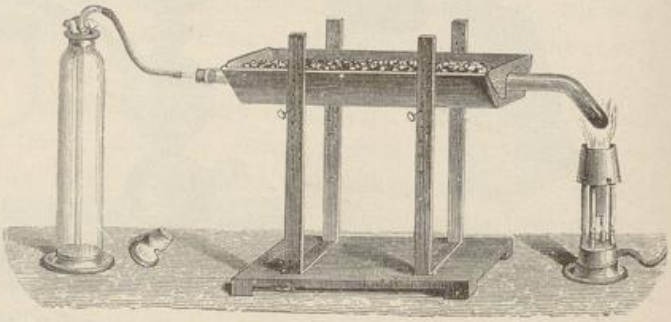


Fig. 649. Umwandlung von Kupferoxyd in -sulfid.

b) Durch Einwirkung von Schwefeldampf. Um die Einwirkung des Schwefeldampfs auf ein Oxyd zu zeigen, bringt man in das geschlossene und umgebogene Ende eines böhmischen Rohrs einige Schwefelstücke und in das Rohr selbst Kupferoxyd. Man erhitzt dann das Rohr im Kohlenofen oder durch die Röhrenheizlampe zum Glühen, bringt den Schwefel durch eine untergesetzte Lampe zum Sieden und leitet das austretende Gas in einen hohen Fufscylinder, in welchen man etwas durch Lackmus blau gefärbtes Wasser bringt (Fig. 649). Hierdurch läfst sich darthun, dafs der Schwefel, der ohne die Gegenwart von Kupferoxyd unverändert sublimieren würde, auf Kosten des im Kupferoxyd enthaltenen Sauerstoffs verbrennt.

* Diese Versuche können, da nur eine geringe Erhitzung nötig ist, auch sehr gut in schwer schmelzbaren (böhmischen) Probierröhrchen ausgeführt werden, was überdies den Vorteil gewährt, dafs man den Farbenwechsel sehr gut beobachten, auch die Entwickelung der schwefligen Säure durch Einschieben eines Streifens Lackmuspapier leicht nachweisen kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 118. Umwandlung von Oxyden in Chloride durch Einwirkung von Chlor.

Ein Chlorentwickelungsapparat. Ferner:

a) Ein langhalsiger Ballon von etwa 1 Liter Inhalt nebst Stativ, eine Krystallisationsschale. — Eine Porzellanröhre mit hineinpassender tubulierter Retorte.

b) Ein böhmisches Rohr mit Gasableitungsvorrichtung; eine pneumatische Wanne mit Fufscylinder; gebrannter Kalk.

c) Ein böhmisches Rohr mit Gaszuleitungs- und Gasableitungsrohr, ein Glühofen. Gebrannter Kalk, in erbsengrofse Stücke zerschlagen, pulverfrei. Bleioxyd, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd, Silberoxyd, mehrere böhmische Röhren.

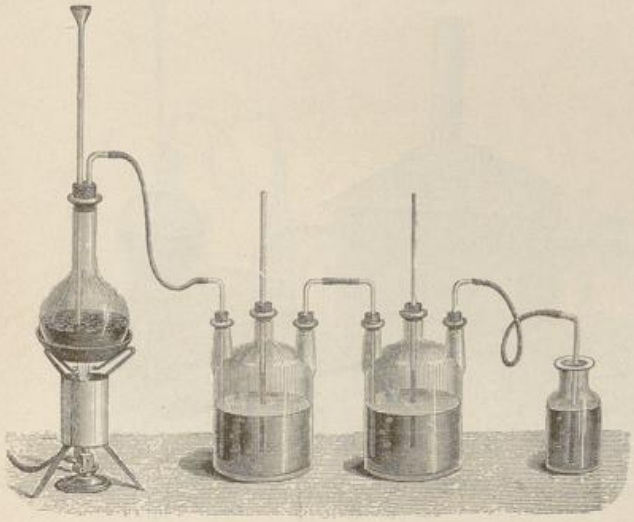


Fig. 650. Darstellung von Chlorwasser.

Fig. 651. Umwandlung von Wasser in Chlorwasserstoff.

Das Chlor vermag aus vielen Oxyden den Sauerstoff zu verdrängen, wobei letzterer fast immer in freiem Zustande auftritt.

a) Umwandlung von Wasser in Salzsäure durch Chlor. Dies läfst sich auf zweierlei Weise zeigen: entweder durch Einwirkung von Chlor auf Wasser im Sonnenlicht oder durch Einwirkung von Chlor auf Wasserdampf in der Glühhitze. Der erste Versuch ist ohne alle Schwierigkeiten auszuführen, indem man sich Chlorwasser frisch bereitet (wie in Fig. 650 dargestellt oder auf S. 426 beschrieben ist) und einen langhalsigen Ballon damit vollkommen anfüllt. Eine Krystallisationsschale füllt man zur Hälfte mit einer gesättigten Lösung von Kochsalz an, bedeckt die Öffnung des mit Chlorwasser völlig angefüllten Kolbens

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit einem kreisförmigen Stückchen Fliefspapier, so dafs man ihn umkehren kann und steckt ihn verkehrt durch den Ring eines Stativs, so dafs die Öffnung in die Salzlösung taucht. Dann setzt man den Apparat dem direkten Sonnenlichte aus (Fig. 651). Schon nach kurzer Zeit bemerkt man das Aufsteigen feiner Bläschen, welche sich oben ansammeln, während die grüne Farbe des Chlorgases allmählich verschwindet. Nachdem dies nach Verlauf mehrerer sonnenheller Tage geschehen ist, kehrt man den Ballon, indem man ihn wieder mit einem Papierscheibchen bedeckt und aus dem Ring des Stativs heraushebt, um und zeigt durch Eintauchen eines glühenden Spans, dafs das entwickelte Gas Sauerstoff ist.

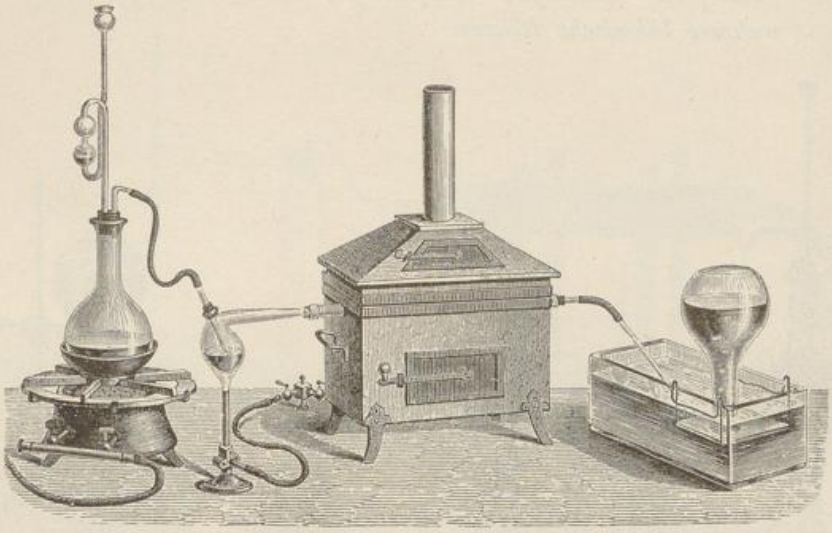


Fig. 652. Umwandlung von Wasser in Chlorwasserstoff.

b) Weniger einfach ist die Zersetzung des Wasserdampfes durch Chlor in der Glühhitze. Man bedarf hierzu eines mit Porzellanscherben gefüllten Porzellanrohrs, welches in eine tubulierte Retorte pafst. Diese wird mit Wasser gefüllt, das Porzellanrohr zum Glühen gebracht, durch den Tubulus der Retorte Chlor eingeleitet und das Wasser zum Sieden erhitzt. Das auftretende Gas fängt man in der pneumatischen Wanne in einem Kolben auf. Es erweist sich als Sauerstoff (Fig. 652). Das Wasser in der Retorte darf nur im mäfsigen Sieden erhalten werden, damit sich im Porzellanrohr nichts kondensiert. Es ist schwer, ja unmöglich, den Chlorstrom (wenn man keinen Kipp'schen Chlorentwickelungsapparat anwendet) so zu regulieren, dafs alles Chlor zur Zersetzung des Wasserdampfs in der Röhre verbraucht wird. Daher wird fast immer freies Chlor aus dem Gasableitungsrohre mit austreten. Auch kann es

vorkommen, dafs das Porzellanrohr, wenn kondensiertes Wasser hineinkommt, dem Gas keinen raschen Durchgang gestattet, wo dann das Sicherheitsrohr in Thätigkeit tritt, indem das Chlor daraus entweicht. Aus diesem Grunde mufs der Versuch unter dem Abzuge, nachdem das Rohr desselben gut angewärmt ist, ausgeführt werden. Die Salzsäure, welche durch Zersetzung des Wasserdampfs entsteht, kondensiert sich in dem Wasser der pneumatischen Wanne. Hat man dasselbe vorher blau gefärbt, so wird es bald rot oder, wenn Chlor entweicht, farblos werden.

c) Umwandlung von Kalk in Chlorcalcium durch Erhitzen in Chlorgas. Kalk wird in kleine Stücke geschlagen und in ein böhmisches Rohr gefüllt; dieses verbindet man einerseits mit einer

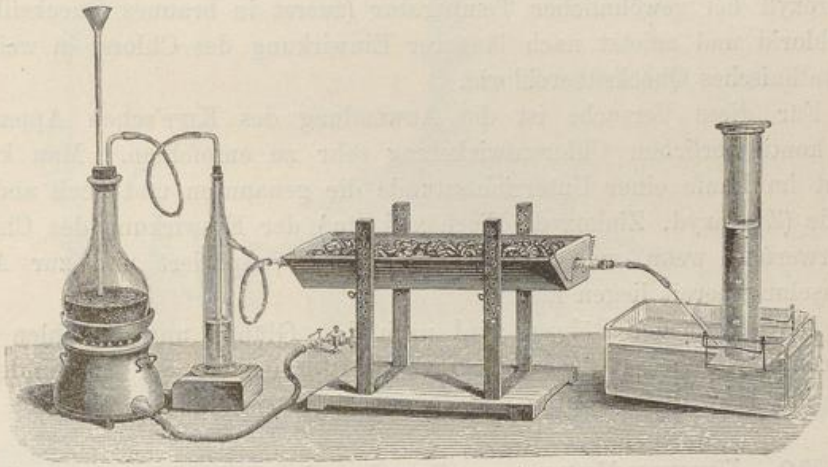


Fig. 653. Umwandlung von Kalk in Chlorcalcium.

Schwefelsäurewaschflasche und einem Chlorentwickelungsapparat, andererseits mit einem Gasableitungsrohr, welches unter einen in einer pneumatischen Wanne aufgestellten, mit Wasser gefüllten Fufscylinder geleitet werden kann. Das Rohr wird im Kohlenofen oder durch eine Röhrenheizlampe (mit Unterlegung einer Eisenrinne) erhitzt und dann der Chlorapparat in Thätigkeit gesetzt (Fig. 653). Die Substitution des Sauerstoffs durch Chlor geht unter Erglühen des Kalks sehr gut von statten. Man kann in kurzer Zeit den Fufscylinder mit Sauerstoff füllen. Der Inhalt des Rohrs schmilzt bald infolge der Umwandlung des (unschmelzbaren) Kalks in (leicht schmelzbares) Chlorcalcium, welches nach Beendigung des Versuchs in Wasser gelöst werden kann. Soll die Umwandlung vollständig geschehen, so mufs man reinen (aus Marmor gebrannten) Kalk anwenden und den Versuch nicht zu schnell abbrechen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

d) Umwandlung von Schwermetalloxyden in Chloride durch Einwirkung von Chlorgas. Man bringt Bleioxyd, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd, Silberoxyd, jedes für sich, in eine böhmische Röhre, verbindet diese mit dem Chlorentwickelungsapparat (wie unter c) und andererseits mit einer Gasableitungsvorrichtung und legt sie auf zwei Röhrenträger in eine Eisenrinne als Unterlage. Bei den zwei erstgenannten Oxyden mufs man erhitzen. Das Bleioxyd verwandelt sich unter Auftreten von freiem Sauerstoff in Chlorblei, welches schmilzt und sich zum Teil verflüchtigt. Das schwarze Kupferoxyd geht in eine grünlichbraune geschmolzene Masse über, welche sich ebenfalls zu einem geringen Teil verflüchtigt, das braune Silberoxyd wird ohne Anwendung äufserer Wärme in weifses Chlorsilber übergeführt; ebenso verwandelt sich das rote Quecksilberoxyd bei gewöhnlicher Temperatur (zuerst in braunes Quecksilberoxychlorid und zuletzt nach längerer Einwirkung des Chlors) in weifses krystallinisches Quecksilberchlorid.

Für diese Versuche ist die Anwendung des Kipp'schen Apparats zur kontinuierlichen Chlorentwickelung sehr zu empfehlen. Man kann leicht im Laufe einer Unterrichtsstunde die genannten und noch andere Oxyde (Zinnoxyd, Zinkoxyd, Eisenoxyd etc.) der Einwirkung des Chlors unterwerfen, wenn man die Röhren vorher präpariert und zur Auswechselung bereit liegen hat.

Der Inhalt der Röhren wird nach dem Glühen und Abkühlen der Röhren mit Wasser behandelt und die Löslichkeit der entstandenen Chloride, bezw. deren Farbe und Reaktion auf Lackmus gezeigt.

§ 119. Umwandlung von Oxyden in Chloride unter Mitwirkung von Kohle.

Mehrere böhmische Röhren mit Vorstofs, daran angefügter Vorlage und Gasableitungsvorrichtung (wie Fig. 654, S. 499), ein Kohlenglühofen oder ein Lampenofen, ein Chlorentwickelungsapparat nebst Trockenflasche. Aluminiumoxyd, Chromoxyd, Kieselsäure (dargestellt durch Zersetzung von Wasserglas durch Salzsäure, Auswaschen und Trocknen, s. weiter unten in dem Abschnitt über Zersetzung der Salze durch Säuren).

Manche Oxyde, welche sich durch direkte Einwirkung des Chlors schwer oder gar nicht reduzieren lassen, wie z. B. Aluminiumoxyd und Chromoxyd, Kieselsäure, erleiden diese Umwandlung leicht, wenn man sie vorher innig mit Kohle mengt; diese entzieht dem Oxyd den Sauerstoff, während das Chlor sich mit dem Metall verbindet. Um ein für diese kombinierte Einwirkung geeignetes, inniges Gemenge zu erzeugen, mischt man die Oxyde mit Stärkemehl und etwas Gummischleim (oder

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auch mit Öl) zu einem dicken Teige, formt daraus dünne Stengelchen oder erbsengroſse Kugeln, trocknet diese und glüht sie in einem bedeckten Tiegel bis zur vollständigen Verkohlung der Stärke und des Gummis (bezw. des Öls), dann werden sie in das Rohr gefüllt, dieses in den Ofen gelegt und so verbunden, wie Figur 654 zeigt. Die Chloride kondensieren sich zum Teil im Vorstoſs, zum Teil in der Vorlage. Das Abzugsrohr des ersteren darf nicht zu eng sein, damit keine Verstopfung eintritt. Das Aluminiumchlorid erhält man auf diese Weise in Form eines schwach gelb gefärbten, trockenen Pulvers, das Chromchlorid als prächtig violette Krystallschüppchen, welche den Vorstoſs und die Vorlage auskleiden, das Siliciumchlorid $SiCl_4$ (bei welchem man die Vorlage mit einer Kälte-

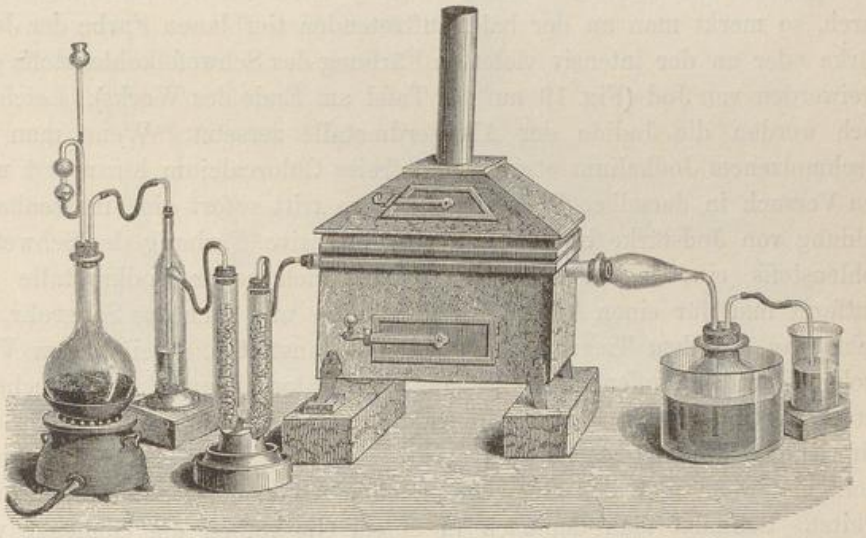


Fig. 654. Umwandlung von Aluminiumoxyd in -chlorid.

mischung umgeben muſs) als eine durch überschüssiges Chlor grünlichgelb gefärbte Flüssigkeit; um diese zu reinigen, schüttelt man sie mit Quecksilber und rektifiziert sie durch Destillation.

§ 120. Umwandlung von Chloriden (Haloiden) in Oxyde.

Im allgemeinen gehen diese Umwandlungen schwieriger als die reziproken und in manchen Fällen gar nicht von statten; doch lassen sich Substitutionen dieser Art ebenfalls bewirken, weniger leicht bei Chloriden, als bei Bromiden und Jodiden. Nach Potilitzin* gelingt es durch stundenlanges Erhitzen von Kalium- und Natriumbromid, sowie von

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 12, S. 695. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 401.

Barium- und Strontiumchlorid im Platinschiffchen in einem Strome trockenen Sauerstoffgases nur Spuren der Halogene zu verdrängen. Mit Calciumchlorid, Calcium-, Barium- und Strontiumbromid verläuft die Reaktion bedeutend leichter, indem sie schon bei 300° während weniger Minuten bemerkbar wird; ebenfalls soll Sauerstoff die Halogene aus Chlorkadmium, Chlorblei, Bromkadmium und Bromblei verdrängen.

Was die Jodide betrifft, so werden einige von ihnen nach Merz und Weith in der Hitze durch Einwirkung von Sauerstoff (Luft) unter Abscheidung von freiem Jod zersetzt.* Erhitzt man in einem Platintiegel Jodkalium oder Jodnatrium und saugt durch Einsenken eines gebogenen Rohrs, welches in eine mit dünnem Stärkekleister oder Schwefelkohlenstoff gefüllte Woulfe'sche Flasche taucht, einen raschen Luftstrom hindurch, so merkt man an der bald auftretenden tiefblauen Farbe der Jodstärke oder an der intensiv violetten Färbung des Schwefelkohlenstoffs das Freiwerden von Jod (Fig. 19 auf der Tafel am Ende des Werks). Leichter noch werden die Jodide der Alkalierdmetalle zersetzt. Wenn man zu geschmolzenem Jodkalium etwas wasserfreies Chlorcalcium hinzusetzt und den Versuch in derselben Weise ausführt, so tritt sofort eine massenhafte Bildung von Jodstärke oder eine höchst intensive Färbung des Schwefelkohlenstoffs ein, ja im Saugrohre setzen sich sogar Jodkrystalle ab. Entfernt man für einen Augenblick die Lampe und auch das Saugrohr, so sieht man aus dem Tiegel dicke Joddämpfe austreten. Bei diesem Versuche bildet sich offenbar zuerst aus dem Chlorcalcium durch Wechselzersetzung mit dem Jodkalium Jodcalcium, welches sich dann unter der Einwirkung des Sauerstoffs sehr leicht zersetzt. Diese Zersetzung tritt nicht ein, wenn man das Gemenge in einer Atmosphäre von Kohlensäure erhitzt. Schmilzt man demnach in einem Glaskolben ein Gemenge von Jodkalium und Chlorcalcium und leitet Kohlensäure ein, so erscheint der Inhalt des Kolbens farblos. Verdrängt man aber die Kohlensäure durch einen Strom von Luft oder besser Sauerstoff, so füllt sich der Kolben sofort mit intensiv gefärbtem Joddampf, welcher wieder verschwindet, wenn man den Sauerstoff rasch durch Kohlensäure verdrängt etc.

§ 121. Umwandlung der Sulfide in Chloride durch Einwirkung von Chlor.

Ein Chlorentwickelungsapparat. Ferner:

a) Ein böhmisches Rohr mit Vorstofs und Vorlage, wie in Figur 654. Schwefeleisen.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 13, S. 718. — *Chem. Centr.-Blatt* 1880, S. 354.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Ein Porzellanrohr, mit Porzellanscherben gefüllt, mit Vorstofs und Vorlage, wie in Figur 655, dazu eine tubulierte Retorte mit Schwefelkohlenstoff. Jod.

Die Umwandlung der Sulfide in Chloride geht im allgemeinen mit Leichtigkeit von statten; als Nebenprodukt tritt hierbei meist Chlorschwefel auf.

a) Einwirkung von Chlor auf Schwefeleisen. Schwefeleisen wird in einem böhmischen Rohre, welches mit Vorstofs und gekühlter Vorlage versehen ist, erhitzt und Chlor übergeleitet. Im Rohre sublimiert stromabwärts ein Teil des Schwefels als Schwefelblumen, im Vorstofs und

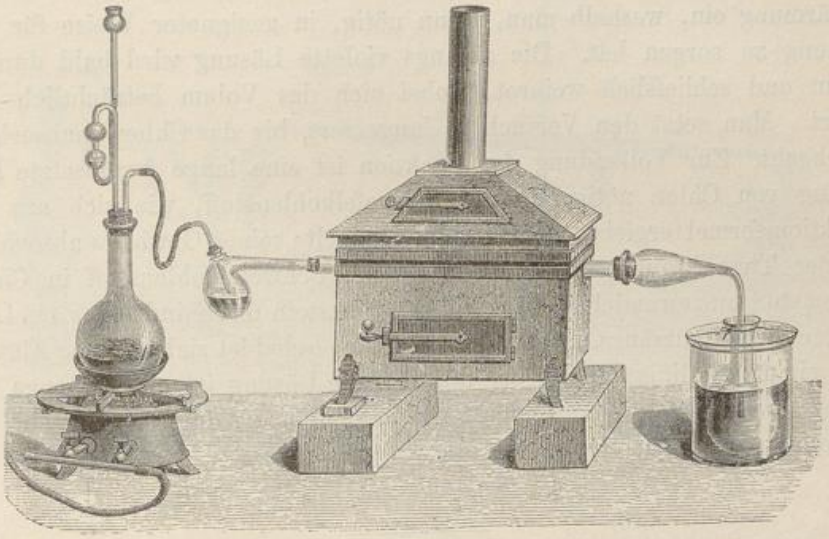


Fig. 655. Umwandlung von Schwefelkohlenstoff in Chlorkohlenstoff.

auch schon zum Teil im Rohre kondensieren sich stahlgraue Flitter von Eisenchlorid, in der Vorlage Chlorschwefel. Auch hier darf das Ausflufsrohr des Vorstofses nicht zu eng sein, damit es von dem sublimierten Eisenchlorid nicht alsbald verstopft werde. Wegen der sehr belästigenden Dämpfe des Chlorschwefels, welcher an der Luft stark raucht, ist der Versuch unter dem Abzug auszuführen, oder man mufs für eine gute Ableitung der unkondensierten Dämpfe Sorge tragen. Beim Auseinandernehmen des Apparats beachte man das, was weiter oben bei der Darstellung von Chlorzinn und Chlorantimon (S. 430, 436) gesagt wurde.

b) Darstellung von Chlorkohlenstoff aus Schwefelkohlenstoff. Man kann diesen Versuch in einem Apparate ausführen, der dem zur Einwirkung von Chlor auf Wasserdampf benutzten ähnlich ist. Er besteht aus einem mit Porzellanstücken gefüllten Porzellanrohr, welches

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit einer tubulierten, Schwefelkohlenstoff enthaltenden Retorte verbunden ist. In diese wird durch den Tubulus ein Chlorstrom eingeleitet und der aus dem Vorstofs austretende Dampf in einer gekühlten Vorlage kondensiert (Fig. 655). Man bringt das Rohr zuerst zum Glühen und setzt dann die Chlorentwickelung in Gang. Es bilden sich hierbei Chlorkohlenstoff und Chlorschwefel. Die Ausführung dieses Versuchs in der Klasse kann nicht empfohlen werden.

Leichter, wenn auch weniger einfach und verständlich, geht die Einwirkung von statten, wenn man in dem Schwefelkohlenstoff etwas Jod löst. Hier bedarf es keiner Erhitzung, sondern das Chlor wird einfach in die in einem Kolben enthaltene Lösung eingeleitet. Es tritt Erwärmung ein, weshalb man, wenn nötig, in geeigneter Weise für Abkühlung zu sorgen hat. Die anfangs violette Lösung wird bald dunkelbraun und schliefslich weinrot, wobei sich das Volum beträchtlich vermehrt. Man setzt den Versuch so lange fort, bis das Chlor unabsorbiert durchgeht. Zur Vollendung der Reaktion ist eine lange fortgesetzte Einleitung von Chlor nötig, da der Schwefelkohlenstoff, wie sich aus der Reaktionsformel ergiebt, mehr als das Doppelte seines Gewichts absorbiert. In der That braucht man, um 100 ccm Schwefelkohlenstoff in Chlorkohlenstoff umzuwandeln, 580 g reinen Braunstein und mindestens $1^1/_4$ Liter konzentrierte Salzsäure. Nach dem Erkalten scheidet sich aus der Flüssigkeit ein krystallinischer Körper ab, und die Lösung ist ein Gemenge von Chlorschwefel und Chlorkohlenstoff, welche man durch Schütteln mit Wasser voneinander trennt.

II. Durch Einwirkung von Wasser, Chlorwasserstoff, bezw. Schwefelwasserstoff.

§ 122. Umwandlung von Chloriden in Oxyde durch Wasser.

Mischt man Schwefelchlorid SCl_2 (dargestellt durch Einwirkung von Chlor auf Schwefel), bezw. Siliciumchlorid SCl_4 (durch Einwirkung von Chlor auf ein Gemenge von Kieselsäure mit Kohle) mit Wasser, so tritt Zersetzung ein; das Schwefelchlorid giebt schweflige Säure und das Siliciumchlorid (mit wenig Wasser) gallertartige Kieselsäure; in beiden Fällen entsteht aufserdem Salzsäure, welche bei Anwendung von wenig Wasser Nebel bildet, bei viel Wasser dagegen in diesem gelöst bleibt. Die Zersetzung der genannten Chloride tritt auch schon an feuchter Luft ein, weshalb dieselben an der Luft rauchen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 123. Umwandlung von Oxyden in Chloride durch Chlorwasserstoff.

Mehrere böhmische Röhren mit Porzellanschiffchen und Gasableitungsrohr, ein Apparat zur Entwickelung von Chlorwasserstoffgas, eine Schwefelsäurewaschflasche und ein Chlorcalciumrohr, eine etwas Kalilauge enthaltende grofse Flasche als Vorlage zur Absorption unzersetzter Salzsäure, ein Retortenhalter oder zwei Röhrenträger. Wasserfreier Baryt, trockenes Kupferoxyd, Eisenoxyd, Quecksilberoxyd, Silberoxyd, Zinkoxyd, Kobaltoxyd.

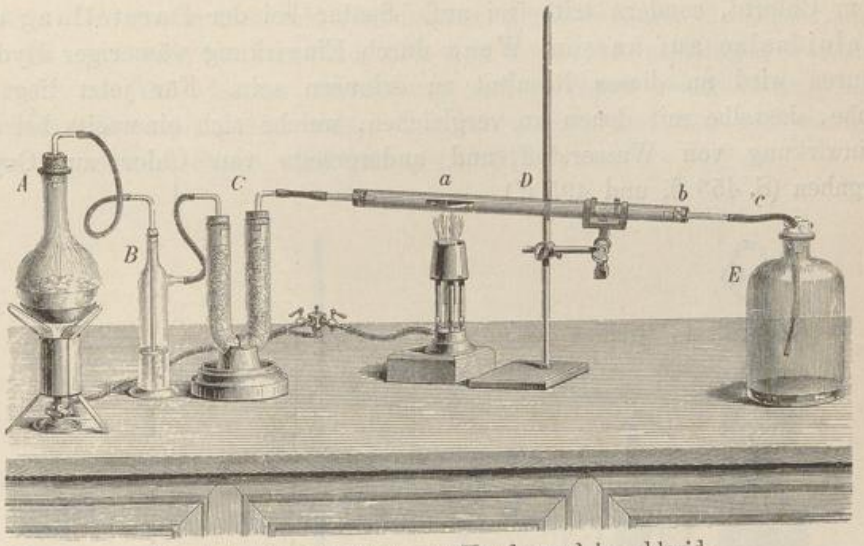


Fig. 656. Umwandlung von Kupferoxyd in -chlorid.

Die Oxyde werden entweder in Porzellanschiffchen gethan und mehrere hintereinander in eine lange Röhre gebracht, oder besser jedes einzeln in eine kürzere Röhre gefüllt, die man während des Versuchs in der früher (S. 491) beschriebenen Weise auswechselt. Die Einwirkung geht bei den meisten Oxyden mit Leichtigkeit von statten (Fig. 656). Quecksilberoxyd und Silberoxyd setzen sich schon bei gewöhnlicher Temperatur um, wobei Wärmeentwickelung erfolgt, jenes giebt (wie bei der Einwirkung von Chlor) zuerst braunes Oxychlorid und nachher weifses krystallinisches Chlorid. Die übrigen Oxyde werden schwach erhitzt. Einige schmelzen hierbei, z. B. Kupferchlorid, Zinkchlorid, Kobaltchlorid etc. und verflüchtigen sich zum Teil; wasserfreier Baryt (durch Glühen von Bariumnitrat erhalten) gerät, nachdem er im Rohre erhitzt war, durch die Einwirkung des Chlorwasserstoffs in heftiges Glühen. Nach dem Abkühlen werden die Chloride mit Wasser angerührt, worin sie sich lösen, mit Ausnahme von Silberchlorid.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Diese Versuche sind in didaktischer Beziehung bedeutungsvoll: sie bieten den ersten Fall einer glatten Wechselzersetzung zweier binärer Verbindungen, deren Verlauf sich aus der Beobachtung fast unmittelbar ergiebt: trockenes Salzsäuregas tritt ein, die Röhre und das Oxyd sind gleichfalls völlig trocken; stromabwärts bedeckt sich die Röhre mit einem reichlichen Beschlage von Wasser, und das unlösliche Oxyd geht in lösliches, an seiner Farbe zu erkennendes Chlorid über. Das Wasser kann also nur durch beiderseitige Zersetzung der aufeinander einwirkenden Körper entstanden sein; es bleibt nicht in Verbindung mit dem Chlorid, sondern tritt frei auf. Später bei der Darstellung der Haloidsalze auf nassem Wege durch Einwirkung wässeriger Hydrosäuren wird an dieses Resultat zu erinnern sein. Für jetzt liegt es nahe, dasselbe mit denen zu vergleichen, welche sich einerseits bei der Einwirkung von Wasserstoff und andererseits von Chlor auf Oxyde ergaben (S. 453 ff. und 495 ff.).

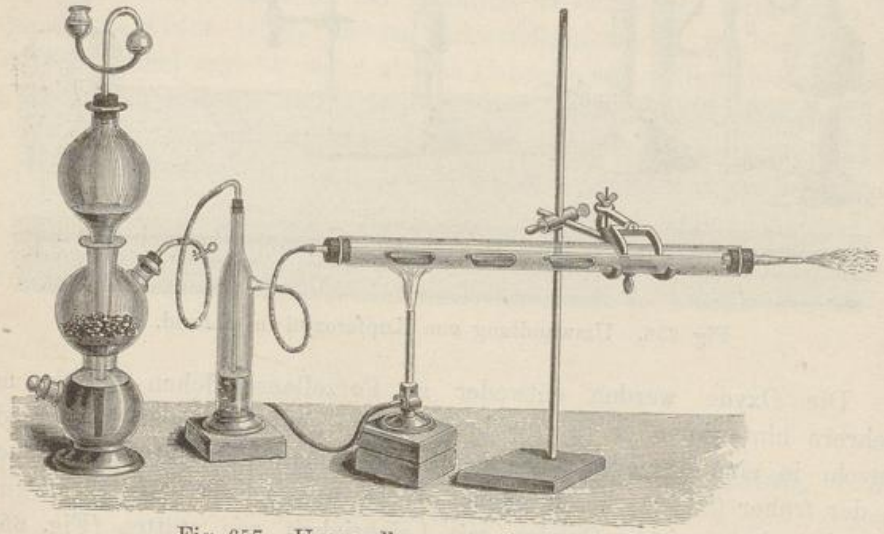


Fig. 657. Umwandlung von Oxyden in Sulfide.

§ 124. Umwandlung von Oxyden in Sulfide durch Schwefelwasserstoff.

Eine böhmische Röhre mit vier Porzellanschiffchen, einerseits mit einer Gasausströmungsröhre, andererseits durch eine Trockenflasche mit einem Schwefelwasserstoffapparate verbunden. Zinkoxyd, Quecksilberoxyd, Bleioxyd, arsenige Säure.

Die trockenen Oxyde werden in Porzellanschiffchen gebracht und diese hintereinander in eine böhmische Röhre geschoben. Statt dessen kann man sie auch ohne Schiffchen unmittelbar in die Röhre bringen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man legt eine zum Einfüllen bestimmte Blechrinne auf einen Bogen Glanzpapier, schüttelt in dieselbe die Oxyde so ein, dafs keins das andere unmittelbar berührt, und jedes etwa 4—5 cm Raum einnimmt; dann schiebt man die Blechrinne in die Glasröhre, kehrt sie darin um, so dafs die Oxyde unten auf der Glasröhre zu liegen kommen, und zieht die Blechrinne wieder heraus. Letztere mufs lang genug sein, um weit genug in das Glasrohr hineingeschoben werden zu können. Der Verlauf des Versuchs ist dem des vorigen ganz analog. Stromaufwärts an der Seite, wo der Schwefelwasserstoff eintritt, bleibt die Röhre trocken, stromabwärts bedeckt sie sich mit einem wässerigen Beschlage, die Einwirkung aber ist eine viel raschere und läfst sich wegen des auffälligen Farbenwechsels der drei letzten Oxyde mit viel gröfserer Deutlichkeit wahrnehmen. Zinkoxyd bleibt weifs; Quecksilberoxyd und Bleioxyd werden schwarz, arsenige Säure wird gelb (Fig. 657).

SIEBENTES KAPITEL.

Stöchiometrie.

Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts der Gase. Verhalten derselben bei Veränderung von Druck und Temperatur.

Bei den stöchiometrischen Rechnungen, die meinem Lehrgange entsprechend nach Feststellung der Begriffe Atom und Molekül, Atomgewicht und Molekulargewicht, Atomvolum und Molekularvolum beginnen und von da ab den Unterricht in steter Folge begleiten, ist ein genaues Verständnis der Lehre von den Gewichts- und Volumverhältnissen der Gase und deren Beziehung zu den Molekularformeln von Wichtigkeit. In meinem *Grundrifs* habe ich deshalb dieser Lehre einen besonderen Abschnitt gewidmet, welcher daselbst den dritten Paragraphen des dritten Kapitels im zweiten Abschnitt bildet und in einem kurzen Abrifs der Stöchiometrie seine Ergänzung findet. Zum vollen Verständnis dieser Lehre ist es sehr erwünscht, die wichtigsten Konstanten, auf welche sie sich stützt, nämlich das absolute Gewicht von einem Liter Wasserstoff, auf experimentellem Wege zu bestimmen und hierzu zugleich noch einige weitere Experimente über das absolute und spezifische Gewicht anderer Gase anzuschliefsen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Nach einem Vorschlage von F. C. G. Müller* läfst sich das absolute Gewicht der Luft ohne Anwendung einer Luftpumpe dadurch finden, dafs man den Hals eines Kolbens von bekanntem Inhalte zu einer Spitze auszieht, den Kolben teilweise mit Wasser füllt, das Wasser darin zum Sieden bringt und nach völliger Austreibung der Luft die Spitze zu-

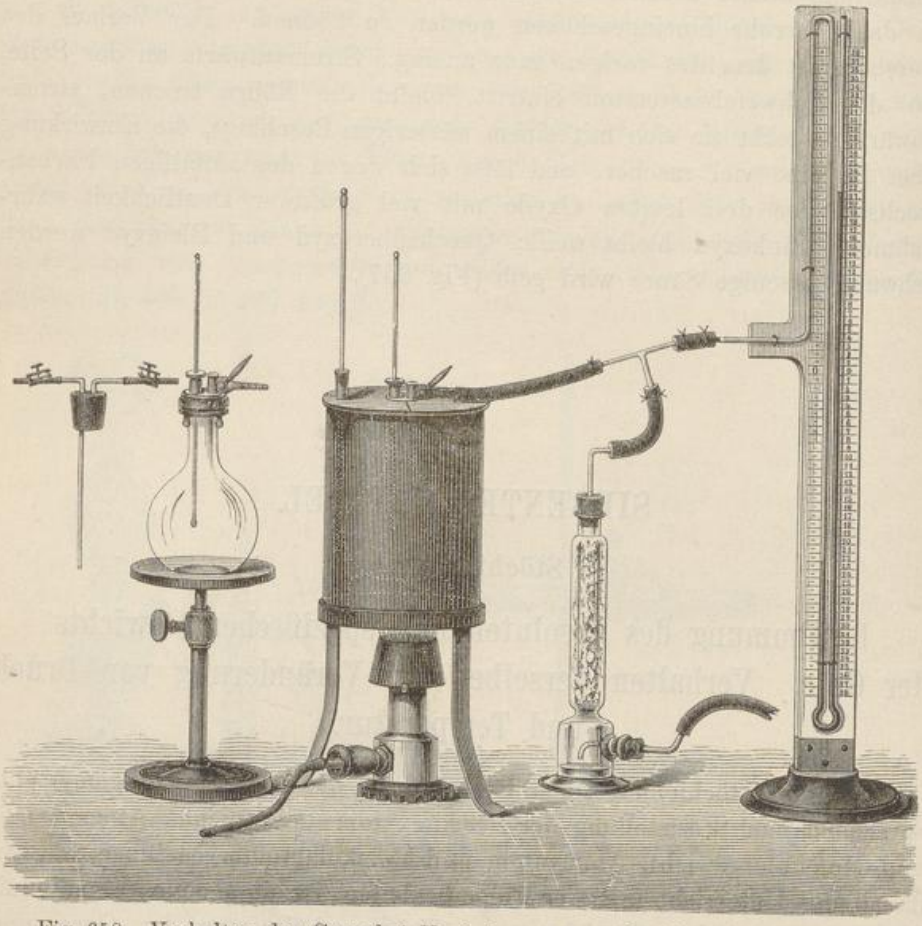


Fig. 658. Verhalten der Gase bei Veränderung von Druck und Temperatur.

schmilzt. Eine erste Wägung ergiebt nun das Gewicht des luftfreien und eine zweite Wägung nach Abbrechen der Spitze das des lufterfüllten Kolbens, woraus man dann durch Rechnung mit Berücksichtigung der Tension des Wasserdampfs das Gewicht der Luft findet. Will man sich von der Tension des Wasserdampfs unabhängig machen, so soll man in

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 9, S. 1626. — *Chem. Centr.-Blatt* 1877, S. 1.

dem Kolben anstatt Wasser verdünnte Schwefelsäure so lange kochen, bis die Säure konzentriert ist und reichliche Mengen Schwefelsäuredämpfe aus der Spitze entweichen. Man erhält auf diese Weise nach dem Abkühlen ein vollständiges Vakuum. Auch die nach dem Abbrechen der Spitze eintretende Luft wird alsbald ihres Wasserdampfs beraubt, so dafs man unmittelbar das Gewicht der trockenen Luft erhält.

Da aber das Zuschmelzen grofse Ruhe, Sicherheit und Ubung verlangt und namentlich bei der Anwendung von Schwefelsäure mit mancherlei Unbequemlicheiten verknüpft ist, da ferner der Kolben zu jedem Versuch neu hergestellt werden mufs, benutze ich zu dieser Bestimmung einen starkwandigen Kolben von etwa 1 Liter Inhalt, dessen Hals mit einer Messingfassung versehen ist, auf die mittels Gummiring eine eben geschliffene Messingplatte dicht aufgeschraubt werden kann (Fig. 658). Durch diese Platte geht luftdicht (in kleiner Stoffbüchse) ein Thermometer (mindestens bis 200° geteilt) und ein aufsen rechtwinklig umgebogenes* Messingrohr mit sorgfältig gearbeitetem und dicht schliefsendem Hahn, dessen Rücken genau mit der unteren Fläche der Messingplatte abschneidet, so dafs kein schädlicher Raum bleibt. Um den Kolben zu den unten zu beschreibenden Versuchen zu benutzen, mufs sein Rauminhalt (K) und sein Gewicht im leeren Zustande (G) ein für allemal bestimmt und vermerkt werden, wobei ich folgendermafsen verfahre:

Die Schraubzwinge wird gelöst, der Deckel abgenommen und das Thermometer nach Losschrauben des Stopfbüchsendeckels herausgezogen. Dann füllt man den Kolben bis zum Rande mit destilliertem Wasser, setzt den Deckel ohne Thermometer auf, schraubt ihn fest und stellt den Kolben mit geöffnetem Hahn in Wasser, so dafs letzteres bis fast zur Messingfassung reicht. Hierauf kühlt man das Wasser durch Einwerfen von Eisstücken auf 4° ab und erhält diese Temperatur längere Zeit, damit das Wasser im Kolben die gleiche Temperatur annehme. Währenddessen spritzt man mittels der Spritzflasche, deren Rohr man in die Öffnung der Stopfbüchse steckt, destilliertes Wasser nach, um alle Luft zu vertreiben, schiebt das Thermometer so tief ein, bis das Quecksilbergefäfs desselben in den Bauch des Kolbens hineinreicht, schraubt die Stopfbüchse zu, verschliefst den Hahn, nimmt mittels mehrerer zusammengedrehter Stücke Filtrierpapier alles Wasser aus dem Hahnrohr, trocknet dasselbe äufserlich sorgfältig ab, nimmt den Kolben aus dem Wasser, entfernt alle anhaftende Feuchtigkeit und bestimmt sein Gewicht auf der Wage (K_2). Nachdem dies geschehen ist, schraubt man den Deckel auf,

* Das Rohr ist umgebogen, damit man den Apparat auch zu den weiter unten beschriebenen Versuchen bequem mit einem Manometer verbinden kann.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

trocknet das Metall und das Thermometer gut ab, entfernt mittels Fliefspapier auch das Wasser, welches in dem inneren Teile der Durchbohrung des Hahnrohrs noch enthalten ist, entleert den Kolben, spült ihn zuerst mit Alkohol und dann mit Äther aus, leitet längere Zeit einen Strom trockener Luft hindurch, setzt den Deckel mit Kautschukring wieder auf und wägt abermals unter gleichzeitiger Beobachtung des Barometerstandes und der Temperatur der eingeschlossenen Luft (K_1). Die Differenz $K_2 - K$ würde gleich dem Gewichte des Wassers in Grammen und somit auch gleich dem Inhalt des Kolbens in Kubikcentimetern sein, wenn man das Gewicht der in K_1 mitgewogenen Luft vernachlässigt, was man ganz gut thun kann, da die Differenz bei der angenommenen Gröfse des Kolbens (mehr als 1 l) nur etwa 1 p. m. beträgt. Will man aber den Inhalt K, da man ihn allen folgenden Rechnungen zu Grunde legt, mit gröfserer Genauigkeit bestimmen, so mufs man das Gewicht der Luft in Rechnung bringen, indem man dasselbe nach dem ungefähren Inhalte $K_2 - K_1$ berechnet und zu dieser Differenz addiert. Denn

$$\begin{array}{rl} \text{Gewicht des Kolbens} + \text{Wasser} & = K_2 \\ \text{„ „ „} + \text{Luft} & = K_1 \\ \hline \text{Gewicht des Wassers} - \text{Luft} & = K_2 - K_1 \end{array}$$

also Gewicht des Wassers $= K_2 - K_1 +$ Luft. Das Gewicht der Luft erhält man mit hinreichender Genauigkeit, wenn man den (annähernd richtigen) Kolbeninhalt in Litern $\frac{K_2 - K_1}{1000}$ mit 1,2932 (dem Gewicht von 1 l Luft bei 0° und 760 mm) multipliziert und auf Beobachtungsdruck p und Beobachtungstemperatur t nach der Formel:

$$\frac{(K_2 - K_1) \,.\, 1{,}2932 \,.\, p}{1000 \,.\, (1 + \alpha t)\, 760}$$

reduziert. Dieser Wert, zu $K_2 - K_1$ addiert, giebt dann das wahre Gewicht des Wassers in Grammen, also auch den wahren Inhalt des Kolbens K in Kubikcentimetern. Also ist

$$K = K_2 - K_1 + \frac{(K_2 - K_1 + h) \,.\, 1{,}2932}{1000\,(1 + \alpha t)\, 760}.$$

Das Gewicht des leeren Kolbens (G) erhält man mit hinreichender Genauigkeit aus der Formel:

$$G + K - \frac{(K_2 - K_1) \,.\, 1{,}2932 \,.\, p}{1000 \,.\, (1 + \alpha t)\, 760}.$$

§ 125. Bestimmung des absoluten Gewichts der Luft.

Ein Kolben mit Luftbad, wie oben beschrieben, eine Vorlesungswage.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man füllt den trockenen Kolben mit durch Wasserdampf bei der Versuchstemperatur gesättigter Luft, indem man einige Zeitlang einen Luftstrom hindurch leitet, der zuvor eine Waschflasche mit Wasser passiert hat; dann schraubt man den Deckel auf und bestimmt das Gewicht des Kolbens plus feuchter Luft durch eine erste Wägung (A). Hierauf gießt man etwa 200 ccm destilliertes Wasser in den Kolben, schraubt den Deckel auf und erhitzt bei geöffnetem Hahne das Wasser im Luftbade zum Sieden, was man etwa 5 Minuten lang fortsetzt. Dann verlöscht man die Lampe, verschließt in demselben Augenblicke den Hahn und läßt, anfangs im Luftbade, später außerhalb desselben, erkalten, bis das Gefäß die Temperatur der umgebenden Luft angenommen hat. Durch eine zweite Wägung (B) findet man das Gewicht des Kolbens plus dem des noch darin vorhandenen Wassers und des Wasserdampfs. Endlich öffnet man den Hahn, läßt Luft einströmen und wägt zum dritten Male (C), während man gleichzeitig den Barometerstand abliest. Mit Hilfe dieser drei Daten läßt sich nun das Gewicht von einem Liter trockener Luft wie folgt berechnen.

Die Differenz der dritten und zweiten Wägung ($C-B$) ergiebt das Gewicht der eingedrungenen Luft. Das Volum derselben in Kubikcentimetern (V) wird gefunden, indem man das Volum des Wassers (W) in Kubikcentimetern von dem ein für allemal bestimmten Kubikinhalt (K) subtrahiert, also:

$$V = K - W.$$

W aber ergiebt sich (in Kubikcentimetern) aus der Differenz der dritten und ersten Wägung, also $W = C - A$, demnach ist:

$$V = K - (C - A) = K + A - C.$$

Dieses Volum V ist nun auf Normaldruck und Normaltemperatur (V_0) zu reduzieren, wobei man von dem um die Tension des Wasserdampfs (w) bei der Versuchtemperatur (t) verminderten Barometerstand (p) ausgeht.

Die Reduktionsformel:

$$V_0 = \frac{V(p-w)}{(1+\alpha t)\,760} \text{ wird demnach } \frac{(K+A-C)(p-w)}{(1+\alpha t)\,760},$$

und dies Normalvolum (in Kubikcentimetern) wiegt, wie der Versuch ergeben hat, $C-B$ g. Demnach wiegt 1 l trockener Luft bei 0° und 760 mm

$$\frac{1000\,(C-B)(1+\alpha t)\,760}{(K+A-C)\,(p-w)}\text{ g}.$$

Der Versuch läßt sich sehr bequem in einer Stunde ausführen, da das Sieden kaum länger als 5 Minuten fortgesetzt zu werden braucht, und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eine Abkühlungszeit von 30 Minuten vollkommen ausreichend ist; während dieser Zeit läfst sich nebenbei das für den physikalischen Unterricht interessante Phänomen des Siedens bei vermindertem Druck innerhalb 100° sehr gut beobachten, da, wenn der Stöpsel- und Hahnverschluſs des Kolbens sicher ist, das Wasser in demselben länger als ¼ Stunde nachsiedet.

§ 126. Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts des Wasserstoffs und anderer Gase.

Derselbe Kolben wie zum vorigen Versuche, statt des Hahnverschlusses mit einer Gaseinleitungsvorrichtung versehen. Trockenapparate, eine Vorlesungswage.

Für diese Versuche hat der Kolben statt des Hahnverschlusses einen doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel, durch dessen eine Bohrung eine bis zum Boden reichende Gaszuleitungsröhre geführt ist, während in der anderen ein kurzes Gasableitungsrohr, welches dicht unter dem Kork endigt, steckt; beide sind oben rechtwinklig umgebogen und mit kurzen Kautschukschläuchen und Schraubenquetschhähnen versehen (Fig. 658). Auf dem Halse des Kolbens ist eine Marke eingeritzt, bis zu welcher der Kautschukstöpsel einzusetzen ist. Der Inhalt des Kolbens in Kubikcentimetern (K_1) muſs ein für allemal durch Auswägen mit Wasser bestimmt werden.

Da die Kautschukschläuche mit den Quetschhähnen stets mitgewogen werden, so verfährt man beim Auswägen folgendermaſsen. Zuerst bestimmt man das Gewicht des Kolbens nebst Zubehör (A_1) mit trockener Luft von t^0 gefüllt, gieſst dann Wasser bis fast zur Marke ein, senkt die Zuleitungsröhren bei geöffneten Quetschhähnen ein und beobachtet, wie weit dadurch das Wasser im Halse steigt. Geht es erheblich über die Marke, so ist mit einer Pipette etwas herauszuheben. Man muſs das Wasserquantum so bemessen, daſs, nachdem der Stöpsel bis zur Marke eingesetzt ist, die äuſseren umgebogenen Enden der Glasröhren sich bis zu den Quetschhähnen noch mit Wasser füllen. Dann verschlieſst man die Hähne, nimmt etwa ausgetretenes Wasser mit Fliefspapier sorgfältig weg und wägt zum zweiten Male (A_2). Die Gewichtsdifferenz $A_2 - A_1 = V$ in Grammen ergiebt den Inhalt des Kolbens in Kubikcentimetern.*

Es muſs nun das absolute Gewicht des leeren Kolbens A nebst Zubehör ein für allemal berechnet werden, was dadurch geschieht, daſs man das Gewicht von V ccm Luft bei t^0 und p mm (Beobachtungstemperatur

* Genauer, wenn man das Gewicht der in A_1 mitgewogenen Luft in Anrechnung bringt (s. oben S. 507).

und -druck) von A_1 abzieht. Das Gewicht L dieses Luftvolums berechnet sich aus dem Gewicht von 1 l trockener Luft bei 0° und 760 mm (1,2932 g) nach der Gleichung:

$$L = \frac{V \,.\, 1{,}2932 \,.\, p}{1000(1 + \alpha t)760} \text{ g};$$

folglich ist:

$$A = A_1 - L = A_1 - \frac{V \,.\, 1{,}2932 \,.\, p}{1000(1 + \alpha t)760}.$$

Nachdem in solcher Weise die beiden Werte von L und A ein für allemal bestimmt sind, schreitet man zur Ausführung der Versuche.

a) Bestimmung des absoluten Gewichts von 1 l Wasserstoff. Der völlig trockene Kolben (mit Kautschukschläuchen und Quetschhähnen) wird mit dem Gummistöpsel bis zur Marke verschlossen, das Gaseinleitungsrohr unter Einschaltung eines Chlorcalciumturmes und einer Schwefelsäurewaschflasche mit einem Wasserstoffentwickelungsapparate verbunden und bei geöffneten Quetschhähnen so lange reiner und trockener Wasserstoff hindurchgeleitet, bis man annehmen zu können meint, dafs alle Luft verdrängt ist; dann schliefst man sogleich die Quetschhähne und wägt den Kolben. Von dem hierdurch erhaltenen Gewichte A_h zieht man A ab und erhält hierdurch

$$H = A_h - A$$

als das Gewicht von V ccm Wasserstoff bei der Beobachtungstemperatur t und dem Beobachtungsdruck p. Hieraus berechnet sich nach der Formel:

$$\frac{1000\, H(1 + \alpha t)\, 760}{Vp}$$

das Gewicht von H_1 von 1 l trockenem Wasserstoff bei 0° und 760 mm.

Hierdurch ist auch ohne weiteres das spezifische Gewicht s_h des Wasserstoffs gefunden,

$$s_h = \frac{H_1}{1{,}2932}.$$

Weichen Beobachtungsdruck und -temperatur p_1 und t_1 nicht sehr von p und t, bei denen die Werte A und L bestimmt wurden, ab, so kann man sich die Reduktion auf 0° und 760 mm ersparen, um so mehr, da die Zahlen wegen der mangelhaftem Genauigkeit beim Wägen doch nur annähernd richtige Resultate geben können; man erhält dann das spezifische Gewicht des Wasserstoffs durch Division von H durch L:

$$s_h = \frac{H}{L}$$

und das absolute Gewicht von 1 l Wasserstoff = 1,2932 . s.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts anderer Gase. Die Ausführung der Versuche und Berechnung der Resultate ist ganz dieselbe, nur hat man für geeignete Trockenvorrichtungen zu sorgen und darauf zu sehen, dafs Gase, welche durch Erwärmen entwickelt werden, gehörig abgekühlt in den Ballon eintreten.

Es kann sehr gut eine Reihe von Versuchen hintereinander ausgeführt werden, wenn die Gasentwickelungsapparate im Gange sind. Den

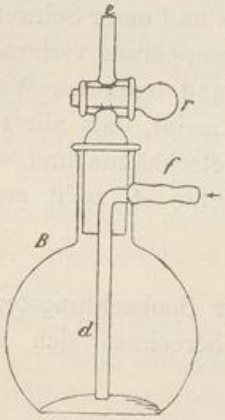


Fig. 659.

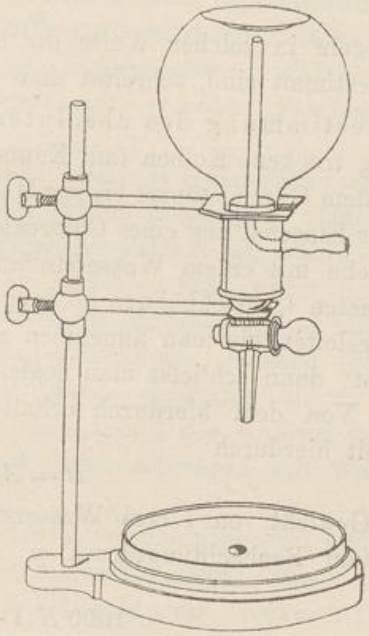


Fig. 660.

Kolben zur Bestimmung des spezifischen Gewichts der Gase.

Wasserstoff verdrängt man durch Stickstoff, welcher vorher durch Überleiten getrockneter, von der Kohlensäure befreiter Luft über glühende Kupferspäne (Fig. 473, S. 330) dargestellt und in dem Gasometer aufgefangen war, den Stickstoff durch Kohlenoxyd (Darstellung nach S. 490), das Kohlenoxyd durch Sauerstoff, den Sauerstoff durch Kohlensäure, die Kohlensäure durch Chlor etc.

Zu diesen Versuchen kann man sich statt des oben beschriebenen Kolbens mit Vorteil eines solchen mit eingeschliffenem Glasstöpsel (Fig. 659 u. 660) bedienen, wie ihn Chancel empfiehlt.

Der Glasstöpsel ist hohl und endigt in eine mit dem Hahne r zu verschliefsende Röhre e; an den Hals des Kolbens ist seitlich die Röhre f angeschmolzen, welche bei richtiger Stellung des Stöpsels mit der gebogenen Glasröhre d kommuniziert. Der Inhalt des Kolbens wird ein

für allemal bestimmt, indem man denselben mit destilliertem Wasser von bestimmter Temperatur füllt und wägt. Nach dem Ausgiefsen des Wassers und Austrocknen des Kolbens wird dieser mit trockener Luft gefüllt, deren Druck und Temperatur man bestimmt, wobei man sich der oben gegebenen Formeln bedient. In dieser Weise läfst sich leicht der Inhalt, sowie auch das Gewicht des leeren Kolbens berechnen. Soll nun das spezifische Gewicht irgend eines Gases bestimmt werden, so leitet man dasselbe nach

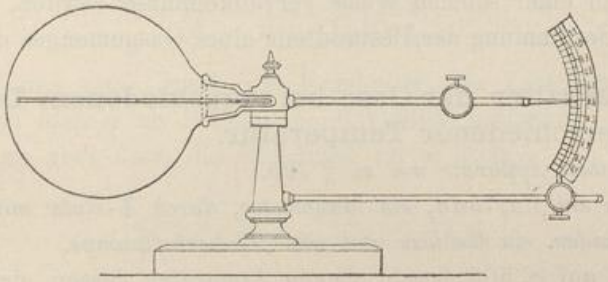


Fig. 661. Gaswage nach Lux.

dem Trocknen durch f ein, bis alle Luft vertrieben ist etc. Für Gase, die schwerer als Luft sind, steht der Kolben aufrecht (Fig. 659); für die leichteren Gase wird er verkehrt gestellt (Fig. 660).

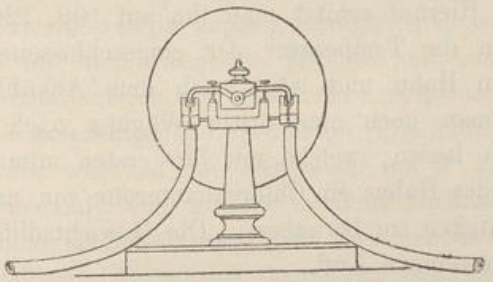


Fig. 662. Gaswage nach Lux.

c) Bestimmung des spezifischen Gewichts von Gasen mittels der Gaswage von Friedrich Lux* (Fig. 661 u. 662).

Ein auf einem Hebelarm sitzendes kugelförmiges Gasaufnahmegefäfs von Glas dient als Wagschale und wird durch ein Gegengewicht im Gleichgewicht erhalten. Das zu wägende Gas kann mittels eines Kautschukschlauchs durch die Drehungsachse des Hebels eingeleitet und durch einen

* *Zeitschrift für analytische Chemie*, Bd. 26, S. 38. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 134.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zweiten Kanal wieder abgeleitet werden, so dafs sich ein kontinuierlicher Gasstrom innerhalb der Kugel befindet. Der andere Hebelarm endigt in einem Zeiger, der auf einer Skala spielt. Diese wird mittels zweier Fixpunkte hergestellt, von denen der eine, der sich ergiebt, wenn das Gefäfs mit Luft gefüllt ist, mit 1, der andere bei Wasserstoffüllung des Gefäfses mit 0,07 bezeichnet wird. Der Zeiger giebt dann sogleich das spezifische Gewicht an.

Dieses Instrument (Deutsches Reichspatent) ist von dem Erfinder in neuerer Zeit in einer solchen Weise vervollkommnet worden, dafs es auch zur direkten Bestimmung der Bestandteile eines Gasgemenges dienen kann.*

§ 127. Verhalten der Gase bei verschiedenem Drucke und verschiedener Temperatur.

a) Dieselben Apparate wie zu § 125.

b) Dazu ein Luftbad, ein Manometer, durch T*-Rohr mit dem Kolben verbunden, ein Gebläse und eine Wasserluftpumpe.*

Mit den auf S. 506 beschriebenen Apparaten lassen sich auch sehr gut die Veränderungen verfolgen, welche die Gase erleiden, wenn sie verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnissen ausgesetzt werden.

a) Bestimmung der Ausdehnung der Gase durch die Wärme. Man benutzt hierzu den Kolben mit Hahnverschlufs und Thermometer, dessen absolutes Gewicht A und Rauminhalt K ein für allemal bestimmt worden ist. Man füllt ihn mit trockener Luft und wägt unter Beobachtung der Temperatur. Hierauf erhitzt man ihn auf 100, 120, 150° etc., verschliefst, nachdem die Temperatur der eingeschlossenen Luft stationär geworden ist, den Hahn und wägt nach dem Abkühlen wieder. Zur Kontrolle kann man noch eine dritte Wägung nach Wiedereröffnung des Hahns folgen lassen, welche mit der ersten stimmen mufs. (Man lege vor Öffnung des Hahns ein Chlorcalciumrohr vor, um die eintretende Luft ihrer Feuchtigkeit zu berauben.) Die Gewichtsdifferenz ergiebt das Gewicht der ausgetretenen Luft.

Sei A_1 das Gewicht des Kolbens mit Luft bei $t_1{}^0$, A_2 das Gewicht des Kolbens mit Luft bei $t_2{}^0$, so ist:

$L_1 = A_1 - A$ das Gewicht der Luft bei $t_1{}^0$,

$L_2 = A_2 - A$ das Gewicht des bei $t_2{}^0$ noch verbliebenen Restes.

Beide Zahlen müssen sich nun aber offenbar umgekehrt verhalten, wie die Volume, die die Luftmenge L_1 bei t_1 und t_2 einnimmt. Nennen wir diese Volume entsprechend V_1 (= dem Kolbeninhalt $V = 1296{,}83$ ccm) und V_2, so haben wir:

$$L_1 : L_2 = V_2 : V_1,$$

* *Deutsches Reichspatent.* — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 392.

also:

$$V_2 = \frac{L_1 V_1}{L_2} = \frac{(A_1 - A)\, V_1}{A_2 - A}.$$

Nach der GAY-LUSSAC'schen Formel ist:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1},$$

folglich ist:

$$\frac{A_1 - A}{A_2 - A} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}.$$

Dieser Gleichung mufs durch die Ergebnisse des Versuchs Genüge geschehen, wenn man α als bekannt ($= 0{,}003665$) annimmt.

Man kann aber auch die Gleichung für α lösen:

$$\alpha = \frac{A_1 - A_2}{t_2 (A_2 - A) - t_1 (A_1 - A)},$$

welche Gleichung nach Substitution der beobachteten Werte für A_1, A_2, t_1 und t_2 den Ausdehnungskoëffizienten $\alpha = 0{,}003665$ ergeben mufs.

Füllt man den Apparat nacheinander mit verschiedenen Gasen, so mufs man für α denselben Wert erhalten.

b) Bestimmung der Volumveränderung der Gase bei verschiedenem Drucke. Hierzu gehört aufser dem Kolben mit Hahn und Thermometer noch ein Quecksilbermanometer, welches wie das zur BUNSEN'schen Wasserluftpumpe gehörige eingerichtet ist. Dasselbe wird durch ein T-Rohr mit dem Hahne des Kolbens und sein dritter Schenkel mit einer Kompressionsvorrichtung (Wassertrommelgebläse oder Glasblasetisch) oder einer Wasserluftpumpe verbunden (Fig. 658). Man beobachtet den Barometerstand, während das Manometer auf 0° steht, komprimiert oder evakuiert die Luft und notiert in dem Momente, wo man den zweiten Quetschhahn schliefst, den Stand des Manometers. Dieser zum Barometerstand addiert, bezw. von demselben subtrahiert, ergiebt den neuen Druck. Durch Wägung erfährt man die Gewichtszunahme oder -abnahme und daraus das Volum, welches die Luft im nicht-komprimierten (nicht-expandierten) Zustande einnehmen würde, woraus sich das MARIOTTE'sche Gesetz ableiten läfst.

Sei A_1 das Gewicht des Kolbens mit Luft bei p_1, A_2 das Gewicht des Kolbens mit Luft bei p_2, A das Gewicht des leeren Kolbens, so müssen die Gewichtsmengen G_1 (der gewöhnlichen) und G_2 (der komprimierten, bezw. expandierten Luft) offenbar proportional dem Drucke p_1 und p_2 sein:

$$G_1 : G_2 = p_1 : p_2.$$

Da nun $G_1 = A_1 - A$ und $G_2 = A_2 - A$, so hat man:

$$\frac{A_1 - A}{A_2 - A} = \frac{p_1}{p_2},$$

und dieser Gleichung mufs durch Substitution der beobachteten Werte Genüge geschehen.

c) Bestimmung der Volumänderung bei Veränderung von Druck und Temperatur. Diese Versuche sind eine Kombination der unter a) und b) beschriebenen. Nachdem der Kolben bei gewöhnlichem Druck und bei gewöhnlicher Temperatur gewogen wurde, setzt man ihn in das Luftbad, verbindet ihn mit dem Manometer und der Wasserluftpumpe oder einem Gebläse, komprimiert (oder expandiert) die Luft, schliefst die Verbindung des T-Rohrs mit der Luftpumpe durch einen Quetschhahn ab, erhitzt auf einen beliebigen Grad und beobachtet, sobald die Temperatur stationär geworden ist, während man den zweiten Quetschhahn schliefst, den Manometerdruck und die Temperatur am Termometer. Mit Hilfe dieser Daten läfst sich die allgemeine Reduktionsgleichung nach dem vereinigten Gay-Lussac-Mariotte'schen Gesetze verifizieren, wenn man für das Volum (V) das Gewicht der eingeschlossenen Luft in die Gleichung einführt. Dies geschieht auf Grund folgender Erwägungen.

Man ändere zuerst den Druck der eingeschlossenen Luft p_1 in p'. Dadurch wird G_1 auf G_2 erhöht (bezw. erniedrigt). Da die Gewichtsmengen im geraden Verhältnis zu den Drucken stehen, so hat man:

$$G_1 : G_2 = p_1 : p', \text{ also}$$

$$p' = p_1 \cdot \frac{G_2}{G_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Wird nun bei geschlossenem Apparat die Temperatur t_1 auf t_2 erhöht (erniedrigt), so wird dadurch, da sich das Gas nicht ausdehnen, also sein Volum nicht ändern kann, der Druck p' auf p_2 steigen (sinken), und zwar in dem Verhältnis, in welchem die Volume des Gases V_1 und V_2 stehen würden, wenn es sich frei ausdehnen könnte, also:

$$p' : p_2 = V_1 : V_2.$$

Nach dem Gay-Lussac'schen Gesetze ist:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1},$$

also wird sich verhalten:

$$p' : p_2 = V_1 : V_2 \cdot \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1},$$

und hieraus ergiebt sich:

$$p' = p_2 \cdot \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus (1) und (2) wird durch Kombination:

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{p_2(1+\alpha t_1)}{p_1(1+\alpha t_2)}.$$

G_1 ist das Gewicht der Luft bei $t_1{}^0$ und p_1 mm,
G_2 „ „ „ „ „ „ $t_2{}^0$ „ p_2 „

G_1 ergiebt sich demnach durch die Wägung am Anfange, G_2 durch die am Ende des Versuchs. Sei jene A_1 und diese A_2, das Gewicht des leeren Kolbens aber A, so ist $G_1 = A_1 - A$ und $G_2 = A_2 - A_1$, also wird schliefslich:

$$\frac{A_2 - A}{A_1 - A} = \frac{p_2(1+\alpha t_1)}{p_1(1+\alpha t_1)}.$$

Dieser Gleichung mufs durch Substitution der Werte für A_1, A_2, p_1, p_2, t_1 und t_2 Genüge geschehen.

Dritter Abschnitt.

Hydrate und Salze.

ERSTES KAPITEL.

I. Hydrate. Reaktion auf nassem Wege.

§ 128. Darstellung von Metallhydraten aus Anhydriden und Wasser.

Mehrere Kelchgläser, rotes und blaues Lackmuspapier. Curcumapapier. Ferner:

a) Zwei Porzellanschalen (4), Kalium und Natrium.

b) Gebrannter Kalk, gebrannter Baryt, zwei Porzellanschalen (12 u. 4).

Die Hydrate der Alkalien und alkalischen Erden, sowie die einiger Säuren (Schwefelsäure, Phosphorsäure) lassen sich durch direkte Verbindung der Anhydride mit Wasser darstellen.

a) Darstellung von Kalium- und Natriumhydrat. Haselnufsgrofse Stücke der beiden Metalle werden geschmolzen, indem man die Porzellanschale direkt über der Lampe, anfangs gelinde und, nachdem Schmelzung eingetreten ist, etwas stärker erhitzt. Das geschmolzene Metall fängt bald an zu brennen und, indem man die Porzellanschale mit der Zange fafst und durch Bewegung derselben die feurig-flüssige Masse in der Schale ausbreitet, ist die Oxydation in kurzer Zeit vollendet. Der Versuch ist unter dem Abzug auszuführen. Man bedeckt die Schale und läfst sie vollständig erkalten. Hiernach fafst man mit einer Pipette etwas Wasser und läfst dasselbe tropfenweise auf die Oxyde fliefsen (Fig. 663). Ein jeder Tropfen bringt starkes Zischen hervor. Mit Leichtigkeit mifst man das Wasserquantum so ab, dafs nur trockenes Hydrat entsteht, welches man mit einem Hornspatel von der Schale abschabt und auf einer Glasplatte an der Luft liegen läfst, wo es durch Anziehung von

Feuchtigkeit zerfliefst. Nach dem Lösen in Wasser zeigt man seine Reaktion auf Lackmus und Curcuma (Fig. 664).

b) Darstellung von Calciumhydrat und Bariumhydrat durch Löschen von Kalk und Baryt. Der gebrannte Kalk mufs in verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden. Man bringt einige faustgrofse Stücke in die Porzellanschale und übergiefst sie mit so viel Wasser, dafs sie sich völlig damit vollsaugen können, und auch noch etwas davon auf dem Boden der Schale bleibt. In der Regel vergeht eine längere oder kürzere Zeit (5—15 Minuten), bevor die Einwirkung des Wassers auf den Kalk beginnt. Rascher erfolgt die Wirkung, wenn man warmes

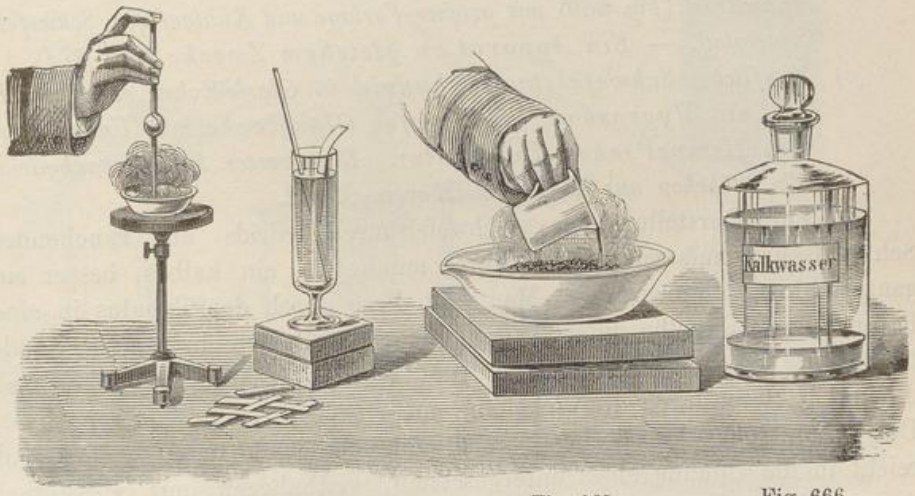


Fig. 663. Fig. 664. Fig. 665. Fig. 666.

Bildung und Reaktion des Kalihydrats. Löschen und Lösen des Kalks.

Wasser anwendet oder den Kalk vor dem Versuche stark erhitzt, und dann beinahe bis zur Lufttemperatur erkalten läfst. Der Eintritt der Reaktion macht sich durch Entweichung von Wasserdampf unter Zischen und Aufblähen der Kalkstücke bemerklich. Man gieſst Wasser in entsprechender Menge nach, doch nur so viel, als vollständig absorbiert wird (Fig. 665). Das Oxyd zerfällt dann völlig zu einem trockenen Pulver von Oxydhydrat, welches man schliefslich mit Wasser zuerst zu einem Brei anrührt und dann noch mit so viel Wasser vermischt, dafs eine dünne Kalkmilch entsteht, welche man in einem geeigneten Vorratsgefäfs aufbewahrt; sie bildet nach dem Absetzen des ungelösten Hydrats klares Kalkwasser (Fig. 666).

Gebrannter Baryt (erhalten durch hinreichend aber nicht zu starkes Erhitzen von Bariumnitrat und Zerstofsen des geschmolzen gewesenen

Rückstands) erhitzt sich beim Besprengen mit Wasser sehr stark unter Bildung von Barythydrat und Entweichen des überschüssigen Wassers als Dampf.

§ 128A. Darstellung und Verhalten des Schwefelsäureanhydrids zu Wasser.

a) Rauchende Schwefelsäure; englische Schwefelsäure. Eine tubulierte Retorte (6) mit eingeschliffenem Glasstöpsel, eine andere mit eingeschliffenem Thermometer, eine gewöhnliche Kolbenvorlage und eine zweite mit Abflufsrohr (Fig. 667).

b) Ein Apparat zur direkten Darstellung von Schwefelsäureanhydrid (Fig. 669) mit grofser Vorlage und Kühlgefäfs; Schwefel-Sauerstoff. — Ein Apparat zu gleichem Zwecke (Fig. 671).

c) Käufliches Schwefelsäureanhydrid in Glaskölbchen einzuschmelzen, ein Hygroskop, eine grofse Glasglocke mit Untersatz. Ein Hempel'scher Exsikkator. Gepulvertes Borsäureanhydrid. Ein Stäbchen aus leichtschmelzbarem Metall.

a) Zur Darstellung des Schwefelsäureanhydrids aus rauchender Schwefelsäure mufs man von letzterer mindestens ein halbes, besser ein ganzes Kilogramm anwenden. Man füllt diese durch den Tubulus in eine Retorte, stellt dieselbe unter Anwendung eines Retortenhalters im Sandbade auf, schiebt eine mit Abflufsrohr versehene Vorlage darüber und dichtet letztere durch Umwickelung mit einem Streifen feuchter Blase. Das Abflufsrohr der Vorlage mufs senkrecht nach unten gehen und reicht in die Öffnung eines untergesetzten, weithalsigen, mit Glasstöpsel zu verschliefsenden Stöpselgebläses. Der Raum zwischen Abflufsrohr und Flaschenhals wird mit Glaswolle ausgestopft. Erst nachdem der Apparat vollständig zusammengestellt ist, beginnt man gelinde zu erwärmen (Fig. 667). Die Entwickelung der SO_3-Dämpfe beginnt schon bei sehr mäfsiger Wärme, dieselben kondensieren sich im Retortenhalse und in der Vorlage zu einer öligen Flüssigkeit, welche in das Stöpselglas hinabfliefst. Man setzt das Erhitzen unter allmählicher Steigerung der Temperatur (doch nicht bis zum Sieden der Flüssigkeit) so lange fort, als noch eine Kondensation von Dämpfen in der Vorlage wahrzunehmen ist, was bei Anwendung der genannten Menge allerdings mehrere Stunden dauern kann. Dann entfernt man das Stöpselglas unter der Vorlage und verschliefst es gut. Nach 24 Stunden wird man den zuerst flüssigen Inhalt desselben krystallinisch erstarrt finden. Kühlt man das Gas durch Eis, so erstarrt das Destillat sogleich. Die in der Retorte zurückbleibende Flüssigkeit ist konzentrierte Schwefelsäure und kann als solche aufbewahrt und verwendet werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Um die Energie, mit welcher sich das Schwefelsäureanhydrid mit Wasser verbindet, zu zeigen, nimmt man mittels eines Glasspatels oder eines Porzellanlöffels aus der erkalteten Flasche etwas von dem krystallinisch erstarrten Destillate heraus und wirft es in eine mit Wasser gefüllte Krystallisationsschale. Diese Masse schwimmt unter sehr lebhaftem Zischen, wie wenn Wasser mit glühendem Eisen in Berührung kommt, darauf herum und löst sich schliefslich zu einer sehr sauren Flüssigkeit (wässerige Schwefelsäure), welche man mit blauem Lackmuspapier prüft. Wenn man das krystallinische Präparat längere Zeit aufbewahren will,

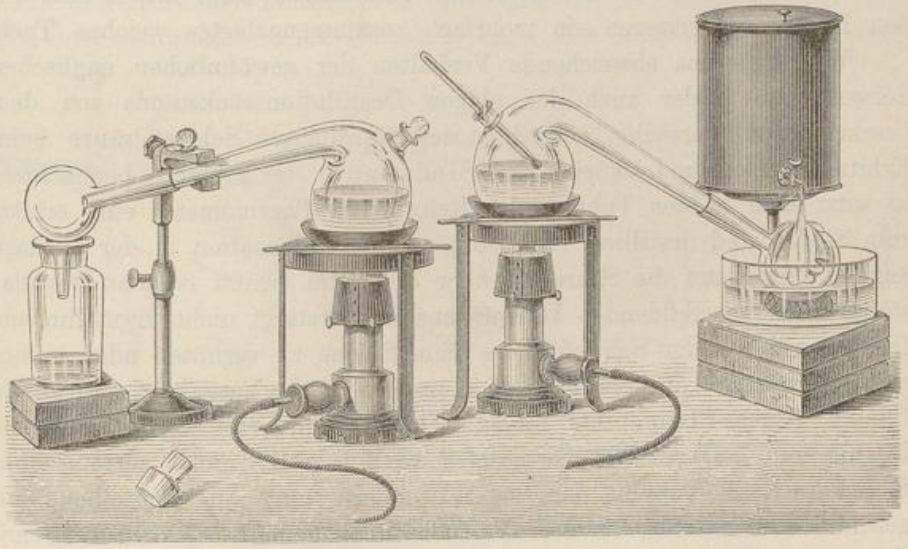


Fig. 667.
Darstellung von Schwefelsäureanhydrid.

Fig. 668.
Destillation von Schwefelsäurehydrat.

mufs man den oberen Rand des Flaschenhalses, da wo er mit dem Stöpsel eine flache Rinne bildet, mit geschmolzenem Wachs oder Paraffin ausgiefsen und den Stöpsel verbinden, weil wegen der aufserordentlichen Hygroskopizität des Schwefelsäureanhydrids der gewöhnliche Flaschenverschluſs nicht dicht genug ist, um das Eindringen von Wasserdämpfen völlig zu verhüten. Läfst man das Gefäfs ohne Wachs- oder Paraffindichtung und unverbunden stehen, so wird man schon nach einigen Wochen die Krystalle zu einer öligen Flüssigkeit zerflossen finden, die nicht wieder erstarrt. Bei einer jedesmaligen Öffnung des Gefäfses bilden sich in dem Luftraum desselben dicke weifse Nebel von Schwefelsäurehydrat, welche durch die Verbindung der Dämpfe des sehr flüchtigen Anhydrids mit den Wasserdämpfen der eindringenden Luft entstehen.

Die Heftigkeit der Einwirkung des Anhydrids auf Wasser läfst

sich sehr schön in folgender Weise veranschaulichen. Man bringt in eine weithalsige Glasflasche (sogenanntes Opodeldokglas) von höchstens 8 cm Höhe etwas Anhydrid und läfst das Fläschchen offen in einen hohen und weiten Fufscylinder fallen, den man zu einem Drittel mit Wasser gefüllt hat. Das eindringende Wasser wird durch die entwickelte Wärme zum Teil in Dampf verwandelt, welcher stürmisch aus dem Glase entweicht, worauf neues Wasser eindringt, welches abermals in Dampf verwandelt wird, u. s. f. Unter starkem Stofsen und Sprudeln wiederholt sich dies, bis alles Anhydrid gelöst ist. Um zu verhüten, dafs der Cylinder oder das Gläschen durch das heftige Stofsen zerschlagen wird, bringt man auf den Boden des ersteren ein mehrfach zusammengelegtes weiches Tuch.

Will man das abweichende Verhalten der gewöhnlichen englischen Schwefelsäure (oder auch des obigen Destillationsrückstands von dem beschriebenen Versuche) von dem der Nordhäuser Schwefelsäure beim Erhitzen zeigen und sogleich den Siedepunkt der ersteren beobachten, so setzt man in den Tubulus der Retorte ein Thermometer ein, erhitzt zum Sieden und destilliert (Fig. 668). Die Kondensation in der Vorlage beginnt erst, wenn die Säure bis über 300 Grad erhitzt ist, das Destillat stöfst keine nebelbildenden Dämpfe aus und erstarrt nicht krystallinisch. Um das Stofsen der Schwefelsäure beim Sieden zu verhüten oder wenigstens zu mäfsigen, bringt man einen grofsen, leicht zusammengewickelten Bausch feinen Platindrahts hinein. Das Thermometer wird, wenn die Destillation längere Zeit fortgesetzt werden soll, nicht mittels eines Korks in den Tubulus eingesetzt, sondern mufs in demselben eingeschliffen sein. Bei kürzerer Versuchsdauer genügt es, den Kork mit Paraffin zu tränken, welches den Angriffen der Schwefelsäuredämpfe einige Zeit widersteht.

b) Direkte Darstellung des Schwefelsäureanhydrids aus schwefliger Säure und Sauerstoff. Ein von F. C. G. Müller* erdachter Apparat, mittels dessen sich dieser Prozefs in sehr bequemer und anschaulicher Weise ausführen läfst, ist in Figur 669 abgebildet. Der durch *A* eingeleitete Sauerstoff dient zugleich zur Darstellung der schwefligen Säure durch Verbrennen von Schwefel und nachträglich zur Höheroxydation derselben zu Schwefelsäureanhydrid. Zu diesem Zwecke teilt sich das Rohr *A* bei *B* in zwei Teile, welche mit den kurzen Röhrenstücken *C* und *D* durch eingesetzte Korke gut verbunden sind. In das Rohrstück *C* ist ein Kork eingeschoben, in welchen in einer Durchbohrung ein 30 mm langes Stück eines Kapillarrohrs von 0,8 mm im Lichten eingesetzt ist. Ein gleicher Kork in *D* trägt zwei solcher

* *Osterprogramm des Realgymnasiums zu Brandenburg* 1891.

Kapillaren von derselben Weite. Etwaige Fugen zwischen den Korken und der Wand der Glasröhren müssen durch eingebrachte Siegellackstückchen, welche man durch Erwärmen von aufsen schmilzt, sorgfältig gedichtet werden. Durch diese Einrichtung wird bewirkt, dafs durch das Rohr *C* $^1/_3$ und durch *D* $^2/_3$ des entwickelten Sauerstoffs geht. *F* ist ein grofses Probierglas von etwa 25 mm innerer Weite, welches zum Verbrennen von Schwefel dient. Derselbe wird erst, nachdem die entsprechenden Teile des Apparats zusammengesetzt sind, dadurch entzündet, dafs man ihn zuerst durch gelindes Erwärmen von *F* zum Schmelzen bringt, dann den Kork der Röhre etwas lüftet und ein bohnengrofses, zuvor mit Schwefel getränktes Stück Bimsstein nach dem Entzünden des letzteren

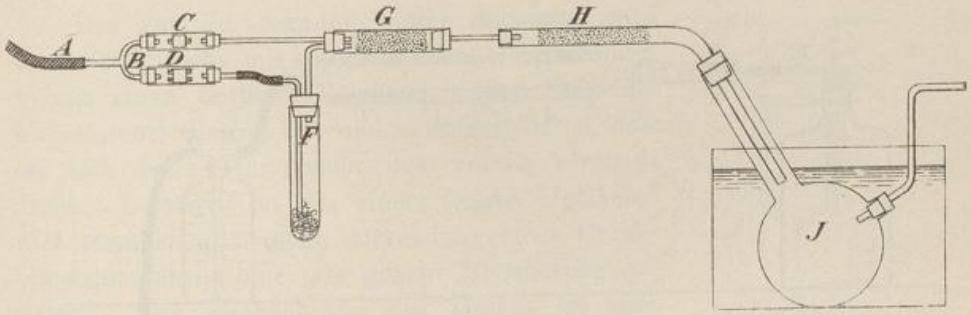


Fig. 669. Darstellung von Schwefelsäureanhydrid.

hineinwirft. Hiernach wird das Rohr rasch geschlossen und die Verbrennung nimmt ihren ruhigen Gang. Das untere Ende des Einströmungsrohrs in *F* mufs etwa 10 mm über dem brennenden Schwefel stehen. Das Ableitungsrohr von *F*, sowie das von *C* vereinigen sich beide in dem Korke der weiten Glasröhre *G*, welche mit ganz lockerer roher Baumwolle gefüllt ist. Hier werden die während der Verbrennung des Schwefels durch Sublimation eines Teils des letzteren gebildeten Schwefelblumen zurückgehalten (das Ableitungsrohr zwischen *F* und *G* mufs weit sein, damit es sich nicht verstopft). Aus *G* tritt nun ein Gemenge von 1 Volum O und 2 Volumen SO_2 aus, welches in Schwefelsäureanhydrid umzuwandeln ist. Es passiert zu diesem Zwecke das 10 mm weite Glasrohr *H*, welches mit Platinasbest gefüllt und hinter demselben nach unten gebogen ist. Dieses abwärts gerichtete Ende wird in die mit Eiswasser gekühlte grofse Vorlage, *J*, geführt und der Platinasbest von aufsen zum schwachen Glühen erhitzt. Die Flasche füllt sich bald mit dicken weifsen Nebeln, welche an den Wänden zu seideglänzenden Nadeln erstarren.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Der Apparat ist in neuerer Zeit von F. C. G. Müller etwas abgeändert worden. Als Brenner dient jetzt ein 2 cm weites böhmisches Rohr *AA*, in welchem durch Ausziehen in der Mitte eine gesonderte Abteilung für den Schwefel gebildet ist. Wird die ganze Abteilung mit einem Bunsenbrenner bis zum Schmelzen des Schwefels und darauf die vordere Einschnürung, von wo der Sauerstoffstrom kommt, bis zum Glühen erhitzt, so tritt beim Anstellen des Sauerstoffs sofort Entzündung ein und die Verbrennung verläuft regelmäfsig, und zwar recht genau nach der chemischen Gleichung. Die gebildete schweflige Säure wird nach Verdrängung der Luft bis auf einen winzigen Rest von Wasser verschluckt. Die sonst übliche Verbrennung im Schiffchen wurde aus dem Grund hier nicht empfohlen, weil dabei leicht Sauerstoff unverzehrt durchschlüpft. Das für den Apparat

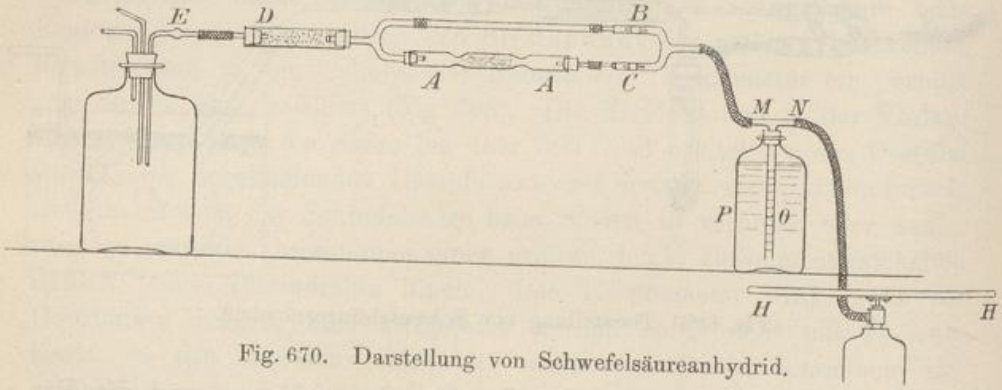


Fig. 670. Darstellung von Schwefelsäureanhydrid.

charakteristische Gabelrohr mit eingesetzten Kapillaren *B* und *C* ist das frühere geblieben, ebenso das mit Watte gefüllte Rohr *D*. Als wichtige Neuerung kann hier die Verwendung von Schwefelkies an Stelle des Schwefels Erwähnung finden. Das zur Erbsengröfse zerkleinerte Mineral läfst sich im Sauerstoffstrom ebenso leicht und regelmäfsig verbrennen und entzünden wie reiner Schwefel, ja es ist, weil es nicht schmilzt, bequemer zu benutzen und macht auch das Einziehen des Verbrennungsrohrs unnötig. Aber das Verhältnis des Sauerstoffstroms ist weniger einfach, es müssen durch den Schenkel *C* 11 Raumteile und durch *B* deren 4 gehen. Zwar arbeitet dieser mit Kies beschickte Apparat auch mit dem für Schwefel bestimmten Gabelrohr, also mit einem Überschufs von freiem Sauerstoff, gut, allein es ist doch aus pädagogischen Gründen wünschenswert, das der chemischen Gleichung entsprechende Verhältnis

* *Zeitschrift für phys. u. chem. Unterricht*, Bd. 12, S. 30. — *Chem. Centr.-Blatt* 1899, II, S. 334.

innezuhalten. Deshalb empfiehlt der Erfinder eine etwas abgeänderte Darstellung des Gabelrohrs, wie folgt. Man zieht aus einem etwas dickwandigen, bleistiftdicken Glasrohre, nachdem es in breiter Gebläseflamme gehörig erweicht ist, eine lange Kapillare von 0,3 mm Breite. Den mittleren gleichmäfsigen Teil zerschneidet man in 25 mm lange Stückchen. Dann formt man aus Wachs Cylinder von etwa 5 mm Dicke und 15 mm Länge, legt um die angewärmte Mantelfläche 11, bezw. 4 beliebig herausgegriffene Röhrchen und bettet sie durch Rollen zwischen Daumen und Zeigefinger gehörig ein. Hierauf legt man um das Ganze einen Wachsring und rollt ihn in Cylinderform, bis er sich in das etwa 10 mm weite Gabelrohr eben einschieben läfst. Schliefslich bringt man durch vorsichtiges Betupfen des Rohrs mit einem Flämmchen von aufsen her den Rand des Wachscylinders zum Schmelzen.

Der zur Verbrennung nötige Sauerstoff wird einer Stahlflasche mit komprimiertem O entnommen, welche einen beständigen Platz in der Nähe des Experimentiertisches hat und so aufgestellt ist, dafs sie sich beim Handhaben des Ventils nirgends dreht. Letzteres ist mit einem langen Holzhebel *HH* versehen, der ohne Anwendung eines Druckreduktionsventils eine sehr genaue Regulierung gestattet. Zur Beobachtung des Drucks ist eine etwa 25 cm hohe Flasche *P* mit Wasser eingeschaltet, in welches der längere Schenkel *O* eines T-Rohrs taucht. Der andere Schenkel ist am Austrittsende *M* des Sauerstoffs bis auf 2 mm verengt. Ohne diese Vorsichtsmafsregel könnte man gelegentlich, wenn in der Ableitung kein Widerstand ist, viel Sauerstoff verlieren, ohne es zu merken.

Fig. 671.

In einfacherer Weise läfst sich nach Hodgkinson und Lowndes* dieser Versuch mit Hilfe des in Figur 671 abgebildeten Apparats ausführen. Derselbe besteht aus einer gewöhnlichen Lichtglocke, welche unten mit einem Holzstöpsel verschlossen und oben mit einem Holzdeckel bedeckt werden kann. Durch ersteren ist ein Platindraht mit daran befestigtem Platinschwamm geführt; durch letzteren gehen zwei gebogene Röhren. Durch die eine wird Sauerstoff (oder Luft), durch die andere schweflige Säure eingeführt. Nachdem sich ein Gemenge beider Gase gebildet hat, wird der Stöpsel mit dem Platinschwamm herausgenommen, letzterer erhitzt und rasch wieder eingeführt. Sofort treten dichte weifse

* *Chemical News*, Bd. 57, S. 193. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 817.

Rauchwolken auf, welche sich am Glas ansetzen, und bei richtiger Führung des Versuchs lassen sich in kurzer Zeit ansehnliche Mengen SO_3 darstellen. (Eine andere Art, diesen Versuch auszuführen, ist weiter unten bei der Darstellung der englischen Schwefelsäure beschrieben.)

c) Käufliches Schwefelsäureanhydrid. Da es hier nur darauf ankommt, die Eigenschaften des Schwefelsäureanhydrids zu zeigen, so kann man die Darstellung desselben ganz umgehen, weil man es jetzt in beliebig grofsen Mengen und zu sehr mäfsigem Preise käuflich beziehen kann. Man erhält es in Kölbchen von 100—200 ccm eingeschmolzen, in Form langer, schön seideglänzender Krystalle, oder auch in Glasflaschen bis zu 1 kg. Erstere lassen sich selbstverständlich beliebig lange aufbewahren. Bricht man die Spitze ab, so treten sofort dicke Wolken weifser Dämpfe auf. Zerschlägt man das Kölbchen in einer Porzellanschale, was natürlich unter dem Abzug geschehen mufs, so erfüllt sich rasch der ganze Innenraum desselben mit Dämpfen. Durch Aufspritzen von Wasser setzt man der Dampfentwickelung ein Ziel.

Das in Flaschen eingeschmolzene Anhydrid mufs, wenn es aufbewahrt werden soll, mit fest verbundenem Stöpsel stehen bleiben. Versäumt man diese Vorsichtsmafsregel, so treten, selbst wenn der Stöpsel mit Wachs eingeschmolzen ist, sobald sich derselbe infolge des Temperaturwechsels lüftet, kleine Mengen Luft ein, und diese reichen hin, oberflächlich unter starker Wärmeentwickelung Hydratbildung zu veranlassen, infolgedessen die Flasche einen Sprung bekommt, durch den nun sehr bald so viel feuchte Luft ausgewechselt wird, dafs, wenn die Flasche unbemerkt stehen bleibt, ihr Inhalt nach und nach ganz in Hydrat verwandelt wird, welches ausfliefst und die Umgebung zerstört.

d) Die starke Wärmeentwickelung, welche beim Mischen von konzentrierter Schwefelsäure mit Wasser eintritt, veranschaulicht man, indem man in Wasser, welches man in einem Becherglase durch Umrühren in drehende Bewegung gesetzt hat, etwa $^1/_8$ seines Volums Schwefelsäure rasch eingiefst, wobei man schon aus der Dampfbildung die Temperaturerhöhung erkennt (Fig. 672). Taucht man dann eine mit angeblasener Kugel versehene Glasröhre, deren Kugel man zur Hälfte mit Äther gefüllt (Ätherthermometer, s. oben S. 444), hinein, so beginnt der Äther bald zu sieden, und seine Dämpfe können oben an der Glasröhre entzündet werden.

e) Hygroskopizität der konzentrierten englischen Schwefelsäure. Zu diesem Versuche, welcher die verhältnismäfsig rasche Austrocknung der Luft durch Berührung mit Schwefelsäure anschaulich machen soll, braucht man ein Haar- oder Fischbeinhygrometer oder ein ähnliches Instrument dieser Art, welches den Feuchtigkeitsgrad der Luft

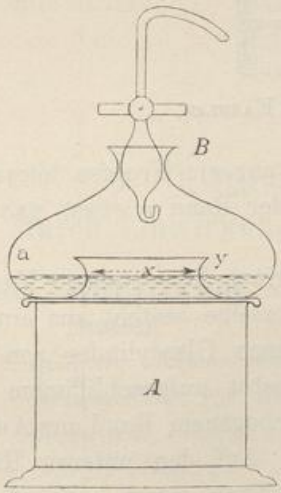
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch verschiedene Stellung eines Zeigers oder, wie bei dem Wettermännchen, durch eine Kappe etc. erkennen läfst (Fig. 673). Das Experiment läfst sich aber auch ohne ein solches Hilfsmittel ausführen, wenn man Wasser in einer Schale zum Sieden erhitzt und eine Glasglocke so

Fig. 672. Mischen von Schwefelsäure mit Wasser.

Fig. 673. Wasseranziehung durch Schwefelsäure.

lange darüber hält, dafs sie innen dicht beschlägt; dann stürzt man sie über die vorher auf einem Tischchen zurechtgestellte Schale mit Schwefelsäure. Noch im Laufe der Unterrichtsstunde trocknen die der Schale



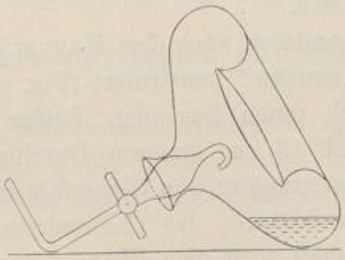


Fig. 674. Exsikkator nach Hempel. Fig. 675.

zunächst liegenden Partien der Glaswand sichtlich ab, und schon nach einigen Stunden ist die Glocke völlig frei von jedem wässerigen Beschlage.

Dieses Verhalten der englischen Schwefelsäure findet Anwendung zum Austrocknen von Substanzen in den Exsikkatoren, von denen die neueste

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und praktischte Form nach W. HEMPEL* in Figur 674 und 675 abgebildet ist.

Der Apparat besteht aus einem cylindrischen Glase *A* und dem Deckel *B*, welcher auf den oberen Rand von *A* eingeschliffen ist und die Form der bekannten Fliegenfänger hat. Die Schwefelsäure befindet sich in dem Ringraum *a*; ein eingeschliffener Hahnstöpsel gestattet, den Apparat luftleer zu machen. Der Deckel bietet durch seine eigentümliche Form den Vorteil, dafs man ihn nach dem Öffnen des Apparats weglegen kann, ohne den unteren Rand aufstellen zu müssen, wodurch leicht eine Verunreinigung der Schlifffläche durch Sand eintreten könnte. In der in Figur 675 gezeichneten Stellung sammelt sich die Schwefelsäure in

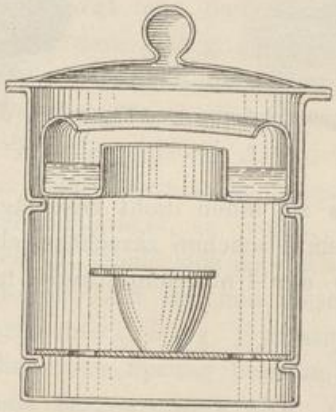


Fig. 676. Exsikkator von KAEHLER.

dem Bauche des Deckels, ohne dafs auch nur ein Tropfen herausfliefst. Die Öffnung *a* mufs möglichst grofs und der Rand *y* etwas nach innen gebogen sein.

Ein anderer, nach dem HEMPEL'schen Prinzip konstruierter Exsikkator ist von KAEHLER** konstruiert (Fig. 676). Derselbe besteht aus einem mit zwei nach innen liegenden Reifen versehenen Glascylinder von 16 cm Höhe und 13 cm innerem Durchmesser nebst aufgeschliffenem Deckel und einem ringförmigen Glasgefäfs mit eingebogenem Rand zur Aufnahme der Schwefelsäure, des Chlorcalciums etc. Auf den unteren Ring des Glascylinders wird eine Platte von porösem Thon gelegt, auf welcher der Tiegel etc. mit der auszutrocknenden Substanz gefüllt wird. Das mit Schwefelsäure beschickte, durch seine Form leicht zu handhabende ringförmige Gefäfs wird auf den oberen Ring des Glascylinders gestellt

* *Chem. Centr.-Blatt* 1891, I, S. 908.

** *Chemiker-Zeitung*, Bd. 20, S. 274. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, I, S. 1041.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und kann beim Anordnen und Herausnehmen der zu trocknenden Gefäfse leicht entfernt werden.

f) Entwickelung von Chlorwasserstoffgas durch Mischen von konzentrierter Schwefelsäure mit wässeriger Salzsäure. Gieſst man in ein Reagensglas etwas käufliche Salzsäure und tröpfelt konzentrierte Schwefelsäure unter Umschütteln hinein, so entwickelt sich infolge der Wasserentziehung unter Aufschäumen HCl-Gas, was man an dem Auftreten von Nebeln an der Mündung des Glases und durch Rötung darüber gehaltener blauer Lackmuspapierstreifen erkennt. Dieses Verhalten läfst sich zur

g) Darstellung von Chlorwasserstoffgas benutzen. Man bedient sich hierzu des von THIELE konstruierten Gasentwickelungsapparats, welcher im Allgemeinen Teil auf Seite 190 abgebildet ist. In die Flasche wird höchstkonzentrierte stark rauchende Salzsäure gegossen und das Trichterrohr mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt. Die Entwickelung ist eine sehr ruhige und gleichmäfsige und verlangt keine Wärmezufuhr von aufsen.

h) Starke Wärmeentwickelung bei der Bildung des Borsäurehydrats. 100 g gepulvertes Borsäureanhydrid werden mit 120 g Wasser übergossen und mit einem Stäbchen leichtflüssigen Metalls (S. 317) umgerührt. Letzteres schmilzt bald, während reichliche Mengen Wasserdampf entweichen.

II. Darstellung von Oxysalzen durch Einwirkung von Oxysäuren auf Oxybasen.

§ 129. Einwirkung von Säureanhydriden auf wasserfreie Basen.

Mehrere Ballons von schwer schmelzbarem Glase; ein Apparat zur Entwickelung von Kohlensäure; Kalk, durch Brennen von Marmor dargestellt, Baryt und Strontian, durch Glühen der entsprechenden Nitrate erhalten.

Der Kalk wird in einem Ballon über der Gaslampe bis zu der Temperatur erhitzt, wo das Glas zu erweichen beginnt, dann entfernt man die Lampe und leitet ohne Verzug einen raschen Strom Kohlensäure ein. Unter diesen Umständen absorbiert der Kalk die Kohlensäure mit aufserordentlicher Energie und wird in wenigen Augenblicken glühend. Bei Anwendung von 100 g Kalk kann das Glühen eine Viertelstunde dauern.

Der Versuch gelingt auch mit dem fetten Kalk des Handels, vorausgesetzt, dafs dieser nicht mehr als 2—3% fremder Substanzen enthält und nicht bei zu hoher Temperatur gebrannt ist. Wenn der Kalk einmal über 1100° erhitzt war, so verbindet er sich nur äufserst langsam mit Kohlensäure. Auch Baryt und Strontian absorbieren unter gleichen Bedingungen die Kohlensäure mit grofser Begier und werden dabei glühend. Besonders brillant ist die Erscheinung beim Baryt, der dabei an mehreren Stellen weifsglühend wird. Bringt man alle drei alkalische Erden nebeneinander in einen Ballon von 200 ccm Inhalt und erhitzt stark, während Kohlensäure zuströmt, so kann man ganz deutlich beobachten, dafs der Baryt heller glüht als der Strontian, und dieser heller als der Kalk (F. M. Raoult).*

Nach Bussy** läfst sich schwefelsaurer Baryt durch direkte Einwirkung von Schwefelsäureanhydrid auf wasserfreien Baryt darstellen; bringt man ein wenig wasserfreien Baryt auf Schwefelsäureanhydrid in einem Reagensgläschen, so geht die Vereinigung unter lebhaftem Glühen von statten. Statt des Schwefelsäureanhydrids kann man auch rauchende (Nordhäuser) Schwefelsäure nehmen, indem man mittels einer kleinen Pipette etwas auf Baryt, der auf einem Ziegelsteine liegt, tropfen läfst; auch hier tritt Erglühen ein (Vorsicht!). Ebenso erhält man nach Béchamp borsauren Kalk, wenn man gebrannten Kalk mit entwässerter Borsäure schmilzt. Die Verbindung erfolgt unter Entwickelung von Wärme und Licht.

§ 130. Einwirkung eines Säureanhydrids auf ein basisches Hydrat.

Ein Apparat zur Entwickelung von Kohlensäure. Ferner:

a) Pulverig gelöschter Ätzkalk, weifser Sand. Eine grofse Reibschale, ein Ballon mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr, ein Kühlapparat.

b) Ein mit Kalistücken gefüllter grofser Absorptionsturm.

c) Arsenige Säure, gepulvert; Kalilauge.

a) Einwirkung von Kohlensäure auf festes Calciumhydrat. Der Kalk wird mit Wasser und Sand zu einem steifen Brei angerührt und dieser in einer Schicht von etwa 5 mm Dicke in eine Papierkapsel, welche nach der auf S. 386 beschriebenen Weise hergestellt ist, gegossen. Nachdem er nach Verlauf von mehreren Stunden erhärtet ist, wird er in

* *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 92, S. 189 und 1110. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 178 und 439.

** *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 85, S. 799. — *Chem. Centr.-Blatt* 1877, S. 802.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stücke von 2 cm Länge und 3 cm Breite geschnitten und diese längere Zeit in einem Luftbade bei 100° getrocknet, bis alles nicht gebundene Wasser entwichen ist (Fig. 677). Noch heifs werden diese Kalkstücke in einen Ballon gebracht, derselbe verschlossen, das Gaseinleitungsrohr mit einem Kohlensäureapparate und einem mit Chlorcalcium gefüllten Absorptionsturme, das Gasableitungsrohr mit einem Kühlapparate verbunden (Fig. 678). Sobald die Kohlensäure mit dem (völlig erkalteten) Kalke in Berührung kommt, wird sie unter starker Wärmeentwickelung absorbiert, und reichliche Mengen Wasserdampf treten auf, welche sich im Kühlrohre

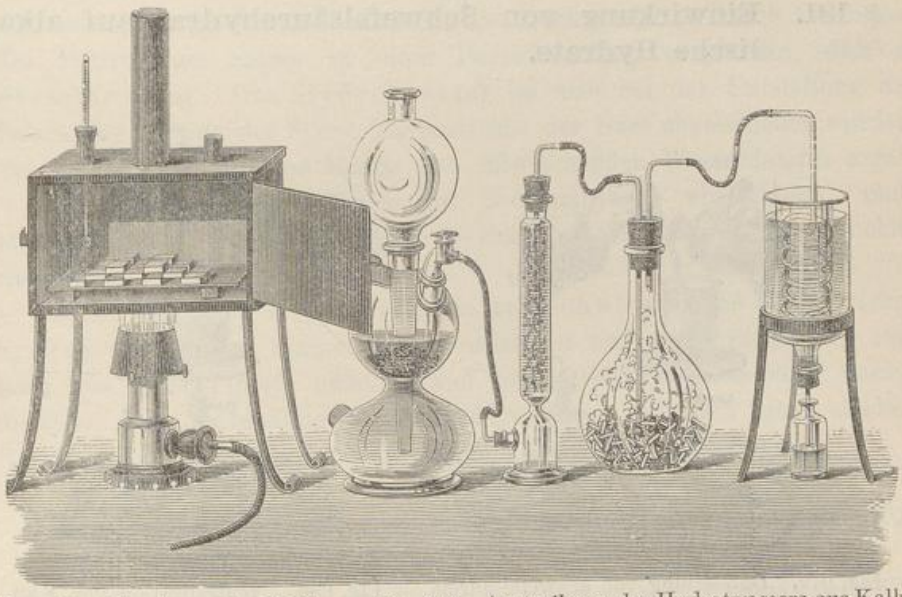


Fig. 677. Trocknen der Kalkziegel.

Fig. 678. Austreibung des Hydratwassers aus Kalkhydrat durch Kohlensäure.

verdichten (Austrocknung neuer Wohnungen durch Entwickelung von Kohlensäure). Hat man zu diesem Versuche gewöhnlichen Kalk genommen, so dafs die Steine etwas gelblich gefärbt erscheinen, so findet man nach vollendeter Kohlensäureeinwirkung nach dem Zerbrechen derselben beim Beobachten der Bruchfläche (wenn nötig mit der Lupe), dafs die äufsere Schicht in einer Dicke von höchstens 1 mm weifs geworden, die innere aber gelb geblieben ist. Die Kohlensäureeinwirkung ist also nur bis zu einer gewissen Tiefe vorgeschritten und hat sich selbst eine Grenze gesetzt. Hierdurch erklärt sich das Vorhandensein von Ätzkalk im Innern selbst sehr alter Mörtelstücke.

b) Einwirkung von Kohlensäure auf festes Kaliumhydrat. Durch einen mit Kalistücken gefüllten grofsen Absorptionsturm leitet man

einen mäfsig starken Strom Kohlensäure, verbindet das Ausströmungsrohr mit einem Gasableitungsrohre, welches man in einen Fufscylinder senkt, und zeigt durch Eintauchen eines brennenden Spans (welcher nicht verlischt), dafs die Kohlensäure von dem Kaliumhydrat zurückgehalten wird.

c) Einwirkung von Arsentrioxyd auf Kaliumhydrat. Gepulvertes Arsentrioxyd löst sich in reichlicher Menge, wenn man es in einem Reagensglase oder einem kleinen Kolben mit mäfsig verdünnter Kalilauge erwärmt. Die Lösung enthält Kaliumarsenit (späterer Nachweis durch Silbernitrat: gelber Niederschlag).

§ 131. Einwirkung von Schwefelsäurehydrat auf alkalische Hydrate.

Fig. 679. Darstellung von schwefelsaurem Kali.

Fig. 680. Neutralisation von Kali durch Schwefelsäure.

a) Ein Becherglas (7), eine Krystallisationsschale als Untersatz für jenes, ein Glasstab. Kaliumhydrat und Natriumhydrat in Stangen, Schwefelsäurehydrat.

b) Bariumhydrat, konzentrierte Schwefelsäure; eine Pipette, ein Ziegelstein.

a) Einwirkung auf Kalium-, bezw. Natriumhydrat. Einige Stücke Ätzkali werden in kurze Stücke zerbrochen, in ein Becherglas gebracht, und dieses in eine Krystallisationsschale gesetzt; dann gielst man vorsichtig konzentrierte Schwefelsäure auf (Fig. 679). Unter starkem Zischen und bedeutender Wärmeentwickelung treten reichliche Mengen von Wasserdampf auf, während sich die Kalistücke mit einem blumenkohlartig ausgewachsenen weifsen Überzuge bedecken. Deckt man auf das Glas einen umgekehrten Trichter, so sieht man einen Teil des Wasser-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dampfs durch dessen Rohr entweichen, während ein anderer Teil sich im Innern des Trichters kondensiert und an dessen Wänden in die Krystallisationsschale herabfliefst. Um die Reaktion zu Ende zu bringen, löst man die Masse nach einiger Zeit in Wasser,* wirft ein Stückchen Lackmuspapier hinein und setzt je nach der Farbe desselben unter Umrühren verdünnte Schwefelsäure oder verdünnte Kalilauge hinzu, wozu man sich, wenn die Neutralität beinahe erreicht ist, einer Pipette bedient (Fig. 680). Dann dampft man die Lösung auf ein geringes Volum ein und läfst durch Erkalten das schwefelsaure Kalium herauskrystallisieren. Man gieſst das Wasser ab und sammelt das Salz auf einem Filter, wo man es mit etwas Alkohol abwäscht und trocknen läfst. Durch Erwärmen des lufttrocknen Salzes in einer Porzellanschale zeigt man, dafs es wasserfrei ist. Das Hydratwasser ist also bei der Entstehung des Salzes sowohl aus der Säure als auch aus der Base abgeschieden worden, was sich schon aus der Menge des entweichenden Wasserdampfs ergab.

Man kann den Versuch mit Natriumhydrat wiederholen, mufs aber hier, um wasserfreies Salz zu erhalten, die Lösung zur Trockne eindampfen.

b) Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Bariumhydrat. Man lege einige Gramm Ätzbaryt auf einen Ziegelstein und lasse aus einer Pipette nicht zu viel konzentrierte Schwefelsäure darauf fliefsen. Die Verbindung beider erfolgt unter Auftreten eines starken Rauches und Entwickelung eines grünlichen Lichtes. (Vorsicht!)

§ 132. Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Ammoniakflüssigkeit.

Ein Becherglas (8), eine Pipette, ein Glasstab, eine Porzellanschale (10), ein Wasserbad. Lackmuspapier. Verdünnte Schwefelsäure (1 : 3 Vol.), Ammoniakflüssigkeit.

Nachdem die alkalische Reaktion der Ammoniakflüssigkeit, sowie des Ammoniakgases durch blaues Lackmus gezeigt worden ist, neutralisiert man in einem Becherglase 2—300 ccm der ersteren mit verdünnter Schwefelsäure unter Umrühren, wobei man wiederholt mit Lackmuspapier prüft. Um die Flüssigkeit zur völligen Neutralität zu bringen, wendet man zuletzt zehnfach verdünnte Flüssigkeiten an und läfst diese unter Benutzung der Pipette eintröpfeln. Die Lösung wird dann zuerst über freiem Feuer, zuletzt im Wasserbade auf ein kleines Volum eingedampft und in einer Krystallisationsschale der Abkühlung überlassen. Die

* Da das Reaktionsprodukt in der Regel sehr hart und fest zusammengebacken ist, benutzt man zur Auflösung eine Reibschale.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Krystalle, welche sich nach völligem Erkalten ausgeschieden haben, zeigen die allgemeinen Eigenschaften der Salze, doch lassen sie sich auf Platinblech ohne Rückstand verflüchtigen.

§ 133. Darstellung von unlöslichen Salzen aus löslichen Basen und löslichen Säuren.

Mehrere Kelchgläser, Kalkwasser, Barytwasser, gelöste Phosphorsäure, gelöste Borsäure, kohlensaures Wasser.

Indem man die genannten Säurelösungen in Kalkwasser und Barytwasser tropfen läfst, zeigt sich die Entstehung unlöslicher Salze durch das Auftreten von Niederschlägen, während die Flüssigkeit ihre alkalische Reaktion verliert. Bei Anwendung von kohlensaurem Wasser löst sich der anfangs entstandene Niederschlag in überschüssiger Kohlensäure unter Bildung von Dicarbonaten wieder auf. Durch Erhitzen der Lösung aber wird unter Verjagung der überschüssigen Kohlensäure das unlösliche Monocarbonat wieder abgeschieden.

§ 134. Darstellung löslicher Salze aus unlöslichen Basen und löslichen Säuren.

Mehrere Probiergläser mit Gestell. Zinkoxyd, Eisenoxyd, Chromoxyd, Uranoxyd, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd, Kadmiumoxyd; verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Salpetersäure.

Einige Messerspitzen der genannten Basen erwärmt man zuerst mit etwas Wasser, um deren Unlöslichkeit nachzuweisen, und setzt dann Schwefelsäure, bezw. Salpetersäure hinzu, worauf vollständige Lösung eintritt. (Chemische Lösung zum Unterschiede von der physikalischen.) Hat man von den Basen eine etwas gröfsere Menge genommen, so wird man in mehreren der Gläser nach dem Erkalten Krystalle finden.

§ 135. Darstellung löslicher Salze aus löslichen Basen und unlöslichen Säuren.

Kieselsäure, Kalium-, bezw. Natriumhydrat. Ein Becherglas.

Frisch (aus Wasserglas durch Salzsäure) gefällte und bei gelinder Wärme getrocknete Kieselsäure wird mit mäfsig verdünnter Kali-, bezw. Natronlauge in einem Becherglase gekocht, wodurch sie sich allmählich löst. (Die Lösung kann für später zur Zersetzung mittels Salzsäure aufbewahrt werden.)

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

III. Darstellung von Haloidsalzen auf nassem Wege durch Einwirkung von Hydrosäuren auf Oxybasen.

§ 136. Einwirkung wässeriger Salzsäure auf Natriumhydrat.

Ein Becherglas (7), eine Krystallisationsschale als Untersatz. Natriumhydrat in Stücken, konzentrierte reine Salzsäure.

Einige Stücke Natriumhydrat werden in Stücke zerbrochen, zuerst mit konzentrierter Salzsäure übergossen, wobei man eine starke Erhitzung und das Entweichen reichlicher Mengen von Wasserdampf beobachtet, und hierauf wird die Reaktion in derselben Weise zu Ende geführt, wie oben Seite 532 bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Ätzkali beschrieben wurde. Nach Eindampfen der Lösung auf ein geringes Volum erhält man das Kochsalz in kleinen Krystallen, welche man abwäscht, trocknet und auf ihren Geschmack prüft. Die vollständige Identität des Produkts mit dem durch direkte Einwirkung von Chlor auf Natrium erhaltenen (S. 433) ergiebt sich ohne weiteres. Hierdurch, sowie durch Glühen des scharfgetrockneten und fein zerriebenen Salzes (wobei kein Wasser entweicht) ist ferner erwiesen, dafs auch dieses Salz nur eine binäre Verbindung ist, dafs also bei der Reaktion der wässerigen Säure auf das Natronhydrat nicht nur das Hydratwasser des letzteren, sondern auch dasjenige Wasser, welches durch Wechselzersetzung der Anhydride ($Na_2O + 2HCl = 2NaCl + H_2O$) entsteht, abgeschieden wurde. Hierbei ist an die Einwirkung des gasförmigen Salzsäureanhydrids auf trockene Oxyde (S. 503) zu erinnern. Es hat also innerhalb der wässerigen Lösung die Bildung und Abscheidung von Wasser in derselben Weise stattgefunden, wie oben bei der Reaktion auf trockenem Wege.

§ 137. Einwirkung von gasförmiger und wässeriger Salzsäure auf Ammoniak.

Zwei Kelchgläser, ein Becherglas (8), eine Pipette, ein Glasstab, eine Porzellanschale (10), ein Wasserbad. Lackmuspapier. Reine verdünnte Salzsäure, Ammoniakflüssigkeit.

Man füllt ein Kelchglas mit Salzsäure, ein anderes mit Ammoniak und stellt sie beide zuerst weit auseinander, dann bringt man sie allmählich näher zusammen, bis sie zuletzt dicht bei einander stehen (Fig. 681). Das Auftreten eines starken Rauches beweist, dafs die aus beiden Flüssigkeiten entweichenden Gase aufeinander wirken. — Hierauf stellt man durch Zusammengiefsen von Ammoniak und Salzsäure in einem Becher-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

glase, zuletzt unter Benutzung verdünnter Flüssigkeiten und der Pipette auf ähnliche Weise eine neutrale Lösung her, wie oben bei der Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf Ammoniakflüssigkeit (§ 132) angegeben worden ist. Auch das Abdampfen der Lösung über freiem Feuer, zuletzt im Wasserbade, und die Krystallisation des Salzes werden in derselben Weise bewirkt, wie dort.

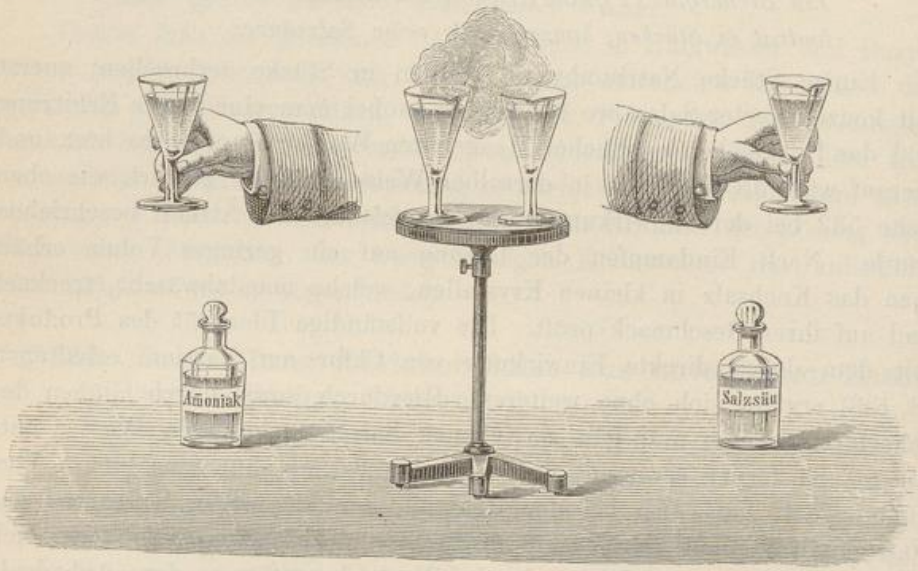


Fig. 681. Verhalten von Ammoniak zu Salzsäure.

§ 138. Darstellung löslicher Chloride, Bromide, Jodide aus unlöslichen Basen und wässeriger Salzsäure.

Mehrere Probiergläser mit Gestell. Magnesia, Kalk; Eisenoxyd, Zinkoxyd, Manganoxyd, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd, Kadmiumoxyd, arsenige Säure, konzentrierte reine Salzsäure, Brom- und Jodwasserstoffsäure.

Die Oxyde werden in derselben Weise im Probiergläschen mit wässeriger Salzsäure (bezw. Brom- oder Jodwasserstoffsäure) behandelt, wie oben (§ 134) bei der Einwirkung von Schwefelsäure und Salpetersäure auf unlösliche Oxyde beschrieben wurde (Fig. 682). Sie lösen sich darin unter verschiedener Färbung. Mit Salzsäure geben Magnesia, Kalk, Zinkoxyd, Quecksilberoxyd und Kadmiumoxyd eine farblose, Eisenoxyd eine dunkelgelbe, Uranoxyd eine hellgelbe und Kupferoxyd eine blaugrüne Lösung. Brom- und Jodwasserstoff geben ähnliche Resultate. Wenn man von den Oxyden nicht zu geringe Mengen nimmt und die Lösung durch Erhitzen bewirkt, so wird man in mehreren Fällen nach dem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Abkühlen Krystalle abgeschieden finden. — Arsenige Säure, welche durch Kalilauge zu Kaliumarsenit gelöst wird (S. 532), löst sich in kochender, mäfsig verdünnter Salzsäure in reichlicher Menge zu Arsentrichlorid (Dämpfe sehr giftig!) auf.

Dafs auch in diesen Fällen das durch Wechselzersetzung gebildete Wasser ausgeschieden wird, läfst sich nach Analogie schliefsen. Die entstandenen Salze sind also Chloride (Haloidsalze oder Haloide).

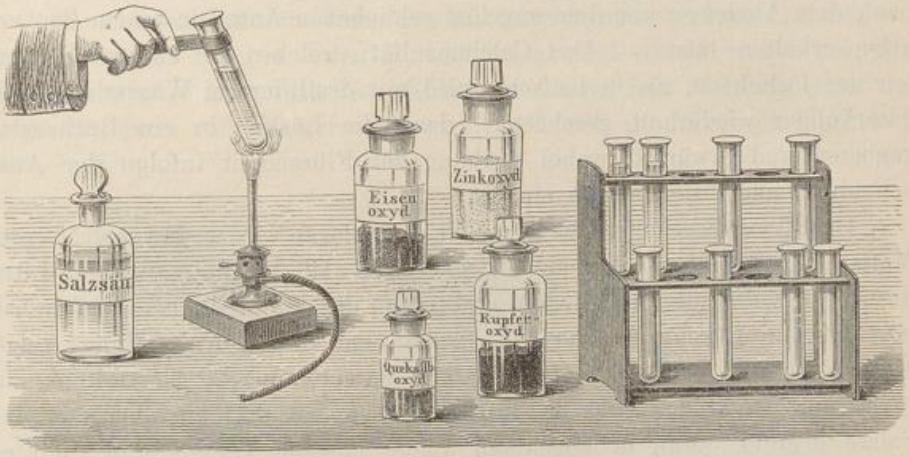


Fig. 682. Auflösen von Oxyden in Salzsäure.

IV. Allgemeine Eigenschaften der Salze.

§ 139. Löslichkeit und Krystallisation.

a) Kaliumsulfat, Kaliumnitrat, Kaliumchlorat, Kaliumchromat, Chlorbarium, Eisensulfat, Zinksulfat, Bleinitrat, Kupfersulfat; Bariumsulfat, Calciumsulfat, Bleichlorid, Bleijodid, Silberchlorid. Mehrere Bechergläser (5 oder 6).

b) Hohes Cylinderglas mit Einhängesieb von Kupfer.

c) Hoher Fufscylinder mit Glasplatte.

d) Kreisförmige Holzscheibe mit Stift; ein dazu passendes Becherglas.

e) Ammoniumkupfersulfat, Ammoniumsulfat, beide fein gepulvert.

a) Die Löslichkeit und Krystallisationsfähigkeit, bezw. Unlöslichkeit der oben genannten Salze wird durch eine Reihe von Parallelversuchen dargethan, indem man in verschiedenen Bechergläsern destilliertes Wasser zum Sieden bringt und die vorher gepulverten Salze löffelweise einträgt,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

solange sich bei der Siedetemperatur noch etwas löst. Darauf werden die Lösungen zur Abkühlung beiseite gesetzt. Bariumsulfat und Silberchlorid werden in Probiergläsern mit Wasser erhitzt und das Wasser nach dem Absetzen des unlöslichen Salzes in Uhrgläsern verdampft, um zu zeigen, dafs von den Salzen nichts gelöst wurde. — Das Bleijodid, welches in heifsem Wasser verhältnismäfsig leicht, in kaltem aber schwer löslich ist, giebt eine schöne Krystallisation in goldglänzenden Blättchen, wenn man das Salz mit relativ viel Wasser kocht und die heifse Lösung nach dem Abgiefsen von dem ungelöst gebliebenen Anteil in einem Becherglase erkalten läfst. — Das Calciumsulfat, welches in kaltem Wasser leichter löslich ist, als in heifsem, wird mit destilliertem Wasser in einem Literkolben wiederholt geschüttelt, dann die Lösung in ein Becherglas gegossen und erwärmt, wobei Trübung der Flüssigkeit infolge der Ausscheidung ungelösten Salzes eintritt.

Der Krystallisationsversuch mit Kaliumchlorat wird in etwas gröfserem Mafsstabe ausgeführt. In einem Becherglase (12) bringt man einen Liter destilliertes Wasser zum Sieden und rührt das Kaliumchlorat löffelweise ein, bis die Lösung an der Oberfläche eine dünne Krystallhaut zeigt. Man verdünnt sie hiernach wieder mit Wasser, um die Krystallhaut zu lösen und stellt das Glas in kaltes Wasser, bis die Ausscheidung des Salzes beginnt. Man hebt es dann wieder aus der Lösung und stellt es zu weiterer Kühlung auf ein Tischchen. Die Krystalle scheiden sich innerhalb der Flüssigkeit aus, sinken zu Boden und zeigen dabei die Farben dünner Blättchen in grofser Schönheit, besonders wenn man die Lösung von der Sonne beleuchten läfst (Fig. 692, S. 544).

Bei der Auflösung von Salzen in Bechergläsern setze man diese auf ein Schutzblech und rühre mit einem Hornlöffel um, damit die Ablagerung ungelösten Salzes vermieden und ein Springen des Glases verhütet werde.

b) Eine bequeme Art, konzentrierte Salzlösungen ohne Erwärmen und ohne Umrühren oder Schütteln darzustellen, besteht darin, dafs man die Salze nicht in das Wasser einschüttet, sondern mit den obersten Schichten desselben in Berührung bringt. Man kann sich hierzu eines in ein Becherglas einzuhängenden Metallsiebes* bedienen (Fig. 683), welches man mit dem Salz vollfüllt, worauf man das ganze Glas bis an den Rand des Siebes mit Wasser füllt. Oder man bindet das zu lösende Salz in genügender Menge in Leinwand ein und hängt es an einem über den Rand des Glases gelegten Stabe auf (Fig. 684). Ist das Salz gefärbt,

* Das Metall des Siebes darf durch das Salz nicht angegriffen werden; man hänge also z. B. kein eisernes Sieb ein, wenn man Kupfervitriolkrystalle lösen will.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

so bemerkt man alsbald an der einen Seite des Glases herabsinkende Ströme der Lösung, welche sich am Boden sammeln, während sich an der anderen Seite der Flüssigkeit ein aufsteigender Strom von Wasser oder verdünnter Lösung herstellt. Dies dauert so lange, bis die Lösung vollständig gesättigt ist. Stellt man zur Vergleichung ein gleich grofses Glas daneben, füllt es bis zur gleichen Höhe mit Wasser und wirft das Salz auf den Boden, ohne umzurühren, so bleibt die konzentrierte Lösung selbstverständlich unten und die Lösung hört bald auf (Fig. 685).

In noch einfacherer Weise gewinnt man konzentrierte Lösungen, wenn man das Salz in einen Kolben bringt und diesen verkehrt in das Wasser hängt. Man füllt den Kolben mit dem Salz ziemlich ganz an, gieſst ihn ganz voll Wasser und setzt einen weit durchbohrten Kork auf,

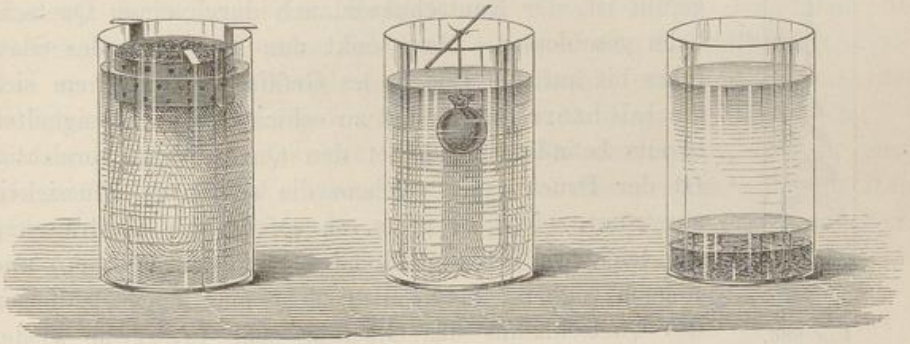


Fig. 683. Fig. 684. Fig. 685.

Lösen von Salzen.

in dem ein kurzes Glasrohr steckt. Mit einer raschen Wendung kehrt man ihn um und hängt ihn mittels eines Filtrierdreiecks oder einer Filtriertasse in das bereitstehende Glas mit dem Lösungswasser, so dafs das untere Ende des Glasrohrs ein wenig in letzteres taucht.

c) Das Niedersinken der Salzlösung in dem Wasser läfst sich nach F. C. G. Müller* besonders schön mit der stark gefärbten Lösung des Kaliumpermanganats beobachten. Man befestige auf einer Glasplatte mittels eines Stückchen Wachsstock einen gröfseren Krystall des genannten Salzes und bedecke mit der Platte einen grofsen, fast ganz mit Wasser gefüllten Fufscylinder so, dafs der Krystall in vertikaler Stellung etwa 10 mm tief in die Flüssigkeit eintaucht (Fig. 686). Sofort sinkt ein roter Faden von Salzlösung herab. Infolge der Reibung der niedersinkenden Lösung in dem Wasser bilden sich an dem Faden zuerst kugelige An-

* *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 446.

schwellungen, welche sich zu glockenförmigen Gebilden erweitern und schliefslich in schöne wirbelnde, sich oftmals durchdringende Ringe verwandeln.

d) Um Salzlösungen von verschiedenem spezifischen Gewichte so übereinander zu schichten, dafs sie sich nicht mischen, giefst man nach HANDL* nicht die leichtere Flüssigkeit auf die schwerere, sondern bringt umgekehrt die schwerere Flüssigkeit unter die leichtere, wodurch letztere langsam nach oben verdrängt wird. Es kann geschehen, indem man in das Gefäfs, welches die schwerere Flüssigkeit enthält, einen Winkelheber taucht, der durch einen längeren Kautschukschlauch mit einer dünnen, in eine Spitze ausgezogenen Glasröhre verbunden ist. Der Heber wird angesaugt, und sobald das Glasrohr bis an die Spitze gefüllt ist, der Kautschukschlauch durch einen Quetschhahn geschlossen. Man senkt nun die Spitze des Glasrohrs bis auf den Boden des Gefäfses, in welchem sich die leichtere der beiden zu schichtenden Flüssigkeiten bereits befindet und öffnet den Quetschhahn vorsichtig. Ist der Druck, mit welchem die schwerere Flüssigkeit ausströmt, nicht zu grofs, so erfolgt die Verdrängung der leichteren Flüssigkeit mit einer grofsen Ruhe und Regelmäfsigkeit. Schliefslich zieht man nach Schliefsen des Quetschhahns das Glasrohr sehr langsam wieder zurück.

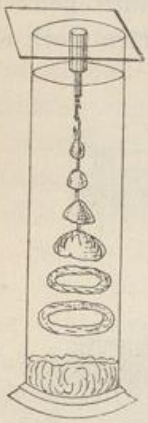


Fig. 686.

Nach POSKE** verfährt man folgendermafsen. Man bringt zuerst die dichtere Flüssigkeit in das Gefäfs und läfst darauf eine dünne kreisförmige Holzscheibe schwimmen, in welche ein kurzer Holz- oder Metallstift zentrisch und senkrecht zur Fläche eingefügt ist. Dann giefst man die zweite leichtere Flüssigkeit langsam an dem nach oben herausragenden Stift entlang, wodurch sie sich in horizontaler Richtung über die Flüssigkeit verbreitet, so dafs man eine vollkommen scharfe Grenzfläche erhält, welche sogar die Erscheinung der totalen Reflexion mit grofser Klarheit zeigt.

e) Verdrängung eines Salzes aus seiner Lösung durch ein anderes. Zwei gleich grofse Probiergläser fülle man mit einer gesättigten Lösung von Ammoniumkupfersulfat zu $^2/_3$ ihrer Höhe an, versetze den Inhalt des einen mit zwei Messerspitzen fein gepulverten Ammonium-

* *Zeitschrift für Instrumentenkunde.* — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 467.

** *Zeitschrift zur Förderung des physikal. Unterrichts*, Bd. 2, S. 70. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 467.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sulfats und schüttele ein bis zwei Minuten tüchtig. Nach kurzer Ruhe ist die Lösung fast oder völlig farblos, jedenfalls sehr viel weniger gefärbt, als die danebenstehende ursprüngliche Lösung (Rüdorff).

§ 140. Übersättigte Lösungen.

Krystallisiertes Natriumsulfat, krystallisiertes Natriumhyposulfit; mehrere Kolben von 400 ccm Inhalt, destilliertes Wasser; eine kleine Kolbenvorlage.

a) Natriumsulfat. 200 g gepulvertes Natriumsulfat werden in etwa 200 ccm Wasser durch Erwärmen in einem Glaskolben gelöst, die Öffnung des Kolbens mit Baumwolle verstopft und die Lösung der Ruhe überlassen. Sie krystallisiert bei der Abkühlung nicht. Man bereitet in dieser Weise mehrere Kolben vor. Nach dem völligen Erkalten wirft man in den einen einen Krystall von Natriumsulfat, den Inhalt des anderen gießt man unter Schütteln rasch in eine Krystallisationsschale, und in den dritten taucht man einen Glasstab, mit welchem man den Boden reibt. In allen drei Fällen erstarrt die Masse krystallinisch.

b) Natriumhyposulfit. Ein Eßlöffel des Salzes wird in einer kleinen langhalsigen Kolbenvorlage durch gelindes Erwärmen geschmolzen; hierauf verschließt man die Öffnung des Halses mit Baumwolle, spannt die Vorlage in einen Retortenhalter und läßt erkalten. Das Krystallisieren der übersättigten Lösung bewirkt man wie unter a) angegeben.

§ 141. Ziehen großer Krystalle.

Eine große Porzellanschale, eine große gläserne Krystallisationsschale. Gewöhnlicher Alaun. — Ein norwegischer Kochtopf.

Krystalle werden um so größer, je langsamer ihre Abscheidung aus der Lösung erfolgt; alle Mittel, welche diesen Prozeß verlangsamen, werden also zur Bildung großer Krystalle geeignet sein. Man benutzt hierzu entweder die langsame Abkühlung heißer oder die langsame Verdunstung kalt gesättigter Lösungen.

a) Langsame Abkühlung. Ein gut krystallisierendes Salz, z. B. Kaliumnitrat, Alaun oder Kaliumdichromat, wird gepulvert, und in siedendes Wasser löffelweise so lange davon eingetragen, als sich darin noch etwas löst. Die Lösung muß völlig klar sein. Das noch heiße Gefäß wird sogleich von schlechten Wärmeleitern umgeben, was am einfachsten dadurch geschieht, daß man es in einen weiten, dick mit Baumwolle ausgelegten Topf stellt und auch von oben mit Baumwolle bedeckt. Die Lösung hält sich hierin stundenlang heiß, und währenddessen haben die Krystalle Zeit, sich in schönen, regelmäßig gestalteten Exemplaren auszubilden. Nachdem sich das Gefäß auf die Lufttemperatur abgekühlt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

hat, nimmt man es heraus und gießt die Mutterlauge ab. Will man die Krystalle aufbewahren, so wählt man als Krystallisationsgefäfs einen gut verschliefsbaren Kolben. Als eines schlechten Wärmeleiters kann man sich zu diesem Versuche sehr vorteilhaft des seit der Pariser Industrie-Ausstellung vom Jahre 1867 allgemein bekannten norwegischen Kochtopfs (oder norwegische Küche) bedienen. Derselbe besteht aus einem kubischen Holzkasten von 25—30 cm Seitenlänge, dessen Boden, Deckel und Seitenwände mit einer 5—6 cm dicken Schicht von Filz dicht ausgekleidet sind, so dafs in der Mitte nur eine verhältnismäfsig geringe Höhlung übrig bleibt. In diese setzt man das heifse Gefäfs, deckt ein dazu gehöriges wattiertes Kissen auf und verschliefst den Deckel fest.

b) Langsame Verdunstung. Wenn man eine kalt gesättigte Lösung der langsamen Verdunstung überläfst, so scheidet sie kontinuier-

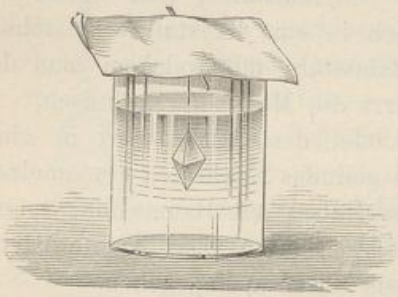


Fig. 687.

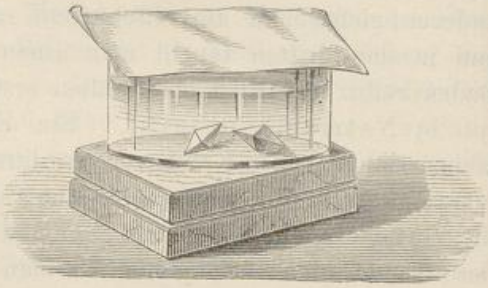


Fig. 688.

Ziehen von Alaunkrystallen.

lich eine der verdunsteten Wassermenge entsprechende Salzmenge aus; die Krystalle wachsen langsam und um so regelmäfsiger, je langsamer die Verdunstung fortschreitet. Man kann auf diese Weise ganz regelmäfsig ausgebildete Krystalle ziehen. Das hierzu geeignete Verfahren ist folgendes:

In einer Porzellanschale wird Wasser zum Kochen erhitzt und so lange gepulverter Alaun eingetragen, bis sich an der Oberfläche des Wassers eine Salzhaut zeigt. Dann wird die Lösung in ein Becherglas gegossen, wenn nötig durch ein grofses Filter hineinfiltriert, worauf die Krystallisation alsbald beginnt. Man wartet die erste rasche Krystallisation ab, bis die Lösung nur noch lauwarm ist; dann hängt man einen festen Zwirnfaden hinein. Sobald sich an demselben einige deutliche Krystalle abgesetzt haben, entfernt man ihn aus der Lösung, beseitigt alle Krystalle bis auf einen möglichst regelmäfsig ausgebildeten. Dieser wird in die völlig erkaltete Lösung, welche man von den ausgeschiedenen Krystallen ab- und in ein neues Glas gegossen hat, vermittelst eines da-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

rüber gelegten Stabes eingehängt und längere Zeit hindurch sich selbst überlassen (Fig. 687). Der Krystall wächst an allen Seiten regelmäfsig fort und kann unter geeigneten Umständen eine sehr beträchtliche Gröfse erreichen. Auch auf andere Weise läfst sich ein regelmäfsiges Wachsen erzielen. Man sucht sich einen kleinen, möglichst gut ausgebildeten oktaëdrischen Alaunkrystall zu verschaffen, legt diesen in eine kalt gesättigte Alaunlösung und wendet ihn täglich um, so dafs er in regelmäfsiger Aufeinanderfolge nach und nach auf alle acht Flächen zu liegen kommt (Fig. 688).

Zur Ausführung dieser Versuche eignet sich der Chromalaun ebensogut, wie der gewöhnliche. Da beide isomorph sind, kann man den einen mit einer Krystallhaut des anderen überziehen. Man läfst zuerst einen Chromalaunkrystall bis zu einer ansehnlichen Gröfse wachsen und legt ihn dann in eine gesättigte Lösung von gewöhnlichem Alaun.

Sind die Krystalle vor dem Einlegen in die Lösung beschädigt, so werden durch den Krystallisationsprozefs zunächst die fehlenden Teile ergänzt, und erst wenn die regelmäfsige Gestalt wieder hergestellt ist, beginnt das Wachsen. Bricht man demnach von einem oktaëdrischen Alaunkrystall die sechs Ecken und von einem anderen die zwölf Kanten ab und legt beide in eine gesättigte Lösung von Chromalaun, so sind die Defekte schon nach einigen Tagen wieder repariert. Der erste Krystall erscheint dann weifs mit violetten Ecken, der zweite weifs mit violetten Kanten. Ein Wachsen der Flächen hat also nicht stattgefunden.

Die Bildung regelmäfsiger, gut ausgebildeter Krystalle gelingt auch, wenn man sich dieselbe innerhalb einer Masse vollziehen läfst, in welcher die Krystalle schweben bleiben. Man stelle durch Fällung von Alaun mit Ammoniak Thonerdehydrat her und wasche dasselbe nach dem Dekantieren möglichst gut aus. Dann übergiefse man es (nach Gawalovski*) mit einer zur Lösung ungenügenden Menge Schwefelsäure und überlasse den Brei mehrere Monate lang der Ruhe. In dem überschüssigen Thonerdebrei findet man dann sehr regelmäfsig ausgebildete Oktaëder, welche ein wasserhaltiges Aluminiumsulfat sind.

§ 142. Reinigung von Salzen durch Umkrystallisieren.

Eine grofse Porzellanschale, das zu reinigende Salz, eine Krystallisationsschale mit Filtriergestell, Trichter und Faltenfilter.

Zuerst löst man das Salz in heifsem Wasser auf und filtriert heifs (Fig. 689). Ist es nicht allzustark verunreinigt, so genügt eine einmalige Krystallisation, im anderen Falle wiederholt man die Arbeit, indem man

* *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 721.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nach 24 Stunden den Krystallkuchen von der Mutterlauge durch Abgiefsen der letzteren trennt, zerschlägt, wieder löst, die Lösung zur Krystallisation bringt, den Kuchen abermals von der Mutterlauge trennt etc. Die

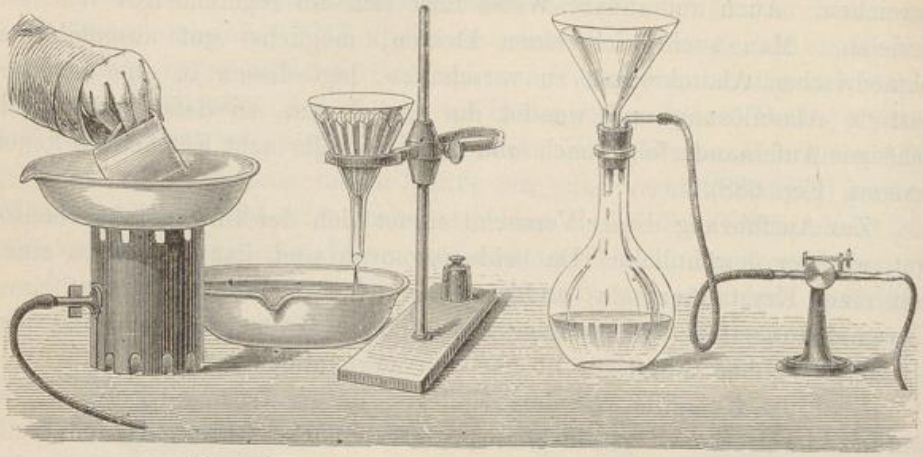


Fig. 689.
Umkrystallisieren von Salzen.

Fig. 690.
Absaugen der Mutterlauge von Salzen.

anhaftende Mutterlauge mufs jedesmal durch Abwaschen beseitigt werden. Am vollständigsten gelingt die Reinigung, wenn man die Bildung grofser

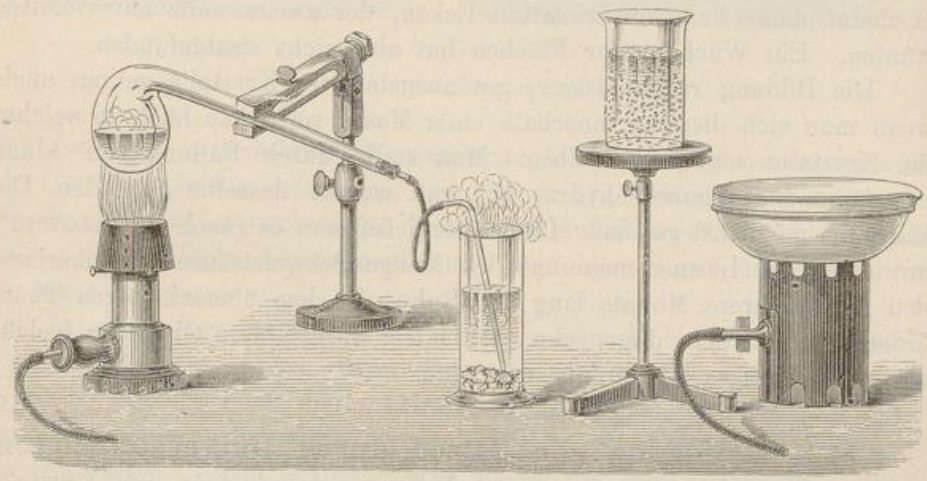


Fig. 691. Überhitzen von Chlorcalciumlösung durch latente Wärme.

Fig. 692. Auflösen und Krystallisieren von chlorsaurem Kali.

Krystalle und zusammenhängender Krystallkrusten, welche immer etwas Mutterlauge einschliefsen, verhindert. Man rührt deshalb während des Erkaltens, sobald sich die ersten kleinen Krystalle abzuscheiden beginnen,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

häufig um, wodurch ein Krystallmehl entsteht, welches man nach völligem Erkalten auf einem glatten Filter sammelt und auswäscht. Das Auswaschen beschleunigt man unter Anwendung einer Wasserluftpumpe. Man bedeckt das Krystallmehl im Trichter mit einer kreisförmigen Scheibe von Filtrierpapier, auf welche man das Waschwasser gießt (Fig. 690).

§ 143. Siedetemperatur gesättigter Salzlösungen.

Eine Porzellanschale, ein Löffel, ein Thermometer mit großer, weit sichtbarer Skala, trocknes kohlensaures Kalium, Chlorcalcium oder andere Salze. — Eine Retorte (4), ein Fußcylinder.

Man bringt in einer Porzellanschale Wasser zum Sieden und läßt die Temperatur beobachten, darauf trägt man das betreffende Salz löffelweise ein und wartet nach jedesmaligem Eintragen, bis die Lösung von neuem zu sieden beginnt. In dieser Weise steigt der Siedepunkt allmählich, bis das dem entsprechenden Salze zugehörige Maximum erreicht ist. Auch ohne Thermometer läßt sich die Erhöhung des Siedepunkts über 100° darthun, wenn man etwas Wasser auf erhitzte Salzlösung gießt, welches sofort zu sieden beginnt, oder indem man in ein Glasrohr mit angeblasener Kugel (wozu das Ätherthermometer S. 444 dienen kann) etwas Wasser bringt und die Kugel in die überhitzte Lösung taucht: man wird bald reichliche Dampfströme aus dem Rohre austreten sehen.

Eine hübsche Modifikation des Versuchs ist folgende. Man fülle in einen Fußcylinder 100 ccm Wasser und erhitze dasselbe durch Einleitung von Dämpfen aus einer Retorte zum Sieden, dann trage man löffelweise kohlensaures Kalium oder Chlorcalcium ein. Hierdurch wird jedesmal das Sieden unterbrochen und tritt erst nach einiger Zeit wieder ein, wobei der Siedepunkt immer höher steigt (Fig. 691). Bei Chlorcalcium kann man ihn leicht bis über 120° steigern. Obgleich also der Dampf nur 100° heiß ist, erhitzt er doch die Lösung erheblich höher, indem er seine latente Wärme abgiebt. Bis zum Maximum läßt sich indes die Siedetemperatur auf diese Weise nicht steigern, da die Lösung niemals gesättigt werden kann.

V. Krystallwasser.

§ 144. Entwässerung von Salzen und Wiederaufnahme des Krystallwassers.

a) *Eine tubulierte mit Asbestmantel umhüllte Retorte (3 oder 4) mit Halter, ein Kühlapparat, ein graduierter Cylinder (100 ccm) als Vorlage, eine Handwage. Krystallisiertes Natriumcarbonat.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Eine Reibschale, eine Porzellanschale (7), ein starkwandiges Becherglas, eine Teilpipette, welche mindestens 60 ccm Wasser faſst, eine Handwage, ein Thermometer. Krystallisierter Kupfervitriol.

a) Entwässern von Soda; quantitativer Versuch. Gut krystallisiertes, nicht verwittertes Natriumcarbonat wird in einer Reibschale gröblich gepulvert und 100 g davon in eine Retorte gefüllt. Diese verbindet man mit einem Kühlapparat, und erhitzt, anfangs sehr vorsichtig bis zum Schmelzen des Salzes. Dann kann man die Hitze etwas steigern, während man gut kühlt und einen graduierten Cylinder von 100 ccm als Vorlage benutzt. Sobald das Salz anfängt trocken zu werden, ist es nötig, alle Aufmerksamkeit darauf zu verwenden, um zu verhüten, daſs

Fig. 693. Reiben von Kupfervitriol.

Fig. 694. Entwässern von Kupfervitriol.

Fig. 695. Wiederaufnahme des Krystallwassers.

einzelne etwa im Retortenbauche kondensierte Wassertröpfchen zurückfliefsen und mit dem stark erhitzten Glase in Berührung kommen; ein Zerspringen des letzteren wäre die unvermeidliche Folge. Zuletzt giebt man starke Glühhitze, um die letzten Anteile des Wassers zu vertreiben, wenn der Versuch in dieser Weise gut zu Ende geführt wird, findet man in der Vorlage 62,8 ccm Wasser (Prozentgehalt des Salzes an Krystallwasser).

b) Wiederaufnahme des Krystallwassers. Um die bedeutende Wärmeentwickelung zu zeigen, welche bei der Wiederaufnahme des Krystallwassers eintritt, reibe man 150 g Kupfervitriol zu feinem Pulver (Fig. 693) und erhitze dieses über einer kleinen Lampe vorsichtig unter beständigem Umrühren mit einem Glasstabe, bis es völlig weifs erscheint (Fig. 694). Zu starkes Erhitzen ist zu vermeiden, weil hierdurch das Salz selbst teilweise zersetzt werden würde. Dann schüttet man es in ein

dickwandiges Becherglas und läfst es darin bedeckt erkalten. Mittels der Pipette werden dann 54 ccm Wasser abgemessen, in ein kleines Becherglas gegossen und rasch auf das Pulver geschüttet (Fig. 695), während man mit dem Thermometer umrührt; die Salzmasse nimmt ihre blaue Farbe wieder an, backt zu einem festen Kuchen zusammen und das Thermometer steigt über 100°.

§ 145. Farbenveränderung beim Entwässern von Salzen und bei der Wiederaufnahme von Krystallwasser. Sympathetische Tinte.

Eine Lösung von Kobaltchlorür, eine andere mit dem gleichen Volum Nickelchlorür vermischt. — Kaliumplatincyanür, Magnesiumplatincyanür, Bariumplatincyanür, Calciumplatincyanür.

Wenn man in einer Porzellanschale eine Lösung von Kobaltchlorür zur Trockne dampft, so ändert sich, sobald die letzten Anteile des Wassers verdampft sind, die Farbe aus rosarot in tief dunkelblau, stellt sich aber beim Zusatz von Wasser wieder her. In Alkohol löst sich das wasserfreie Salz mit tief dunkelblauer Farbe auf, welche beim vorsichtigen Verdünnen der Lösung mit Wasser erst violett und dann rot wird. Dafs auch in wässeriger Lösung das wasserfreie Salz bestehen kann, erkennt man daran, dafs eine konzentrierte wässerige Lösung ihre rote Farbe in blau verändert, wenn man sie mit konzentrierter Salzsäure versetzt, jedenfalls infolge von Wasserentziehung durch die Säure. Für die sympathetische Tinte müssen die Lösungen so stark verdünnt sein, dafs Schriftzüge, die man damit auf Papier macht, kaum sichtbar erscheinen. Das Sichtbarmachen derselben erfolgt, indem man das Papier nach dem Trocknen an der Luft im Luftbade oder auf einem Ofen vorsichtig erwärmt; die Salze verlieren hierbei ihr Krystallwasser. Kobaltchlorür wird intensiv blau und das gemischte Nickel- und Kobaltchlorür intensiv grün. Das Verschwinden der sichtbar gewordenen Schrift tritt schon beim Liegen in gewöhnlicher feuchter Luft nach kurzer Zeit ein, augenblicklich dagegen wenn man das Papier in die Dämpfe kochenden Wassers hält. Der Versuch läfst sich beliebig oft wiederholen und das Papier beliebig lange aufbewahren.

Einen besonders schönen und auffallenden Farbenwechsel zeigen gewisse Doppelsalze des Platins bei der Aufnahme des Krystallwassers. Ein mit einer Lösung von Magnesiumplatincyanür getränkter Papierstreifen erscheint nach dem Trocknen an der Luft lebhaft rot, wird aber durch gelinde Wärme infolge der Austreibung des Krystallwassers farblos. Beim Erkalten an gewöhnlicher Luft nimmt er seine ursprüngliche rote Farbe allmählich wieder an. Calciumplatincyanür ist in wasserhaltigem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zustande lebhaft kanariengelb, und ein damit getränkter Papierstreifen zeigt in lufttrocknem Zustande diese Farbe, verliert sie durch gelindes Erwärmen und nimmt sie schon durch einfaches Anhauchen wieder an. Wendet man eine gemischte Lösung von Barium- und Kaliumplatincyanür an, so erhält man ein Papier, welches nach dem Trocknen eine unscheinbare gelblich-weifse Farbe zeigt. Diese geht beim gelinden Erwärmen durch gelb und orange in rot über, welches bei starkem Erwärmen wieder verschwindet und sich in das ursprüngliche Gelblichweifs umwandelt. Überläfst man nun den Papierstreifen sich selbst, so durchläuft er dieselbe Farbenskala von gelb bis rot abermals, um schliefslich wieder blafsgelb zu werden. (Schoras.*)

Anwendung finden derartige, ihre Farbe in feuchter und trockener Luft ändernden Salze bei der Herstellung der sogenannten Barometerblumen.

§ 146. Wärmebindung beim Auflösen krystallisierter Salze, Kältemischungen.

Chlorkalium, Chlorcalcium, Ammoniumnitrat, Natriumcarbonat, Kochsalz, Natriumsulfat.

Wenn Salze, welche beim Zusammenbringen mit Wasser kein Wasser mehr binden, gelöst werden, so tritt immer eine mehr oder weniger starke Temperaturerniedrigung infolge von Wärmebindung (latente Schmelzungswärme oder Lösungswärme) ein. Diejenigen Salze, welche fähig sind, Krystallwasser aufzunehmen, müssen in krystallisiertem Zustande angewendet werden. Man mufs hierbei die Lösung durch Umrühren möglichst beschleunigen. Löst man in dieser Weise 150 g krystallisiertes Chlorkalium in 400 ccm Wasser, so erhält man eine Temperaturerniedrigung um 11°; 200 g Ammoniumnitrat, in 300 ccm Wasser gelöst, erniedrigen die Temperatur um 25—27°. Wendet man also Brunnenwasser von gewöhnlicher Temperatur an, so läfst sich leicht eine Kälte von — 15 bis — 17° erzeugen. Probiergläser von mittlerer Weite mit Wasser gefüllt, welche man in die Lösung taucht, frieren nach 10—15 Minuten vollständig aus. Um die Eismassen herauszuholen, erwärmt man die Gläser von aufsen in der Flamme einer Lampe und giebt, indem man sie verkehrt in der Hand hält, einige kräftige Rucke nach unten.

Stärkere Kälteeffekte erhält man durch Mischen der Salze mit Schnee. Rührt man 1 kg Kochsalz mit 3 kg Schnee zusammen, so sinkt die Temperatur bis auf — 21°, und wenn man 4 kg krystallisiertes Chlorcalcium mit 3 kg Schnee rasch mischt, so wird eine Kälte von — 38 bis

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 14. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 81.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

— 40° erzeugt, durch welche man Quecksilber in Probierröhren leicht zum Frieren bringen kann. Dieser Versuch kann nur in strenger Winterkälte ausgeführt werden, wenn der Schnee staubig trocken ist. Um das Chlorcalcium in einer geeigneten Form zu erhalten, löst man das rohe käufliche Salz in Wasser und dampft die Lösung in einer grofsen Porzellanschale so lange ein, bis der Siedepunkt auf etwa 128° gestiegen ist. Beim langsamen Erkalten krystallisiert dann das wasserhaltige Salz in langen Nadeln aus, welche man mit einer Mörserkeule möglichst fein zerdrückt. Besser ist es, während des Erkaltens fleifsig umzurühren, wodurch man das Salz gleich in Form eines feinen Krystallmehles erhält, welches mit der Flüssigkeit einen dicken Brei bildet. Dieser wird mittels eines Löffels in ein Vorratsgefäfs ausgeschöpft und läfst sich in breiigem Zustande einige Zeit aufbewahren, doch mufs man von Zeit zu Zeit die Masse wieder umrühren, sonst erstarrt sie wohl zu einer harten Masse, die sich nur sehr schwierig wieder zerkleinern läfst.

Bei dieser Gelegenheit läfst sich sehr leicht die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren darthun, wenn man eine kleine (nicht tubulierte Kugelvorlage mit langem, engem Halse so weit mit Wasser füllt, dafs dieses noch 6—8 cm im Halse steht, und das Gefäfs in die Kältemischung steckt. Die Wassersäule im Halse ist wegen ihres geringen Durchmessers bereits völlig ausgefroren, wenn im Innern der Kugel noch ein gröfserer Anteil des Wassers flüssig ist. Da sich dies wegen des Eisstöpsels jetzt nicht mehr ausdehnen kann, so zersprengt er das Glas, und infolgedessen vernimmt man ein fortwährendes Krachen. In der Regel springt die Kugel unter Bildung lauter schmaler sphärischer Zweiecke, welche sich leicht von der Eiskugel abnehmen lassen.

Um die Gewalt zu zeigen, welche das Wasser infolge der beim Gefrieren eintretenden Ausdehnung übt, hat Rüdorff* gufseiserne Hohlcylinder von 160 mm Länge und 50 mm äufseren Durchmesser bei 15 mm Wandstärke mit ausgekochtem Wasser von + 4° gefüllt, mit einer Schraube fest verschlossen und in eine Kältemischung aus 3 Teilen Schnee und 1 Teil Kochsalz gelegt. Nach 40—60 Minuten zerspringen dieselben mit lebhaftem Knalle, wobei in einem Falle ein Sprengstück mit solcher Heftigkeit weggeschleudert wurde, dafs es die Wand eines Zinkeimers durchschlug und weit wegflog. Rüdorff erklärt dies damit, dafs das Wasser unter dem starken Drucke, den es durch seine Ausdehnung erleidet, längere Zeit im unterkühlten Zustande, also flüssig, bleibt und dann plötzlich gefriert, was übrigens Boussingault** direkt nachgewiesen hat.

* *Pogg. Ann.*, Bd. 144, S. 328.

** *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 74, S. 77. — *Chem. Centr.-Blatt* 1872, S. 97.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Eine sehr bedeutende Temperaturerniedrigung (um circa 25°) erhält man auch durch Mischen von 1 Teil gepulvertem, krystallisiertem schwefelsauren Natron mit 2—3 Teilen konzentrierter Salzsäure. Die Wärmebindung beruht hier weniger auf dem Übergang eines festen Körpers in den flüssigen Zustand, als vielmehr auf den dabei stattfindenden chemischen Reaktionen. Das schwefelsaure Natron setzt sich mit der Salzsäure zum Teil in Chlornatrium um und mufs deshalb sein Krystallwasser abgeben und ebenso verliert die konzentrierte Salzsäure, in welcher der Chlorwasserstoff in der Form eines flüssigen Hydrats vorhanden ist, ihr Wasser. Bei beiden Vorgängen aber werden sehr bedeutende Wärmemengen latent.

Fig. 696. Natur der Salze.

Nach Beobachtungen von Moritz findet beim Mischen von Schnee und Alkohol eine sehr bedeutende Temperaturerniedrigung statt. Diese beträgt für gleiche Teile Schnee und absoluten Alkohol etwa 30°. Auch mit gewöhnlichem Brennspiritus ist sie immer noch sehr beträchtlich.

VI. Natur der Salze.

§ 147. Reaktion verschiedener Salzlösungen.

Kaliumcarbonat, Kaliumchromat, Borax, Natriumsulfat, Natriumnitrat, Natriumchlorid, Kupfersulfat, Ferrosulfat, Zinksulfat, Eisenchlorid, Bleinitrat. — Eine entsprechende Zahl von Kelchgläsern, destilliertes Wasser, mehrere Streifen blaues und rotes Lackmuspapier.

Die Salzlösungen werden in die Kelchgläser gefüllt und Lackmuspapierstreifen eingetaucht (Fig. 696). Hierbei zeigen sich folgende Reaktionen. Natriumcarbonat, Natriumchromat und Natriumborax: alkalisch; — Natriumsulfat, Natriumnitrat und Natriumchlorid: neutral; — Kupfersulfat, Eisensulfat, Zinksulfat, Eisenchlorid, Bleinitrat: sauer.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ZWEITES KAPITEL.

Darstellung von Salzen durch Einwirkung von Säuren (bezw. Alkalien) auf Metalle.

§ 148. Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure auf Zink und Eisen.

Granuliertes Zink, Eisendraht, in kurze Stücke zerschnitten. Reine Schwefelsäure, reine Salzsäure.

Die Säuren werden mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und vier Bechergläser (8) etwas über die Hälfte damit gefüllt: zwei mit verdünnter Salzsäure (Fig. 697) und zwei mit verdünnter Schwefelsäure (Fig. 698). Dann wirft man die Metalle hinein und bezeichnet den Inhalt der Gläser durch angeklebte Etiketten. Das Zink wird von beiden Säuren schon in der Kälte angegriffen und die Auflösung vollzieht sich, ohne dafs man zu erhitzen braucht. Die Wasserstoffentwickelung ist so lebhaft, dafs man das aus den offenen Bechergläsern entwickelte Gas entzünden kann, welches unter fortdauernden, prasselnden Explosionen weiter brennt. Die Auflösung des Eisens erfolgt mit weit geringerer Lebhaftigkeit, man unterstützt sie deshalb durch Erwärmen. Die Versuche lassen sich in einer Stunde nicht zu Ende führen. Man lasse daher die Gläser bis zur nächsten Stunde an einem warmen Orte (in schwach geheizten Sandbädern*) stehen und sorge dafür, dafs nach völliger Erschöpfung der Säuren noch überschüssiges Metall vorhanden ist, auch gieſse man Wasser nach, um das Eintrocknen der Lösungen zu verhüten. Wenn alle Wasserstoffentwickelung aufgehört hat und selbst bei stärkerer Erwärmung der Flüssigkeit nicht wieder von neuem eintritt, werden die Lösungen in vier Abdampfschalen filtriert, auf ein kleines Volum eingedunstet, in Krystallisationsschalen gegossen, diese mit Glasplatten bedeckt und zur Abkühlung beiseite gesetzt. Nach völligem Erkalten findet man blafsblaugrüne Krystalle von Eisensulfat, grasgrüne Krystalle von Eisenchlorür, farblose Krystalle von Zinksulfat und eine krystallinisch erstarrte Salzmasse von Zinkchlorid (wenn im letzteren Falle das Eindampfen weit genug fortgesetzt worden war, anderenfalls nur eine dicke, sirupartige Lösung).

* Läfst man die Lösungen bei gewöhnlicher Temperatur stehen, so hört, besonders im Winter, die Einwirkung wegen Ausscheidung von Salz bald auf, auch wenn noch freie Säure vorhanden ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man vergleiche mit diesen Versuchen die Einwirkung derselben Säuren auf die betreffenden Metalloxyde, welche ohne Wasserstoffentwickelung von statten geht, weil der Sauerstoff der betreffenden Metalloxyde sich mit dem Wasserstoff der Säuren zu Wasser verbindet.

§ 149. Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure (bezw. Bromwasserstoffsäure) auf andere Metalle.

Mehrere Bechergläser verschiedener Gröfse (1—8). Kalium und Natrium, Magnesium, Aluminium, Mangan, Nickel, Zinnfolie (Stanniol), Bleifolie (blank), Kadmium, Kupferblech, Quecksilber, Silberblech, Platinblech, Goldblech, verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Salzsäure, wässerige Bromwasserstoffsäure.

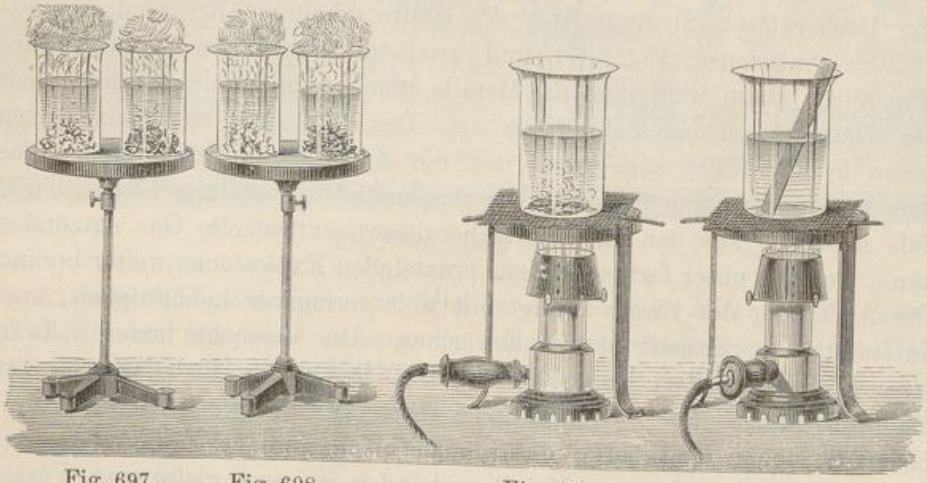


Fig. 697. Fig. 698. Auflösen von Eisen und Zinn in Salz- und Schwefelsäure.

Fig. 699. Fig. 700. Erhitzen von Zinn und Kupfer in Säuren.

Die Löslichkeit oder Nichtlöslichkeit der genannten Metalle in den oben genannten Säuren läfst sich leicht darthun. Kalium und Natrium werden von Schwefelsäure und Salzsäure unter stürmischer explosionsartiger Wasserstoffentwickelung rasch und leicht gelöst (Vorsicht!). Magnesiumband verschwindet in beiden Säuren rasch; auch Aluminium wird von Salzsäure mit gröfster Lebhaftigkeit angegriffen und aufgelöst, in Schwefelsäure geht die Lösung beträchtlich langsamer von statten. Das Mangan veranlafst ebenfalls eine stürmische Wasserstoffentwickelung (Mangan oxydiert sich schon an feuchter Luft und zersetzt Wasser von 100° auch ohne Mitwirkung einer Säure) unter Bildung von Manganchlorür, bezw. Manganosulfat. Nickel löst sich in verdünnter Schwefel-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und Salzsäure ziemlich leicht und giebt grünlich gefärbte Lösungen. Zinnfolie wird nur von warmer verdünnter Salzsäure unter langsamer Wasserstoffentwickelung allmählich gelöst (Fig. 699), von Schwefelsäure nicht, Kadmium dagegen löst sich in beiden Säuren beim Erwärmen ziemlich leicht. Quecksilber, Kupfer (Fig. 700), Blei, Gold und Platin sind gegen beide Säuren indifferent.

Um den Einfluſs des atmosphärischen Sauerstoffs zu zeigen, werden mit Kupfer zwei Parallelversuche ausgeführt. Man erhitze etwa 500 ccm verdünnte Schwefelsäure zum Sieden, gieſse die Hälfte davon noch warm in einen Kolben von 250 ccm Inhalt, so daſs dieser ganz ausgefüllt ist, bringe einige Streifen blankgeputztes Kupferblech hinein und verstöpsle das Gefäſs. Die andere Hälfte der Säure gieſse man in

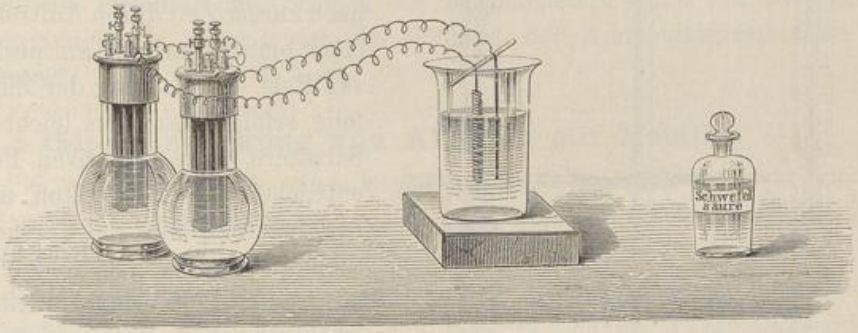


Fig. 701. Auflösen von Metallen unter Mitwirkung des elektrischen Stroms.

eine offene Krystallisationsschale über blankes Kupferblech oder Kupferdraht und lasse beide Gefäſse 24 Stunden lang stehen. Die Säure in dem verschlossenen Kolben ist farblos und das Kupfer völlig blank geblieben, die in der Krystallisationsschale aber erscheint blau gefärbt durch aufgelöstes Kupfer. Jene kann man, wenn der Verschluſs dicht ist, Monate lang stehen lassen, ohne daſs sich ihr Inhalt irgend wie verändert. — Sehr rasch werden dünne Kupferspäne gelöst, wenn man sie in einer offenen Krystallisationsschale mit starker Salzsäure übergieſst und an der Luft stehen läſst. Man erhält schon nach einigen Tagen eine konzentrierte Lösung von Kupferchlorür in Salzsäure, welche auf Zusatz von Wasser das Salz als feines weiſses Krystallpulver abscheidet.

Daſs auch andere Hydrosäuren lösend auf Metalle einwirken, zeigt man durch Erwärmen von Eisen-, bezw. Zinkstaub mit wässeriger Bromwasserstoffsäure, wodurch unter Wasserstoffentwickelung die betreffenden Haloide entstehen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 150. Einwirkung von verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure auf Metalle unter Mitwirkung des elektrischen Stroms.

Ein Becherglas oder eine Krystallisationsschale, eine zwei- oder dreipaarige galvanische Batterie, verdünnte Schwefelsäure, verdünnte Salzsäure. Spiralig gewundener Kupferdraht, Zinnfolie.

Die zu lösenden Metalle werden mittels eines Platindrahts mit dem positiven Pole der Batterie verbunden und in die Säuren gehängt (Fig. 701). Die negative Elektrode kann aus Kupferdraht bestehen. Die Auflösung des Kupfers erkennt man schon nach kurzer Zeit durch Auftreten einer blauen Färbung am positiven Pole. Die Lösung der Zinnfolie erfolgt besonders leicht in Salzsäure. Am negativen Pole entwickelt sich Wasserstoff, und bei längerer Dauer des Versuchs schlägt sich das gelöste Metall an diesem Pole wieder nieder, während die Wasserstoffentwickelung allmählich aufhört. Blei läfst sich auf diese Weise nicht lösen, weil die entstandenen Salze (Bleisulfat, Bleichlorid) wegen ihrer Unlöslichkeit, bezw. Schwerlöslichkeit das Metall bald mit einem undurchdringlichen Überzug bekleiden. Dagegen wird (nach Grotthuss und Berthelot*) selbst Gold gelöst, wenn man einen dünnen Draht dieses Metalls mit dem positiven Pole verbindet und in verdünnter Schwefelsäure (1 Vol. Säure zu 10 Vol. Wasser) einer Platinelektrode gegenüberstellt.

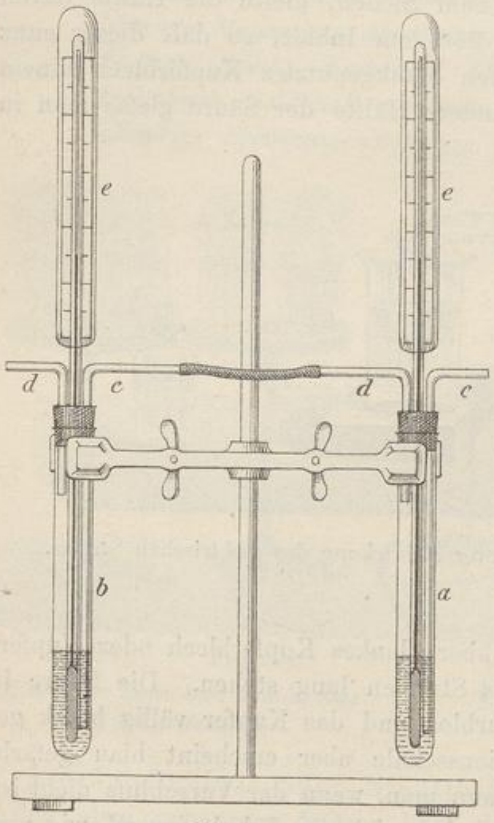


Fig. 702.

§ 150A. Ammoniak.

Dafs beim Übergang des gelösten flüssigen Ammoniaks in Gasform Kälte erzeugt wird, und umgekehrt bei der Wiederaufnahme des Gases

* *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 89, S. 683. — *Chem. Centr.-Bl.* 1879, S. 818.

durch Wasser Erwärmung eintritt, läfst sich anschaulich durch einen von Brandstätter* konstruierten Apparat (Fig. 702) zeigen. Zwei gleich grofse weithalsige Probiergläser *a* und *b* sind in einer Entfernung von etwa 1 dcm voneinander an einem Stativ befestigt. Das Glas *a* ist zu $^1/_3$ mit konzentrierter Ammoniakflüssigkeit, und das Glas *b* zu $^1/_3$ mit reinem Wasser gefüllt. Im übrigen sind beide Gläser mit dreifach durchbohrten Korken versehen, durch deren Mitte je ein Thermometer geht, während die beiden anderen Öffnungen Gaszu- und Gasableitungsröhren tragen. Leitet man auf dem Wege *c a d c b d* einen mäfsigen Luftstrom, so verdunstet ein Teil des Ammoniaks in *a*, geht also aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand über und wird in *b* wieder absorbiert, nimmt also wieder den flüssigen Zustand an. Schon in der ersten Minute kann man ein Fallen des Demonstrationsthermometers *e* in *a* von 18° auf 16° und ein gleichmäfsiges Steigen des Thermometers *e* in *b* von 18° auf 30° konstatieren. Hiermit ist das Prinzip der Ammoniakeismaschine erläutert.

§ 151. Einwirkung von Alkalien auf Metalle.

Zinkstaub, Aluminiumfeilspäne, Eisenpulver, Kalilauge.

Dafs salzartige Verbindungen auch durch Einwirkung von Alkalien auf Metalle entstehen können, läfst sich für Zink und Aluminium leicht zeigen. Erwärmt man in einem kleinen Kölbchen mäfsig konzentrierte Kalilauge mit Aluminiumfeilspänen, so tritt lebhafte Wasserstoffentwickelung ein, und das austretende Gas läfst sich an der Öffnung des Kolbens entzünden; das Metall löst sich dabei vollständig auf, und die entstandene Verbindung, Kaliumaluminat (oder Thonerdekali), läfst sich durch Eindampfen zur Krystallisation in fester Form gewinnen.

Zink löst sich in Kalilauge weniger leicht, rasch aber in Berührung mit Eisen. Man erhitze in einem Kölbchen etwas Kalilauge mit Zinkstaub und werfe einige Stücke blanken Eisendraht hinein, bis das Zink gelöst ist. Die Lösung wird durch Absetzen geklärt, durch Abdampfen konzentriert und mit einer Schicht Weingeist bedeckt, worauf sich nach einiger Zeit weifse Krystalle von Zinkoxydkali (Kaliumzinkat) abscheiden.

Bei diesen Verbindungen vertritt das Schwermetalloxyd die Stelle der Säure.

---

* *Zeitschrift für phys. und chem. Unterricht*, Bd. 9, S. 171. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 412.

DRITTES KAPITEL.

Spaltung der Salze in Säuren und Basen.

I. Zersetzung der Salze durch Erhitzen.

§ 152. Zersetzung von Kupfervitriol und Eisenvitriol.

Ein Platintiegel, eine Reibschale, Kupfervitriol, Eisenvitriol. Lackmuspapier. — Eine Retorte aus böhmischem Glase mit Vorlage.

Kupfervitriol und Eisenvitriol werden in einer Reibschale fein gerieben und dann so viel in einen Platintiegel gebracht, dafs derselbe höchstens $^1/_4$ damit angefüllt ist.

a) Kupfervitriol. Anfangs erhitzt man gelinde, bis das Hydratwasser ausgetrieben ist, dann giebt man möglichst starke Hitze, so dafs der Boden des Tiegels dauernd rotglühend ist, rührt auch von Zeit zu Zeit die pulverige Masse im Tiegel mit einem Glasstabe um. Währenddessen läfst sich das Entweichen der Säure auf verschiedene Weise zeigen: man entferne die Lampe und halte einen zusammengefalteten, angefeuchteten Streifen Lackmuspapier in den Tiegel hinein, doch so, dafs er durch die Hitze nicht verkohlt wird (Fig. 703). Durch das Rotfärben des Papiers wird die Entwickelung saurer Dämpfe bewiesen. Unmittelbar nach dem Hinwegziehen der Lampe kann man das Aufwirbeln dieser Dämpfe auch direkt sehen, noch besser, wenn man eine mit wässerigem Ammoniak ausgeschwenkte Glasglocke darüber hält. Die vollständige Zersetzung von einigen Gramm Kupfervitriol nimmt eine ziemlich lange Zeit in Anspruch und kann im Laufe einer Stunde nicht gut zu Ende geführt werden. Allein die Thatsache, dafs das Salz durch Hitze überhaupt Zersetzung erlitten hat, wird, abgesehen von dem Entweichen der Säure, überdies noch dadurch bewiesen, dafs der Rückstand im Wasser sich nicht mehr vollständig löst, sondern einen schwarzen Bodensatz (von Kupferoxyd) zurückläfst.

b) Eisenvitriol. Der Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul) giebt beim Glühen nicht Schwefelsäure, sondern schweflige Säure, weil sich die Base auf Kosten der ersteren höher oxydiert. (Vergleiche im vierten Abschnitt, IV.) Wenn man demnach den Versuch mit zerriebenem Eisenvitriol in derselben Weise wie mit Kupfervitriol ausführt, so bemerkt man durch den Geruch das Auftreten von Schwefligsäuregas. Das Verhalten des Salzes aber ist äufserlich ganz ähnlich. Zuerst entweicht das Krystallwasser, bei stärkerem Erhitzen die Säure, und im Tiegel bleibt ein rotbraunes Pulver von Eisenoxyd zurück.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wendet man zu dem Versuch aber verwitterten Eisenvitriol (basisch schwefelsaures Eisenoxyd) an, welchen man durch längeres Liegenlassen des zerriebenen Salzes an der Luft bereitet, so zersetzt sich derselbe beim Glühen in Schwefelsäure und Eisenoxyd. Da jene nicht genug Wasser in dem verwitterten Salze findet, um damit Hydrat zu bilden, so entweicht sie zum grofsen Teil als Anhydrid. Man erhitze eine nicht zu geringe Menge lufttrockenen, völlig verwitterten Eisenvitriols in einer Retorte aus schwer schmelzbarem (böhmischem) Glase und stecke über den Hals derselben eine Kugelvorlage, welche etwas Wasser enthält, setze letztere in eine Krystallisationsschale, erhitze den Inhalt der Retorte stark und kühle dabei die Vorlage durch Aufgiefsen von Wasser. Die hellbraun

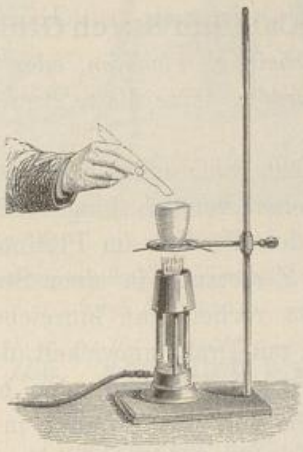


Fig. 703.

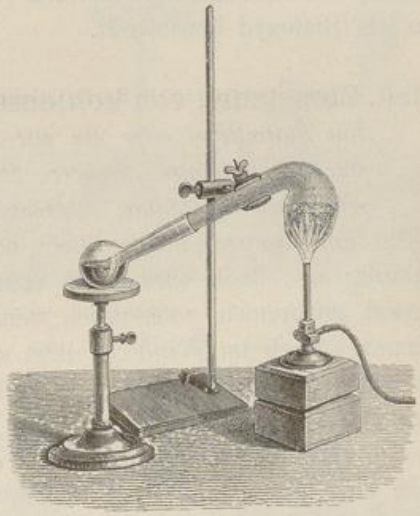


Fig. 704.

Zersetzen von Salzen durch Hitze.

gefärbte Salzmasse wird dunkler, und in der Vorlage treten dicke Dämpfe auf, welche sich daselbst kondensieren und von dem Wasser absorbiert werden. Schliefslich bleibt in der Retorte rotbraunes Eisenoxyd (caput mortuum), und in der Vorlage hat man rauchende (Nordhäuser) Schwefelsäure oder Vitriolöl.

§ 153. Zersetzung von salpetersaurem Blei durch Erhitzen.

Eine Retorte (3) mit Vorlage, ein Retortenhalter, eine Reibschale. Salpetersaures Blei.

Die Krystalle des salpetersauren Bleies werden in der Reibschale zu einem feinen Pulver zerrieben und in eine Retorte geschüttet, dann eine

reichliche Quantität Wasser in die Vorlage gebracht und diese über den Hals der Retorte geschoben, überhaupt der Apparat so zusammengesetzt, wie Figur 704 zeigt. Man erhitze hierauf die Retorte vorsichtig durch die Flamme eines einfachen BUNSEN'schen Brenners. Das Salz beginnt unter schwachem Verknistern bald zu schmelzen, während sich rötliche, immer dicker werdende Dämpfe entwickeln, welche aber vom Wasser der Retorte vollständig absorbiert werden. (Untersalpetersäure, welche sich mit dem Wasser in Salpeter- und salpetrige Säure umsetzt [Vierter Abschnitt]). Das Wasser reagiert nachher stark sauer, was durch Eingiefsen von blauem Lackmus erkannt wird. Wenn die Entwickelung der roten Dämpfe aufgehört hat, kann man die Retorte zerschlagen, den Rückstand im Mörser zerreiben, seine Unlöslichkeit in Wasser darthun und, wenn man will, auch auf Kohle reduzieren (s. oben S. 458). Hierdurch ist seine Natur als Bleioxyd konstatiert.

§ 154. Zersetzung von kohlensaurem Calcium durch Glühen.

Ein Platintiegel oder ein mit Kohle geheizter Windofen, oder auch eine Gebläselampe. Mehrere Stücke Marmor. Eine kleine Porzellanschale, ein Kelchglas. Curcumapapier.

Das kohlensaure Calcium giebt beim Glühen zwar seine Kohlensäure vollständig ab, doch wird dazu immerhin eine ziemlich lange Zeit in Anspruch genommen, namentlich wenn man den Versuch im Platintiegel vornimmt. Auch im Windofen läfst sich die Zersetzung in einer Stunde nicht gut zu Ende führen; man mufs bereits vorher eine hinreichende Menge glühender Kohlen haben, den Marmor mit Draht umwickelt (damit er nicht zerfällt) hineinpacken und das Glühen mindestens eine halbe Stunde lang fortsetzen, dann abkühlen lassen und das Produkt in der nächsten Stunde untersuchen. Am einfachsten aber läfst sich die Zersetzung mittels der Gebläselampe bewirken. Man nehme von demselben Vorrat mehrere Marmorstücke, jedes etwa von der Gröfse einer Walnufs, bringe einige davon in ein Kelchglas, übergiefse sie mit Wasser (Fig. 705) und zeige ihre völlige Unlöslichkeit darin. Dann wird ein anderes Stück auf ein Drahtdreieck gelegt und von unten her der Strahl der Gebläselampe darauf gerichtet (Fig. 706). Bald kommt der Marmor durch und durch zum Glühen und schon nach 10—15 Minuten kann man den Versuch unterbrechen. Man läfst das geglühte Stück in einer kleinen Porzellanschale so weit abkühlen, dafs man es mit der Hand berühren kann, und giefst mittels der Pipette eine angemessene Menge von Wasser auf (Fig. 707). Das heftige Zischen, welches sogleich infolge der Hydratwasseraufnahme eintritt, giebt Kunde von der durch das Glühen bewirkten Veränderung der Substanz. Nun löst man etwas von dem zerfallenen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Pulver in Wasser auf und prüft die Lösung mit Curcumapapier (Fig. 708). Wenngleich sich bei diesem Versuche das Entweichen der Kohlensäure nicht nachweisen läfst, so läfst doch die Natur des Glührückstands keinen Zweifel, dafs es nicht mehr kohlensaures Calcium, sondern Calciumoxyd ist.

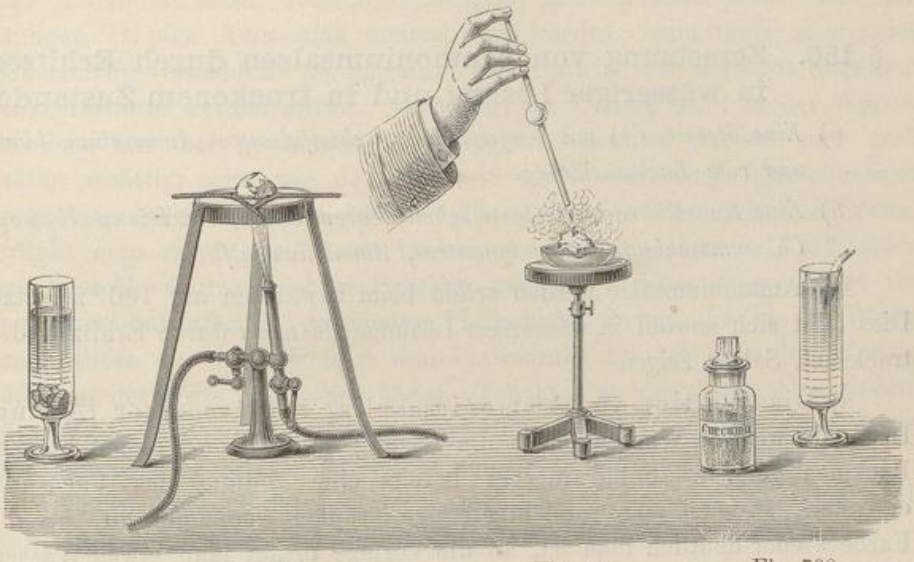


Fig. 705. Fig. 706. Fig. 707. Fig. 708.

Zersetzen von kohlensaurem Calcium durch Erhitzen.

Löschen und Lösen von Kalk.

§ 155. Verhalten anderer Salze beim Glühen.

Drei böhmische Röhren, an dem einen Ende zugeschmolzen, an dem anderen mit Kork und Gasableitungsrohr versehen, eine Krystallisationsschale, eine pneumatische Wanne. Doppeltkohlensaures Natrium, entwässertes einfachkohlensaures Natrium, entwässertes schwefelsaures Natrium.

Das doppeltkohlensaure Natrium giebt beim Glühen die Hälfte seiner Kohlensäure ab und verwandelt sich in einfachkohlensaures Salz. Letzteres bleibt beim Glühen unverändert, ebenso das schwefelsaure Natrium.

a) Doppeltkohlensaures Natrium. Das gepulverte Salz wird in eine einseitig zugeschmolzene böhmische Röhre gebracht, so dafs sich dieselbe von hinten her zur Hälfte füllt, die Röhre dann auf dem Tische aufgeklopft, so dafs sich ein Kanal bildet, verschlossen, mit dem Gasableitungsrohr verbunden und das Rohr mit der Röhrenheizlampe stark erhitzt. Das entweichende Gas fängt man in der pneumatischen Wanne auf, deren Wasser man vorher durch einige Tropfen Lackmus schwach

gebläut hat. Die blaue Farbe des Lackmus geht in Weinrot über und das Gas wird vom Wasser durch Schütteln absorbiert.

b) Einfachkohlensaures Natrium und schwefelsaures Natrium. Beide Salze werden ebenso behandelt wie das vorige, wobei es sich zeigt, dafs keine Säure entweicht, die Salze also unverändert bleiben.

§ 156. Zersetzung von Ammoniumsalzen durch Erhitzen in wässeriger Lösung und in trockenem Zustande.

a) Eine Retorte (4) mit Kugelvorlage, schwefelsaures Ammonium, blaue und rote Lackmuslösung.

b) Eine Kugelröhre von schwer schmelzbarem Glase, ein Dissozioskop, Chlorammonium, Ammoniumnitrat, Ammoniumsulfat.

Die Ammoniumsalze werden schon beim Erwärmen auf 100° zersetzt. Dies läfst sich sowohl in wässeriger Lösung, als auch durch Erhitzen des trockenen Salzes zeigen.

a) Dissoziation von Ammoniumsulfat in wässeriger Lösung. Das Salz wird in Wasser gelöst, die Lösung mit einigen Tropfen blauem Lackmus gefärbt. Sollte hierbei bereits eine Rötung des Farbstoffs eintreten, so setzt man vorsichtig einige Tropfen Ammoniak zu, bis die Farbe wieder deutlich blau ist. In die Vorlage bringt man etwas Wasser, welches man mit roter Lackmuslösung färbt. Dann erhitzt man die Lösung zum Sieden. Die blaue Flüssigkeit in der Retorte wird rot, das rote Wasser in der Vorlage blau, offenbar durch Entweichen von Ammoniak aus dem durch die Wärme zersetzten Salze.

b) Dissoziation trockener Ammoniumsalze durch Erhitzen. Dafs Ammoniumchlorid durch Erhitzen in Chlorwasserstoff und Ammoniak zerfällt, läfst sich nach C. Böttinger* am einfachsten dadurch zeigen, dafs man in eine Kugelröhre etwas Salmiak bringt, dieselbe horizontal hält, in die eine Öffnung einen Streifen rotes, in die andere einen Streifen blaues Lackmuspapier steckt und die Kugel erhitzt. Neigt man jetzt die Röhre ein wenig, so dass die Öffnung mit dem roten Papiere nach oben, die andere nach unten gerichtet ist, so entweicht aus der oberen Öffnung Ammoniak, aus der unteren Salzsäure, was man an der Farbenveränderung des Papiers erkennt. Der Versuch gelingt stets, wenn die Neigung die richtige ist; anderenfalls entweichen beide Gase aus einer Öffnung, zuerst das Ammoniak und dann die Salzsäure, und färben dementsprechend die Papiere.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 11, S. 2004. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 33.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tommasi* benutzt zur Demonstration dieser Zersetzung ein von ihm Dissozioskop genanntes Instrument. Es besteht aus einer Glasröhre von 25—30 cm Länge und 4—5 cm Durchmesser; sie wird an der einen Seite zugeschmolzen und bleibt an der anderen zunächst noch offen. Man bereitet sich nun eine Lösung von einem der oben unter b) genannten Ammoniumsalze, doch mufs dieselbe, falls sie sauer sein sollte, mit einigen Tropfen Ammoniak neutralisiert werden; man mufs aber jeden Überschufs vermeiden, da hierdurch der Eintritt der Reaktion verzögert oder verhütet werden würde. Auch darf die Lösung nicht in der Wärme, sondern nur bei gewöhnlicher Temperatur bereitet werden und mufs völlig gesättigt sein, was der Fall sein wird, wenn noch überschüssiges, ungelöstes Salz vorhanden ist. Mit dieser deutlich blau gefärbten Lösung tränkt man einen etwa 2 cm breiten Streifen von starkem Fliefspapier, trocknet ihn durch leichtes Drücken zwischen Filtrierpapier, hängt ihn an einen hakenförmig gebogenen Platindraht, bringt ihn in die Röhre, zieht diese aus und schmilzt den Platindraht ein, so dafs der Streifen etwa in der Mitte der Röhre hängt. Taucht man den Apparat in siedendes Wasser, so wird der Lackmusstreifen durch Dissoziation des Salzes rot, nimmt aber beim Abkühlen seine blaue Farbe wieder an.

Dieser Versuch läfst sich ebensogut mit Chlorammonium, als auch mit Ammoniumsulfat und -nitrat etc. ausführen.

II. Zersetzung von löslichen Oxy- und Haloidsalzen durch Basen.

Im allgemeinen werden die Metallsalze durch Einwirkung stärkerer Basen zersetzt. Wendet man Kali oder Natron als Zersetzungsmittel an, so ist der in den Lösungen entstehende Niederschlag fast ausnahmslos das Hydrat der Base, und in der Flüssigkeit bleibt immer das Alkalisalz der betreffenden Säure gelöst. Bei Anwendung von Ammoniak treten in mehreren Fällen Nebenerscheinungen auf. Hiervon sind nur noch die Zersetzung der Metallsalze durch alkalische Erden und die Zersetzung der Ammoniaksalze zu unterscheiden.

* *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 92, S. 299. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 291.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 157. Zersetzung löslicher Metallsalze durch Kali oder Natron und Ammoniak.

Konzentrierte Lösungen verschiedener Metallsalze. Kalilauge, Natronlauge, Ammoniakflüssigkeit. Eine gröfsere Anzahl von Kelchgläsern.

Vorrätig bereitet und in Standgefäfsen aufbewahrt hat man Lösungen von Salzen des Barium, Calcium, Strontium, Magnesium, Aluminium, Chrom, Eisen (Oxyd und Oxydul), Mangan, Kobalt, Nickel, Uran, Zinn, Gold, Platin, Blei, Quecksilber, Silber, Kupfer und Kadmium. Es ist gleichgültig, ob dies Chloride, Nitrate oder Sulfate sind. Von jeder Lösung

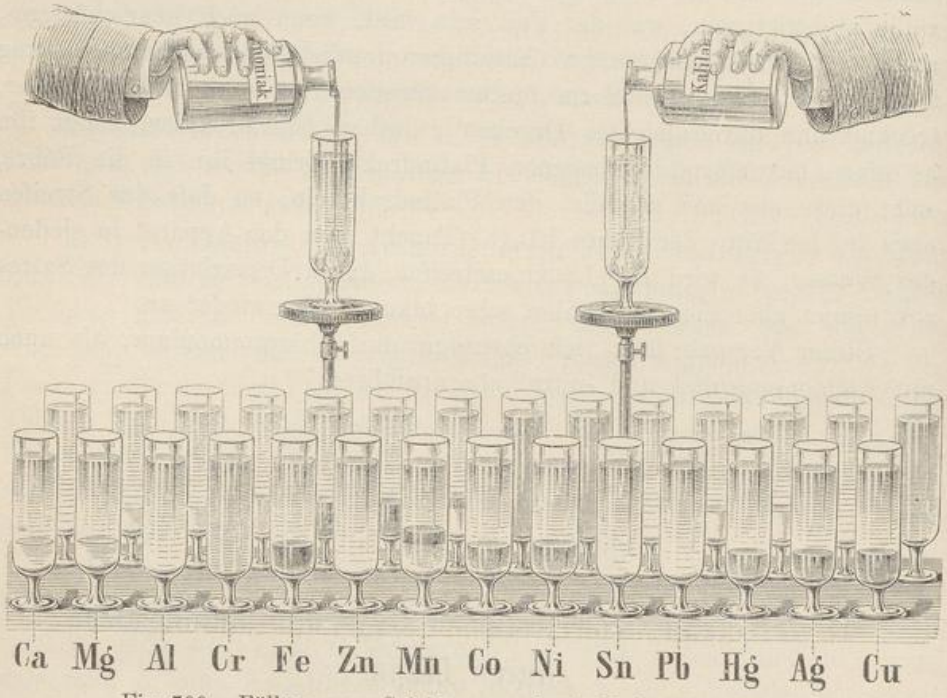


Fig. 709. Fällung von Salzlösungen durch Kali und Ammoniak.

gieſst man einige Kubikcentimeter in ein Kelchglas, verdünnt sie mit der 10—12fachen Menge destillierten Wassers und setzt das Fällungsmittel (Kali oder Natron, bezw. Ammoniak) hinzu. Da sich Natron den Salzen der Schwermetalle gegenüber ganz ähnlich verhält, wie Kali, so stellt man mit jedem dieser Salze nur zwei Parallelversuche, einen mit Kali und einen mit Ammoniak, an. Die Kelchgläser werden mit den erzeugten Niederschlägen der besseren Beobachtung wegen nebeneinander gestellt (Fig. 709). Auf folgende Punkte ist hierbei aufmerksam zu machen.

Die Lösungen dürfen nicht zu konzentriert, aber auch nicht zu verdünnt sein. Man verfahre bei Zusatz des Fällungsmittels vorsichtig und

setze nicht gleich zu grofse Mengen auf einmal zu, besonders in den Fällen, wo der Niederschlag im Fällungsmittel wieder löslich ist. Ist letzteres der Fall, so erzeugt man zuerst den Niederschlag durch Zusatz von wenig Kali, bezw. Ammoniak, und löse ihn dann allmählich wieder auf. Besondere Beachtung verdienen die Niederschläge, die mit der Zeit ihre Natur ändern, also die der Kobalt, Nickel-, Mangan- und Eisenoxydulsalze, sowie das Kupferoxyd.

In Eisenoxydulsalzen einen Niederschlag von rein weifser Farbe zu erzeugen, ist äufserst schwierig. Zuerst ist es nötig, eine völlig oxydfreie Lösung zu haben. Man nehme gut krystallisierten reinen Eisenvitriol, wasche die Krystalle zuerst mit destilliertem Wasser, um das oberflächlich anhaftende Oxydsalz so viel als möglich zu beseitigen, setze etwas reine Schwefelsäure hinzu, werfe in die Lösung eine angemessene Menge von in Stücke zerschnittenem weichen Eisendraht, wie er zum Verbinden von Flaschen gebraucht wird, und koche damit längere Zeit.

Die Kalilösung, mit der man den Niederschlag bewirkt, mufs luftfrei sein. Deshalb ist sie unmittelbar vor dem Gebrauche in einem Kölbchen auszukochen und in dem verstöpselten Kölbchen erkalten zu lassen. Es kommt nun darauf an, beide Lösungen so miteinander zu mischen, dafs keine Spur von Luft mit eingeführt wird, und gerade hierin liegt die Schwierigkeit. Die Fällung mufs natürlich in dem Gefäfse vorgenommen werden, in welchem das Eisensalz mit dem Drahte gekocht wurde. Die Art, welche hierzu empfohlen wird, ist folgende: ein Kölbchen von etwa 300 ccm Inhalt ist mit einem dreifach durchbohrten Korke zu verschliefsen. Durch die mittlere Durchbohrung geht eine Kugelröhre bis fast auf den Boden des Kolbens, welche unter der Kugel oberhalb des Korks mit einem Hahne verschliefsbar ist. Die obere Öffnung der Kugel ist so weit, dafs man durch sie Flüssigkeiten eingiefsen und dann einen Stöpsel aufsetzen kann. Die beiden anderen Durchbohrungen haben zwei kurze, unter dem Korke endigende Gasableitungsröhren. Man beginnt nun damit, dafs man das Kölbchen mit etwa 100 ccm Wasser eine längere Zeit kocht, um sicher zu sein, dafs alle Luft ausgetrieben ist. Während des Siedens taucht man das in dem Korke steckende Kugelrohr ein, saugt mittels eines auf die obere Öffnung gesteckten Gummischlauchs Wasser ein bis über den Hahn (Vorsicht!) und schliefst diesen schnell. Dann lasse man das Rohr im Fläschchen stehen, ohne den Kork in den Hals des Kölbchens einzusetzen, schütte den abgewaschenen Eisenvitriol und den zerschnittenen Eisendraht ein und setze einige Kubikcentimeter mäfsig verdünnte Schwefelsäure zu. Jetzt verschliefse man die Flasche fest mit dem Korke, verbinde die eine Gaseinströmungsröhre mit einem Wasserstoffentwickelungsapparate, leite einen langsamen Wasserstoffstrom

hindurch und koche währenddessen, bis die Wasserstoffentwickelung innerhalb der Flasche aufhört. Jetzt fülle man die Kugel durch ihre obere Öffnung mit ausgekochter, noch heifser Kalilauge, setze den Stöpsel auf, verlösche die Lampe und lasse in einem langsamen Wasserstoffstrome erkalten. Endlich öffne man, wenn dies geschehen ist, den Hahn und lasse unter Entfernung des Stöpsels die Kalilauge zufliefsen, verschliefse aber den Hahn, bevor die Kugel sich ganz geleert hat. Unter Anwendung aller dieser Vorsichtsmafsregeln gelingt es wohl, einen Niederschlag zu erhalten, der einige Augenblicke völlig weifs erscheint, doch ändert er seine Farbe in hellgrün, schmutziggrün, olivengrün etc. in verhältnismäfsig kurzer Zeit. — In viel einfacherer Weise erhält man beinahe dasselbe Resultat, wenn man den Wasserstoffstrom ganz wegläfst, die Lösung mit Eisendraht und Schwefelsäure lange genug kocht, dann die heifse ausgekochte Kalilösung in eine gewöhnliche Pipette nimmt (Vorsicht beim Einsaugen unter Anwendung eines Kautschukschlauchs), diese mit der Vorsicht, dafs kein Tropfen unten abfliefst und durch Luft ersetzt wird, rasch in das Kölbchen bringt und auslaufen läfst.

Unter Anwendung eines Kunstgriffs gelingt es nun aber sehr leicht, einen Niederschlag von rein weifser Farbe zu erhalten, der dieselbe auch längere Zeit bewahrt. Dieser Kunstgriff besteht darin, die Flüssigkeit mit einem Reduktionsmittel zu sättigen, welches den freien Sauerstoff absorbiert. Man erreicht dies, indem man den Eisenvitriol in einem Kölbchen mit verdünnter Schwefelsäure und Eisenfeile zuerst wieder, wie oben beschrieben wurde, längere Zeit kocht und dann der sauren, noch warmen Lösung mehrere Krystalle von Natriumsulfit zusetzt. Die letztere sättigt sich mit der frei werdenden schwefligen Säure und mufs stark danach riechen. Auch die zum Fällen benutzte Kalilauge wird mit Kaliumsulfit versetzt und aus einer Pipette eingeführt.

Um die Farbenänderung des Eisenoxydul- und Manganoxydulniederschlags besser erkennen zu lassen, gieſst man beide mit ihrer Flüssigkeit in flache Porzellannäpfe und läfst sie darin stehen.

Bei der Fällung der grünen Chromoxydsalze (Chromsulfat oder Chromchlorid) mit Ammoniak, wobei immer ein kleiner Teil des Salzes in die violette Modifikation umgewandelt wird, wird man Gelegenheit haben, diese Modifikationen zu erwähnen. Dabei läfst sich ein von Étard* beschriebener Vorlesungsversuch ausführen, welcher gestattet, die beiden Modifikationen beliebig ineinander umzuwandeln. Man füllt ein etwas weites Probierröhrchen zu $^3/_4$ mit einer verdünnten Lösung von Chrom-

* *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 80, S. 1306. — *Chem. Centr.-Blatt* 1875, S. 481.

chlorid, setzt 4—5 ccm einer Lösung von salpetrigsaurem Kalium hinzu und schüttelt. Die Flüssigkeit wird augenblicklich violett (Fig. 710). Läfst man hiernach mittels einer Pipette auf den Boden des Röhrchens ein wenig arsensaures Kali fliefsen und schüttelt, so wird die Flüssigkeit in dem unteren Teile des Rohrs wiederum lebhaft grün (Fig. 711). Loewel nimmt vier Modifikationen des Chromoxydhydrats an: zwei grüne, eine karminviolette und eine blauviolette. Die Farben und Eigenschaften der durch salpetrigsaure und arsensaure Salze veränderten Lösungen stimmen mit dieser Ansicht überein. Das karminviolette Salz, welches man durch

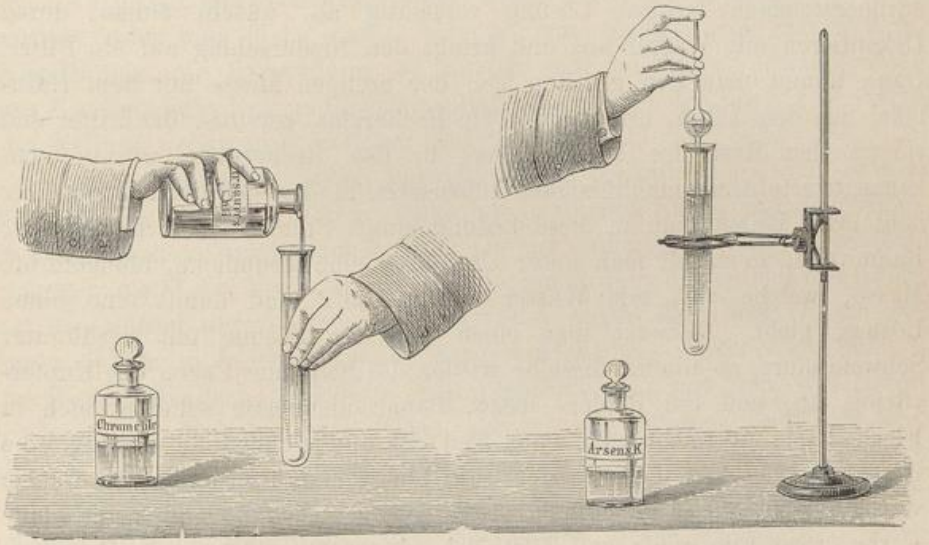


Fig. 710. Modifikationen des Chromoxyds. Fig. 711.

salpetrigsaures Kali erhält, giebt mit Kalilauge einen in Ammoniak unlöslichen grauen Niederschlag, wodurch er sich sehr bestimmt von den gewöhnlichen blauvioletten Salzen unterscheidet. Das hellgrüne Salz, welches durch arsensaures Kali entsteht, giebt mit Kali einen in Essigsäure unlöslichen und in Ammoniak mit blauvioletter Farbe löslichen Niederschlag. Hierdurch unterscheidet es sich ganz bestimmt von den gewöhnlichen grünen Salzen.

Bei der Fällung der Kupfersalze durch Kali ist darauf zu achten, dafs die Kalilösung mäfsig verdünnt sein mufs, da unter Anwendung von konzentrierter Kalilauge die blaue Farbe des Niederschlags in der Regel rasch in schwarz übergeht. Der Versuch soll so eingerichtet werden, dafs diese Umwandlung erst beim Erwärmen der Lösung eintritt. Man erzeugt den Niederschlag daher mit der angegebenen Vorsicht in einem

Kochfläschchen, läfst ihn einige Zeit stehen und erwärmt dann auf der Lampe.

Dafs die Lösungen der Niederschläge in dem überschüssigen Fällungsmittel keine blofs physikalischen sind, sondern auf chemischer Verbindung des Lösungsmittels mit den Niederschlägen beruhen, wodurch eine mit neuen Eigenschaften begabte Substanz entsteht, kann durch das Verhalten der Kupferoxydammoniaklösung (Schweizer'sche Flüssigkeit) gegen Pflanzenfaser gezeigt werden. Um diese Flüssigkeit zu bereiten, fällt man eine gröfsere Menge von gelöstem Kupfervitriol unter den angegebenen Vorsichtsmafsregeln mit Kali, läfst den Niederschlag absetzen, gieſst die darüberstehende farblose Lösung vorsichtig ab, wäscht einmal durch Dekantieren mit Wasser aus und bringt den Niederschlag auf ein Filter. Dann nimmt man den gröfsten Teil der breiigen Masse mit dem Hornlöffel aus dem Filter, bringt sie in ein Becherglas, zerstöfst das Filter und spritzt den Rest des Niederschlags in das Becherglas, worauf man konzentrierte Ammoniakflüssigkeit hinzusetzt, in der sich der Niederschlag bald löst. Bringt man in diese Lösung einige Stücke Filtrierpapier oder Baumwolle, so erhält man unter Umrühren eine sirupdicke, blaugefärbte Masse, welche sich mit Wasser mischen läfst und damit eine blaue Lösung giebt. Versetzt man einen Teil der Lösung mit verdünnter Schwefelsäure, so nimmt dieselbe wieder die hellblaue Farbe des Kupfervitriols an, und die Papier-, bezw. Baumwollenmasse scheidet sich in Flocken aus. Streicht man einen Teil der dunkelblauen Lösung auf eine Glasplatte und legt diese vorsichtig in eine Krystallisationsschale, welche verdünnte Schwefelsäure enthält, so verliert der Überzug bald seine blaue Farbe, wird rein weifs und läfst sich als zusammenhängende Haut von der Glasplatte abziehen und mit Wasser auswaschen.

Wenn man zeigen will, dafs die durch Fällung der Metallsalze in wässeriger Lösung erzeugten Niederschläge im allgemeinen Hydrate sind, so bringt man einen davon in ein trockenes Probierröhrchen und erwärmt gelinde über der Lampe, wobei Wasser entweicht, welches sich im oberen Teile des Röhrchens kondensiert.

§ 158. Zersetzung von Salzen durch alkalische Erden.

Lösungen von Eisenchlorid, Manganchlorür, Bleinitrat, Kupfernitrat; Barytwasser, Kalkwasser. Mehrere Probiergläser mit Gestell.

Die Salze der schweren Metalle werden zwar im allgemeinen durch Baryt und Kalk unter Abscheidung der Base ebensogut zersetzt, wie durch Kali und Natron, doch kann hier die Reaktion dadurch kompliziert werden, dafs die in dem Salze enthaltene Säure mit der alkalischen Erde ein unlösliches oder schwerlösliches Salz bildet, was z. B. bei Sulfaten der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fall ist. Der Niederschlag besteht dann nicht nur aus der abgeschiedenen Base, sondern ist mit dem Sulfat der alkalischen Erde gemischt. Die Chloride und Nitrate aber zeigen gegen Kalk und Baryt das gleiche Verhalten, wie gegen Kali und Natron. Versetzt man in Probiergläschen verdünnte Lösungen von Eisenchlorid und Bleinitrat mit überschüssigem Baryt- oder Kalkwasser, so entsteht im ersten Falle ein brauner, im zweiten Falle ein weifser Niederschlag; der erste ist Eisenoxyd, der zweite Bleioxyd. Um die Fällung vollständig zu machen, sind wegen der Schwerlöslichkeit der alkalischen Erden verhältnismäfsig grofse Mengen ihrer Wässer nötig. Die Lösung enthält dann nur Bariumchlorid, bezw. -nitrat. Eine Auflösung der gebildeten Niederschläge durch überschüssige Fällungsmittel findet hier nicht statt. Versetzt man dagegen ein Sulfat, z. B. Kupfersulfat, mit Barytwasser, so entsteht eine hellblaue Fällung, welche aus Kupferoxydhydrat und Bariumsulfat besteht. In der Lösung ist, wenn die Fällung vollständig war, nur Baryt enthalten.

Diese Reaktionen haben vorwiegend ein theoretisches Interesse und sind für die praktische Chemie etwa nur in solchen Fällen von Bedeutung, wo es darauf ankommt, eine in einer Lösung enthaltene Säure auszufällen; dagegen bietet das Verhalten der alkalischen Erden, namentlich des Kalks, zu den Salzen der Alkalien ein wertvolles Mittel dar, diese Basen aus ihren Salzen in freiem Zustande abzuscheiden, was immer dann gelingt, wenn das alkalische Salz eine Säure enthält, die mit den alkalischen Erden ein unlösliches Salz bildet. Dieses scheidet sich dann aus der Lösung ab, und die alkalische Base bleibt in freiem Zustande darin gelöst, was man durch Versetzen von Kaliumcarbonat-, Kaliumsulfat- und Kaliumchromatlösungen mit Kalk-, bezw. Barytwasser zeigen kann.

Hierauf beruht auch die

§ 159. Darstellung von Ätzkali, bezw. Ätznatron aus Kalium-, bezw. Natriumcarbonat.

Kalium-, bezw. Natriumcarbonat, ein Becherglas (8 oder 9), eine Kochlampe, ein Drahtnetz, ein Glasstab, eine Pipette, mehrere Probiergläser mit Gestell. Gebrannter Kalk, Salzsäure.

Das Becherglas wird zu $^3/_4$ mit Wasser gefüllt und auf der Lampe nach Unterlegen eines Drahtnetzes bis zum Sieden des letzteren erhitzt. Dann trägt man allmählich 100—200 g Soda oder Pottasche ein und bewirkt die Lösung durch Umrühren. Inzwischen sind etwa 100 g gebrannter Kalk durch Aufgiefsen von Wasser zu einem trockenen Pulver gelöscht worden, welches man löffelweise der heifsen Salzlösung zuzetzt und damit kocht. Nach einiger Zeit schöpft man mittels eines Löffels etwas von der siedenden Flüssigkeit in ein kleines Becherglas, läfst den Niederschlag

absetzen, hebt mittels einer kleinen Pipette einige Kubikcentimeter der klaren Lösung heraus, bringt dieselbe in ein Probierglas und prüft durch Zusatz einiger Tropfen Salzsäure, ob sie noch braust (d. h. noch Alkalicarbonat enthält). Ist dies der Fall, so fährt man mit dem allmählichen Zusatz von Kalk unter wiederholtem Prüfen so lange fort, bis das Brausen aufgehört hat. Dann wird die Lampe verlöscht, das Glas mit einer Platte bedeckt und abkühlen gelassen, wobei sich der Niederschlag von Calciumcarbonat rasch senkt. Schliefslich trennt man durch Dekantieren die Lösung und zeigt, dafs die Kohlensäure, die erst im Alkalicarbonat gebunden war, jetzt im Niederschlage enthalten ist, welcher auf Zusatz von Säure stark braust.

Fig. 712. Fig. 713. Fig. 714.

Austreibung von Ammoniak.

§ 160. Zersetzung von Ammoniumsalzen durch Basen. Darstellung von Ammoniak.

Ammoniumchlorid oder Ammoniumsulfat; Kalk, konzentrierte Salzsäure. Eine Reibschale, eine Glasglocke, ein Gasentwickelungskolben, ein mit Kalikalk gefülltes Trockenrohr; ein hoher Fufscylinder mit Gaseinleitungsvorrichtung und durchbohrtem Korke mit Glasrohr.

Man lösche einige Stücke gebrannten Kalk zu staubigem Pulver, reibe dann in einem Mörser etwas Salmiak fein und mische damit das pulverige Kalkhydrat (Fig. 712). Der stechende Geruch, der sich sofort mit grofser Auffälligkeit bemerkbar macht, zeigt an, dafs der Kalk den Salmiak zersetzt hat, was sich noch weiter dadurch zeigen läfst, dafs man eine mit

Salzsäure ausgeschwenkte Glocke, in welche man einige Streifen rotes Lackmuspapier geklebt hat, über die Reibschale hält. Die Glocke erfüllt sich sofort mit dicken, weithin sichtbaren Salmiaknebeln (Fig. 713). Dies Verhalten dient auch zur Nachweisung des Ammoniaks in einem Salze oder Salzgemenge. Man bringe davon etwas in ein Probiergläschen, gieſse konzentrierte Kalilauge auf, erwärme gelinde und halte einen mit Salzsäure befeuchteten Glasstab in das Röhrchen. War Salmiak in der Mischung vorhanden, so umgiebt sich der Stab mit dicken weiſsen Nebeln, welche in das Probiergläschen hineinfallen (Fig. 714).

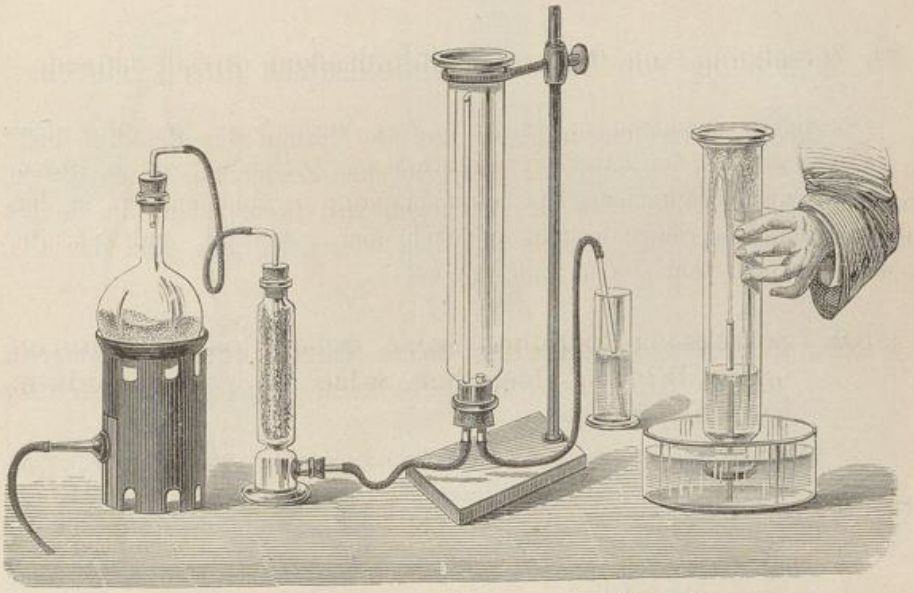


Fig. 715. Fig. 716.

Darstellung und Absorption von Ammoniak.

Die Reaktion findet ferner Benutzung zur

Darstellung von Ammoniak. Man löscht eine gröſsere Menge Kalk zu trockenem Pulver, reibt etwa 100 g Salmiak fein und mischt ihn rasch mit dem Kalkpulver, schüttet das Gemenge in eine Gasentwickelungsflasche und verbindet diese durch einen mit gebranntem Kalke und Kali gefüllten Absorptionsturm mit einem zur Aufsaugung des Gases hergerichteten Cylinder. Man kann sich hierzu desselben Cylinders bedienen, welcher zur Auffangung und Absorption der Salzsäure benutzt wird. Man muſs ihn aber verkehrt aufhängen, weil Ammoniakgas leichter ist als Luft. Das Ableitungsrohr des Cylinders taucht man in kaltes Wasser (Fig. 715). Nun wird der Kolben vorsichtig erwärmt. Schon nach

kurzer Zeit hat das Wasser, in welches das aus dem Absorptionscylinder austretende Gas geleitet wird, alkalische Reaktion angenommen. Man setzt den Versuch so lange fort, bis sich das Wasser in eine hinreichend starke Ammoniakflüssigkeit verwandelt hat, öffnet dann den Absorptionscylinder, setzt den dazu dienenden Kork mit Glasröhre ein und taucht ihn verkehrt in durch rotes Lackmus gefärbtes Wasser (Fig. 716). Die Absorption erfolgt rasch unter ähnlicher Erscheinung, wie bei der Salzsäure.

III. Zersetzung von Oxy- und Haloidsalzen durch Säuren.

Bei diesen Zersetzungen ist der äufsere Verlauf der Reaktion nicht so einfach, wie bei der unter II. beschriebenen Zersetzung durch Basen. Es treten hier verschiedene Erscheinungen auf, je nachdem die in den Salzen vorhandene Säure löslich, unlöslich oder gasförmig, und das alte, bezw. neue Salz löslich oder unlöslich ist.

§ 161. Zersetzung löslicher Salze durch lösliche Säuren unter Bildung löslicher Salze und Abscheidung löslicher Säuren.

a) *Chlornatrium, Kalium- oder Natriumnitrat, konzentrierte reine Schwefelsäure, zwei Bechergläser, zwei Abdampfschalen, ein Wasserbad, eine Wage.*

b) *Kupfervitriol, konzentrierte Salzsäure, Schwefelsäure, Kaliumdichromat verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure. Zwei Kelchgläser.*

c) *Kaliumdichromat, konzentrierte Schwefelsäure. Eine grofse Porzellanschale, eine poröse Thonplatte, ein Trichter mit Absaugevorrichtung für die Wasserluftpumpe; ein Rohr zum Trocknen der Chromsäure.*

In diesen Fällen ist die Reaktion von sichtbaren Vorgängen nicht begleitet, es sei denn, dafs bei gefärbten Salzen ein Farbenwechsel auftritt.

a) Zersetzung von Chlornatrium, bezw. Natriumnitrat durch Schwefelsäure. Mischt man eine Lösung dieser Salze mit der zur Zersetzung ausreichenden Menge Schwefelsäure, so ist die Zersetzung eine unvollkommene, solange die abgeschiedene Säure noch vorhanden ist, sie läfst sich aber wegen der leichteren Flüchtigkeit der Salz-, bezw. Salpetersäure durch Eindampfen der Lösungen vollenden. Man löse 117 g Chlornatrium, bezw. 170 g Natriumnitrat in einer ausreichenden Menge

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wasser und setze 107 g, bezw. 58,7 ccm konzentrierte Schwefelsäure von 66° B. (1,822 spez. Gew.) hinzu, wodurch die Lösungen anscheinend nicht verändert werden (Fig. 717). Dann dampfe man sie anfangs über freiem Feuer, zuletzt im Wasserbade unter dem Abzuge zur Trockne (Fig. 718) ein, erhitze sie nachträglich über freiem Feuer, indem man eine Eisenschale untersetzt, noch eine Zeitlang auf etwa 200°, löse den Rückstand wieder in Wasser, filtriere, wenn nötig, dampfe die Filtrate bis zur Bildung einer Krystallhaut ein und überlasse sie, in zwei Krystallisationsschalen gegossen, der Abkühlung. Die ausgeschiedenen Krystalle

Fig. 717.
Zersetzen ungefärbter Salze durch Säuren.

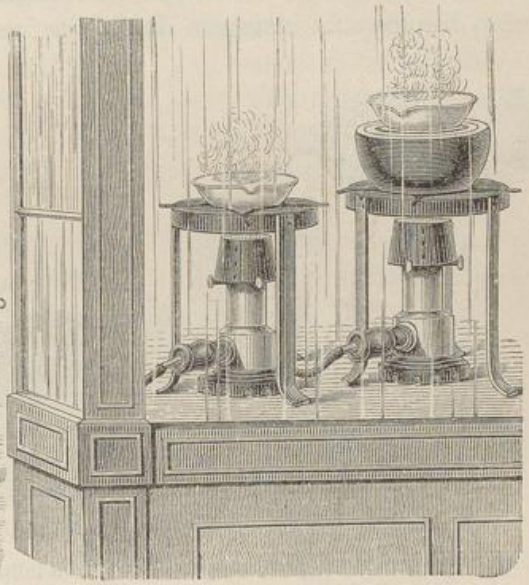


Fig. 718.
Abdampfen der Lösungen.

zeigen alle Eigenschaften (besonders auch die Fähigkeit, eine übersättigte Lösung zu bilden) des Natriumsulfats und lassen sich durch Geschmack und Krystallform von denen des Chlornatriums und Natriumnitrats leicht unterscheiden. Das Entweichen der leichtflüchtigen Salz- oder Salpetersäure zeigt man während des Eindampfens durch Überhalten einer mit Ammoniak ausgeschwenkten und innen mit blauen Lackmusstreifen versehenen Glocke. Dafs diese Dämpfe nicht Schwefelsäure sein können, ergiebt sich aus der niedrigen Siedetemperatur, da die Schwefelsäure erst über 320° siedet.

b) Zersetzung gefärbter Salze. Eine Lösung von gelbem Kaliumchromat wird mit einer überschüssigen Menge verdünnter Schwefelsäure versetzt, wobei sich die Zersetzung des Salzes durch Übergang der

gelben Farbe in rot, infolge der Abscheidung freier Chromsäure, bemerklich macht. — Versetzt man eine konzentrierte Lösung von Kupfersulfat mit konzentrierter Salzsäure, so geht die blaue Farbe in grün über, wodurch die Bildung von Kupferchlorid konstatiert wird (Fig. 719). Beide Flüssigkeiten müssen konzentriert sein, weil die Lösung des Kupferchlorids bei einem gewissen Grade von Verdünnung ebenfalls blau erscheint. In diesem Falle würde sich also die Umwandlung des Kupfervitriols nicht konstatieren lassen.

Zu beachten ist bei diesen Versuchen, dafs der Farbenwechsel beim Kaliumchromat durch Auftreten der abgeschiedenen freien Chromsäure, beim Kupfersulfat dagegen durch das entstandene neue Salz (Kupfer-

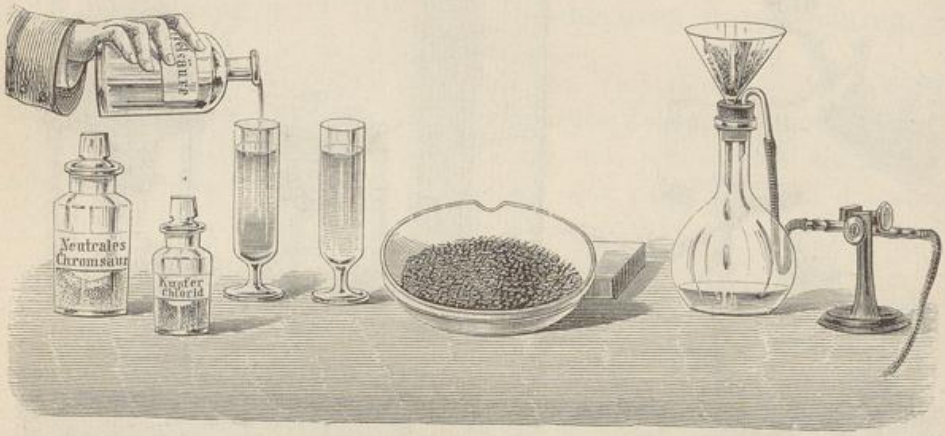


Fig. 719. Zersetzung gefärbter Salzlösungen durch Säuren.

Fig. 720. Darstellung der Chromsäure.

Fig. 721.

chlorid) veranlafst wird: im ersten Falle ist das neu entstandene Salz (Kaliumsulfat), im zweiten Falle die abgeschiedene Säure (Schwefelsäure) farblos.

c) Darstellung von Chromsäure. Obgleich die Chromsäure in Wasser leicht löslich ist, läfst sie sich aus einer mit einer gewissen Menge Schwefelsäure versetzten warmen gesättigten Lösung unter gewissen Umständen beim Erkalten leicht in gut ausgebildeten Krystallen erhalten. Nach folgenden Vorschriften erhält man gute Resultate.

α) Man löse in einem halben Liter siedenden Wassers so viel rotes chromsaures Kalium, dafs die Lösung völlig gesättigt ist, und lasse sie etwa zwei Tage lang bei gewöhnlicher Temperatur stehen, d. h. so lange, bis keine weitere Abscheidung von Krystallen wahrnehmbar ist. Von der Mutterlauge mische man dann einen Raumteil mit $1^1/_2$ Raumteilen

konzentrierter Schwefelsäure, indem man letztere in einem dünnen Strahle in die rote Flüssigkeit gießt. Die Mischung erfolgt in einer Porzellanschale; diese wird nach dem Versuche zur Verhütung allzu schneller Abkühlung mit einem schlechten Wärmeleiter (einem Brett mit Tüchern) bedeckt und einige Stunden stehen gelassen. Nach Verlauf dieser Zeit haben sich am Boden der Schale prächtig dunkelkarmoisinrote Nadeln von Chromsäure abgesetzt, so daß man die überstehende rote Lösung vollständig sicher davon abgießen und durch schräges Hinstellen der Schale noch abtröpfeln lassen kann (Fig. 720). Man nimmt die Nadeln mit einem Porzellan- oder Glasspatel heraus, bringt sie auf einen porösen Ziegelstein oder eine Platte von verglühtem Porzellan, bedeckt das Ganze mit einer Glasglocke und umgiebt den Rand derselben mit trockenem Sande. Die poröse Unterlage saugt die noch anhaftende stark saure Lösung ziemlich vollständig ein und hinterläßt die Krystalle in anscheinend trockenem Zustande, welche sich in einem gut verschlossenen Gefäße aufbewahren lassen.

β) Man löst 200 g Kaliumdichromat in 2 l Wasser und versetzt die Lösung mit 1 kg konzentrierter Schwefelsäure. Nach 24 Stunden haben sich lange glänzende Krystallnadeln von wasserfreier Chromsäure ausgeschieden. Um diese Krystalle von der anhaftenden Schwefelsäure zu befreien und völlig zu trocknen, bringt man sie in ein weites, bürettenartig geformtes Rohr, welches man unten mit einem konisch gestalteten Stück Bimsstein und darüber gelegter Glaswolle lose verschließt, verbindet das untere, engere Ausflußende des Rohrs mittels eines doppeltdurchbohrten Korks mit einem starkwandigen Kolben und diesen mit der Wasserluftpumpe, gießt etwas rauchende, aber von Untersalpetersäure freie Salpetersäure auf die Krystalle und setzt die Filterpumpe in Thätigkeit, bis das Säuregemisch vollständig abgesaugt ist; dann schiebt man über das weite Glasrohr eine dichtanschließende, federnde Hülse von Kupferblech, erhitzt diese von außen (durch eine Gaslampe) auf etwa 60—80°, verschließt die obere Öffnung des weiten Rohrs mit einem durchbohrten Korke, in dessen Durchbohrung ein mit Chlorcalcium gefülltes Rohr aufgesetzt ist, und saugt trockene Luft durch; auf diese Weise erhält man die Säure in völlig trockenen, glänzenden Krystallen, frei von allen Verunreinigungen (Bunsen).

γ) 300 g Kaliumdichromat werden in 500 ccm Wasser und 420 ccm Schwefelsäure bis zur Auflösung erhitzt. Wenn nach 10—12 Stunden das saure schwefelsaure Kalium auskrystallisiert ist, gießt man die Mutterlauge ab, läßt sie 1—2 Stunden lang möglichst abtropfen, wäscht die Salzmasse mit 10—12 ccm Wasser, erwärmt die Lösung der Chromsäure bis auf 80—90°, fügt noch 150 ccm Schwefelsäure und hierauf

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

allmählich so viel Wasser hinzu, dafs die in roten Flocken gefällte Chromsäure sich wieder klar gelöst hat; hierauf dampft man bis zur Bildung einer Krystallhaut ab. Nach 10—12 Stunden hat sich die Chromsäure in schönen Krystallen abgeschieden, von welchen man die Mutterlauge abgiefsen kann. Durch weiteres Abdampfen erhält man eine zweite und dritte Krystallisation. Zur Trennung der Mutterlauge bedient man sich eines Trichters, in dessen Spitze ein aus dünnem Platindrahte verfertigtes und mit vielen kleinen Löchern versehenes Filter eingesetzt ist, welches man mit Glaswolle verstopft. In diesen bringt man die gut abgelaufenen Krystalle, läfst zuerst die noch daran anhaftende Mutterlauge absaugen, giefst, während man die Luftpumpe abstellt, 50 ccm reine Salpetersäure von 1,46 spez. Gew. (frei von Untersalpetersäure) auf, bis alles gleichmäfsig feucht ist, und setzt die Luftpumpe wieder in Thätigkeit (Fig. 721), bis nichts mehr abfliefst. Zuletzt kann man die Krystalle durch vorsichtiges Erhitzen in einer Porzellanschale unter stetem Umrühren von der noch anhaftenden Salpetersäure befreien, was so lange fortgesetzt wird, bis durch Ammoniak keine Dämpfe von Salpetersäure mehr nachzuweisen sind.

d) Zersetzung löslicher Bariumsalze durch starke Salz-, bezw. Salpetersäure. Bariumnitrat und -chlorid sind in Wasser ziemlich leicht löslich, aber jedes in der ihm entsprechenden Säure schwer löslich, daher scheiden sie sich als krystallinische Niederschläge ab, wenn man überschüssige Salpeter- oder Salzsäure zu einem löslichen Bariumsalze setzt. In dieser Weise kann man die folgenden beiden reziproken Reaktionen hervorrufen: eine konzentrierte Lösung von Chlorbarium, mit überschüssiger Salpetersäure gemischt, giebt einen reichlichen Niederschlag von Bariumnitrat, und eine konzentrierte Lösung von Bariumnitrat, mit überschüssiger konzentrierter Salzsäure versetzt, einen reichlichen Niederschlag von Bariumchlorid. In beiden Fällen lösen sich die Niederschläge auf Zusatz von Wasser leicht.

§ 162. Zersetzung löslicher Salze durch lösliche Säuren unter Bildung löslicher Salze und Abscheidung unlöslicher oder schwer löslicher Säuren.

a) *Eine konzentrierte Lösung von Kali- oder Natronwasserglas, konzentrierte Salzsäure, mäfsig verdünnte Schwefelsäure, mehrere Kelchgläser, ein Colatorium mit Tenakel, eine Filtriervorrichtung, ein Tiegel zum Glühen.*

b) *Borax, konzentrierte reine Salzsäure, mehrere Bechergläser, eine Filtriervorrichtung.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Zersetzung kieselsaurer Salze. Das Abscheiden der Kieselsäure in unlöslichem Zustande aus der Wasserglaslösung erfolgt nur wenn die Lösung eine gewisse Konzentration hat; bei gröfserer Verdünnung bleibt die Flüssigkeit klar.

In konzentrierter Wasserglaslösung bewirkt jeder Tropfen Salz- oder Schwefelsäure, den man aus mäfsiger Höhe hineinfallen läfst, innerhalb der dicken Flüssigkeit die Abscheidung einer steifen Gallerte (Fig. 722). Überschüttet man die Lösung in einem Kelchglase mit konzentrierter Salzsäure, so dafs diese sich nicht mischt, sondern oben aufschwimmt

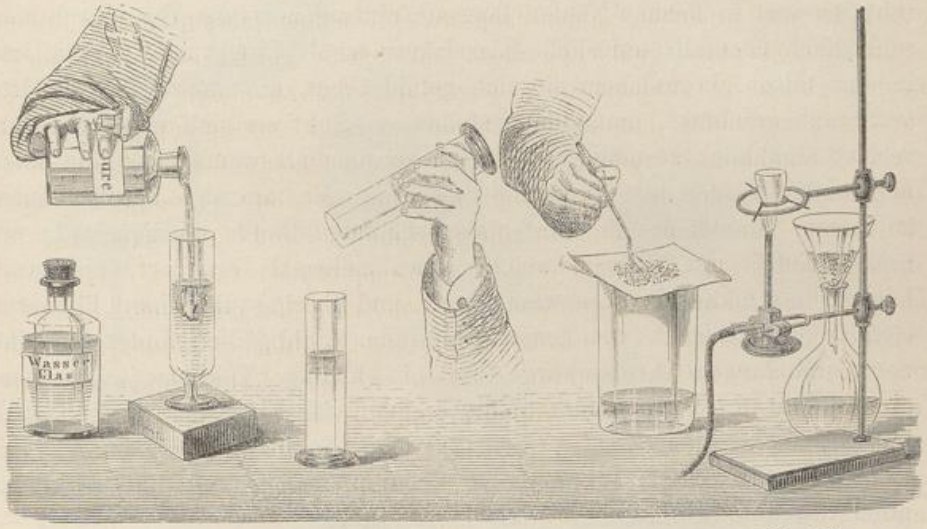


Fig. 722. Fig. 723. Fig. 724. Fig. 725. Fig. 726.

Zersetzung von Wasserglas durch Säuren.

(Fig. 723), so bildet sich an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten eine steife Rinde, welche bald so dick wird, dafs man nach Abgiefsen der überschüssigen Salzsäure das Glas umkehren kann, ohne dafs von der unzersetzten Wasserglaslösung etwas herausläuft (Fig. 724). Rührt man die Salzsäure (etwa $^1/_2$ Vol. der Wasserglaslösung) schnell mit einem Glasstabe unter, so erstarrt die ganze Masse zu einem dicken Brei, welcher die vorhandene Flüssigkeit so vollkommen aufsaugt, dafs sich das Glas ebenfalls umkehren läfst. Das Auswaschen der auf diese Weise abgeschiedenen Kieselsäure geschieht am besten zuerst auf einem Leinwandcolatorium (Fig. 725) und zuletzt auf einem Trichter mit Wasser unter Anwendung der Wasserluftpumpe. Die völlig ausgewaschene Kieselsäure wird in einem Tiegel schwach geglüht (Fig. 726), wonach sich ihre absolute Unlöslichkeit in Wasser darthun läfst.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verdünnt man die Wasserglaslösung vor dem Zusetzen der Säure mit einem gewissen (durch einen vorläufigen Versuch auszuprobierenden) Quantum Wasser, so bleibt nach Zusatz von Salzsäure oder Schwefelsäure die Flüssigkeit anscheinend unverändert und geht erst nach längerer Zeit in eine durchsichtige, leicht bewegliche Gallerte über. Die Zeit, innerhalb welcher diese Umwandlung erfolgt, hängt von dem Grade der Verdünnung ab. Es läfst sich leicht durch mehrere Parallelversuche so einrichten, dafs das Gelatinieren bei der einen Lösung bereits innerhalb einer Stunde, bei anderen erst nach 24 Stunden, bei noch anderen erst nach mehreren Tagen oder Wochen erfolgt. Man kann die gallertartigen Massen ausschütten und in flachen Näpfen langsam eintrocknen lassen, wodurch man schliefslich ebenfalls unlösliche Kieselsäure erhält. Läfst man die Gallerte in dem Glase, in welchem sie sich gebildet hat, an einem ruhigen Orte vor Staub geschützt, monatelang stehen, so zieht sie sich unter Wasserverlust allmählich zusammen, löst sich von der Glaswand und bildet einen kompakten Körper, der fest genug geworden ist, um sich herausnehmen zu lassen. Man hängt ihn, mit einem schmalen Bande umwickelt, in ein grofses Gefäfs mit Wasser, welches man mehrmals erneuert, bis durch Dialyse das Alkalisalz ausgewaschen ist, und überläfst ihn einem kleineren Gefäfse, lose bedeckt, von neuem der Ruhe. Schliefslich findet man ihn nach jahrelangem Aufbewahren auf ein kleines Volumen zusammengeschrumpft in Form einer opalisierenden Masse, ganz ähnlich dem natürlichen gemeinen Opal. Übergiefst man ihn in diesem Zustande mit nicht zu viel Wasser, so nimmt er dasselbe begierig auf und zerkracht unter hörbarem Geräusch in viele kleine Stücke.

Dieses Versuchsergebnis erklärt das Vorhandensein gelöster Kieselsäure in den natürlichen Wässern und das Entstehen krystallinischer und amorpher Kieselsäure-Mineralien auf nassem Wege.

b) Zersetzung borsaurer Salze: Darstellung krystallisierter Borsäure. In einem Becherglase (10) bringe man 500 ccm Wasser zum Sieden, indem man dasselbe auf einem Schutzblech durch eine Lampe erhitzt. Dann rühre man 125 g gepulverten Borax mittels eines Löffels allmählich ein, so dafs das Salz sich völlig darin löst, und filtriere die Lösung, wenn sie nicht vollkommen klar erscheint (Fig. 727). Hierauf versetzt man sie noch warm mit konzentrierter reiner Salzsäure (Fig. 728) und prüft fortwährend mit blauem Lackmuspapier. Die Farbe desselben geht anfangs in weinrot über; sobald sie aber ziegelrot wird, hört man mit weiterem Zusatz von Säure auf und stellt das Glas, mit Papier bedeckt, zum Erkalten beiseite (Fig. 729). Nach einigen Stunden hat sich eine reichliche Menge schuppig krystallisierter Borsäure abgeschieden. Will man die Abscheidung derselben beschleunigen, so setzt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

man das Glas sogleich in kaltes Wasser. Man gießt die Mutterlauge von den Krystallen ab, wäscht letztere durch Dekantieren mit destilliertem Wasser einmal aus, bringt sie auf ein Filter und setzt das Auswaschen mit kaltem Wasser so lange fort, bis das Filtrat durch Silberlösung nicht mehr getrübt wird (Fig. 730). Um diese langwierige Arbeit zu beschleunigen, benutzt man die Filterpumpe. In die Spitze des Trichters setzt man das kegelförmige durchlöcherte Hütchen aus Platinblech, legt ein genau anschließendes Papierfilter ein und füllt es, nachdem es befeuchtet ist, mit den Borsäurekrystallen, so daß diese das Innere des

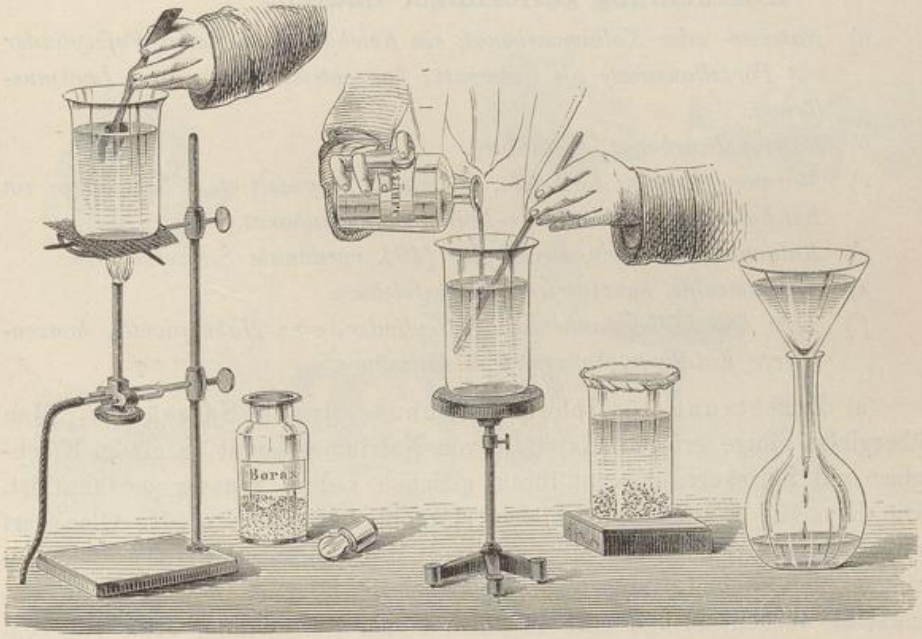


Fig. 727. Auflösen von Borax.

Fig. 728. Fig. 729. Fig. 730. Zersetzung von Borax durch Salzsäure.

Trichters ganz gleichmäßig ausfüllen und zwischen sich keine Lücken lassen, durch welche das Wasser nutzlos abfließen würde. Diese Füllung gelingt am besten, wenn man die Krystalle mit etwas Wasser mengt, so daß sie einen beweglichen Brei bilden. Der Trichter wird auf eine starkwandige Waschflasche gesetzt und diese mit der Wasserluftpumpe verbunden. Nachdem das Wasser abgelaufen, bedeckt man die Oberfläche der Krystalle mit einem kreisförmig geschnittenen Stück Filtrierpapier, welches so groß ist, daß es sich rund herum an die Trichterwand noch etwa 1 cm hoch anlegt und gießt erst, nachdem alles Waschwasser abgezogen ist, wieder neues Wasser auf, welches man sich bei geschlosse-

nem Hahn erst in die Krystalle völlig einsaugen läfst, worauf man den Hahn von neuem öffnet. In dieser Weise gelingt die Auswaschung bis zur völligen Befreiung von jeder Spur Salzsäure in kurzer Zeit.

Die Krystalle werden bei gelinder Wärme völlig getrocknet und in einem wohl verschlossenen Glase aufbewahrt. Sie dienen zu einem weiter unten zu beschreibendem Versuche (Zersetzung von Kochsalz durch Borsäure in der Schmelzhitze).

§ 163. Zersetzung löslicher oder unlöslicher Salze unter Abscheidung gasförmiger Säuren.

a) *Natrium- oder Kaliumcarbonat, ein Kelchglas, ein hoher Fufscylinder mit Porzellanschale als Untersatz; konzentrierte Salzsäure, Lackmuslösung.*

b) *Natriumdicarbonat, Weinsäure.*

c) *Marmor, Kreide, Kalkstein, Kalktuff, Magnesit etc.; Salzsäure; ein Kelchglas, ein Kohlensäure-Entwickelungsapparat.*

d) *Kaliumcarbonat, ein Becherglas (10), verdünnte Schwefelsäure.*

e) *Natriumsulfit, konzentrierte Schwefelsäure.*

f) *Eine Quecksilberwanne mit Fufscylinder, eine Hakenpipette, konzentrierte Kalilauge, konzentrierte Salzsäure.*

a) Zersetzung löslicher Carbonate durch Salzsäure. Man übergiefse einige gröfsere Krystalle von Natriumcarbonat in einem Kelchglase mit Salzsäure, die mit ihrem gleichen Volum Wasser verdünnt ist. Die Krystalle werden unter mäfsig starkem Aufschäumen (das Glas darf nur zur Hälfte gefüllt sein) in kurzer Zeit gelöst (Fig. 731). Um zu zeigen, mit welcher aufserordentlichen Lebhaftigkeit gelöste Carbonate zersetzt werden, bringe man in einen hohen Fufscylinder etwa 100 ccm einer konzentrierten Lösung von Kaliumcarbonat, färbe die Flüssigkeit durch Zusatz von Lackmus stark blau und giefse aus einiger Höhe rasch eine überschüssige Menge konzentrierter Salzsäure auf. Der Cylinder füllt sich unter starkem Aufbrausen momentan mit Schaum, welcher in die untergesetzte Schale überläuft (Fig. 732).

b) Brausepulver. Es dürfte hier am Platze sein, die Zusammensetzung und das Verhalten des Brausepulvers zu zeigen. Zu diesem Zwecke zerreibe man Natriumdicarbonat und krystallisierte Weinsäure, jedes für sich, zu feinem Pulver und mische beide miteinander, woraus sich ohne weiteres ergiebt, dafs die Substanzen im trockenen Zustande nicht aufeinander einwirken. Schüttet man nun das Ganze in Wasser, so tritt starkes Aufbrausen infolge der reichlichen Kohlensäureentwickelung ein.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

c) Zersetzung unlöslicher Carbonate. Einige Stücke Marmor oder eines der anderen oben genannten Carbonate werden in einem Kelchglase mit mäfsig verdünnter Salzsäure übergossen; die Zersetzung geht unter ruhiger Kohlensäureentwickelung langsam von statten und vollendet sich nach mehrmaligem Aufgiefsen frischer Säure unter Auflösung der Carbonate und Zurücklassung etwaiger Beimengungen. (Benutzung dieser Reaktion zur Darstellung von Kohlensäure im Kipp'schen Apparate, Fig. 733.) Wendet man statt Salzsäure verdünnte Schwefelsäure an, so hört die Gasentwickelung und Zersetzung

Fig. 731. Fig. 732. Fig. 733. Fig. 734.

Zersetzung kohlensaurer Salze durch Säuren.

beim Calciumcarbonat nach kurzer Zeit auf, weil der sich bildende schwer lösliche Gips die Stücke bald mit einer undurchdringlichen Schicht überzieht. Magnesit dagegen wird in Schwefelsäure ebenso vollständig gelöst wie in Salzsäure. (Vergleichung dieser Reaktion mit der Darstellung löslicher Salze durch Einwirkung von Säuren auf Schwermetalloxyde, s. § 134 und 138.)

d) Zersetzung von Carbonaten bei Gegenwart von viel Wasser. Man löse in 1 l Wasser etwa 1 g Natrium- oder Kaliumcarbonat oder rühre 1 g fein gepulvertes Calciumcarbonat darin auf und setze etwas Schwefelsäure zu (Fig. 734); in keinem Falle wird eine Ent-

wickelung von Kohlensäure wahrgenommen, weil sich diese in der verhältnismäfsig grofsen Menge Wasser sogleich auflöst.

e) Zersetzung schwefligsaurer Salze durch stärkere Säuren. In einem Kelchglase übergiefse man einige Krystalle von Natriumsulfit mit mäfsig verdünnter Schwefelsäure, rühre um und tauche einen Streifen angefeuchtetes Lackmuspapier in den Luftraum des Glases. Durch die Rötung des letzteren, sowie auch durch den Geruch wird das entweichende Gas als schweflige Säure erkannt. Bewirkt man diese Zersetzung innerhalb einer wässerigen Lösung, so reicht schon eine weit geringere Menge Wasser als bei Carbonaten aus, um die sichtbare Gasentwickelung zu verhüten, weil das schwefligsaure Gas von Wasser in gröfseren Mengen absorbiert wird, als die Kohlensäure.

Fig. 735. Fig. 736.

Austreibung und Wiederabsorption von Kohlensäure.

Hierauf gründet sich eine bequeme Methode zur Darstellung von Schwefeldioxyd. Man benutzt den im Allgemeinen Teil (S. 190) beschriebenen Apparat von Thiele, gieſst in die Entwickelungsflasche eine konzentrierte Lösung von Natriumdisulfit und durch die Kugel konzentrierte Schwefelsäure. Das Gas entwickelt sich in der Kälte in ruhigem Strom, welcher sehr leicht reguliert werden kann.

f) Zersetzung eines Carbonats in einem abgeschlossenen Raume. Man fülle einen Cylinder in der Quecksilberwanne mit Kohlensäure und lasse hierauf mittels einer Hakenpipette einige Kubikcentimeter konzentrierte Kalilauge einfliefsen (Fig. 735). Die Absorption von Kohlensäure unter Bildung von Kaliumcarbonat geht, besonders wenn man den Cylinder etwas schüttelt, rasch von statten, und letzterer füllt sich, wenn die Kalimenge ausreichend war, ganz mit Quecksilber. Hier-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

auf lasse man durch dieselbe Hakenpipette eine entsprechende Menge konzentrierter Salzsäure in dem Cylinder aufsteigen (Fig. 736). Das Carbonat wird hierdurch wieder zersetzt, und die ausgetriebene Kohlensäure drückt das Quecksilber auf sein früheres Niveau herab. Würden beide Versuche in fest geschlossenen Räumen vorgenommen werden, so würde sich im ersteren Falle ein Vakuum, im letzteren Falle ein der Menge der entwickelten Kohlensäure entsprechend hoher Druck erzeugen. (Darstellung flüssiger Kohlensäure in einem FARADAY-schen Rohre.)

§ 164. Zersetzung löslicher Salze durch lösliche Säuren unter Bildung unlöslicher Salze.

a) Bariumchlorid oder Bariumnitrat, verdünnte Schwefelsäure, ein Becherglas, mehrere Kelchgläser.

b) Bariumchlorid, Calciumchlorid, ein Kohlensäure-Entwickelungsapparat, Phosphorsäure.

c) Silbernitrat, reine Salzsäure, mehrere Kelchgläser, Magnesiumstaub, ein grofses Becherglas.

Wenn lösliche Salze mit einer Säure versetzt werden, die mit der in der Lösung enthaltenen Base ein in Wasser und in der durch die Zersetzung des Salzes abgeschiedenen Säure unlösliches Salz giebt, so scheidet sich das neue Salz als Niederschlag ab. Dieser Erfolg tritt aber nicht ein, wenn das neue Salz zwar in Wasser unlöslich, durch die abgeschiedene Säure aber wieder zersetzbar ist.

a) Zersetzung von Chlorbarium durch Schwefelsäure. Eine mäfsig konzentrierte Lösung von Chlorbarium wird mit Schwefelsäure versetzt. Schon die ersten Tropfen bringen einen weifsen Niederschlag hervor, der sich durch weiteren Zusatz vermehrt, bald die ganze Flüssigkeit erfüllt und sich nach einiger Zeit als dicker Bodensatz ablagert (Fig. 737). Man kann diese Reaktion benutzen, um die absolute Unlöslichkeit des Bariumsulfats in Wasser und die dadurch gegebene Möglichkeit der Nachweisung kleiner Mengen von Baryt (umgekehrt auch von Schwefelsäure) darzuthun. Zu diesem Zwecke fülle man ein Kelchglas mit einer konzentrierten Lösung von Chlorbarium, ein zweites mit einer zehnfach verdünnten Lösung desselben Salzes, ein drittes mit einer zehnfachen Verdünnung der zweiten Lösung, ein viertes mit einer zehnfachen Verdünnung der dritten u. s. f. Die regelmäfsige Abnahme der Trübungen bis zur fünften Lösung (vierte Verdünnung), in welchem sie immer noch deutlich sichtbar ist, zeigt die Empfindlichkeit der Reaktion (Fig. 738). Da 1 l einer bei 15° gesättigten Chlorbariumlösung ungefähr

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

384 g krystallisiertes Salz ($BaCl_2 + 2H_2O$) enthält, läfst sich der Versuch quantitativ ausführen, indem man mittels der Pipette 10 ccm konzentrierte Lösung, 3,84 g Salz enthaltend, heraushebt und auf 100 ccm verdünnt (zweite Lösung), von dieser wieder 10 ccm (0,38 g Salz enthaltend) auf 100 ccm verdünnt (dritte Lösung) u. s. f. Die fünfte Lösung, welche die Reaktion noch zeigt, enthält demnach 0,00038 g Salz und darin 0,00021 g Barium, welche sich durch Schwefelsäure noch nachweisen lassen. Die Verdünnung beträgt etwa 1 Teil Salz auf 250 000 Teile Wasser. Umgekehrt zeigt man die Reaktion auf Schwefelsäure, indem

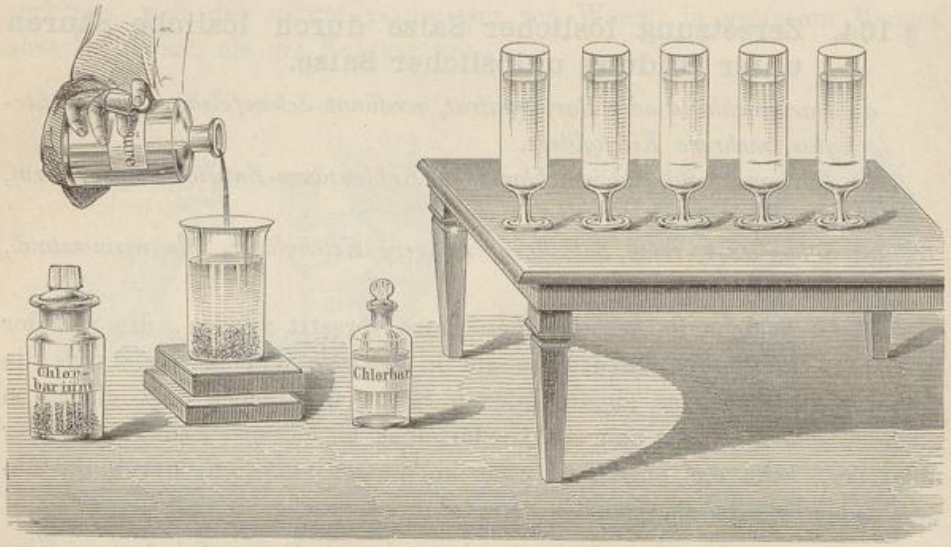


Fig. 737. Fig. 738.

Fällung von Chlorbarium durch Schwefelsäure. Unlöslichkeit des Bariumsulfats.

man 10 ccm konzentrierte Schwefelsäure (66° B.), welche 18,2 g wiegen, auf 100 ccm verdünnt (erste Lösung) und in derselben Weise behandelt wie die Chlorbariumlösung.

b) Einwirkung von Kohlensäure auf Chlorbarium oder Bariumnitratlösung und von Phosphorsäure auf Chlorbariumlösung und andere Salze. Leitet man Kohlensäure in eine konzentrierte Lösung von Chlorbarium oder Bariumnitrat, so geht jene unverändert hindurch, ohne einen Niederschlag zu erzeugen; die Flüssigkeit bleibt klar. Denn obwohl das Bariumcarbonat, welches sich bilden könnte, in Wasser unlöslich ist, so kann es doch neben freier Salzsäure, die sich bei seiner Entstehung ausscheiden würde, nicht bestehen, sondern würde rückwärts durch jene ersetzt werden. (Kohlensäure ist schwächer als

Salzsäure, Kohlensäure vermag gelöste Chloride und Nitrate, sowie auch Sulfate und andere Salze stärkerer Säuren nicht zu zersetzen.) — Versetzt man eine ziemlich konzentrierte Lösung von Chlorbarium mit einer geringen Menge gelöster Phosphorsäure, so entsteht ein weifser Niederschlag von basischem Bariumphosphat (Ba_2HPO_3), welches in Salzsäure schwer löslich ist, also neben der abgeschiedenen freien Salzsäure bestehen kann. Setzt man aber einen grofsen Überschufs von Phosphor-

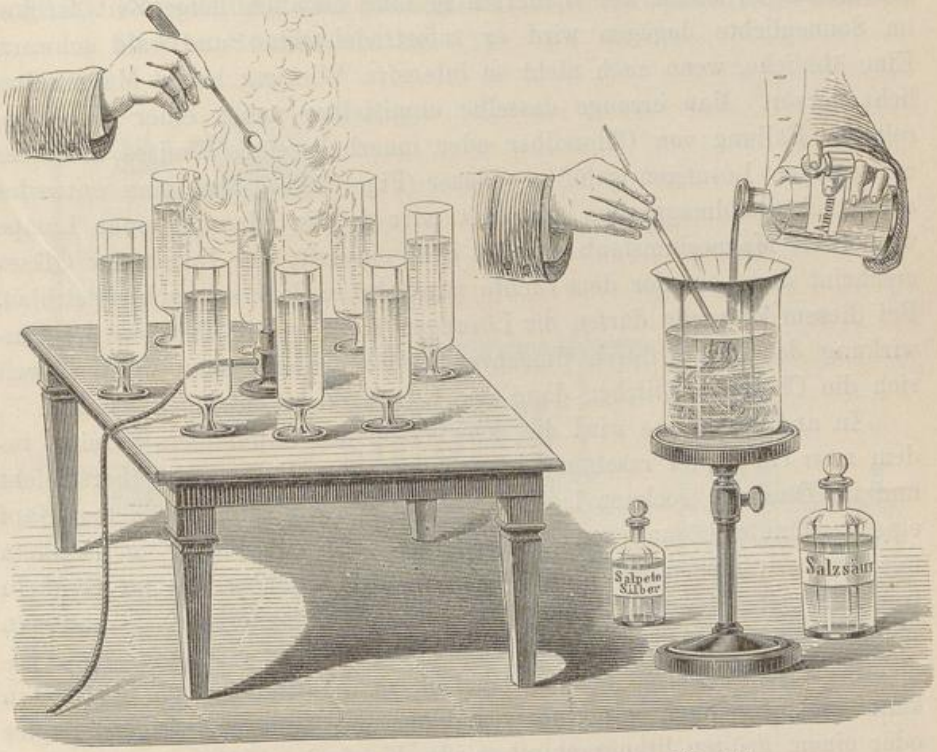


Fig. 739.
Schwärzung von Chlorsilber.

Fig. 740.
Auflösung und Wiederfällung von Chlorsilber.

säure hinzu, so wird die Flüssigkeit wieder klar, weil das nun entstehende saure Salz (BaH_2PO_3) leicht löslich ist. Ähnlich verhalten sich die Lösungen von Chlorcalcium, Chlorstrontium, Eisenchlorid und Bleinitrat. Dagegen entsteht in den Lösungen von Kupfervitriol, Alaun, Manganchlorür, Mangansulfat, Kobalt- und Nickelnitrat auch bei Zusatz von wenig Phosphorsäure kein Niederschlag.

c) Zersetzung von Silbersalzen durch Salzsäure. Eine verdünnte Lösung von Silbernitrat giebt schon nach Zusatz weniger Tropfen

Salzsäure einen deutlich sichtbaren Niederschlag von weifsem Chlorsilber. Die hohe Empfindlichkeit dieser Reaktion (Nachweis von Silber durch Salzsäure und umgekehrt) läfst sich auf dieselbe Weise zeigen, wie die unter a) beschriebene. Der Versuch kann aufserdem dazu dienen, andere interessante Eigenschaften des Chlorsilbers zu demonstrieren, seine Schwärzung im Lichte und seine Löslichkeit in Ammoniakflüssigkeit.

Wird die Fällung des Chlorsilbers im zerstreuten Tageslicht vorgenommen, so bleibt der Niederschlag eine ziemlich lange Zeit farblos, im Sonnenlichte dagegen wird er sofort violettblau und bald schwarz. Eine ähnliche, wenn auch nicht so intensive Wirkung bringt Magnesiumlicht hervor. Man erzeuge dasselbe unmittelbar neben einer frisch bereiteten Fällung von Chlorsilber oder innerhalb eines Kreises mehrerer mit solchen Lösungen gefüllter Gläser (Fig. 739), indem man entweder ein Stück Bandmagnesium anbrennt oder in die Flamme einer Lampe wiederholt Magnesiumstaub einbläst oder einwirft; der Inhalt der Gläser erscheint dann auf der dem Lichte zugekehrten Seite schwach violettblau. Bei diesem Versuche dürfen die Lösungen nicht unmittelbar vor der Einwirkung des Lichts durch Umrühren in Bewegung gesetzt werden, weil sich die Chlorsilberteilchen dann der Lichtwirkung entziehen würden.

In anderer Weise wird die Schwärzung des Chlorsilbers gezeigt, indem man ein Papier rasch mit einer Lösung von Höllenstein überstreicht und im Dunkeln trocknen läfst. Dann gieſst man in einen flachen Napf eine verdünnte Lösung von Chlornatrium, läfst das Papier im Dunkeln mit der bestrichenen Seite darauf schwimmen und abermals im Dunkeln trocknen. (Man kann sich die Mühe der Darstellung ersparen, wenn man sich des jetzt überall käuflichen Chlorsilberpapiers der Photographen bedient.) Wird es hierauf ins Licht gelegt, so schwärzt es sich bald. Man kann es zuvor auch mit einer Schablone aus undurchsichtigem Papier oder einem geölten lithographischen oder Kupferdruck bedecken, wo dann die den ausgeschnittenen Teilen, bezw. den Lichtern entsprechenden Stellen geschwärzt werden (negative Bilder; Anwendung in der Photographie). Um die Löslichkeit des Chlorsilbers in Ammoniak zur Anschauung zu bringen, erzeugt man in einem grofsen Becherglase (11 oder 12) innerhalb einer stark verdünnten Silbernitratlösung durch Zusatz von Salzsäure einen Niederschlag und rührt unmittelbar danach Ammoniakflüssigkeit ein, worauf der Niederschlag augenblicklich verschwindet. Um die Erscheinung recht deutlich zu machen, schichtet man auf die Flüssigkeit, innerhalb welcher der weifse Niederschlag suspendiert ist, eine etwa 1 cm hohe Schicht Ammoniak und versetzt mittels eines Glasstabs die ganze Flüssigkeit vorsichtig in eine langsame Drehung. Der Niederschlag wirbelt

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

im Zentrum der Drehung empor und verschwindet oben im Ammoniak, so dafs die Flüssigkeit von oben her langsam klar wird. Bei stärkerer Drehung werden auch die tieferen Teile in die leichtere Ammoniakmischung hinaufgezogen und verschwinden hier ebenso präcis, bis der Inhalt des ganzen Glases klar geworden ist (Fig. 740). Die Erscheinung läfst sich durch Zusatz von Salzsäure und abermaliges Versetzen mit Ammoniak mehrmals wiederholen.

§ 165. Zersetzung von Salzen durch feuerbeständige Säuren in der Schmelzhitze.

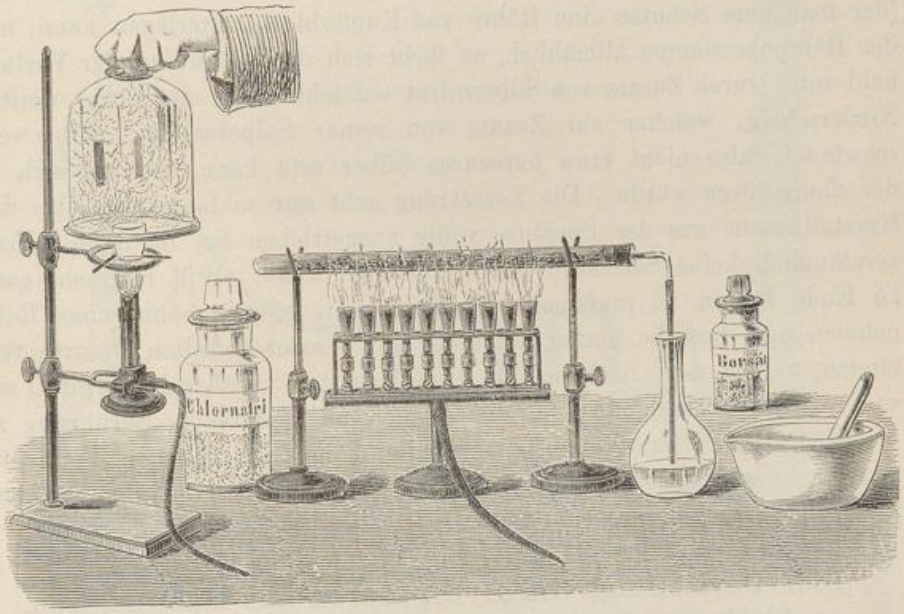


Fig. 741. Fig. 742.

Zersetzung von Kochsalz durch Borsäure.

Ein Platintiegel, eine Glasglocke; ein böhmisches Rohr mit Gasableitungsvorrichtung. Chlornatrium, krystallisierte Borsäure, Ammoniak.

Borsäure, welche in wässeriger Lösung durch Salzsäure leicht aus ihren Verbindungen ausgeschieden wird (s. oben Zersetzung von Borax durch Salzsäure, S. 576), vermag umgekehrt in der Schmelzhitze (und bei Gegenwart von Wasser) Chloride zu zersetzen.

Zersetzung von Chlornatrium durch Borsäure in der Schmelzhitze. Man mische in einem Mörser etwa gleiche Volume fein zerriebenes Kochsalz mit fein zerriebener reiner (s. oben S. 578) krystalli-

sierter Borsäure und erhitze einen Teil des Gemenges in einem Platintiegel anfangs schwach, dann stärker. Die wässerigen Dämpfe, welche entweichen, sind stark sauer, was man erkennt, wenn man eine mit Ammoniak ausgeschwenkte Glasglocke, in welche man einige Streifen blaues Lackmuspapier geklebt hat, darüber hält (Fig. 741). Das Innere der Glasglocke erfüllt sich mit dickem Rauche, und das Lackmuspapier wird deutlich rot. Will man den Versuch in gröfserem Mafsstabe ausführen, so bringt man eine reichliche Quantität des gepulverten Salzgemenges in eine hinten zugeschmolzene böhmische Röhre und senkt das mit derselben verbundene Gasableitungsrohr in kaltes Wasser, welches durch Lackmus stark blau gefärbt ist (Fig. 742). Erhitzt man die Röhre (der man zum Schutze eine Röhre von Kupferblech unterlegen kann) mit der Röhrenheizlampe allmählich, so färbt sich das Wasser in der Vorlage bald rot. Durch Zusatz von Silbernitrat entsteht darin ein dicker weifser Niederschlag, welcher auf Zusatz von reiner Salpetersäure nicht verschwindet, also nicht etwa borsaures Silber sein kann, welches sich in der Säure lösen würde. Die Zersetzung geht nur so lange fort, bis das Krystallwasser aus der Borsäure völlig ausgetrieben ist, da dann selbstverständlich keine Salzsäure mehr entstehen kann. Will man sie ganz zu Ende führen, so mufs man ein beiderseits offenes böhmisches Rohr nehmen und dasselbe hinten mit einer mit Wasser gefüllten Retorte verbinden, welche man, nachdem die erste Reaktion vorüber ist, erhitzt, um von neuem Wasserdämpfe mit der schmelzenden Masse in Berührung zu bringen. Bei diesem Versuche sind alle früher angegebenen Vorsichtsmafsregeln zu beachten, welche nötig sind, um das Glasrohr vor dem Zerspringen zu bewahren.

§ 166. Darstellung von Hydrosäuren aus Haloidsalzen.

a) *Ein Ballon von 1—2 l Inhalt mit Gasableitung und Sicherheitsrohr. Ein Apparat zur Absorption des Salzsäuregases. Chlornatrium, konzentrierte Schwefelsäure.*

b) *Eine flache eiserne Schale, ein niedriges cylindrisches Gefäfs aus Blei, eine Bleiretorte zur Entwickelung von Flufssäure, eine dazu passende eiserne Schale, eine Guttaperchaflasche. Gepulverter Flufsspat, konzentrierte Schwefelsäure.*

c) *Ein kleiner Gasentwickelungskolben mit Sicherheitsrohr, damit verbunden eine Röhre mit amorphem Phosphor; Bromkalium, Schwefelsäure.*

a) Darstellung von Salzsäure aus Kochsalz. Wird Kochsalz mit konzentrierter Schwefelsäure übergossen, so entweicht unter starkem Aufschäumen gasförmige Chlorwasserstoffsäure. Um die fabrikmäfsige

Gewinnung derselben nach dem LEBLANC'schen Verfahren im kleinen zu veranschaulichen, benutzt man den in Figur 743 abgebildeten Apparat. Die grofse Gasentwickelungsflasche entspricht dem Sulfatofen, in welchem das Gemenge von Kochsalz und Schwefelsäure erhitzt wird. Das entweichende Gas passiert eine Reihe von zweihalsigen WOULFE'schen Flaschen,

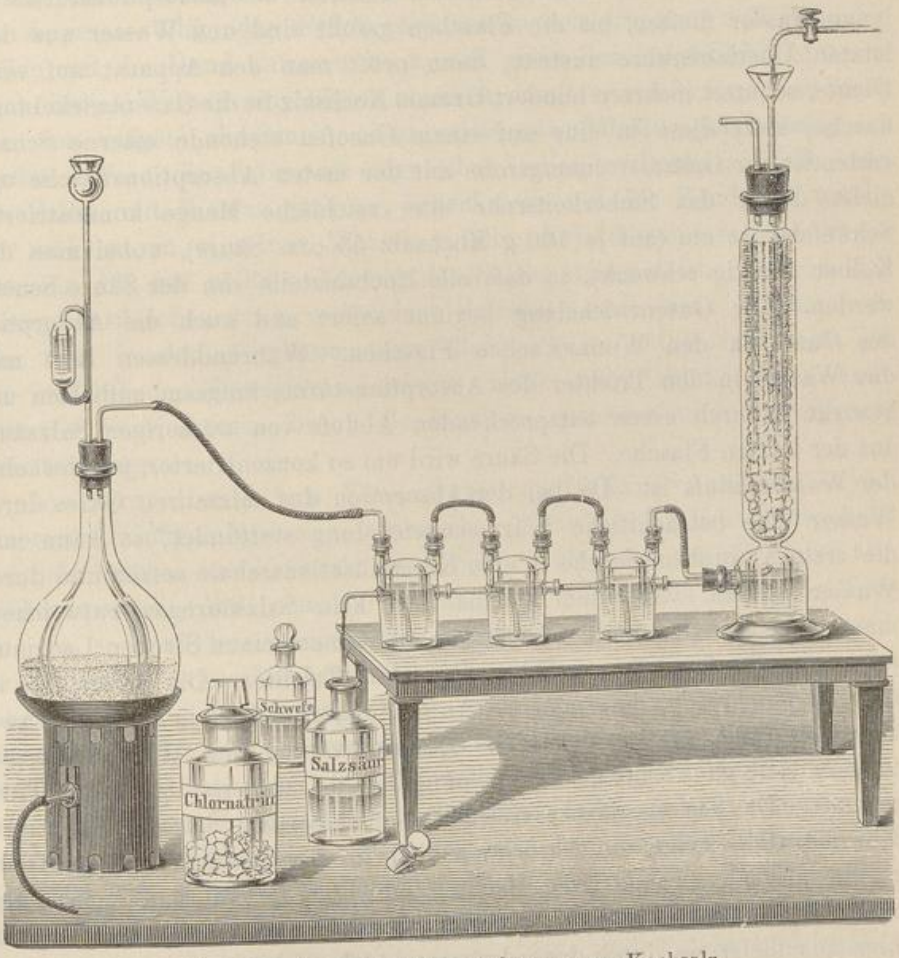


Fig. 743. Darstellung von Salzsäure aus Kochsalz.

deren Hälse durch Kautschukschläuche so miteinander verbunden sind, dafs die Gaseinleitungs- und Gasableitungsröhren dicht unter dem Korke endigen. Von dem Halse der letzten Flasche tritt das Gas in den Absorptionsturm, welcher mit Bimssteinstücken gefüllt und oben mit einem Trichter versehen ist, durch den man Wasser zufliefsen läfst. Die Flaschen sind aufserdem untereinander und mit dem Absorptionsturme noch durch Überlaufröhren verbunden, durch welche das Wasser aus der einen in die

andere fliefsen kann. Diese sind im Innern der Flaschen so umgebogen, dafs sie bis auf den Boden reichen. Es kann also nur solche Flüssigkeit, welche sich am Boden angesammelt hat, aus der einen Flasche in die andere überfliefsen. Soll der Versuch beginnen, so setzt man zuerst die Flaschen und den Absorptionsturm zusammen, verbindet die Hälse mit Gummischläuchen und läfst durch den Trichter des Absorptionsturms so lange Wasser fliefsen, bis die Flaschen gefüllt sind und Wasser aus dem letzten Überlaufsrohre austritt; dann prüft man den Apparat auf seine Dichte, schüttet mehrere hundert Gramm Kochsalz in die Gasentwickelungsflasche, setzt diese in eine auf einem Gasofen stehende eiserne Schale, verbindet ihr Gasausströmungsrohr mit der ersten Absorptionsflasche und gieſst durch das Sicherheitsrohr eine reichliche Menge konzentrierter Schwefelsäure ein (auf je 100 g Kochsalz 55 ccm Säure), wobei man den Kolben tüchtig schwenkt, so dafs alle Kochsalzteile von der Säure benetzt werden. Die Gasentwickelung beginnt sofort und auch die Absorption des Gases in den WOULFE'schen Flaschen. Währenddessen läfst man das Wasser in den Trichter des Absorptionsturms langsam zufliefsen und bewirkt dadurch einen entsprechenden Abflufs von wässeriger Salzsäure aus der letzten Flasche. Die Säure wird um so konzentrierter, je schwächer der Wasserzufluſs ist. Da bei der Absorption des salzsauren Gases durch Wasser eine beträchtliche Wärmeentwickelung stattfindet, so kann man die erste Absorptionsflasche in eine Krystallisationsschale setzen und durch Wasser kühlen. Aus dem Turme darf kein Salzsäuregas entweichen; man steckt deshalb, um dies beurteilen zu können, einen Streifen Lackmuspapier in das Ausströmungsrohr neben dem Trichter. Die Absorption ist übrigens so kräftig, dafs man bei Anwendung von drei, ja selbst von zwei Flaschen und bei sehr lebhafter Gasentwickelung den Wasserhahn auf längere Zeit ganz schliefsen kann, ohne dafs Salzsäuregas bis in den Turm gelangt. Da das spezifische Gewicht der wässerigen Salzsäure mit ihrer Konzentration steigt, die Absorption aber in den Flaschen von der Oberfläche ausgeht, so sinken die obersten Schichten fortwährend nach unten, und die konzentrierte Säure sammelt sich demnach am Boden an; von hier aus fliefst sie durch das gekrümmte Abflufsrohr in die andere Flasche über. Jede vordere Flasche empfängt also von der hinter ihr stehenden nur die konzentrierteste Säure, und das Gas kommt immer mit frischen, weniger konzentrierten Schichten in Berührung. Wenn die Entwickelung in dem Kolben träge zu werden beginnt, so erwärmt man durch Anzünden der Lampe und mischt übrigens durch zeitweiliges Umschwenken des Ballons den Inhalt gut durcheinander, damit sich am Boden keine feste Salzmasse ansetzen kann. 300—400 g Kochsalz lassen sich, wenn der Apparat vorher zusammengesetzt war, im Laufe einer Stunde vollständig

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zersetzen. Um den Schülern einen Begriff von der Menge des hierbei entwickelten Gases und zugleich von der Promptheit der Absorption zu geben, ziehe man, während der Zersetzungsprozefs im besten Gange ist, den Kautschukschlauch für einen Moment von der ersten Absorptionsflasche ab, worauf sich sofort eine grofse, weithin sichtbare Wolke von Salzsäurenebeln zeigt. Nach der Beendigung des Versuchs lasse man den Apparat völlig oder doch wenigstens so weit erkalten, dafs man den Ballon mit der Hand anfassen kann, und giefse durch das Sicherheitsrohr rasch kaltes Wasser ein, bis er ziemlich damit angefüllt ist; dann kann man den Stöpsel abnehmen, ohne weiter von Salzsäuregas belästigt zu werden. War die Salzmasse inzwischen schon erstarrt, so fülle man den Ballon mit Wasser ganz an, bedecke ihn mit der Hand und tauche ihn verkehrt in eine mit Wasser gefüllte Krystallisationsschale, worin man ihn bis zur völligen Lösung des Salzes stehen läfst. Die in den Absorptionsflaschen noch vorhandene Salzsäure wird durch Wasser, welches man in den Absorptionsturm fliefsen läfst, völlig verdrängt, bis die auslaufende Flüssigkeit Lackmus nicht mehr rötet. Dann kann man alle Verbindungen lösen, die Flaschen entleeren und den Apparat beiseite setzen.

b) Darstellung von Fluorwasserstoffsäure aus Flufsspat. Fluorwasserstoffgas läfst sich in derselben Weise aus Flufsspat entwickeln, wie Salzsäuregas aus Kochsalz, doch müssen alle Glasgefäfse hierbei vermieden werden. Will man nur die ätzende Wirkung des Gases auf Glas darthun, so genügt es, einige Löffel gepulverten Flufsspat in einer eisernen Schale mittels eines Holzstabes mit Schwefelsäure zusammenzurühren, die Schale auf einer Lampe gelinde zu erwärmen und mit einer Glasplatte zu bedecken (Fig. 744). Besser aber ist es, sich hierzu eines starkwandigen Bleigefäfses zu bedienen (Fig. 745), welches bei gelinder Wärme von der Schwefelsäure nicht angegriffen wird. Man drehe deshalb die Flamme der Lampe möglichst ein. Will man Figuren oder Schriftzüge in die Glasplatte ätzen, so stellt man sich einen Ätzgrund durch Zusammenschmelzen gleicher Teile Wachs und Asphalt her, welchen man nach dem Erkalten pulvert, verteilt mittels eines Siebs das Pulver gleichmäfsig auf der Glasplatte, legt diese horizontal auf ein Eisenblech und erwärmt letzteres von unten her gelinde, bis der Ätzgrund zu einem gleichmäfsigen Überzug zusammengeschmolzen ist. Nach dem Erkalten radiert man mittels eines Metallstifts eine Zeichnung ein und befreit die Züge derselben mittels eines trockenen Pinsels von allem anhaftenden Pulver. Die so präparierte Platte legt man mit dem Ätzgrunde nach unten auf das Bleigefäfs; damit aber der schmelzende Ätzgrund nicht an dem Metall anklebe, schneidet man aus dünner Pappe einen Ring, welchen man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zwischen Metall und Glasplatte legt. Nach einer Viertelstunde kann man die Ätzung als vollendet betrachten. Die Lampe wird dann verlöscht, die Glasplatte abgenommen und das Bleigefäfs rasch mit einer bereit gehaltenen Pappscheibe bedeckt und erkalten gelassen. Den Ätzgrund entfernt man durch Übergiefsen der Glasplatte in einem flachen Porzellannapf mit Terpentinöl und Abwischen mit Baumwolle; zuletzt reinigt man sie mit Alkohol.

Um wässerige Flufssäure darzustellen, mufs man die entweichenden Gase in Wasser leiten, welches in einer Guttaperchaflasche enthalten ist. Das Entwickelungsgefäfs ist hier eine mit einem gut aufsitzenden, aber abnehmbaren Helm versehene Retorte aus Blei (Fig. 746); das mit dem

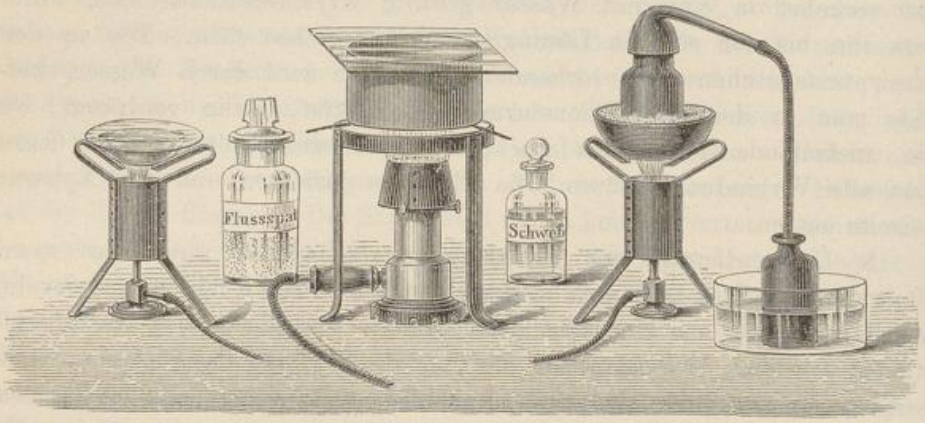


Fig. 744. Fig. 745. Fig. 746.

Darstellung und Wirkung der Flufssäure.

Ende des Helmhalses verbundene Rohr ist ebenfalls aus Blei. Die Retorte wird, nachdem sie mit einem dünnen Brei aus Flufsspat und Schwefelsäure gefüllt ist, in einem Sandbade erwärmt.

Um die rückständigen Salzmassen aus den Bleigefäfsen bequem entfernen zu können, darf man sie nicht völlig erkalten, auf keinen Fall aber längere Zeit stehen lassen, da der entstehende Gips zu einer sehr widerstandsfähigen Masse erhärtet. Man entferne daher (unter dem Abzuge) den gröfsten Teil der noch warmen Masse mit einem Stücke Holz aus dem Gefäfse, übergiefse den Rest mit Wasser und kratze ihn überall los.

c) Darstellung von Bromwasserstoffsäure aus Bromkalium. In einem kleinen Gasentwickelungskolben mit Sicherheits- und Gasableitungsrohr bringt man festes Bromkalium, setzt den Stöpsel auf und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

verbindet die Gasableitungsröhre mit einem etwa 10 cm weiten und 30 cm langen Glasrohr, in welchem eine Schicht etwas angefeuchteten amorphen Phosphors locker aufgeschüttet ist. Das andere Ende dieses Rohrs wird mit einem Gasableitungsrohr verbunden, welches bis auf den Boden eines offenen, oben mit einer ausgeschnittenen Glasplatte bedeckten Fufscylinders reicht. Das den amorphen Phosphor enthaltene Glasrohr wird dabei in horizontaler Lage durch zwei Röhrenträger getragen. Nun gieſst man durch das Trichterrohr ein Gemenge von 3 Volumen Schwefelsäure und 1 Volumen Wasser langsam ein. Unter langsamem Aufbrausen entweicht der Jodwasserstoff, welcher durch Bromdämpfe gelblich gefärbt ist. Man unterstützt die Entwickelung später durch gelindes Erwärmen des Kolbens. Die Bromdämpfe werden durch den amorphen Phosphor zurückgehalten und das in den Cylinder eintretende Gas ist farblos. Sobald dieser gefüllt ist, was man an dem Auftreten von Nebeln an der oberen Mündung erkennt, entfernt man die zur Erhitzung dienende Lampe, zieht das Glasrohr aus dem Cylinder, bedeckt ihn mit der Glasplatte, taucht das Gasableitungsrohr in etwas Kalilauge zur Beseitigung der BrH-Dämpfe und gieſst Wasser durch das Trichterrohr. Dann gieſst man etwas Wasser in den mit Bromwasserstoff gefüllten Cylinder, läſst letzteren durch Schütteln absorbieren und zeigt die saure Reaktion der entstandenen Lösung.

§ 167. Darstellung von Kieselfluorwasserstoffsäure.

a) Eine Platinschale, konzentrierte wässerige Fluorwasserstoffsäure, feinpulverige Kieselsäure.

b) Eine Flasche von etwa 1 l Inhalt aus starkem grünen Glase, mit weiter Öffnung, ein dazu passendes Blechgefäfs als Sandbad, ein weites Gasableitungsrohr, ein Glaskolben von etwa 2 l Inhalt, ein Colatorium nebst Tenakel, eine Filtriervorrichtung. Gepulverter Flufsspat, weifser feinpulveriger Sand, konzentrierte Schwefelsäure.

a) Darstellung von Fluorsilicium. Fluorsilicium entsteht durch Einwirkung von Fluorwasserstoffsäure auf Kieselsäure. Man gieſse (unter dem Abzuge) etwas wässerige Flufssäure in eine Platinschale und rühre mit einem Holzspan etwas feinpulverige Kieselsäure, die man durch Zersetzen von Wasserglas durch Salzsäure erhalten hat (s. oben S. 575) ein. Die Kieselsäure löst sich darin auf oder setzt sich vielmehr damit um, indem Wasser und Fluorsilicium $SiFl_4$ entstehen, welches als Gas entweicht. Erwärmt man den Inhalt der Schale, so läſst sich derselbe vollständig verflüchtigen, die Kieselsäure ist also ganz in die gasförmige Verbindung übergegangen.

b) Einwirkung von Fluorsilicium auf Wasser. Tritt Fluor-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

silicium mit überschüssigem Wasser zusammen, so setzt es sich damit unter Abscheidung von Kieselsäure in Kieselfluorwasserstoffsäure um. Um eine gröfsere Menge der letzteren zu bereiten, stellt man das Fluorsilicium nicht durch Einwirkung von Kieselsäure auf wässerige Flufssäure dar, sondern bringt die beiden letzteren in statu nascendi zur Wirkung, indem man das zur Bereitung von Flufssäure dienende Schwefelsäureflufsspatgemisch mit Sand mengt. Man kann sich hierzu einer starkwandigen Glasflasche bedienen (am besten aus grünem Glase), welche allerdings nur für einmaligen Gebrauch ausreicht, aber dafür auch aushält. Man schüttet in dieselbe höchstens $^1/_6$ ihres Inhalts gepulverten Flufsspat und gieſst

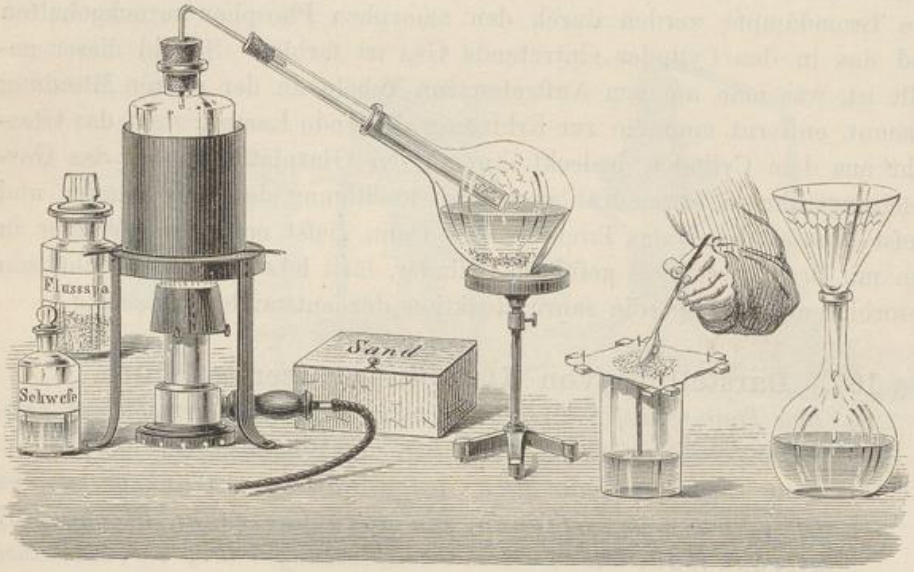


Fig. 747. Fig. 748. Fig. 749.

Darstellung von Kieselfluorwasserstoffsäure.

so viel konzentrierte Schwefelsäure zu, dafs beides einen dünnen Brei giebt. Dann schüttet man unter fortwährendem Schwenken trockenen, feinpulverigen Sand nach, bis das Ganze zu einem dicken, zähen Brei geworden ist. Für gute Mischung ist zu sorgen. Die Flasche wird hierauf in ein Blechgefäfs, dessen Boden mit etwas Sand beschüttet ist, gesetzt und mit einem Korke verschlossen, in den man ein umgebogenes, 8 mm weites Gasableitungsrohr steckt. Dieses ist seinerseits mit einem weiteren Rohr verbunden, welches man in den Hals eines grofsen, zur Hälfte mit Wasser gefüllten Ballons so weit einsenkt, dafs seine Öffnung die Wasseroberfläche eben berührt, dem Gas aber noch freien Austritt gestattet. Die Flasche wird in dem Blechgefäfs mit trockenem Sand

umschüttet und durch eine Lampe mäfsig erwärmt (Fig. 747). Die Entwickelung des Fluorsiliciumgases, welches das Glas nicht angreift, beginnt bald, was man sofort daran erkennt, dafs sich die Oberfläche des Wassers in dem vorgelegten Kolben mit einer dünnen Haut von abgeschiedener Kieselsäure bedeckt. Die dabei entstehende Kieselfluorwasserstoffsäure löst sich in Wasser auf. Die Darstellung bedarf weiter keiner Vorsicht, als dafs man von Zeit zu Zeit das Wasser im Ballon ein wenig bewegt, um die Kieselsäure zum Untersinken zu bringen und die Wasseroberfläche frei zu machen. Die Absorption ist so vollständig, dafs kein Gas aus dem offenen Halse des Ballons entweicht. Das weite Ausströmungsrohr darf nicht in das Wasser eintauchen, weil es sich sonst leicht verstopfen würde. Nach Ablauf einer halben Stunde unterbricht man den Versuch, setzt das Blechgefäfs mit der Gasentwickelungsflasche ins Freie oder unter den Abzug, gieſst den Inhalt des Ballons nach gehörigem Umschütteln auf ein Kolatorium (Fig. 748), preſst nach dem Ablaufen der Flüssigkeit die Kieselsäure aus dem Kolatorium aus (S. 173) und gieſst die Flüssigkeit durch ein Papierfilter (Fig. 749), wodurch man eine klare Lösung von Kieselfluorwasserstoffsäure erhält, welche Lackmus deutlich rötet. Die Kieselsäure wäscht man noch einmal mit Wasser und trocknet sie durch gelindes Erhitzen. Sie kann zu weiterem Gebrauche aufbewahrt werden.

c) Einwirkung von Kieselflufssäure auf gelöste Kaliumsalze. Die Kieselflufssäure gehört zu den wenigen Säuren, welche ein in Wasser schwer und in verdünntem Alkohol unlösliches Kalisalz bilden, und pflegt deshalb zur Bestimmung des Kalis in der analytischen Chemie benutzt zu werden. Man löse einige Gramm Chlorkalium, Kaliumnitrat oder Kaliumsulfat in einem Becherglase in möglichst wenig Wasser, erwärme gelinde, setze eine angemessene Menge Kieselfluorwasserstoffsäure zu und verdünne die Lösung mit etwa dem gleichen Volum Alkohol. Innerhalb der Flüssigkeit scheidet sich bald ein aus irisierenden Blättchen bestehender Niederschlag ab, welcher sich zu Boden senkt und eine zarte krystallinische Masse bildet. Er besteht aus Kieselfluorkalium, und die in dem angewendeten Kalisalze vorhandene Säure bleibt in der Flüssigkeit gelöst. Diese Reaktion gehört also in die Reihe derjenigen, bei denen durch Zusatz einer löslichen Säure zu einem löslichen Salze ein unlösliches Salz entsteht (Einwirkung von Schwefelsäure auf Bariumsalze, von Salzsäure auf Silbersalze, s. oben S. 581 und 583). Die Flüssigkeit kann von dem Niederschlage durch Dekantieren gut getrennt werden. Letzterer wird mit etwas Alkohol ausgewaschen und bildet nach dem Trocknen ein zartes Pulver.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

IV. Wechselzersetzung der Salze.

Salze können sich sowohl in wässeriger Lösung, als auch in der Schmelzhitze gegenseitig zersetzen, indem sie ihre Basen und Säuren austauschen. Im ersteren Falle wird der Verlauf der Zersetzung wesentlich durch die Löslichkeitsverhältnisse der Salze bestimmt. Mischt man zwei Salzlösungen miteinander, so findet immer ein teilweiser Austausch statt, und die gemischte Lösung wird im allgemeinen vier Salze enthalten: die beiden angewandten und die aus ihnen durch Wechselzersetzung entstehenden. Bis zu welchem Verhältnis die Zersetzung, wenn alle vier Salze löslich sind, fortschreitet, hängt von den relativen Mengen derselben, sowie von den gegenseitigen Affinitäten ab. Beobachten läfst sich in diesem Falle der Vorgang nur, wenn bei der Wechselzersetzung zugleich ein Farbenwechsel eintritt, oder wenn eines der vier löslichen Salze schwer löslich und nicht genug Wasser vorhanden ist, um es in Lösung zu erhalten. Ein Teil dieses Salzes scheidet sich dann als Niederschlag aus, und zwar in um so gröfserer Menge, je konzentrierter die Lösungen sind. Doch giebt es hier eine gewisse Grenze, und eine vollständige Zersetzung findet in keinem Falle statt. Ist aber eines der vier möglichen Salze völlig unlöslich, so ist die Zersetzung vollständig, wenigstens für dasjenige Salz, welches nicht im Überschufs vorhanden ist. Werden beide Salze genau in äquivalenten Mengen gemischt, so hat man nach der Zersetzung wiederum zwei Salze: ein unlösliches und ein lösliches. Wendet man das eine aber im Überschufs an, so bleibt dieser mit dem löslichen Salze gemischt.

§ 168. Wechselzersetzung von Salzen in wässeriger Lösung unter Bildung löslicher Salze.

a) Kupfervitriol, Chlornatrium.

b) Natronsalpeter, Chlornatrium, Chlorbarium. — Ammoniumcarbonat, Chlornatrium. Ein Apparat zur Darstellung von Ammoniaksoda, ein Kohlensäure- und Ammoniakentwickelungsapparat.

a) Wechselzersetzung bei ausreichendem Lösungsmittel. Eine konzentrierte Lösung von Kupfervitriol wird in einem Kelchglase mit überschüssiger, gleichfalls konzentrierter Lösung von Chlornatrium gemischt; die blaue Lösung färbt sich blaugrün infolge der teilweisen Umsetzung des Kupfersulfats in Kupferchlorid, wobei eine entsprechende Menge von Natriumsulfat entstanden sein mufs. Es bleibt indes alles

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gelöst, weil die neu entstandenen Salze eine genügende Menge von Wasser zur Lösung vorfinden.

b) Wechselzersetzung bei nicht ausreichendem Lösungsmittel. Man löse in einem Becherglase Natronsalpeter in der gleichen Menge Wasser und rühre feingepulvertes Chorkalium löffelweise ein. Letzteres löst sich bald, und die Umsetzung erfolgt, wobei sich schon teilweise das entstandene Chlornatrium abscheidet. Durch Abdampfen der Lösung auf ein vermindertes Volum krystallisieren neue Mengen Chlornatrium aus. In der Flüssigkeit bleibt salpetersaures Kalium gelöst. Nach diesem Verfahren gewinnt man aus Chilisalpeter, Kalisalpeter

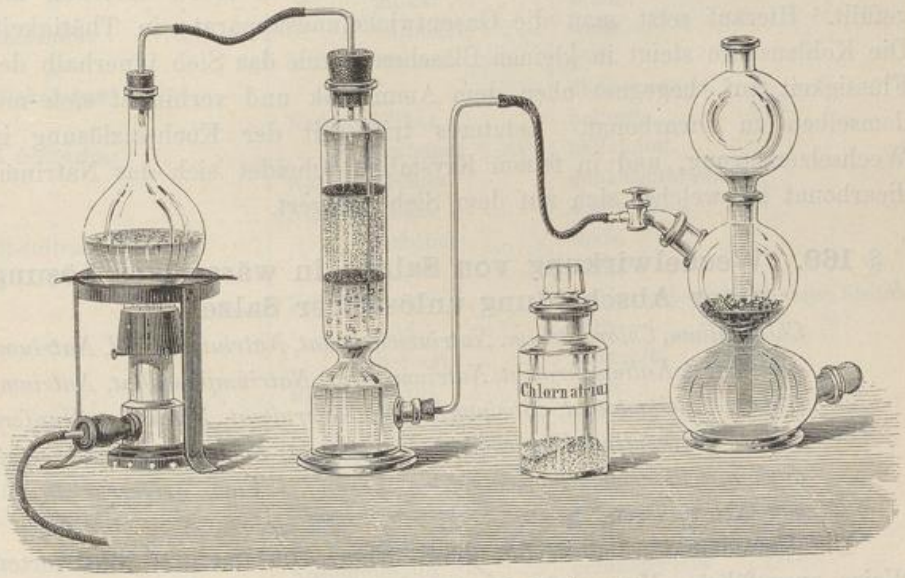


Fig. 750. Ammoniak-Soda-Prozefs.

(Konversionssalpeter). Wird eine kalt gesättigte Chlorbariumlösung mit gesättigter Lösung von Natronsalpeter versetzt, so scheidet sich beim Schütteln Bariumnitrat als weifses Krystallpulver aus.

Chlornatrium setzt sich ferner mit saurem kohlensauren Ammon in saures kohlensaures Natron und Salmiak um. Man sättige eine konzentrierte Lösung von käuflichem Ammoniumcarbonat mit Kohlensäure und vermische ein Volum der Lösung kalt mit einer kalt gesättigten Kochsalzlösung in einem Kolben, welchen man tüchtig schüttelt. Es scheiden sich bald reichliche Mengen von Natriumdicarbonat aus, welche sich am Boden des Kolbens ablagern. Sollte die Krystallisation nicht alsbald erfolgen, dann leitet man nochmals Kohlensäure in die gemischte Lösung ein. Diese Reaktion dient zur technischen Umsetzung von Kochsalz in

Natriumcarbonat (Ammoniaksodaprozefs), doch läfst man hierbei nicht eine wässerige Lösung des Ammoniumcarbonats auf die des Kochsalzes einwirken, sondern leitet Kohlensäure und Ammoniak in letztere. Mit einem von E. J. Hallock* konstruierten Apparat, welcher in Figur 750 abgebildet ist, kann dieser Prozefs gut veranschaulicht werden. In einen Absorptionsturm sind zwei oder drei kreisförmig geschnittene Drahtnetze eingeschoben, so dafs sie den oberen Raum des Gefäfses in drei etwa gleiche Teile leiten. Der untere Tubulus des Turmes ist mit einem Kohlensäureentwickelungsapparat, der obere mit einem Kolben verbunden, in welchem Ammoniak (durch Erhitzen von Ammoniakflüssigkeit) entwickelt wird.** Der Turm wird mit einer kalt gesättigten Kochsalzlösung angefüllt. Hierauf setzt man die Gasentwickelungsapparate in Thätigkeit. Die Kohlensäure steigt in kleinen Bläschen durch das Sieb innerhalb der Flüssigkeit auf, begegnet oben dem Ammoniak und verbindet sich mit demselben zu Dicarbonat. Letzteres tritt mit der Kochsalzlösung in Wechselzersetzung, und in feinen Krystallen scheidet sich das Natriumdicarbonat ab, welches sich auf dem Sieb ablagert.

§ 169. Wechelwirkung von Salzen in wässeriger Lösung unter Abscheidung unlöslicher Salze.

Chlorkalium, Chlornatrium, Natriumcarbonat, Natriumchlorid, Natriumdicarbonat, Kaliumchromat, Natriumsulfat, Natriumphosphat, Natriumsilikat, Calciumnitrat, Bariumchlorid, Silbernitrat, Bleinitrat, Kupfersulfat, Ferrosulfat, Eisenchlorid, Nickelnitrat, Kobaltnitrat, Zinksulfat, alle in wässeriger konzentrierter Lösung. Eine gröfsere Anzahl von Kelchgläsern.

Die Versuche werden in der durch Figur 709 (S. 562) illustrierten Weise ausgeführt. Man gieſst in ein Kelchglas einige Kubikcentimeter von der Lösung des einen Salzes, setzt eine angemessene Menge destillierten Wassers hinzu und fällt durch das andere Salz, von dem man so lange zusetzt, als noch ein Niederschlag entsteht. Als Fällungsmittel benutze man stets die Alkalisalze.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 10, S. 1955.

** Die Abbildung Figur 750 ist in einigen Punkten zu korrigieren. Zunächst ist es anzuraten, den Ammoniakentwickelungskolben mit einem Sicherheitsrohre zu versehen; ferner mufs das durch den Kork geführte Gaseinleitungsrohr bis fast auf das oberste Drahtsieb reichen, und endlich mufs auch der mittlere Apparat, in welchem die Umsetzung vorgeht, mit einem Sicherheitsrohre versehen werden, welches man durch eine zweite Durchbohrung des Korkes steckt. Es ist zweimal rechtwinklig umgebogen, und der äufsere Schenkel geht senkrecht bis fast auf den Tisch. Man läfst ihn in einen Cylinder tauchen, welcher ebenfalls mit gesättigter Kochsalzlösung gefüllt ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wenn man fällt	durch	so ist der Niederschlag
Calciumnitrat	Natriumcarbonat	weifs.
„	„ phosphat	weifs.
„	Kaliumchromat	hellgelb.
Bariumchlorid	Natriumcarbonat	weifs.
„	„ sulfat	weifs.
„	Kaliumchromat	hellgelb.
Ferrosulfat	Natriumcarbonat	weifslich, rasch grün und braun werdend.
„	Natriumphosphat	flockig weifslich.
Eisenchlorid	„ carbonat	hellschokoladenbraun.
„	„ silikat	braun.
Zinksulfat	„ carbonat	weifs.
„	Kaliumchromat	gelb.
Nickelnitrat	„ „	dunkelorange.
„	Natriumsilikat	hellgrün.
Kobaltnitrat	„ carbonat	hellviolett.
„	Kaliumchromat	dunkelrotbraun.
„	Natriumsilikat	schön blau.
Bleinitrat	„ carbonat	weifs.
„	„ chlorid	weifs.
„	Kaliumbromid	weifs, in heifsem Wasser löslich.
„	„ jodid	gelb.
„	„ chromat	hochgelb.
„	Natriumsilikat	weifs.
Kupfersulfat	„ carbonat	hellblau.
„	Kaliumchromat	gelbbraun.
„	„ silikat	hellblau.
Silbernitrat	Natriumcarbonat	weifs.
„	„ chlorid	weifs.
„	Kaliumbromid	gelblichweifs.
„	„ jodid	gelb.
„	„ chromat	rot.
Mercuronitrat	„ jodid	grün.
Quecksilberchlorid	„ jodid	ziegelrot.

Unter den durch diese Anordnung gegebenen Versuchsbedingungen verbindet sich also stets diejenige Base mit der Säure, mit welcher sie ein unlösliches Salz giebt, wobei die relative Stärke der Komponenten gar nicht in Betracht kommt. So verläfst z. B. die Schwefelsäure das Kali, zu dem sie doch eine aufserordentlich grofse Affinität besitzt, um sich mit dem Baryt zu verbinden, wenn sie in der Lösung einem löslichen Barytsalze begegnet. Das Kali nimmt dann die mit dem Baryt verbundene Säure. Andererseits giebt das Chlorbarium sein Chlor ab, um in Bariumcarbonat überzugehen, wenn es einem löslichen kohlensauren Salze begegnet. Bei der Zersetzung von löslichen Salzen durch freie

Säuren (s. S. 570) war dies nicht so, indem hier nur dann Zersetzung eintritt, wenn die zugesetzte Säure stärker ist, als die in dem Salze enthaltene, gleichgültig, ob die neue Säure mit der Base des Salzes eine unlösliche Verbindung giebt oder nicht. So konnte z. B. Chlorbarium nicht durch freie Kohlensäure, Chlorcalcium nicht durch freie Phosphorsäure etc. zersetzt werden, weil die alte Säure, welche dabei hätte abgeschieden werden müssen, keine Base findet, mit der sie sich verbinden kann, also frei bleibt, und infolgedessen sogleich wieder in Aktivität reten, d. h. das gebildete Salz wieder zersetzen kann.

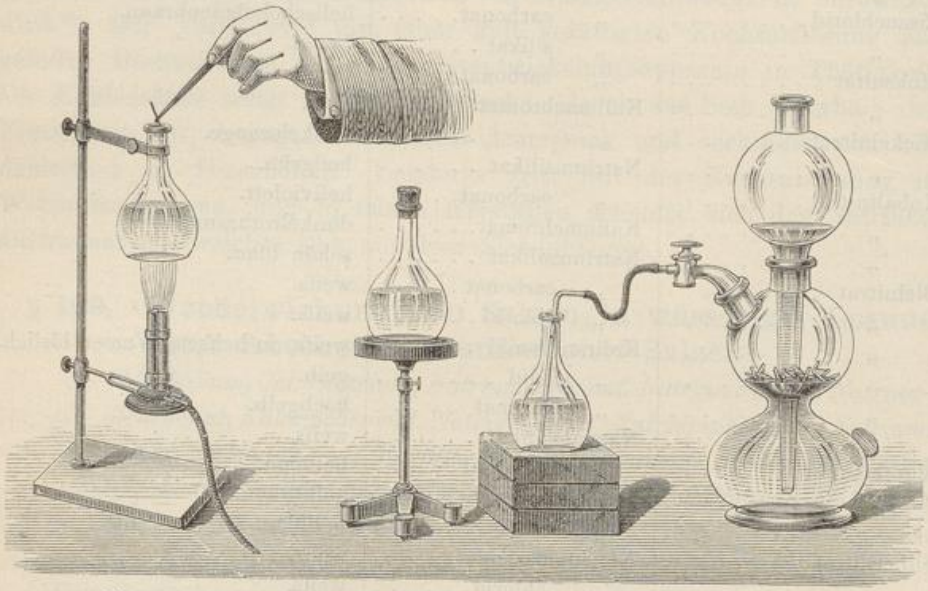


Fig. 751. Fig. 752. Fig. 753.

Bildung und Auflösung von Ferrocarbonat.

Wendet man statt der alkalischen Carbonate Dicarbonate an, so entsteht bei mehreren Salzen in verdünnter Lösung kein Niederschlag. Man verdünne die Lösungen von Calciumchlorid und Ferrosulfat mit sehr viel Wasser und versetze die Mischung mit einer kalt (durch Reiben im Mörser) bereiteten Lösung von Natriumdicarbonat. In beiden Fällen entsteht kein Niederschlag. Läfst man sie aber an der Luft stehen oder erhitzt sie zum Kochen, so tritt die Fällung ein, weil die Kohlensäure des Dicarbonats entweicht; der Niederschlag des Eisensalzes, welcher anfangs schmutzig weifs ist, nimmt dabei eine braune Farbe an. Dies ist das Verhalten der natürlichen eisenhaltigen Mineralwässer, welche beim Schöpfen klar erscheinen, da sie durch überschüssige Kohlensäure gelöstes Ferrocarbonat enthalten. Sobald jene entweicht, scheidet sich

das Carbonat, welches gleichfalls seine Kohlensäure verliert, ab und wird bald durch Absorption von Sauerstoff aus der Luft zu braunem Eisenoxyd, welches sich zu Boden senkt.

Letzteres Verhalten wird durch folgende Versuche erläutert.

Einige Krystalle von zuerst mit Wasser und dann mit verdünntem Alkohol gut abgewaschenem Eisenvitriol werden in einer grofsen Menge siedenden, destillierten Wassers gelöst, mit etwas reiner Schwefelsäure und einigen Stücken weichen Eisendrahts versetzt und damit längere Zeit gekocht (Fig. 751). Hierauf verschliefst man die Flasche und läfst sie erkalten (Fig. 752). Inzwischen bereitet man sich eine konzentrierte Lösung von Natriumdicarbonat durch Reiben des Salzes mit kaltem Wasser im Mörser und Abgiefsen der klaren Lösung (nicht erwärmen!). Von letzterer setzt man etwas mehr, als zur Zersetzung des Eisensalzes ausreichen würde, der in den Ballon enthaltenen kalten Lösung hinzu und schüttelt. Hierbei wird in der Regel, wenn die angewendete Eisenvitriolmenge nicht sehr gering war, ein Niederschlag entstehen. Man leitet nun noch eine Zeitlang Kohlensäure in den Ballon (Fig. 753) und filtriert in einen zuvor mit Kohlensäuregas gefüllten Ballon. Wenn das Filtrat hiernach etwas trübe erscheint, so läfst man es (wohl verschlossen) so lange stehen, bis es sich vollständig geklärt hat und farblos und durchsichtig geworden ist. Endlich erhitzt man einen Teil davon (die Hälfte) zum Sieden, worauf unter lebhafter Entwickelung von Kohlensäure aus der Flüssigkeit ein anfangs weifslicher, flockiger Niederschlag von Eisenoxydul sich ausscheidet, der aber rasch hellgrün, schmutziggrün, grünlichbraun und zuletzt braun wird, indem er sich in Eisenoxyd verwandelt. Die andere Hälfte des Filtrats läfst man in dem offenen Gefäfse an der Luft stehen, wodurch dieselbe Umwandlung, aber langsam, bewirkt wird.

§ 170. Wechselzersetzung zwischen unlöslichen oder schwer löslichen Salzen und gelösten.

Bleinitrat, Schwefelsäure, Kaliumcarbonat.

Man erzeugt durch Zusatz von etwas verdünnter Schwefelsäure zu einer Lösung von Bleinitrat einen Niederschlag von Bleisulfat, welchen man absetzen läfst und durch Dekantieren auswäscht. Dann gieſst man eine konzentrierte Lösung von Natriumcarbonat darüber, kocht damit längere Zeit in einer Porzellanschale unter Ersatz des verdampfenden Wassers und filtriert. Der ausgewaschene Niederschlag löst sich jetzt in mäfsig verdünnter Salpetersäure unter Aufbrausen (Entwickelung von Kohlensäure) leicht auf, während in dem Filtrate durch Zusatz von Chlorbarium das Vorhandensein einer reichlichen Menge von Schwefelsäure nachgewiesen werden kann. Diese Umsetzung des ersten Niederschlags

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ist nur dadurch möglich, daſs das Bleisulfat in heiſsem Wasser etwas löslich ist, das Bleicarbonat aber gar nicht. Sobald sich eine kleine Menge des ersteren in der kochenden Flüssigkeit gelöst hat, tritt sie sogleich mit dem in der Lösung enthaltenen Natriumcarbonat in Wechselwirkung unter Abscheidung von unlöslichem Bleicarbonat; eine neue Menge kann sich lösen, welche dieselbe Zersetzung erleidet, u. s. f.

§ 171. Wechselwirkung von Salzen in der Schmelzhitze.

Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat, Bariumsulfat, Schwefelsäure, Chlorbariumlösung; ein Platintiegel.

10 Gewichtsteile Natriumcarbonat mische man mit 13 Gewichtsteilen Kaliumcarbonat in der Reibschale innig; beide Salze müssen wasserfrei sein (Fig. 754). Von diesem Gemenge mische man 4 Teile mit 1 Teil

Fig. 754. Fig. 755. Fig. 756.

Aufschlieſsung von Bariumsulfat durch Kaliumnatriumcarbonat.

Bariumsulfat und setze es in einem bedeckten Platintiegel einer starken Glühhitze aus, bis alles geschmolzen ist, halte auch die Masse eine Zeitlang in geschmolzenem Zustande (Fig. 755). Hiernach läſst man den Tiegel erkalten, übergieſst in einem Becherglase den Schmelzrückstand mit Wasser und erwärmt gelinde. Die Masse löst sich zum Teil in dem Wasser auf; doch bleibt ein feinpulveriger Rückstand ungelöst, welcher sich als Bodensatz ablagert (Fig. 756). Die klare Lösung wird abgegossen und mit etwas Chlorbariumlösung versetzt. Die Bildung eines Niederschlags zeigt das Vorhandensein von Schwefelsäure darin an, welche offenbar nur aus dem Bariumsulfat stammen kann, also aus diesem Salze in eine lösliche Verbindung mit dem Alkali übergegangen ist. Der gut ausgewaschene Bodensatz wird in einem Becherglase mit Salzsäure übergossen, worin er sich unter Aufbrausen löst. Die salzsaure Lösung giebt

auf Zusatz von Schwefelsäure die Barytreaktion, demnach besteht der Niederschlag aus Bariumcarbonat. Es hat also vollständige Wechselzersetzung der alkalischen Carbonate mit dem Bariumsulfat stattgefunden.

V. Maßanalyse.

Da es bei dem theoretischen Unterricht in der anorganischen Chemie nur darauf ankommt, die Prinzipien der Maßanalyse zu lehren und durch Versuche zu illustrieren, so wird man sich auf einige der wichtigsten Methoden beschränken können.

§ 172. Alkalimetrie und Acidimetrie.

Reine konzentrierte Schwefelsäure, reine krystallisierte Oxalsäure, Natriumhydrat.

Man gieße in einen geaichten Literkolben etwa 600 ccm destilliertes Wasser, fasse mittels der Pipette 26,6 ccm reine konzentrierte Schwefelsäure von 66° Bé., lasse dieselbe in das Wasser fließen, mische durch Umschütteln gut und lasse die Mischung völlig erkalten. Hierauf verdünnt man sie mit so viel Wasser, daß das Gesamtvolum 1 l beträgt. Die Lösung besitzt annähernd die Stärke der Normalschwefelsäure, welche in einem Liter 49 g H_2SO_4 ($= {}^1/_2$ Mol.) enthalten soll. Hiervon bereitet man sich eine Zehntelnormallösung, indem man 100 ccm davon auf 1 l verdünnt. — Um mit Hilfe dieser Normalsäure Normalnatronlösung herzustellen, löse man etwa 50 g reines Natriumhydrat in 800 ccm Wasser und lasse wiederum vollständig abkühlen. Jetzt bringe man 20 ccm Normalschwefelsäure in ein Becherglas, verdünne sie mit Wasser, setze einige Tropfen Lackmuslösung hinzu, fülle eine 50 Kubikcentimeterbürette mit der klaren Natronlösung bis zum Nullpunkt und lasse unter Umrühren daraus so lange zu der gefärbten Schwefelsäure fließen, bis die Farbe eben aus Rot in Violett übergeht (Fig. 757). Hierzu wird man, da die nach dem angegebenen Verhältnis bereitete Natronlösung im Vergleich mit der Normalschwefelsäure zu stark ist, weniger als 20, z. B. 13,3 ccm brauchen. Da nun beide Lösungen gleichwertig sein sollen, d. h. so, daß gleiche Volume derselben einander völlig neutralisieren, so wird man die Natronlösung in dem Verhältnis von 13,3 : 20 verdünnen müssen. Man bringt also $50 \times 13{,}3 = 665$ ccm von der Natronlauge in einen geaichten Literkolben und füllt ihn bis zur Marke mit destilliertem Wasser. Durch

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

einen Kontrollversuch wird sich zeigen, ob die Lösungen zu einander stimmen. Ist dies der Fall, so stelle man in der angegebenen Weise noch eine Zehntelnormalnatronlösung dar.

Will man Oxalsäure zur Titerstellung benutzen, so wägt man genau 63 g krystallisierte Oxalsäure, entsprechend ½ Molekül $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ ab, löst sie im Literkolben und verdünnt bis zur Marke; diese Lösung hat denselben mafsanalytischen Wert wie die Normalschwefelsäure. Eine jede von ihnen enthält in 1 Liter so viel Säure, als zur Neutralisierung von

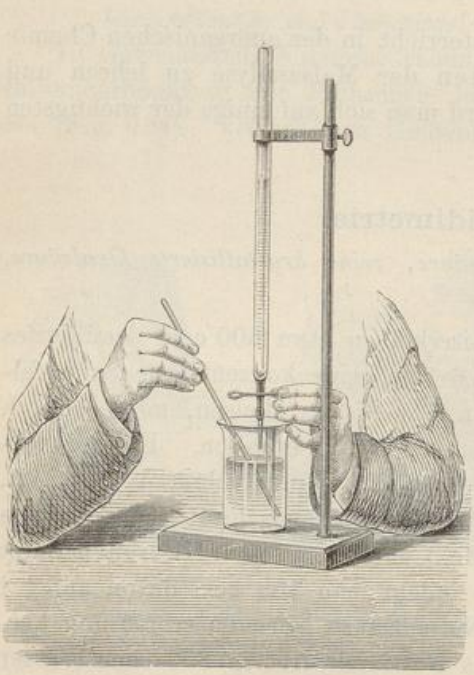


Fig. 757.

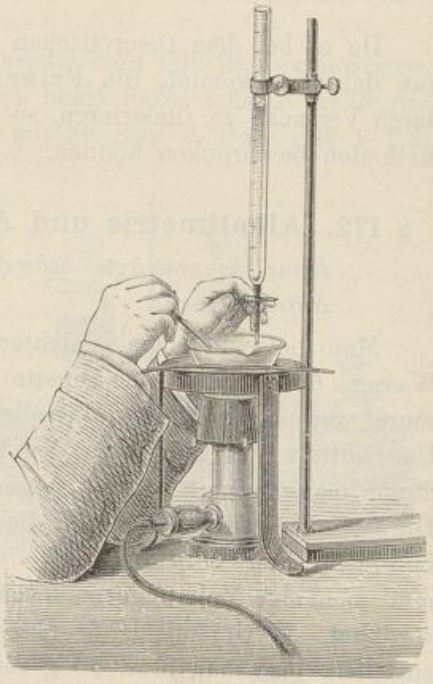


Fig. 758.

Titrieren.

$\frac{1}{2}K_2O$ oder KaOH oder $\frac{1}{2}BaO$ etc. entspricht. Jeder Kubikcentimeter neutralisiert danach 0,047 g K_2O oder 0,056 g KOH oder 0,076 g BaO etc.

Um hiermit den Alkaligehalt einer Flüssigkeit zu messen, nimmt man von derselben mittels einer Vollpipette eine bestimmte Menge, z. B. 20 ccm heraus, läfst diese in ein Becherglas laufen, verdünnt mit einer entsprechenden Menge destillierten Wassers und färbt die Flüssigkeit mittels Zusatz einiger Tropfen Lackmustinktur deutlich blau. Dann füllt man eine 100 Kubikcentimeterbürette mit Normalschwefelsäure oder Oxalsäure und eine 50 Kubikcentimeterbürette mit Zehntelnormalschwefelsäure oder -oxalsäure, setzt das Becherglas unter die erste Bürette und

läfst durch Öffnung des Quetschhahns so lange Säure einlaufen, bis die um den einfliefsenden Strahl entstehende Rötung der Flüssigkeit nicht mehr so rasch verschwindet. Dieses deutet an, dafs die Flüssigkeit dem Neutralisationspunkt nahe ist. Man schiebt das Glas unter die Bürette *b*, welche die Zehntelnormalsäure enthält, und titriert bis zur Übergangsfarbe. Nehmen wir an, dafs die erste Bürette bis zum Teilstrich 64,2, die zweite bis zu 32,7 ausgelaufen ist, so hat man im ganzen, da die letztere Menge 3,27 ccm Normalsäure entspricht, $64{,}2 + 3{,}27 = 67{,}47$ Normalsäure verbraucht. Diese Zahl multipliziert man mit $0{,}047 = 3{,}17$ und erhält hierdurch die absolute Menge K_2O, welche in 20 ccm der Alkalilösung enthalten ist; durch Multiplikation mit 5 erhält man 15,85 als den Prozentgehalt der Lösung. Soll der Alkaligehalt einer festen Substanz bestimmt werden, so wägt man eine bestimmte Menge, z. B. 5 g davon ab, löst diese in Wasser und verfährt ebenso. Die Berechnung ist die gleiche.

Soll der Gehalt einer sauren Flüssigkeit bestimmt werden, so titriert man mit Normal- oder Zehntelnormalnatronlauge. Von dieser ist 1 ccm gleichwertig mit 0,040 g SO_3 oder 0,049 g H_2SO_4 oder 0,0365 g HCl oder 0,063 HNO_3 etc., und mit Hilfe dieser Zahlen berechnet man das Resultat wie oben.

Auch kohlensaure Alkalien lassen sich mit Normalsäure titrieren. Soll z. B. der Gehalt einer käuflichen Pottasche bestimmt werden, so wägt man 5 g davon ab, löst in Wasser, färbt mit Lackmus und titriert. Da hierbei Kohlensäure frei wird, und diese auf die Farbe des Lackmus störend einwirken würde, so benutzt man zum Titrieren kein Becherglas, sondern eine Porzellanschale. Die Lösung des Salzes wird erwärmt, um die Kohlensäure zu verjagen (Fig. 758). Gesetzt, man habe 68,6 ccm Normalsäure und 13,4 ccm $^1/_{10}$-Säure, also im ganzen 69,94 ccm Normalsäure verbraucht, so ergiebt sich, da 1 l derselben $= {}^1/_2K_2CO_3 = 69$ g ist, der Gehalt der angewandten 5 g roher Pottasche an reinem $K_2CO_3 = 0{,}069 \times 69{,}94 = 4{,}82$ g $= 96{,}40$ Prozent.

§ 173. Fällungsanalysen.

Reines Chlornatrium, Silbernitrat, Kaliumchromat.

Als Beispiel für die Fällungsanalysen mag die Bestimmung des Chlors mit Silberlösung oder umgekehrt des Silbers mittels Chlornatriumlösung dienen. Man bereitet Zehntelnormalsilberlösung durch Auflösen von 17,0 g krystallisierten Silbernitrats in Wasser und Verdünnung auf ein Liter. Hiermit stellt man eine Zehntel-Normalkochsalzlösung her, indem man 5,85 g Chlornatrium in 800 ccm Wasser löst und durch Titrieren das Verhältnis dieser Lösung zu jener feststellt, indem man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

20 ccm Silberlösung so lange mit Kochsalzlösung versetzt, als noch ein Niederschlag entsteht. Man wird bei dem angenommenen Konzentrationsverhältnis der Lösung 13,7 ccm brauchen, daher mufs dieselbe im Verhältnis von 13,7 : 20 verdünnt werden, d. h. man verdünnt 685 ccm auf 1000. Den Endpunkt der Reaktion erkennt man hier durch das Aufhören der Fällung, deshalb mufs man gegen das Ende nach jedem neuen Zusatz warten, bis sich die oberen Partien der Lösung geklärt haben, um die Wirkung beobachten zu können. Weit sicherer ist es, wenn man als Indikator einige Tropfen Kaliumchromat zusetzt. Dieses giebt mit Silbernitratlösung einen blutroten Niederschlag. Man titriert so lange, bis die blutrote Färbung eben verschwunden ist.

Will man umgekehrt in einer Flüssigkeit das gebundene Chlor bestimmen, so setzt man ebenfalls einige Tropfen Kaliumdichromat hinzu, welche die Lösung schwach gelblich färben, und titriert mit Silberlösung so lange, bis ein Tropfen die blutrote Färbung des Silberchromats eben hervorbringt.

VIERTES KAPITEL.

Zersetzung von Salzen bis herab zum Metall.

§ 174. Reduktion von Metallsalzlösungen durch Metalle.

Kupfersulfat, Quecksilberchlorid, Silbernitrat; Zinnchlorür; Bleiacetat, Kadmiumsulfat. Mehrere Streifen blankes Zinkblech und Kupferblech, in Stücke zerschnittener blanker Eisendraht. Quecksilber. Mehrere Kelchgläser. Zwei weite Cylindergläser.

a) Fällung von Kupfer, Quecksilber und Silber. Die genannten Metallsalze werden in Wasser gelöst, und zwar wendet man von dem Kupfersulfat ziemlich konzentrierte, von den beiden anderen Salzen verdünnte Lösungen an. Man stellt nebeneinander auf: zwei Gläser mit Kupfersulfat (Fig. 759), zwei Gläser mit Quecksilberchlorid (Fig. 760) und zwei Gläser mit Silbernitrat (Fig. 761). Dann bringt man in die erste Kupferlösung ein Zinkblech, in die zweite blanken, zerschnittenen Eisendraht, in die erste Quecksilberlösung Zink-, in die zweite Kupferblech, in die erste Silberlösung Kupferblech und in die zweite metallisches Quecksilber. Die Reaktion beginnt sogleich und ist besonders auffallend

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sichtbar in der Kupferlösung. Sie vollendet sich aber erst innerhalb mehrerer Stunden, deshalb läfst man sie nach genauer Bezeichnung des Inhalts der Gläser bis zur nächsten Unterrichtsstunde stehen. Die Farben erscheinen dann in folgender Weise geändert: die erste Kupferlösung ist farblos (Zinkvitriol), die zweite blafs blaugrün (Eisenvitriol), die erste Quecksilberlösung grünlich (Eisenchlorid), die zweite Quecksilberlösung blau (Kupferchlorid, verdünnt), die erste Silberlösung blau (Kupfernitrat), die zweite farblos (Quecksilbernitrat). Das abgeschiedene Kupfer bildet ein dunkelrotes, lockeres Pulver, welches teilweise noch am Bleche haftet, zum gröfseren Teile aber am Boden des Glases liegt. Das abgeschiedene

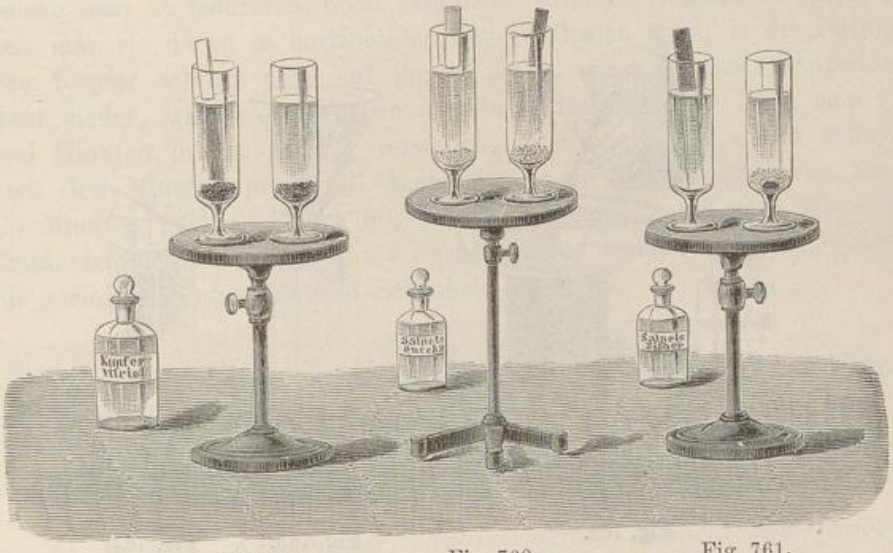


Fig. 759. Fig. 760. Fig. 761.

Zersetzung von Metallsalzlösungen durch Metalle.

Quecksilber hat sich mit den beiden Metallen zu Amalgam verbunden, die Oberflächen derselben erscheinen demnach, wenn man sie mit Baumwolle abreibt, weifs und glänzend. Auch das in der Silberlösung stehende Kupferblech ist mit einem anhaftenden blanken Überzuge von Silber bekleidet, und im letzten Glase, welches die mit Quecksilber versetzte Silberlösung enthielt, hat sich eine schöne, vielfach verästelte Bildung von langen, silberglänzenden Krystallnadeln gebildet, welche aus einer Legierung von Quecksilber und Silber bestehen (Dianenbaum). Es ist notwendig, das Glas vor jeder Erschütterung zu bewahren.

Schöne Metallbäume lassen sich noch aus Blei- und Zinnlösungen erhalten.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Bleibaum. Eine gröfsere Menge Bleiacetat wird in der Porzellanschale unter Erwärmen in destilliertem Wasser gelöst, so dafs eine ziemlich stark verdünnte Lösung entsteht (Fig. 762). Diese filtriert man in ein hohes Cylinderglas (Fig. 763) und hängt nach dem Erkalten mittels eines Glasstabes ein Stück blankes, am Rande sägeförmig ausgeschnittenes Zinkblech hinein, worauf man den Apparat der völligen Ruhe überläfst. Die Abscheidung des Bleies auf der Zinkoberfläche beginnt sogleich, zuerst in Form eines grauen, schwammigen Überzugs, aus dem allmählich kleine Krystallblättchen herauswachsen. Nach 24 Stunden hat sich der gröfsere Teil des Glases mit einer baumartigen Vegetation erfüllt, die zum Teil aus centimeterlangen Blättchen besteht (Fig. 764).

Fig. 762. Fig. 763. Fig. 764.

Auflösung und Fällung von Bleizucker durch Zink.

c) Zinnbaum. Zur Erzeugung des Zinnbaums behandelt man Zinnchlorür in derselben Weise und hängt in die Lösung ebenfalls eine ausgezackte Zinkplatte.

d) Kadmiumbaum. Ein solcher entsteht durch Einhängung eines Zinkblechs in eine Lösung von Kadmiumsulfat.

e) Verzinnen von Kupferblech. Mit einer Zinnchlorürlösung läfst sich blankes Kupferblech mit einer anhaftenden glänzenden Zinnschicht überziehen, wenn man Zinnchlorür in Wasser löst, Natronlauge hinzusetzt, die Lösung in einer Porzellanschale zum Sieden erhitzt und das Kupferblech mit einigen Blättchen Stanniol hineinlegt. Der Überzug beginnt sich schon nach wenigen Sekunden zu bilden, und erscheint nach dem Abwaschen des Metalls völlig blank.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 175. Überziehen von Zinkblech mit einer farbigen Kupferschicht.

Weinsaures Kupfer, Natriumhydrat, ein Stück blankes, bleifreies Zinkblech, eine Krystallisationsschale.

30 g lufttrockenes weinsaures Kupfer und 40 g Natriumhydrat werden in 480 ccm destilliertem Wasser gelöst. Man erhält eine tief blau gefärbte Lösung, welche man auf $+10^{\circ}$ C. abkühlt. Das Zinkblech wird mit stark verdünnter Salzsäure und Seesand blank geputzt, mit Wasser abgespült und mit reinem Fliefspapier gut abgetrocknet. Die Lösung bringt man in eine Krystallisationsschale und taucht die Zinkplatte, welche man an mehreren, oben zusammengedrehten Drähten so aufhängt, dafs man sie daran in horizontaler Lage aufheben kann, in die Lösung. Das Kupfer schlägt sich auf ihr in Form einer zusammenhängenden Haut nieder, welche die Farben dünner Blättchen zeigt. Läfst man sie zwei Minuten in der Lösung verweilen, so erscheint sie violett gefärbt, nach drei Minuten prachtvoll dunkelblau, nach $4^1/_2$ Minuten grün, nach $6^1/_2$ Minuten goldgelb, nach $8^1/_2$ Minuten purpurrot, und nach längerem Eintauchen wiederholen sich die Farben nach derselben Reihenfolge, doch mit geringerer Intensität und Schönheit (Böttger).

§ 176. Reduktion edler Metalle aus ihrer Lösung durch organische Substanzen.

a) *Silbernitrat, Traubenzucker, Ammoniakflüssigkeit, reines Ätznatron, Kandiszucker, reine Salpetersäure. Feingold, Aldehyd.*

b) *Feingold, Königswasser, Natriumhydrat; Alkohol, Schwefelsäure, Braunstein; Rohrzucker, Salpetersäure.*

a) Reduktion der Silberlösung (Versilberung von Glas). Um die Einwirkung einer organischen Substanz auf Silberlösung zu zeigen, genügt es, eine Lösung von Silbernitrat mit einer Lösung von Traubenzucker, welche 1 Teil Zucker in 6—8 Teilen Wasser enthält, zu mischen, nachdem man jene zuvor zum Sieden erhitzt hat. Die Flüssigkeit trübt sich sofort, und nach kurzer Zeit scheidet sich das Silber als feines Pulver am Boden des Gefäfses ab, wobei sich das Glas mit einem dünnen, gelblichweifsen, metallisch glänzenden Überzuge bedeckt.

Die Herstellung von Lösungen zur Erzeugung von Silberspiegeln verlangt besondere Aufmerksamkeit, wenn der Überzug rein und glänzend werden soll. Es sind für diesen Zweck im Laufe der Zeit von verschiedenen Chemikern zahlreiche Vorschriften gegeben worden, von denen hier nur eine, welche leicht auszuführen ist und gute Resultate giebt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

erwähnt sein mag. Sie rührt von MARTIN* her und wird nach E. REICHARDT** in folgender Weise ausgeführt. Man bereitet:

1. eine Lösung von 10 g Silbernitrat in 100 g Wasser;
2. Ammoniak von 0,984 spez. Gew.;
3. eine Lösung von 20 g Ätznatron (ganz rein) in 500 g Wasser;
4. eine Lösung von 25 g reinem Zucker in 20 ccm Wasser, welche man mit 1 ccm Salpetersäure 20 Minuten lang im Sieden erhält (Invertzucker).

Nach dem Erkalten fügt man zu der letzteren 50 ccm Alkohol von 89,6 Volumprozenten und so viel Wasser hinzu, dafs die ganze Flüssigkeit 500 ccm beträgt. Von diesen Flüssigkeiten mischt man 12 ccm der Silberlösung mit 8 ccm Ammoniak und 20 ccm Natronlösung und verdünnt bis auf 100 ccm mit Wasser. Diese Mischung bleibt vor dem Gebrauche noch 24 Stunden stehen, kann jedoch dann, gut verschlossen, beliebig lange aufbewahrt werden. Zur Ausführung der Versilberung werden der letztgenannten Mischung noch $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ der Invertzuckerlösung zugefügt. Will man hiermit einen ebenen Gegenstand, z. B. eine Glasplatte, versilbern, so legt man in einen flachen Kasten von Glas oder Porzellan, welcher etwas gröfser als die Platte ist, zwei Stäbe von Glas, und auf diese, mit der zu versilbernden Fläche nach unten, die Glasplatte, deren Oberfläche vorher durch sorgfältiges Putzen mit verdünnter Kalilauge und Abspülen mit destilliertem Wasser wohl gereinigt war. Dann gieſst man die eben mit der Zuckerlösung zusammengemischte Silberlösung in den Kasten, so dafs die Flüssigkeit die untere Fläche der Glasplatte berührt und keine Luftblasen daran haften bleiben. Das Glas überzieht sich bald mit blankem Silber, dessen Dicke von der Dauer der Einwirkung abhängt. Durch nachträgliches Waschen, Trocknen und Überziehen mit einem Firnis giebt man dem Überzuge Dauer. — Sollen Hohlgefäfse versilbert werden, so gieſst man die Flüssigkeit ein und schüttelt.

Nach BÖTTGER*** verfährt man beim Versilbern von Glas folgendermafsen: Die Silberlösung wird hergestellt, indem man 4 g krystallisiertes reines Silbernitrat in einer Porzellanschale mit nicht zu starker Ammoniakflüssigkeit unter fortwährendem Umrühren übergieſst, bis die anfangs sich trübende Lösung vollständig klar geworden ist. Dann mischt man 1 g fein zerriebenes Ammoniumsulfat hinzu und verdünnt das Ganze mit 350 g destilliertem Wasser. Diese Lösung läfst sich in einer Flasche mit Glasstöpselverschlufs und im Dunkeln lange Zeit aufbewahren. —

* *Poggendorff's Annalen*, Bd. 120, S. 335. — *Chem. Centr.-Blatt* 1864, S. 272.

** *Dingler's Polytechnisches Journal*, Bd. 176, S. 141. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 784.

*** *Polytechnisches Notizblatt*, Bd. 39, S. 342. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 74.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zur Reduktionsflüssigkeit nimmt man 1,2 g reinen Stärke- oder Traubenzucker und löst denselben in 350 g destilliertem Wasser; hierzu setzt man 3 g reines Kaliumhydrat. Diese Reduktionsflüssigkeit bereitet man immer nur in kleiner Menge kurz vor dem Gebrauche. Beim Versilbern verfährt man, wie oben angegeben.

Um die Versilberung zu schützen, wird sie auf der Rückseite mit einem Firnis überzogen, den man durch Auflösung von 1 Gew.-Teil Damarharz in 12 Gew.-Teilen Schwefeläther herstellt. Man trägt ihn mit einem Pinsel gleichmäfsig auf.

b) Vergoldung von Glas. Zu diesem Zwecke bereitet man sich nach Wernicke* drei Lösungen, welche man längere Zeit aufbewahren kann und zum Gebrauch nur in bestimmten Verhältnissen zu mischen hat: 1. Eine Lösung von Goldchlorid, welche in 120 ccm 1 g Gold enthält. Man löst 1 g Feingold in möglichst wenig Königswasser, verdampft im Sandbade die überschüssige Säure und verdünnt dann auf 120 ccm. Es ist hierbei nicht notwendig, das salzsäurehaltige Goldchlorid bis zur Bildung von Chlorür zu erhitzen, weil ein geringer Gehalt an Säure für die Bildung eines guten Spiegels nicht von Belang ist, dagegen mufs diese Goldchloridlösung absolut frei von solchen Metallen sein, welche durch die Reduktionsflüssigkeit metallisch ausgeschieden werden, namentlich frei von Silber. — 2. Eine Natronlauge von 1,06 spez. Gew. — 3. Die Reduktionsflüssigkeit. Man mischt 50 g englische Schwefelsäure mit 40 g Alkohol und 35 g Wasser, destilliert nach Zusatz von 50 g feinem Braunsteinpulver im Sandbade bei gelinder Wärme und leitet die Dämpfe in eine mit 50 g kaltem Wasser gefüllte Flasche. Man destilliert so lange, bis sich das Volumen des vorgeschlagenen Wassers verdoppelt hat. Die erhaltene Flüssigkeit, welche Aldehyd und etwas Essig- und Ameisenäther enthält, versetzt man mit 100 ccm Alkohol und 10 g mittels Salpetersäure invertierten Rohrzuckers und ergänzt die Mischung durch Zusatz von destilliertem Wasser auf 500 ccm. Die Überführung des Zuckers in Invertzucker geschieht in der Weise, dafs man 10 g gewöhnlichen Rohrzucker in 70 ccm Wasser löst, die Lösung mit 0,5 g Salpetersäure von 1,34 spez. Gewicht versetzt und eine Viertelstunde lang kocht. Zur Ausführung der Vergoldung mischt man 1 Teil der Natronlauge mit dem vierfachen Volumen der Goldlösung und fügt alsdann $^1/_{35}$ bis höchstens $^1/_{30}$ des Ganzen von der Reduktionsflüssigkeit hinzu. Die Flüssigkeit färbt sich alsbald grün von ausgeschiedenem Gold. Man bringt sie in derselben Weise, wie bei der Versilberung beschrieben ist, mit der Glasplatte in Berührung. Bei mittlerer Zimmerwärme von

* *Poggendorff's Annalen*, Bd. 133, S. 183. — *Chem.Centr.-Blatt* 1868, S. 1053.

15° beginnt sich der Spiegel nach 30 Minuten zu bilden, bei 45—50° viel früher.

Dieses Verfahren ist von Böttger* vereinfacht worden, indem er die Reduktionsflüssigkeit durch Lösen von 2 g Stärkezucker in 24 ccm Wasser, 24 ccm 80prozentigem Alkohol und 24 ccm käuflichem Aldehyd herstellt; doch läfst sich diese Lösung nicht gut länger als einen Tag aufbewahren.

§ 177. Reduktion von Metallsalzlösungen unter Mitwirkung des elektrischen Stroms.

Der galvanische Strom zersetzt die Lösungen der Metallsalze, indem er am negativen Pole (Kathode) die Metalle und am positiven (Anode) die Säure abscheidet, welche, wie durch frühere Versuche (§ 150) gezeigt wurde, in der Regel lösend auf das Metall der Anode einwirkt. Es ist deshalb passend, diese aus demjenigen Metall herzustellen, welches in der Lösung enthalten ist und aus dieser durch den Strom niedergeschlagen wird. Die Lösung behält dann die gleiche Konzentration. Der Strom darf nicht zu stark und nicht zu schwach sein. Im ersteren Falle erfolgt die Zersetzung zu schnell, das Metall lagert sich pulverig auf der Kathode ab und bildet einen unansehnlichen, wenig fest anhaftenden Überzug. Ist der Strom dagegen zu schwach, so nimmt die Zersetzung zu viel Zeit in Anspruch. Für Versuche im kleinen mit wenig Quadratcentimeter Kathodenfläche sind in der Regel zwei sogenannte Ruhmkorff'sche Tauch-Elemente mit Chromsäuremischung (Fig. 765) ausreichend. Bei länger andauernden Versuchen im gröfseren Mafsstabe wendet man ein gröfseres Daniell'sches Element (Fig. 766) an, oder benutzt am besten einen Akkumulator, dessen Zellen man nach der Schaltungstabelle auf Seite 77 oder 78 alle nebeneinander verbindet, so dafs die Spannung an den Polklemmen des galvanoplastischen Apparats nie die Höhe von 2 Volt erreichen kann. Die Stromstärke reguliert man durch den auf dem Tische neben dem Apparat einzuschaltenden Entladungsrheostaten (S. 77), so dafs die Stromdichte pro Quadratcentimeter etwa $^1/_{50}$ Ampère beträgt. Man arbeitet also z. B. bei einer Gesamtkathodenfläche von 100 qcm mit einer Stromstärke von 2 Ampère etc. Die metallischen Gegenstände, welche überzogen werden sollen, müssen, wenn man einen blanken Überzug erhalten will, an der Oberfläche poliert und glänzend sein, deshalb ist es am besten, neue, noch nicht gebrauchte Gegenstände zu nehmen, andernfalls wird der Überzug meist unansehnlich erscheinen. In jedem Falle mufs aber eine sorgfältige Reinigung der Oberfläche vorausgehen. Neue Gegenstände werden zu diesem

* *Polytechnisches Notizblatt* 1868, S. 9. — *Chem. Centr.-Blatt* 1868, S. 1054.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zwecke, nachdem sie mit dem zu ihrer Aufhängung bestimmten Drahte verbunden sind, in einer verdünnten Kalilösung einige Zeitlang gekocht, dann mit destilliertem Wasser abgespült und, ohne mit den Fingern berührt zu werden, in die Lösung eingehängt. Will man ein älteres, schon gebrauchtes Stück aus Eisen, Kupfer oder einem anderen unedlen Metall überziehen, so erhitzt man es zuerst, um die anhaftenden Schmutzteile organischer Natur zu zerstören, wirft es noch heifs in mäfsig verdünnte Schwefelsäure, läfst es einige Sekunden darin verweilen und wäscht es, wie vorher angegeben, mit Kali- oder Natronlauge und Wasser ab. Der galvanoplastische Apparat besteht aus einem tiefen, oben offenen Glasgefäfs (Fig. 765 und 766), über welches zwei Stäbe von Messing gelegt sind, die man mit den Polen der galvanischen Batterie verbindet. Die Gegenstände werden mit dünnem ausgeglühten Kupferdraht umwunden

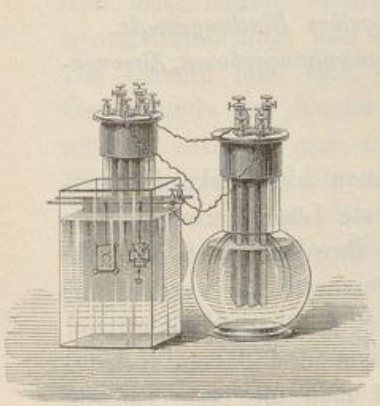


Fig. 765.

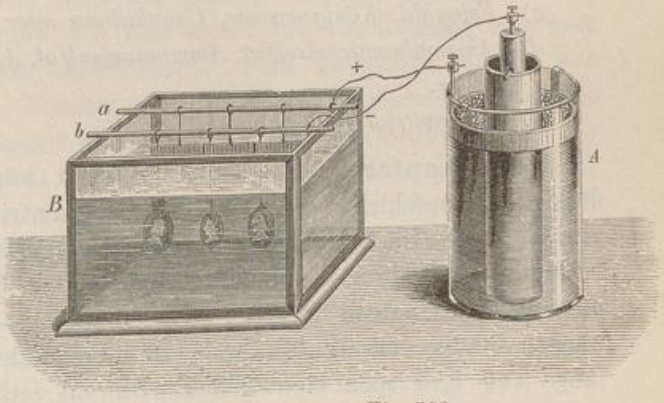


Fig. 766.

Galvanoplastik.

(vor dem Reinigen) und das Ende derselben hakenförmig umgebogen, so dafs man sie leicht über die Messingstäbe hängen und jeden Augenblick wieder aus dem Bade herausnehmen kann, um das Stück zu besichtigen. Über den mit dem positiven Pol verbundenen Stab hängt man ein Metallblech als Anode, welches beim Verkupfern aus Kupfer, beim Vernickeln aus Nickel besteht. Beim Vergolden und Versilbern hängt man ein oder mehrere Stücke Platinblech ein, welches sich in dem Gold- und Silberbade nicht löst. Dasselbe wird sich daher mit der Zeit erschöpfen. Auf keinen Fall darf man ein unedles Metall als Anode nehmen, weil sich dasselbe in der Flüssigkeit lösen und den Gold- oder Silberüberzug verunreinigen würde. Wenn man durch die Versuche blofs zeigen will, dafs überhaupt ein Niederschlag entsteht, so braucht der Gegenstand nur wenige Minuten nach geschlossenem Strome in der Flüssigkeit hängen zu bleiben. Soll aber ein dauerhafter Überzug er-

halten werden, der sich nicht gleich wieder abreiben läfst, so mufs die Elektrolyse wenigstens eine Stunde lang oder noch länger fortgesetzt werden. Währenddessen wird der Gegenstand von Zeit zu Zeit an seinem Metalldrahte aus dem Bade genommen, mit Wasser abgespült und wenn nötig mit einer Bürste abgerieben, wobei er aber nicht mit dem Finger berührt werden darf.

Ein galvanoplastischer Apparat, eine galvanische Batterie mit konstantem Strome. Blank polierte Gegenstände aus Eisen, Messing und Neusilber. Ferner:

a) Eine konzentrierte Lösung von Kupfervitriol, konzentrierte reine Schwefelsäure; oder krystallisierter Kupfervitriol, Seignettesalz (weinsaures Kalinatron), Chlornatrium, Cyankalium.

b) Silbernitrat, Chlornatrium, Cyankalium.

c) Feingold, Königswasser, Cyankalium oder gelbes Blutlaugensalz.

d) Ammoniumnickelsulfat, Ammoniumsulfat, Ammoniumcarbonat, Zitronensäure.

e) Eisenvitriol und Salmiak.

a) Verkupfern. Folgende Lösungen können als Verkupferungsflüssigkeit empfohlen werden: α) Eine konzentrierte Lösung von Kupfervitriol mit 6—7 % Schwefelsäure versetzt, so dafs ihre Dichte 18—20° Bé beträgt. — β) 35 g Kupfersulfat und 150 g Seignettesalz werden mit 40—50 g Ätznatron in 10 l Wasser gelöst. — γ) 35 g Kupfervitriol werden in 200 ccm Wasser und 173 g Seignettesalz in 480 ccm Natronlauge von 1,14 spez. Gew. gelöst. Hierauf setzt man die erste Lösung nach und nach zu der zweiten und verdünnt die Flüssigkeit auf etwa 1 l. Diese wird bis nahe zum Sieden erhitzt und so lange mit einer Auflösung von Traubenzucker versetzt, als noch eine Abscheidung von rotem Kupferoxydul erfolgt. Dies sammelt man nach dem Dekantieren der darüberstehenden klaren Flüssigkeit auf einem Filter und übergiefst es nach dem Auskochen mit so viel Cyankaliumlösung, dafs es sich auflöst, und verdünnt das Ganze auf ein Liter.

Mit allen drei Lösungen erhält man gute Resultate, wenn man eiserne Gegenstände verkupfern will. Um auf galvanoplastischem Wege Abdrücke von Gegenständen zu nehmen, mufs man von letzteren zuerst einen Gipsabgufs oder einen Abdruck von in warmem Wasser erweichter Guttapercha oder einen Abgufs in Wachs (Matrize) nehmen, welchen man dann als Kathode benutzt. Um den Abgufs hierzu geeignet zu machen, mufs er mit einem leitenden Überzuge versehen werden. Der Wachsabgufs wird mit feinst geriebenem Graphitpulver eingepinselt. Der Gipsabgufs wird nach dem völligen Erhärten durch Tränken mit geschmolzenem

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Paraffin zuerst für Wasser undurchdringlich gemacht und dann entweder an der Oberfläche mittels eines Pinsels mit feinem Graphitpulver eingerieben oder in folgender Weise behandelt: man löst 1 g Silbernitrat in 2 g Wasser, setzt 2,5 g Ammoniak hinzu und mischt mit 3 g absolutem Alkohol. Hiermit überstreicht man die obere Fläche und läfst den Überzug nahezu trocknen. Dann läfst man Schwefelwasserstoffgas darauf wirken, wodurch ein ganz gleichmäfsiger Überzug von gut leitendem Schwefelsilber erzeugt wird (Heeren).

b) Versilbern. Hierzu wendet man am besten eine Lösung von Silber in Cyankalium an, welche man darstellt, indem man eine Lösung von Silbernitrat mit Salzsäure fällt, den Niederschlag (im Dunkeln) absetzen läfst, mit Wasser auswäscht, und so viel davon noch feucht in eine Lösung von 1 Teil Cyankalium in 100 Teilen Wasser einrührt, als sich löst; hierauf vermischt man die Lösung mit der gleichen Menge Cyankaliumlösung, und kann das Bad sofort zur Versilberung benutzen. Die Lösung läfst sich gut aufbewahren. Zum Versilbern eignen sich Gegenstände aus Kupfer, Messing und Neusilber. Eiserne Gegenstände müssen zuvor in der angegebenen Weise verkupfert werden. Von der Konzentration der Flüssigkeit hängt es ab, ob die Versilberung matt oder glänzend erscheint. Wenn dieselbe in $^1/_2$—1 l Wasser 15—16 g Silber enthält, so wird der Überzug matt, bei stärkerer Verdünnung (1—2 l) glänzend.

c) Vergolden. Man löst 5 g Gold in Königswasser, dampft die Lösung im Wasserbade ein, bis alle überschüssige Säure verjagt ist, und löst den Rückstand in 50 ccm Wasser. Ferner stellt man sich eine Lösung von 75 g gelbem Blutlaugensalz, 25 g reinem kohlensauren Kalium und $12^1/_2$ g Salmiak in 1 l Wasser her, erwärmt sie auf 30—40° und fügt die Goldlösung langsam hinzu, wobei ein Aufbrausen stattfindet, und erhitzt so lange, bis der ausgeschiedene Niederschlag von Eisenoxyd eine rein braune Farbe angenommen hat. Nach dem völligen Erkalten wird filtriert, der Niederschlag gut ausgewaschen und das Filtrat auf $1^1/_4$ l gebracht; endlich vermischt man die Lösung noch mit etwas Cyankaliumlösung, wodurch man verhütet, dafs an der Anode Eisenoxyd ausgeschieden wird. — Auf eine einfachere Weise läfst sich eine zur galvanischen Zersetzung geeignete Goldlösung herstellen, wenn man 1 g Goldchlorid mit 10 g Cyankalium versetzt und mit Wasser auf 100 ccm verdünnt. Das Goldbad wird beim Gebrauche auf 28—30° C. erwärmt.

Als Ersatz der Feuervergoldung wird von Steiner* empfohlen, die zu vergoldenden Gegenstände zuerst in ein basisches, quecksilberhaltiges

* *Metallarbeiter* 1885, S. 14. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 349.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Bad zu bringen und galvanisch mit Quecksilber zu überziehen. Dann taucht man sie in ein galvanisches Goldbad und läfst sie darin, bis sie mit einer starken Goldschicht überzogen sind. Hierauf bringt man sie nochmals in das Quecksilberbad, bis sie durch Überziehung mit Quecksilber vollständig weifs geworden sind. Sie werden dann in einem Abdampfofen mit gutem Luftzug aufgehängt und die Wärme so weit gesteigert, dafs das Quecksilber vollständig entweicht.

Zur Vergoldung von Stahl nimmt man am vorteilhaftesten eine ätherische Goldlösung. Reines Gold wird in Königswasser gelöst, die Lösung so weit verdampft, dafs die überschüssige Säure vertrieben ist, wieder in etwas Wasser gelöst und mit dreimal so viel Äther versetzt. Wenn die Lösung 24 Stunden lang in einer geschlossenen Flasche gestanden hat, hebt man die obenauf schwimmende ätherische Goldlösung ab. Polierter Stahl in diese Lösung gebracht, wird sofort schön vergoldet.

Sollen feine organische Objekte vergoldet oder versilbert werden, so taucht man dieselben in eine alkoholische Lösung von Silbernitrat, trocknet sie und behandelt sie alsdann mit Schwefel- oder Phosphorwasserstoff, wodurch sich ein leitender Überzug auf der Oberfläche herstellt, der die feinsten Linien an den organischen Objekten wiedergiebt. Hierauf werden sie in der bekannten Weise in das Gold- bezw. Silberbad eingehängt.

d) Vernickeln. Am einfachsten benutzt man hierzu eine Auflösung von Ammoniumnickelsulfat in Wasser. Um dem Überzuge aber eine möglichst grofse Festigkeit zu geben, bereitet man das Bad folgendermafsen: man löst in 1 l destilliertem Wasser 50 g Ammoniumnickelsulfat, 25 g Ammoniumsulfat und 5 g Zitronensäure, läfst die Lösung eine Viertelstunde kochen, setzt dann so lange kleine Stücke von Ammoniumcarbonat hinzu, bis die Flüssigkeit neutral geworden ist, filtriert und läfst erkalten. Als Anode benutzt man eine gegossene Nickelplatte, welche käuflich zu haben ist.

Mit dieser Lösung kann man auch Zink vernickeln, wenn man die Vorsicht gebraucht, die ersten Überzüge zu entfernen. Das Zink wird nach Ebermeyer* mit verdünnter Salzsäure abgebeizt und tüchtig gewaschen. Man hängt es dann kurze Zeit in das Nickelbad, spült und kratzt es nach dem Herausnehmen tüchtig ab. Alles, was nicht fest sitzt, geht dabei herunter. Das Stück wird wieder in das Bad gebracht und darauf nochmals gekratzt. Letzteres wird so lange fortgesetzt, bis das Zink ganz und gar mit einer dünnen Nickelschicht überzogen ist, welche

* *Metallarbeiter* 1883, S. 93. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 464.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dann beliebig dick gemacht werden kann. Hat das Zink einmal einen vollständigen Nickelüberzug, so kann der Strom verstärkt werden, und man braucht kein Abblättern mehr zu befürchten.

e) Verstählen. Hierunter versteht man das Überziehen von Kupferplatten mit einem zusammenhängenden Überzuge galvanisch niedergeschlagenen Eisens. Nach Böttger* erhält man eine geeignete Lösung, wenn man folgendermafsen verfährt. Man löst 10 g gelbes Blutlaugensalz, 20 g Seignettesalz in 200 ccm destilliertem Wasser auf und fügt dazu eine Auflösung von 3 g schwefelsaurem Eisenoxyd in 50 ccm Wasser; hierdurch entsteht eine massenhafte Ausscheidung von Berliner Blau. Setzt man nun zu dem Ganzen tropfenweise unter fortwährendem Umrühren mit einem Glasstabe so lange Ätznatronlösung, bis der blaue Niederschlag wieder verschwunden ist, so erhält man eine vollkommen klare, schwach gelblich gefärbte Flüssigkeit, die man als Bad benutzt.

§ 178. Elektrolyse von Alkalisalzen.

a) Kaliumnitrat oder Natriumsulfat, ein zweischenkliges V-förmiges Rohr zur Elektrolyse. Veilchensaft.

b) Ein Apparat zur Elektrolyse von Chlornatrium nach Hempel.

a) Die Alkalisalze scheiden bei der Elektrolyse ihrer Lösungen kein Metall an der Kathode ab, weil dieses bei Gegenwart von Wasser nicht bestehen kann. Sie zersetzen sich vielmehr in Säuren und Basen, von denen jene neben Sauerstoff an der Anode, diese neben Wasserstoff an der Kathode auftritt. Zur Ausführung des Versuchs kann man das Rohr, welches zur Elektrolyse des Wassers dient (Seite 479, Fig. 633) oder auch ein zweischenkliges, V-förmig gebogenes Rohr benutzen, in dessen Schenkel man von oben her die aus schmalen Platinblechen bestehenden Elektroden einsenkt. Der Apparat wird mit einer neutralen, konzentrierten Lösung von Kaliumnitrat oder Natriumsulfat gefüllt und durch einige Tropfen Veilchensaft blau gefärbt. Nach kurzer Zeit färbt sich die Flüssigkeit am Zinkpole (Kathode) grün, am Kohlepol (Anode) rot (Veilchensaft wird durch Alkalien grün, durch Säuren rot gefärbt); statt dessen kann man auch andere blau oder violett gefärbte Pflanzensäfte, z. B. Georginen- oder Malvensaft, benutzen. Wenn man durch einen Kommutator die Pole wechselt, so stellt sich zuerst die ursprüngliche Farbe wieder her, indem sowohl die Säure als das Alkali infolge der umgekehrten Zersetzung neutralisiert wird. Hiernach tritt wieder die rote und grüne Färbung auf, doch jetzt in der umgekehrten Anordnung.

---

* *Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a/M.* 1874—75. — *Chem. Centr.-Blatt* 1876, S. 684.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Gelingt es, die am negativen Pole abgeschiedene Base in eine feste Verbindung zu bringen, welche sich abscheidet und aus der Lösung entfernen läfst, so läfst sich eine kontinuierliche Elektrolyse des Alkalisalzes erzielen, indem immer neue Mengen des letzteren zersetzt werden.

W. Hempel* hat einen Apparat konstruiert, durch welchen man auf diesem Wege aus Natriumchlorid direkt krystallisiertes Natriumcarbonat und Chlor erhalten kann. Dieser Apparat ist in Figur 767

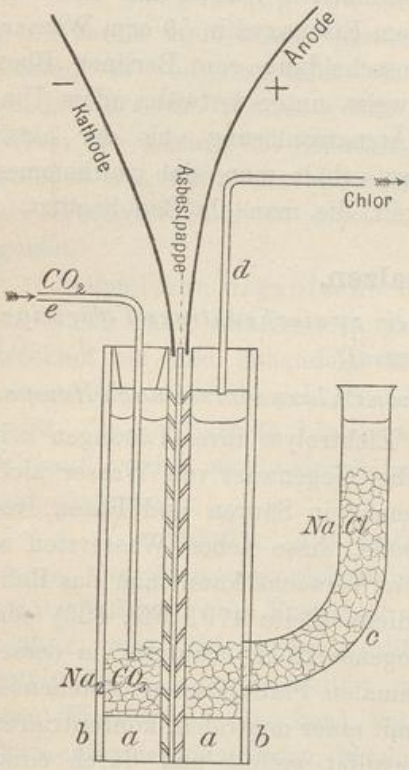


Fig. 767.

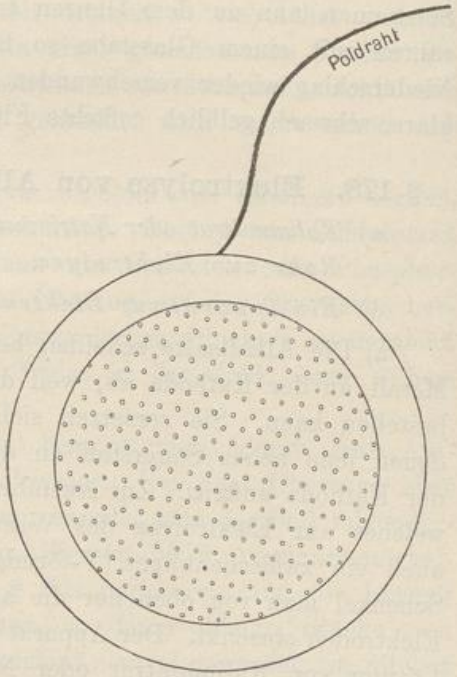


Fig. 768.

im senkrechten Durchschnitt abgebildet. Er besteht aus zwei kreisrunden Zellen, welche durch ein Diaphragma von Asbestpappe voneinander getrennt sind. Als Kathode dient ein durchlochtes Eisenblech, als Anode eine ebenso durchlochte dünne Kohlenscheibe (Fig. 768). Die Löcher sind schief nach oben gebohrt, so dafs Gasblasen leicht dadurch entweichen können. Die Ränder dieser beiden Platten bleiben undurchlocht; auf sie legen sich beiderseits zwei weite Porzellanringe, *a*, *a*, und auf diese

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 22, S. 2475. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, II, S. 1041.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wiederum zwei gleichgrofse runde Glasscheiben. Die Abdichtung zwischen Glas, Porzellan, Eisen und Kohle erfolgt durch ganz dünne Gummiringe. Das Ganze wird durch Klemmschrauben, welche in der Figur 767 weggelassen sind, fest zusammengepreſst. Die Glasscheibe *b*, welche die Anodenkammer schliefst, hat in ihrem unteren Teile eine weite Durchbohrung, in welche man eine weite, nach oben gebogene Glasröhre mittels Gummiring einsetzt; sie dient zum Einfüllen von Chlornatrium. Der Porzellanring der Anodenkammer hat oben eine kleine Durchbohrung, in welche eine Glasröhre gasdicht eingesetzt wird, die zur Abführung des Chlors dient. Der Porzellanring der Kathodenzelle hat oben eine weite Öffnung zur Einführung eines Glasrohrs und zum zeitweiligen Herausnehmen der gebildeten Sodakrystalle. Durch das Glasrohr wird Kohlensäure eingeleitet. Schliefst man den Strom, so hat man auf der einen Seite eine kontinuierliche Chlorentwickelung, und auf der anderen erfolgt bald die Abscheidung von krystallisiertem Natriumcarbonat. Sorgt man dafür, dafs durch Nachschütten von Chlornatrium in das Glasrohr *C* die Lösung in dieser Zelle immer konzentriert erhalten bleibt und das mit Soda in der anderen Zelle abgeschiedene und mit dieser entfernte Wasser wieder ersetzt wird, so kann der Apparat in kontinuierlicher Thätigkeit erhalten werden.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vierter Abschnitt.

Partielle Oxydationen, Chlorierungen etc. und Reduktionen, Spaltungen und Umsetzungen im Radikal.

ERSTES KAPITEL.

Oxydationsmittel.

Sehr viele höhere Oxyde, sowohl der Metalloide als auch der Metalle treten einen Teil ihres Sauerstoffs ab, wenn sie unter geeigneten Bedingungen mit oxydierbaren Körpern — sei es mit Elementen, sei es mit niederen Oxyden, sei es endlich mit organischen Substanzen — zusammentreffen. Sie werden dann, je nach den Umständen, entweder zu niederen Oxyden oder auch vollständig reduziert. Vorgänge der letzteren Art sind bereits im zweiten Abschnitt unter dem Kapitel „Reduktion" besprochen. Hier an diesem Orte handelt es sich in erster Linie um die partiellen Reduktionen, doch werden gelegentlich auch einzelne Fälle vollständiger Reduktion mit zu erwähnen sein.

I. Schwefelsäure als Oxydationsmittel.

§ 179. Einwirkung der freien Schwefelsäure auf Kohle, bezw. Kupfer.

Zwei Kolben (300—500 ccm) mit Gasableitungsrohr, ein hoher Fußcylinder mit Rohr wie zur Absorption des Salzsäuregases, einige bunte Blumen und mit Blauholzabkochung getränkte Stücke Baumwollenzeug. Konzentrierte Schwefelsäure, Kupferblechschnitzel, gröblich gestoßene Kohle.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Einwirkung heifser konzentrierter Schwefelsäure auf Kupfer. Etwa 50 g Kupferblechschnitzel werden in dem Kolben mit so viel konzentrierter Schwefelsäure übergossen, dafs sie dadurch vollständig bedeckt werden (Fig. 769); dann verschliefst man den Kolben, setzt den Apparat so zusammen, wie Figur 770 zeigt, und erhitzt nach Untersetzung einer eisernen Schale anfangs sehr gelinde, dann etwas stärker, bis die Masse zu schäumen beginnt. Die schweflige Säure, die sich entwickelt, füllt den hohen Fufscylinder, indem sie darin von unten aufsteigt, und tritt durch den Kautschukschlauch in die in dem kleineren Cylinder enthaltene Sperrflüssigkeit, welche zuvor durch Lackmus blau gefärbt

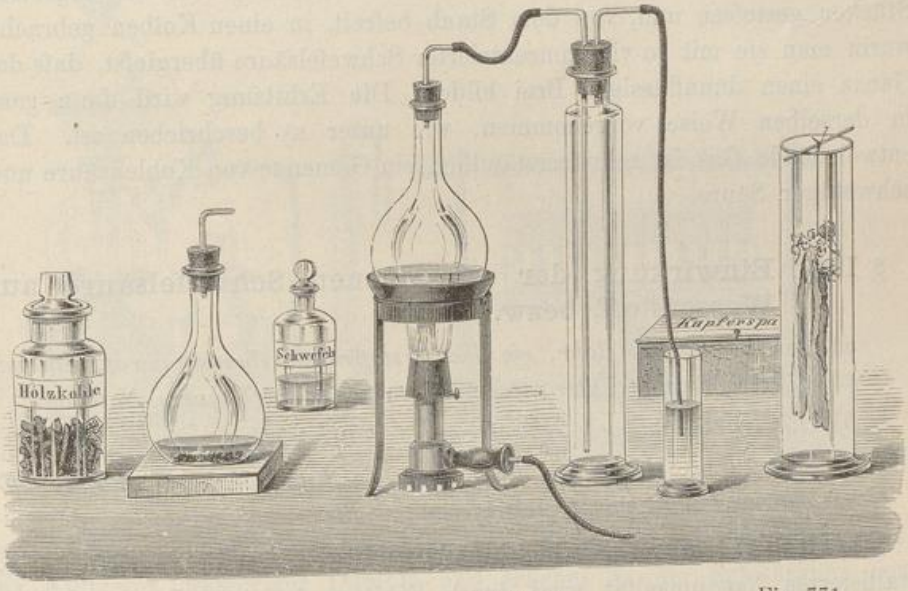


Fig. 769. Fig. 770. Fig. 771.

Zersetzung von Schwefelsäure durch Holzkohle und Kupfer.

wurde. An der bald eintretenden Änderung der Farbe in rot erkennt man das Auftreten einer flüchtigen Säure. Man hebt dann, während die Gasentwickelung ihren Fortgang nimmt, den Schlauch aus der Sperrflüssigkeit und senkt ihn in einen anderen Cylinder, in welchem man angefeuchtete, bunt gefärbte Lappen und Blumen eingehängt hat, und bedeckt ihn mit mehrfach zusammengelegtem, ganz durchfeuchtetem Fliefspapier und darüber mit einer Glasplatte (Fig. 771). Durch das bald eintretende Bleichen der Farbstoffe, sowie auch durch den Geruch wird das Gas als schweflige Säure erkannt. Da die Zersetzung im Kolben bei zu starker Erhitzung leicht sehr stürmisch wird, entfernt man die Lampe, sobald die Gasentwickelung begonnen hat, welche dann eine Zeitlang

ohne Zufuhr neuer Wärme ruhig von statten geht, und schiebt die Lampe erst wieder unter, wenn das Aufschäumen nachgelassen hat. Um von der austretenden schwefligen Säure nicht belästigt zu werden, ist der Versuch im Abzuge auszuführen. Der Rückstand im Kolben, welcher bei längerem Erhitzen eine teigige Beschaffenheit annimmt, enthält wasserfreies Kupfersulfat und den Rest der unzersetzten Schwefelsäure. Man versetzt ihn mit viel Wasser und läfst ihn unter zeitweiligem Umschütteln einige Zeit stehen. Die Lösung hat dann, nachdem sie sich durch Absetzen geklärt hat, die blaue Farbe des Kupfervitriols.

b) Einwirkung heifser konzentrierter Schwefelsäure auf Kohle. Holzkohle wird im Mörser zu hirsekorn- bis erbsengrofsen Stücken gestofsen und, von dem Staub befreit, in einen Kolben gebracht, worin man sie mit so viel konzentrierter Schwefelsäure übergiefst, dafs das Ganze einen dünnflüssigen Brei bildet. Die Erhitzung wird dann ganz in derselben Weise vorgenommen, wie unter a) beschrieben ist. Das entweichende Gas ist selbstverständlich ein Gemenge von Kohlensäure und schwefliger Säure.

§ 180. Einwirkung der gebundenen Schwefelsäure auf Wasserstoff, bezw. Kohle.

a) Ein böhmisches Rohr, ein Wasserstoffentwickelungsapparat, ein mit Chlorcalcium gefüllter Absorptionsturm; schwefelsaures Natrium.

b) Ein Porzellantiegel; schwefelsaures Natrium, Kienrufs.

c) Ein kurzes böhmisches Rohr oder ein Kugelrohr, ein Wasserstoffentwickelungsapparat; schwefelsaures Blei.

a) Reduktion von Natriumsulfat durch Wasserstoff. Krystallisiertes Natriumsulfat wird durch Erhitzen in einer Porzellanschale entwässert und zerrieben in eine böhmische Röhre gebracht, welche man unter Einschaltung eines mit Chlorcalcium gefüllten Absorptionsturms mit einem Wasserstoffentwickelungsapparat verbindet und auf zwei Röhrenträger legt. Nachdem alle Luft durch Wasserstoff aus dem Apparat vertrieben ist, erhitzt man das Rohr anfangs gelinde, zuletzt stark (Fig. 772), worauf man bald reichliche Mengen von Wasserdampf aus dem offenen Ende des Rohrs austreten sieht. Der zur Wasserbildung nötige Sauerstoff kann nur dem Salze entzogen worden sein, welches demnach reduziert sein mufs. Dafs die Reduktion in diesem Falle keine partielle, sondern eine vollständige ist, wird aus dem Verhalten des Salzrückstandes erkannt. Derselbe löst sich in Wasser, reagiert alkalisch, und die Lösung giebt auf Zusatz von Schwefelsäure nicht den Geruch nach schwefliger Säure, sondern nach Schwefelwasserstoff.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Reduktion von Natriumsulfat durch Kohle. Durch Erhitzen entwässertes Natriumsulfat wird mit Kienruſs gemengt und in einem Porzellantiegel stark erhitzt; nach dem Abkühlen löst man den Rückstand in Wasser und erkennt an der Reaktion der Lösung und durch den auf Zusatz von Schwefelsäure auftretenden Schwefelwasserstoffgeruch, daſs auch hier die Reduktion eine vollständige war. Anwendung dieser Reaktion zur Fabrikation der Soda nach dem LEBLANC'schen Prozeſs.

c) Reduktion von Bleisulfat durch Wasserstoff. Etwas durch Erhitzen völlig entwässertes Bleisulfat wird in ein kurzes böhmisches Rohr oder in ein Kugelrohr gebracht und mit einem Wasserstoffapparat

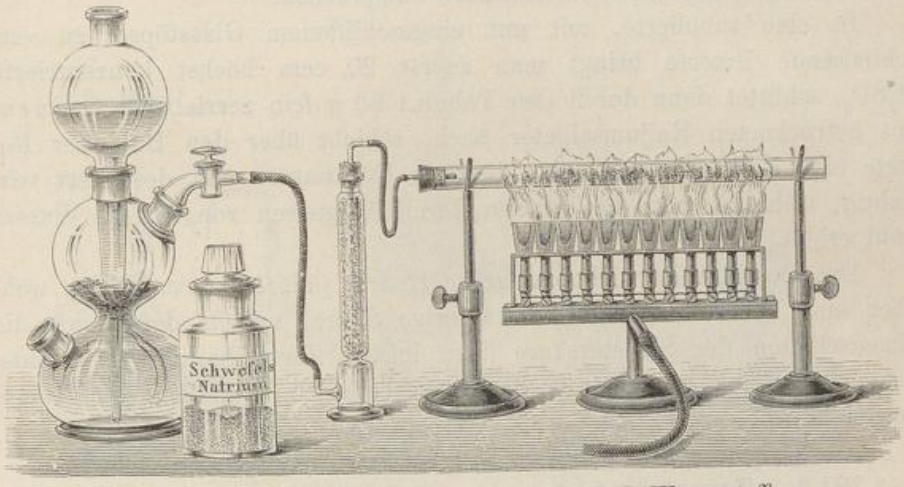


Fig. 772. Reduktion von Natriumsulfat durch Wasserstoff.

verbunden. Auch hier bemerkt man nach dem Erhitzen des Rohrs bald das Auftreten wässeriger Dämpfe und erkennt an der Schwärzung des Salzes den Übergang desselben in Schwefelblei.

II. Oxyde des Stickstoffs als Oxydationsmittel.

§ 181. Darstellung von Salpetersäurehydrat.

Eine tubulierte Retorte mit eingeschliffenem Glasstöpsel, eine Kolbenvorlage. Kaliumnitrat, konzentrierte Schwefelsäure.

Theoretisch entsteht durch Einwirkung von höchst konzentrierter Schwefelsäure (Schwefelsäurehydrat) auf trockenes Kaliumnitrat Salpetersäurehydrat und Kaliumdisulfat nach der Gleichung:

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3.$$

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Letzteres kann durch mäfsiges Erhitzen abdestilliert werden. Nachdem dies geschehen ist, wirkt das entstandene Kaliumdisulfat auf den noch unzersetzten Salpeter unter Bildung von Kaliummonosulfat und Salpetersäurehydrat ein:

$$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3.$$

Hierzu aber ist eine höhere Temperatur erforderlich, wobei ein grofser Teil des Salpetersäurehydrats in Untersalpetersäure, Sauerstoff und Wasser zerfällt und das Destillat unter Gelbfärbung stark verunreinigt. Es ist deshalb vorzuziehen auf 1 Mol. H_2SO_4 nicht 2, sondern nur 1 Mol. KNO_3 anzuwenden, welche Mengen nahezu gleichen Gewichten von Kaliumsalpeter und Schwefelsäure entsprechen.

In eine tubulierte, mit gut eingeschliffenem Glasstöpsel zu verschliefsende Retorte bringt man zuerst 20 ccm höchst konzentrierte H_2SO_4, schüttet dann durch den Tubulus 36 g fein zerriebenen, reinen, gut getrockneten Kaliumsalpeter nach, schiebt über den Hals der Retorte eine Kolbenvorlage, setzt diese in Kühlwasser und destilliert vorsichtig, während man die Vorlage durch Aufgiefsen von kaltem Wasser kühl erhält.

Das Destillat ist nicht das reine Hydrat (mit 100 p. c. HNO_3), wohl aber eine höchst konzentrierte wässerige Säure, mittels deren sich die Eigenschaften der Salpetersäure (ihre leichte Zersetzbarkeit im Lichte, ihre Einwirkung auf organische Körper etc.) in auffallendster Weise zeigen lassen.

§ 181 A. Zersetzung der wasserfreien Salpetersäure.

Eine tubulierte Retorte (4), ein Kohlensäureentwickelungsapparat, eine pneumatische Wanne, ein Glaskolben von 1 l Inhalt, salpetersaures Blei.

Einige Efslöffel salpetersaures Blei werden im Mörser fein zerrieben und in eine tubulierte Retorte gebracht. In den Tubulus derselben setzt man einen Kork mit Gaseinleitungsröhre und verbindet diese rückwärts unter Einschaltung einer Trockenflasche mit einem Kohlensäureentwickelungsapparat. Der Hals der Retorte wird mit einer Gasableitungsröhre verbunden, welche unter den Hals eines mit Wasser gefüllten, in der pneumatischen Wanne stehenden Glasballons führt (Fig. 773). Man beginnt den Versuch damit, dafs man durch Kohlensäure alle Luft aus dem Apparat austreibt; dann unterbricht man die Verbindung mit dem Kohlensäureentwickelungsapparate durch Anlegung eines Quetschhahns, führt das Gasableitungsrohr unter den Kolben in der pneumatischen Wanne und erhitzt die Retorte langsam. Schon ehe das Salz schmilzt, zeigen sich rote Dämpfe in der Retorte, welche bald tief braunrot werden

(vergl. § 153). Das in den Ballon tretende Gas ist farblos, und wenn das Sperrwasser, sowie das Wasser in dem Ballon mit Lackmus blau gefärbt war, so wird es sehr bald intensiv gerötet. Man setzt die Entwickelung so lange fort, bis der ganze Bauch des Kolbens mit Gas gefüllt ist, und entfernt die Retorte. Hierauf schiebt man unter Wasser ein Stück festes Kali in den Hals des Ballons, verschliefst die Öffnung desselben mit der Hand und schüttelt stark, wodurch infolge der Absorption der mit in den Kolben aus der Retorte ausgetretenen Kohlensäure ein partielles Vakuum entsteht. Man sorge dafür, dafs während des Schüttelns keine Luft eintritt, tauche den Ballon unter Wasser und ziehe

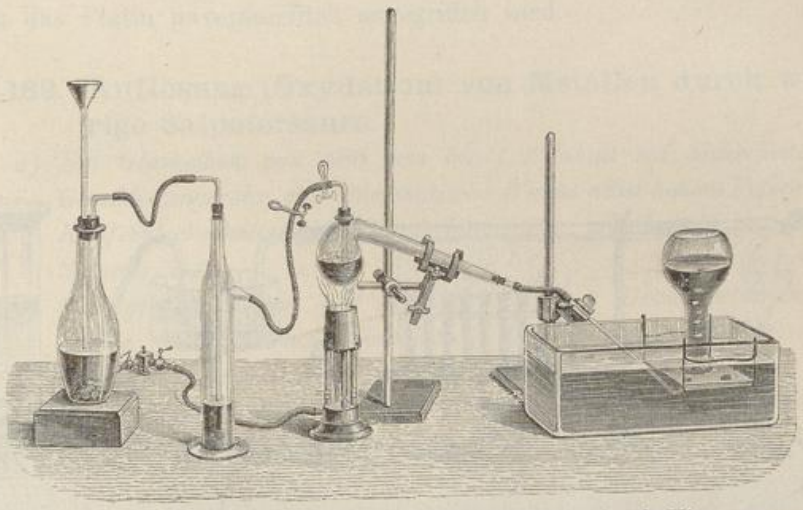


Fig. 773. Zersetzung des salpetersauren Bleies durch Hitze.

die Hand ab, worauf das Wasser in dem Halse etwas steigen wird; hiernach hebe man ihn mit einer Glasplatte bedeckt aus der Wanne, stelle ihn aufrecht auf den Tisch und tauche einen glimmenden Span ein, welcher sich lebhaft darin entzündet und mit hellem Glanze verbrennt. Da dieser Sauerstoff nur der Salpetersäure entstammen kann (der Rückstand in der Retorte ist Bleioxyd), so folgt, dafs diese durch die Wärme zersetzt ist, und dafs die roten Dämpfe eine niedrigere Oxydationsstufe des Stickstoffs darstellen, welche sich in Wasser löst und diesem eine saure Reaktion erteilt.

§ 182. Zersetzung der konzentrierten Salpetersäure durch Hitze.

Eine tubulierte Retorte (3) mit in den Tubulus eingeschliffenem Sicherheitsrohre, ein böhmisches Glasrohr oder

ein Porzellanrohr mit U-förmiger Kühlvorlage und Gasableitungsrohr, eine pneumatische Wanne.

Auch die wasserhaltige konzentrierte Salpetersäure zersetzt sich in der Hitze, indem sie in Untersalpetersäure (rote Dämpfe) und Sauerstoff zerfällt. Um dies zu zeigen, füllt man etwa 50 ccm konzentrierte Salpetersäure in eine tubulierte Retorte, welche mit einem Sicherheitsrohr versehen ist. Soll die Retorte wiederholt zu diesem Versuche benutzt werden, so ist es am besten, eine solche mit eingeschliffenem Sicherheitsrohr zu wählen. Für einmaligen Gebrauch genügt aber auch eine Verbindung durch Kork- oder Kautschukstöpsel, welche allerdings

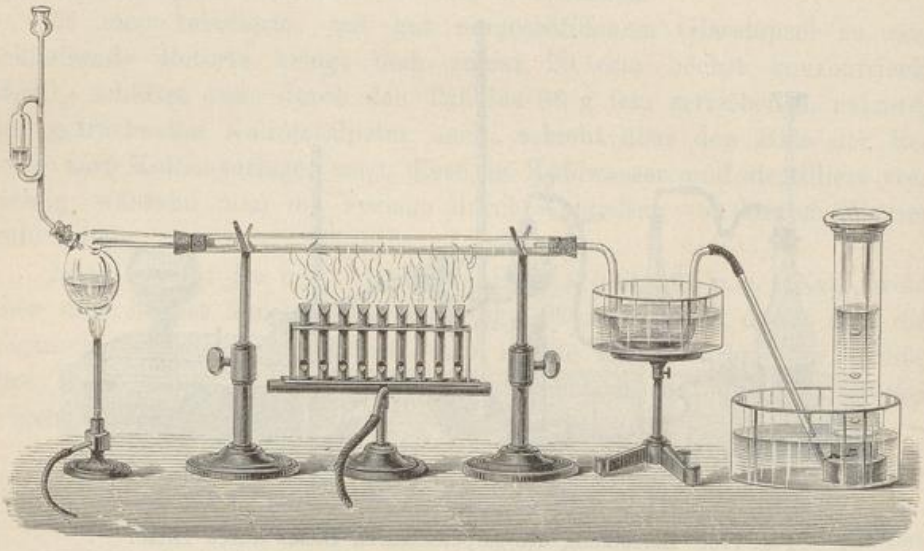


Fig. 774. Zersetzung der Salpetersäure durch Hitze.

bei wiederholter Benutzung des Apparats zu erneuern ist. Dasselbe gilt von den Stöpseln, durch welche das Zersetzungsrohr mit der Retorte und mit der Vorlage verbunden ist. Ist das Zersetzungsrohr von Glas, so legt man beim Erhitzen eine Blechrinne unter, was bei Anwendung eines Porzellanrohrs unnötig ist. Die Vorlage wird durch Wasser gekühlt. Nachdem der Apparat zusammengesetzt ist (Fig. 774), erhitzt man zuerst das Zersetzungsrohr und bringt dann die Salpetersäure in der Retorte durch Untersetzen einer kleinen Lampe zum Sieden. Die Untersalpetersäure kondensiert sich zu einer rotbraunen Flüssigkeit in der Vorlage, doch enthält diese immer noch einen Anteil unzersetzter Salpetersäure. Der Sauerstoff wird in der pneumatischen Wanne im Cylinder aufgefangen.

A. W. Hofmann (Einleitung in die moderne Chemie, 5. Aufl., S. 202) benutzt zur Ausführung dieses Versuchs eine tubulierte Platinretorte

(dieselbe, welche auch zur Wasserbildung in gröfserem Mafsstabe durch Verbrennen von Wasserstoff in Sauerstoff [S. 367, § 38] gedient hat), indem er in den Tubulus derselben mittels Gips das Rohr eines verschliefsbaren gläsernen Tropftrichters einsetzt und das Ende der Abzugsröhre ebenfalls durch Gips mit der U-förmigen Vorlage verkittet. Der Tropftrichter wird bei geschlossenem Hahn mit konzentrierter Salpetersäure gefüllt, der Bauch der Platinretorte zum Glühen erhitzt und hierauf die Säure durch geeignete Stellung des Hahns tropfenweise in die Retorte einfliefsen gelassen. Die Zersetzung geht sogleich von statten, und die Dämpfe der Untersalpetersäure kondensieren sich in der gekühlten Vorlage. Es ist hierbei zu beachten, dafs die Salpetersäure frei von Salzsäure sei, weil sonst das Platin unvermeidlich angegriffen wird.

§ 183. Auflösung (Oxydation) von Metallen durch wässerige Salpetersäure.

a) Ein Glaskolben von 500 ccm bis 1 l Inhalt mit Sicherheits- und Gasableitungsrohr, eine pneumatische Wanne nebst hohem Fufscylinder. Kupferblechschnitzel oder Kupferblechspäne; gewöhnliche konzentrierte Salpetersäure.

b) Vier grofse Becher- und zwei Kelchgläser. Granuliertes Zink, in Stücke zerschnittener Eisendraht, Zinnfolie. Quecksilber, einige Schnitzel chemisch reinen Silbers.

Da die Salpetersäure, wie aus den eben beschriebenen Versuchen hervorgeht, leicht einen Teil ihres Sauerstoffs abgiebt, so kann sie als kräftiges Oxydationsmittel dienen und ist infolgedessen geeignet, Metalle, die von anderen (nicht sauerstoffabgebenden) Säuren (verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure) nicht angegriffen werden, aufzulösen oder doch wenigstens zu oxydieren.

a) Auflösung von Kupfer in verdünnter Salpetersäure. Ein wie eine Gasentwickelungsflasche hergerichteter geräumiger Kolben von mindestens 500 ccm Inhalt wird mit etwa 50 g Kupferblechschnitzel beschickt, dann mit dem Stöpsel verschlossen, und das kurze Gasableitungsrohr mit einem längeren Kautschukschlauch verbunden. Letzteren senkt man in das Abzugsrohr des Experimentiertisches oder führt ihn, wenn solches nicht vorhanden ist, ins Freie. Hierauf gieſst man durch das Trichterrohr so viel Wasser, dafs das Metall davon ganz bedeckt ist, und läfst gewöhnliche konzentrierte Salpetersäure in nicht zu grofser Menge nachfliefsen. Die Gasentwickelung beginnt nach kurzer Zeit, wodurch sich der Kolben mit roten Dämpfen füllt. Unter Zusatz neuer Salpetersäuremengen lichtet sich der gasförmige Kolbeninhalt allmählich und wird zuletzt nahezu farblos; das aus dem Kautschukschlauch austretende

Gas aber erscheint nach wie vor rot gefärbt. Man zeigt dies entweder durch momentanes Herausheben des Schlauchs aus dem Abzugsrohr oder besser, indem man ihn in einen geräumigen leeren und trockenen Kolben einsenkt, welcher sich alsbald mit roten Dämpfen anfüllt. Man sorge dafür, dafs die Gasentwickelung weder zu stürmisch, noch zu träge wird. Um ersteres zu verhüten, begiefst man den in eine Krystallisationsschale gestellten Kolben von aufsen mit Wasser oder verdünnt die nachzugiefsende Salpetersäure mit etwas Wasser; wird die Entwickelung dagegen zu träge, so giefst man stärkere Säure nach und schüttelt. Nachdem das Gas in dem Kolben nahezu farblos erscheint, verbinde man den Kautschukschlauch rasch mit einem längeren Gasableitungsrohr und

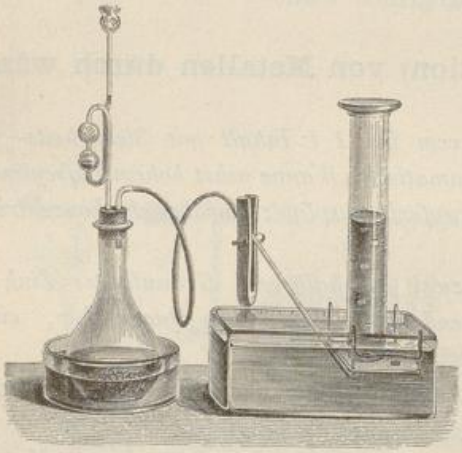


Fig. 775. Zersetzung der Salpetersäure durch Kupfer.

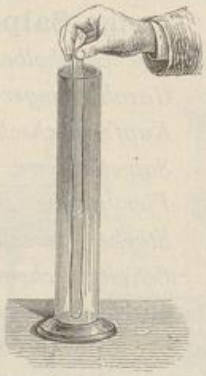


Fig. 776. Oxydation des Stickoxyds.

bringe dieses unter den Cylinder in die pneumatische Wanne (Fig. 775). Ein völlig farbloses Gas steigt im Cylinder auf und füllt diesen nach kurzer Zeit ganz an. Sobald dies erfolgt ist, zieht man den Kautschukschlauch wieder von der Gasableitungsröhre ab und senkt ihn in das Abzugsrohr des Experimentiertisches oder stellt den ganzen Kolben mit herabhängendem Kautschukschlauch vor das Fenster. Nun wird der Cylinder mit einer Glasplatte bedeckt, aus der pneumatischen Wanne gehoben und aufrecht auf den Tisch gestellt. Man hat inzwischen einen langen, mehrfach zusammengefalteten Streifen Fliefspapier mit Lackmuslösung, der man einige Tropfen Kalilauge zugesetzt hat, getränkt, hält diesen dann senkrecht über die den Cylinder bedeckende Glasplatte und senkt ihn, nachdem letztere weggezogen ist, rasch in den Cylinder (Fig. 776). An der Öffnung des Cylinders treten sogleich dicke, rote Dämpfe auf, während das Gas im unteren Teile des Cylinders noch farblos ist. Der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lackmuspapierstreifen wird, soweit die roten Dämpfe reichen, intensiv gerötet, und indem jene den Cylinder von oben nach unten allmählich fortschreitend ganz ausfüllen, schreitet auch die Rötung des Lackmus in gleichem Maſse fort.

Die Deutung dieser Versuche bietet keinerlei Schwierigkeiten dar. Zunächst ergiebt sich unmittelbar aus der Anschauung, daſs die roten Dämpfe ein sekundäres Reaktionsprodukt sind, welches sich durch Einwirkung der Luft (offenbar des Sauerstoffs) auf das durch Zersetzung der Salpetersäure entstehende farblose Gas bildet, da bei Abschluſs der Luft eine solche Einwirkung nicht wahrnehmbar ist. Die roten Dämpfe dokumentieren sich demnach als ein höheres Oxyd des Stickstoffs, und hieraus wiederum folgt, daſs die Reduktion der Salpetersäure durch Kupfer eine tiefergreifende ist, als die durch bloſses Erhitzen. Zugleich zeigt sich, daſs die roten Dämpfe den Charakter einer Säure tragen, während das farblose Gas indifferent ist, und endlich läſst sich aus der Abwesenheit des Sauerstoffs in den gasförmigen Reaktionsprodukten schlieſsen, daſs jener zur Auflösung des Kupfers mit verbraucht worden ist. (Man vergleiche hiermit einerseits die Auflösung der Metalle in verdünnter Schwefel- und Salzsäure [§ 148] und andererseits die Auflösung derselben in heiſser konzentrierter Schwefelsäure [§ 179]).

Auf Grund dieser Thatsachen läſst sich die Reaktionsgleichung aufstellen.

b) Einwirkung der Salpetersäure auf andere Metalle. Vier groſse Bechergläser werden beschickt; das erste mit granuliertem Zink, das zweite und dritte mit in kleine Stücke zerschnittenem Eisendraht, das vierte mit Stanniol; aufserdem gieſst man in ein Kelchglas etwas Quecksilber, und in ein zweites bringt man einige Silberblechschnitzel. Alle Gläser stehen unter dem durch vorheriges Anzünden der Gasflammen gut ventilierten Abzug. Nun gieſst man in alle Gläser angemessene Quantitäten von konzentrierter Salpetersäure, nachdem man zuvor den Eisendraht in dem einen Glase mit etwas Wasser übergossen hat. Das Zink bewirkt eine äuſserst heftige Reaktion, indem unter heftigem Aufschäumen blaſsrot gefärbte Dämpfe entweichen; das Eisen, welches keinen Wasserzusatz bekommen hat, bleibt unangegriffen, das andere Eisen jedoch veranlaſst unter lebhaftem Aufbrausen die Entwickelung dunkelrot gefärbter Dämpfe; das Zinn (Stanniol) bleibt in der Regel eine kurze Zeitlang unangegriffen, dann aber sinkt es unter heftiger Reaktion zu einem weiſsen Pulver (Zinnoxyd) zusammen, wobei ebenfalls stark rot gefärbte Dämpfe entweichen; Quecksilber und Silber endlich geben eine weniger stürmische Gasentwickelung und lösen sich zu einer klaren Flüssigkeit auf (Fig. 777).

Diese Versuche, im Zusammenhang mit dem unter a) beschriebenen, zeigen, dafs die Salpetersäure durch alle die genannten Metalle reduziert wird, doch lassen sich einige Verschiedenheiten erkennen, und zwar nicht nur in Bezug auf die Art des Angriffs, sondern auch in Anbetracht der entstandenen Produkte. Eine wirkliche Lösung erleiden von der konzentrierten Salpetersäure nur das Zink, das Quecksilber und das Silber (wie

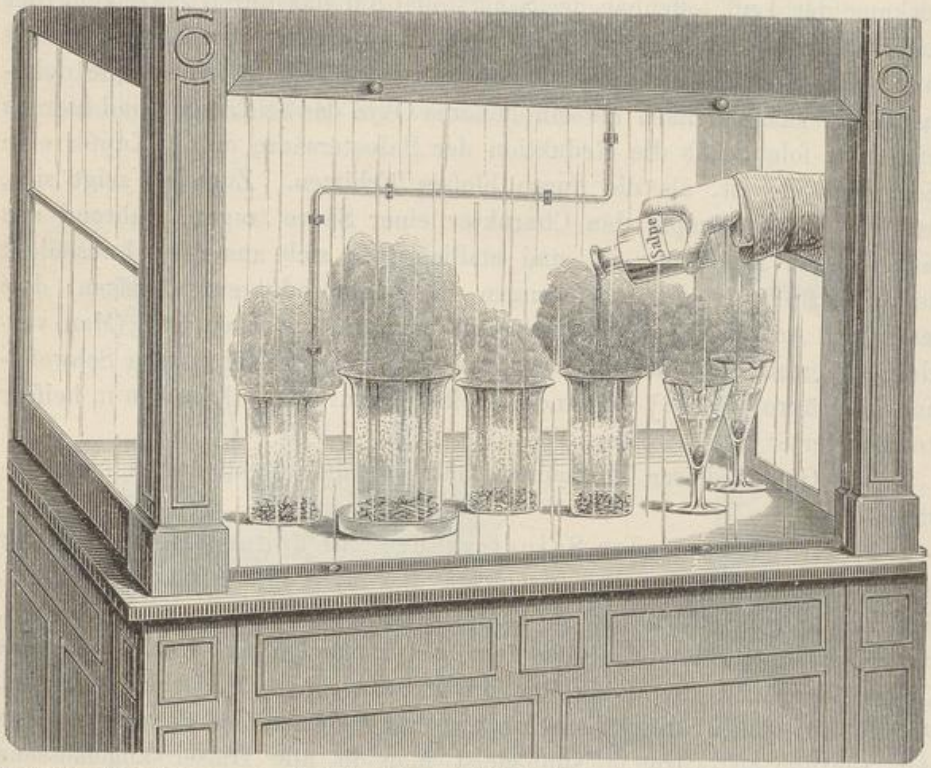


Fig. 777. Einwirkung von Salpetersäure auf Zink, Eisen, Zinn, Quecksilber, Silber etc.

sich durch nachträgliche Verdünnung der Lösungen mit Wasser leicht ergiebt). Auch das Eisen wird gelöst, aber nur von der verdünnten Salpetersäure, während es von der konzentrierten anscheinend nicht angegriffen wird (passives Eisen, dessen Bildung darauf beruht, dafs es sich oberflächlich mit einer dünnen Schicht von Eisenoxyduloxyd bedeckt [Ramann*], wodurch es für die Säure unangreifbar wird). Das Zinn endlich wird zwar oxydiert (zu Zinnoxyd), aber nicht gelöst.

* *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Bd. 14, S. 1430. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 645.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 184. Einwirkung der Salpetersäure auf organische Substanzen.

a) Ungefärbte Wolle, Federn, gewöhnliche Salpetersäure.

b) Indigolösung, gewöhnliche Salpetersäure.

c) Ein Holzkasten von einigen Litern Inhalt, kleingeschnittenes Heu, höchst konzentrierte Salpetersäure.

d) Ein hohes, weites Cylinderglas, eine kleine Porzellanschale (5—6 ccm Durchmesser) nebst Chamotteuntersatz, ein langgestielter eiserner Löffel, rote rauchende Salpetersäure, englische Schwefelsäure, Terpentinöl.

a) Gelbfärbung organischer Substanzen. Betupft man Federn, Wolle oder Kork mit konzentrierter Salpetersäure, so färben sich diese Substanzen nach einiger Zeit gelb. (Gelbfärbung der Haut und der Nägel an den Händen bei unvorsichtigem Arbeiten mit Salpetersäure.)

b) Entfärbung von Indigolösung. Wasser, in einem Probierröhrchen, wird durch einige Tropfen Indigolösung (hergestellt durch Verreiben von Indigo mit rauchender Schwefelsäure und Wasser) blau gefärbt, mit Salpetersäure versetzt und wenn nötig etwas erwärmt. Die blaue Farbe verschwindet sofort und macht einer blafsgelben Platz. Diese Reaktion dient zur Erkennung der Salpetersäure. Sie tritt auch ein, wenn man eine kleine Menge eines salpetersauren Salzes, in Wasser gelöst, mit etwas reiner Schwefelsäure versetzt und wie oben behandelt.

c) Entzündung von Heu durch konzentrierte Salpetersäure. In einen Holzkasten (Cigarrenkasten) von annähernd kubischer Form (Seitenlänge 15—18 cm) bringt man eine mehrere Centimeter hohe Schicht von klein zerschnittenem Heu und begiefst dieses mit konzentrierter Salpetersäure, so dafs es davon ganz durchfeuchtet, aber nicht nafs wird; ein Überschufs ist zu vermeiden. Hierauf deckt man eine zweite Schicht und behandelt diese ebenso, bis der Kasten gefüllt ist. Man beeile sich bei dieser Arbeit, welche man unter dem Abzug oder besser ganz im Freien ausführt. Dann wird der Kasten mit dem Holzdeckel bedeckt und in einem gröfseren Kasten ganz mit Heu umgeben. Zuerst entweichen reichliche Mengen roter, dann weifslich gefärbter Dämpfe, worauf eine Rauchentwickelung eintritt. Nimmt man jetzt den Deckel ab, so zeigt sich das Innere des Kastens ziemlich stark glühend, und nach Zutritt der Luft schlagen bald Flammen heraus. Man halte Wasser zum Löschen bereit. Damit dieser Versuch gelinge, mufs man nach Kraut* eine Salpetersäure von mindestens 1,48 spez. Gew. anwenden, doch reicht

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 14, S. 301. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 291.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dazu nach Haas auch schon die gewöhnliche konzentrierte Säure des Handels von 1,395 spez. Gew. aus, wenn man für eine möglichst lückenlose Füllung des Holzkastens sorgt und diesen durch gutes Einpacken vor Abkühlung schützt. Wie neuere Versuche des letztgenannten Chemikers* dargethan haben, vermag selbst noch eine Säure von 1,25 spez. Gew. die Entzündung zu bewirken. Ein mit Heu vollgestopfter kleiner Korb, dessen Inhalt ganz mit der betreffenden Salpetersäure übergossen und mit einem Stein beschwert war, wurde nach 2¼ Stunden in Brand gesetzt.

d) Entzündung von Terpentinöl. Man mische in einem kleinen Porzellanschälchen annähernd gleiche Mengen rote rauchende Salpetersäure und konzentrierte englische Schwefelsäure durch Umrühren mit einem Glasstab, bringe das Schälchen auf einen in einem hohen Cylinderglas befindlichen Chamotteuntersatz und gieſse mittels eines langgestielten eisernen Löffels aus der Entfernung einige Tropfen Terpentinöl hinein (im Abzug!). Jeder einfallende Tropfen entzündet sich sofort unter einer Explosion, welche indes, wenn man sich gegen das Verspritzen schützt, völlig gefahrlos ist.

§ 185. Verhalten der Salpetersäure zu Gold und Platin. Königswasser.

Einige Schnitzel Platinblech, etwas Golddraht. Starke Salpetersäure, Salzsäure.

Man zeigt, indem man Platin, bezw. Gold in einem Probiergläschen mit Salpetersäure übergieſst, daſs weder in der Kälte noch beim Erwärmen ein Angriff auf die Metalle erfolgt, daſs aber beide gelöst werden, wenn man sie mit Königswasser (Salpetersalzsäure) gelinde erwärmt. Die Annahme, daſs sich hierbei Chloruntersalpetersäure ($NOCl_2$) bilde, ist neuerdings durch Tilden** und Goldschmidt*** bestritten worden.

§ 186. Oxydation durch gebundene Salpetersäure.

Einige Kölbchen aus schwer schmelzbarem Glase. Salpeter, Schwefel und Kohle in kleinen, bis höchstens erbsengroſsen Stücken, Schwefelarsen, Schwefelantimon, Eisenpulver.

a) Entbindung von Sauerstoff aus schmelzendem Salpeter. In einem Probierröhrchen aus schwer schmelzbarem Glase wird etwas Salpeter über der Lampe allmählich geschmolzen, wobei man dem Röhrchen im Halter eine schräge Stellung giebt. Nachdem die Masse in ruhigen

* *Die Chemische Industrie*, Bd. 8, S. 173. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 719.

** *Chemical News*, Bd. 29, S. 183. — *Chem. Centr.-Blatt* 1874, S. 370.

*** *Liebig's Annalen*, Bd. 207, S. 120. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 564 und 1881, S. 291.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fluſs gekommen ist, giebt man stärkere Hitze, bis der Boden des Rohrs glühend erscheint. Man beobachtet ein langsames, allmählich stärker werdendes Aufsteigen kleiner Gasbläschen. Nachdem dies eine längere Zeit angedauert hat, führt man einen glühenden Span in das Innere des Rohrs bis nahe an die Oberfläche des geschmolzenen Salzes, wodurch sich leicht eine Entflammung des Spans bewirken läſst. Da hierbei keine roten Dämpfe entweichen, muſs der Rest des Salpetersäuremoleküls mit dem Kali verbunden bleiben, also das Salz einer Säure mit geringerem Sauerstoffgehalt entstehen (daſs dieses Salz salpetrigsaures Kali ist, wird sich weiter unten durch die Reaktion desselben auf Jodkaliumstärkelösung darthun lassen).

b) Sauerstoffübertragung durch schmelzenden Salpeter auf brennbare Körper. Salpeter wird in einem Kölbchen aus schwer schmelzbarem Glas zum Schmelzen gebracht, und nach etwas stärkerem Erhitzen wirft man kleine Stücke von Schwefel und Kohle hinein. Der Schwefel schmilzt sogleich und verbrennt mit intensiv glänzendem Lichte, die Kohle entzündet sich bei der Berührung mit dem geschmolzenen Salz und wird heftig emporgeschleudert, worauf sie unter fortwährendem Hüpfen vollständig verbrennt. Damit die glühenden Kohlenstücke nicht hinausgeworfen werden, giebt man dem Kölbchen über der Lampe eine geneigte Lage (Fig. 778).

Auch Sulfide (Schwefelantimon, Schwefelarsen) verbrennen auf geschmolzenem Salpeter mit blendendem Glanze, was man zeigt, indem man mit einem kleinen, langgestielten Löffel kleine Portionen davon in das Fläschchen bringt.

Daſs endlich auch Metalle oxydiert werden, zeigt sich durch Einschütten von etwas Eisenpulver, welches sich unter Aufschäumen (Stickstoff) löst (s. unten: Eisenschieſspulver). Das Reaktionsprodukt enthält Eisensäure, welche an Kali gebunden ist.

§ 187. Explosive Gemenge aus Salpeter und brennbaren Körpern.

Salpeter, Schwefel, Holzkohle, Eisenstaub, Schwefelantimon, trockenes kohlensaures Kalium, Sägespäne. Eine Reibschale, mehrere kleine eiserne Schälchen, ein gröſserer Chamottetiegel als Untersatz.

a) Schieſspulvermischung. 8 Teile Salpeter werden in der Reibschale fein gerieben und dann mit 1 Teil Schwefel und 1 Teil Holzkohle, beide vorher für sich gepulvert, sorgfältig gemischt, wobei man jeden Druck vermeide. Will man jede Gefahr der Entzündung umgehen, so benutzt man zur Mischung nicht das Pistill des Mörsers, sondern eine Federfahne oder einen Holzspan. Dann bringt man etwa einen Eſslöffel

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

des Gemisches in eine eiserne Schale, welche man auf einen umgekehrten Tiegel setzt, und entzündet es mittels eines Fidibus unter dem Abzug.

b) Eisenschiefspulver. Statt der Kohle kann man auch Eisenstaub anwenden und erhält dann ein „Metallschiefspulver". Zu diesem Zwecke mische man 1 Teil gepulverten Schwefel, 2 Teile Eisenstaub und 3 Teile gepulverten Salpeter sorgfältig miteinander (A. W. Hofmann). Die Entzündung findet mit gleicher Lebhaftigkeit statt wie vorher, und durch Auslaugen der erkalteten geschmolzenen Masse mit Wasser erhält man eine tiefrote Lösung (eisensaures Kali).

c) Indianisches Weifsfeuer. 48 Teile Salpeter, 13¼ Teile Schwefel und 17¼ Teile Schwefelantimon werden unter Anwendung der-

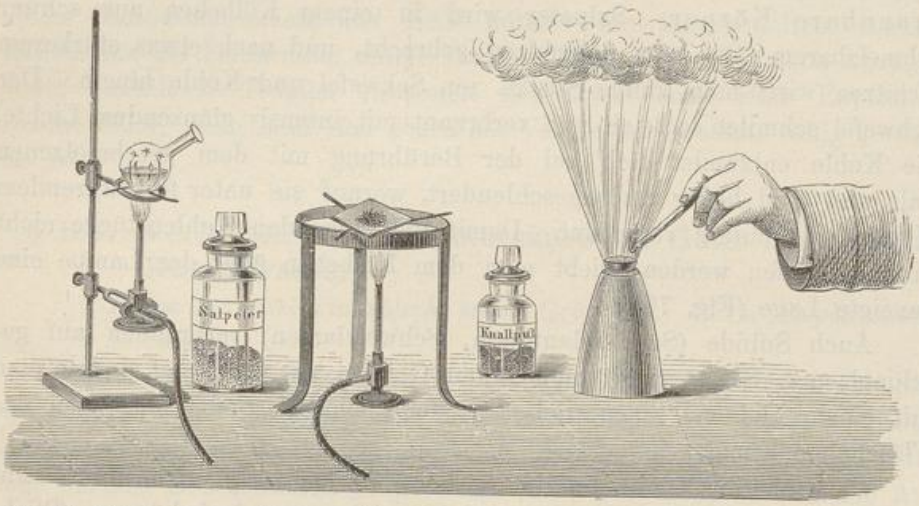


Fig. 778. Oxydation durch gebundene Salpetersäure.

Fig. 779. Knallpulver.

Fig. 780. Beaumé'scher Schnellfluís.

selben Vorsichtsmafsregeln, wie unter a) gesagt, miteinander gemischt und auf die gleiche Weise entzündet. (Man hüte sich bei Wiederholung dieser Versuche, das pulverige Gemisch in die Eisenschale zu schütten, solange dieselbe noch heifs ist.) Oder man füllt das Gemenge in eine cylindrische Papierkapsel, stellt dieselbe aufrecht in Sand und brennt sie ab.

d) Knallpulver. Durch Mischen von 3 Teilen wohlgetrockneten Salpeters, 1 Teil vollständig entwässerten kohlensauren Kaliums und 1 Teil Schwefel erhält man ein Pulver, welches durch geeignete Erhitzung mit einem sehr heftigen Knall explodiert (Fig. 779). Durch Einwirkung des Schwefels auf das kohlensaure Kalium, welche schon bei gelinder Temperatur stattfindet, bildet sich zuerst Schwefelkalium, welches sich dann bei stärkerem Erhitzen mit dem ebenfalls geschmolzenen Salpeter momen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

tan oxydiert. Man führe den Versuch in der Weise aus, dafs man auf einen Dreifufs ein Stück Eisenblech legt und eine starke Messerspitze des Salzes darauf bringt. Man erhitzt nun anfangs durch eine kleine Flamme vorsichtig, bis das Ganze geschmolzen ist, wobei man sich aber dem Apparat nicht allzusehr nähern möge. Ist dies geschehen, so steigert man die Hitze etwas, worauf der Knall erfolgt. Die Explosion ist so heftig, dafs das Blech samt dem Drahtdreieck in der Regel tief eingebogen wird. Dabei aber ist sie vollständig gefahrlos.

e) Beaumé'scher Schnellflufs. Unter diesem Namen ist ein Gemenge von 3 Teilen Salpeter, 1 Teil Schwefel und 1 Teil feinem Holzpulver (Sägespäne) bekannt, welches beim Entzünden sprühend abbrennt (Fig. 780). Die Entzündungstemperatur ist eine niedrige, was sich dadurch zeigen läfst, dafs man das Gemenge in einer Walnufsschale abbrennen kann, welche kaum oberflächlich verkohlt. Trotzdem schmilzt eine kleine Silbermünze, die man vor dem Entzünden hineingedrückt hat, zu einer Kugel zusammen, weil der überschüssige Schwefel, den das Pulver enthält, sich mit dem heifsen Metall zu leicht schmelzbarem Schwefelsilber verbindet, aus welchem nachher die Kugel besteht.

f) Auffangung der Verbrennungsgase des Schiefspulvers.* Durch den Kork einer tubulierten Glasglocke von $1^1/_2$ l Inhalt geht 1. ein doppelter, mit Guttapercha überzogener Kupferdraht, zwischen dessen unteren Enden ein Stück feiner Platindraht ausgespannt ist, und 2. daneben ein Glasstab, an dessen unterem Ende eine Hülse von $2^1/_2$—3 cm Länge und 0,7 cm innerem Durchmesser (z. B. von Rohr) befestigt ist. Letztere wird mit einem Teig von fein zerriebenem Schiefspulver und Alkohol ausgestrichen und festgestopft, so dafs nirgends eine Luftblase bleibt. Beide Vorrichtungen befinden sich dicht unter dem Kork, und zwar so, dafs der Platindraht den (trockenen) Pulverteig eben berührt. Man füllt nun die Glocke durch Eintauchen in die pneumatische Wanne bis unter die Hülse mit Wasser, hebt sie in die Höhe und stellt sie auf die Brücke der pneumatischen Wanne, dann verbindet man die beiden Guttaperchadrähte mit den Polen einer galvanischen Batterie und schliefst den Strom. Die in der Hülse befindliche Pulvermischung wird durch den Platindraht entzündet, und unter ruhigem Aussprühen sinkt der Wasserspiegel, während die Glocke sich mit den Verbrennungsprodukten füllt. Der Versuch giebt eine anschauliche Vorstellung von der

* Van Hasselt, *Maandblad*, Bd. 9, S. 74. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 495. (S. die Tafel am Ende des Werks Fig. 5.) Die Detailzeichnung des Halses (5a) zeigt die Befestigung der mit Mehlpulver gefüllten Hülse und die Vorüberführung des zur Entzündung dienenden Platindrahts. Der Stab, an welchem die Hülse befestigt ist, läfst sich mit gelinder Reibung am Kork auf und ab schieben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wirkungsweise des Schiefspulvers und von der Menge der dabei entwickelten Gase im Verhältnis zum Volum der explosiven Substanz.

g) Entzündungsversuch von Schiefspulver zur Demonstration der Torpedowirkung. Man formt eine cylindrische Hülse von Pergament- oder Wachspapier durch mehrfaches Umwickeln eines Holz- oder Glasstabes, schliefst dieselbe an der einen Seite mit einem Kork, durch welchen zwei mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte gehen, die an

Fig. 781.

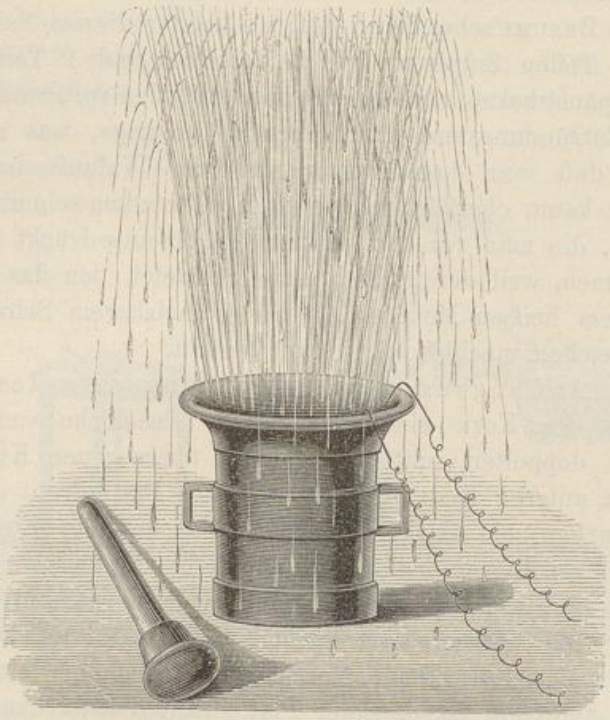


Fig. 782.
Demonstration der Torpedowirkung.

ihren freien Enden durch einen feinen Platindraht verbunden sind. Dann füllt man die Hülse mit 3 g trockenem Schiefspulver, schliefst auch das andere Ende mittels eines Korks und bindet beide Enden mittels Bindfadens fest zu. Der Platindraht mufs etwa in der Mitte der Hülse stehen (Fig. 781). Das Ganze wird mittels Talges eingefettet, um es für eine kurze Zeit für Wasser undurchdringlich zu machen. Die Kupferdrähte verbindet man mit zwei langen Leitungsdrähten, die zu einer galvanischen Batterie (2—3 Bunsen'sche oder einige Chromsäureelemente) führen, wirft dann die Hülse in einen grofsen eisernen Mörser und giefst denselben voll Wasser. Wird der elektrische Strom geschlossen, so entzündet sich

das Pulver mit dumpfem Knall und schleudert das Wasser mit aufserordentlicher Heftigkeit in die Höhe, wodurch man eine lebendige Vorstellung von der Gewalt der Torpedowirkung gewinnt (Fig. 782).*

§ 188. Salpetrige Säure.

Eine Retorte (3) nebst Gasableitungsrohr, eine Krystallisationsschale. Reine konzentrierte Salpetersäure, arsenige Säure, ein Zink- oder Kadmiumstab, Jodkaliumstärkelösung.

Die salpetrige Säure kann durch Reduktion der Salpetersäure dargestellt werden, entweder durch arsenige Säure oder durch eine organische Substanz (Stärkemehl). Ihre Bereitung in flüssigem Zustande ist indes eine zu umständliche Operation, als dafs sie sich zu einem Vorlesungsversuch eignete. Man wird sich damit begnügen können, ihre Bildung und ihre Reaktionen zu zeigen. Zu diesem Zwecke führt man folgende Versuche aus.

a) Reaktionen. Ein salpetersaures Salz (salpetersaures Kalium) wird in Wasser gelöst und mit Schwefelsäure stark angesäuert, um die Salpetersäure frei zu machen. Dann rührt man die Lösung mit einem Zink- oder besser Kadmiumstab um und setzt etwas Jodkaliumstärkelösung zu, welche sofort blau wird. Dafs diese auf Abscheidung von Jod aus dem Jodkalium beruhende Reaktion nicht durch die Salpetersäure veranlafst wird, zeigt man, indem man eine ebenso bereitete Lösung mit der Jodkaliumstärkelösung versetzt, bevor man jene mit dem Kadmiumstäbchen umrührt. Selbstverständlich mufs das angewandte salpetersaure Salz frei von jeder Spur salpetriger Säure sein.

Eine sehr geringe Menge eines salpetrigsauren Salzes wird in Wasser gelöst, mit einigen Tropfen Schwefelsäure und dann mit Jodkaliumstärkelösung versetzt; es tritt sofortige Bläuung ein.

b) Bildung. In eine Retorte bringe man etwas arsenige Säure und konzentrierte reine Salpetersäure, von welcher man gezeigt hat, dafs sie die Jodkaliumstärkelösung nicht blau färbt. Dann erhitze man die Mischung und leite die sich entwickelnden Dämpfe in Wasser. Durch Zusatz von Jodkaliumstärke zu letzterem kann man bald die Gegenwart von salpetriger Säure nachweisen.

§ 189. Bildung der salpetrigen Säure durch direkte Vereinigung von Sauerstoff und Stickstoff.

a) Ein Funkeneudiometer, ein Induktionsapparat.

b) Ein Glasballon von 3—4 l Inhalt. Ein etwa 40 cm langes, zu einer

* Basarow, *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 10, S. 25.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

feinen Spitze ausgezogenes Glasrohr, ein Wasserstoffentwickelungsapparat, Jodkaliumstärkelösung.

c) Ein langes Stück Magnesiumband. Ein Kolben von etwa 2 l Inhalt.

a) Bildung durch den elektrischen Funken. Ein Funkeneudiometer (siehe Fig. 642, S. 485) wird mit der Öffnung nach oben durch einen Retortenhalter festgehalten und die Drähte mit einem Induktionsapparat verbunden. Nachdem die Funken des letzteren einige Minuten lang zwischen den Spitzen der Platindrähte übergesprungen sind, beobachtet man eine schwache Rötung der Luft im Innern der Röhre, und durch Einspritzen von Wasser und Zusatz von etwas Jodkaliumstärkelösung überzeugt man sich von der Bildung salpetriger Säure.

b) Bildung bei der Verbrennung von Wasserstoff. Ein Glasballon wird mit der Öffnung nach unten in senkrechter Lage, doch ein wenig seitlich geneigt, in ein Stativ gespannt und die Gasentwickelungsröhre mit einem Wasserstoffapparat verbunden. Man zündet das aus jener austretende Wasserstoffgas an und reguliert den Strom so, dafs die Flamme höchstens 4—5 mm grofs ist. Dann führt man das Rohr, durch einen Röhrenhalter getragen, von unten her in den Ballon und läfst die Flamme längere Zeit darin brennen. Das sich bald an den Wänden des Ballons kondensierte Wasser sammelt sich zu Tropfen, die man, sobald sie unten ausfliefsen, auf einen Streifen blauen Lackmuspapiers tropfen läfst. Dasselbe wird schwach gerötet. Dann unterbricht man den Gasstrom, nimmt den Ballon aus dem Stativ, gieſst etwas destilliertes Wasser hinein, schwenkt damit die Wände aus und setzt einige Tropfen Jodkaliumstärkelösung zu, welche durch Blaufärbung die Gegenwart von salpetriger Säure anzeigt.

c) Bildung bei der Verbrennung von Magnesium. Man entzündet ein Magnesiumband von etwa 40 cm Länge und taucht es brennend in einen grofsen mit Luft gefüllten Glaskolben. Man senkt das Metall immer tiefer bis zur vollständigen Verbrennung. Hierauf gieſst man destilliertes Wasser in den Kolben und fügt Jodkaliumstärkelösung zu, wodurch sich die Anwesenheit von salpetriger Säure ergiebt (Kämmerer*).

d) Bildung bei der Verbrennung flüssiger Brennnmaterialien. Nach Figuier** bilden sich bei der Verbrennung von Olivenöl, Terpentinöl, Fichtennadelöl und Alkohol stets mehr oder weniger grofse Mengen

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 10, S. 1684. — *Chem. Centr.-Blatt* 1877, S. 770.

** *Journal de Pharmacie et de Chimie* [6] Bd. 13, S. 374. — *Chem. Centr.-Blatt* 1886, S. 337.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

von salpetriger Säure und zugleich Salpetersäure. Der Nachweis kann dadurch geschehen, dafs man über die Flamme einen grofsen Porzellan- oder Glastrichter stülpt und die Verbrennungsprodukte mittels eines Aspirators durch eine gut gekühlte, mit Wasser beschickte Waschflasche (ohne lange Kautschukverbindung mit dem Trichter) saugt. Mittels der bekannten Reagenzien (Jodkaliumstärkepapier und stark verdünnte Indigolösung) läfst sich dann in dem Wasser die Gegenwart der beiden Säuren nachweisen.

§ 190. Untersalpetersäure (Stickstoffdioxyd).

a) Eine Retorte (3) mit U-förmiger Vorlage. Salpetersaures Blei; rote rauchende Salpetersäure; eine Kältemischung aus Koch-

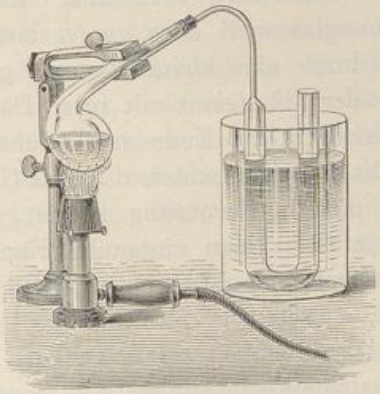


Fig. 783. Darstellung von Untersalpetersäure.

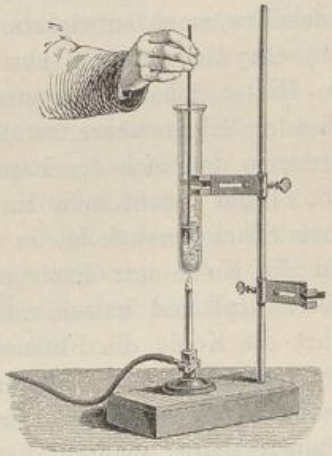


Fig. 784. Oxydation durch rote rauchende Salpetersäure.

salz und gestofsenem Eis oder Glaubersalz und konzentrierter Salzsäure.

b) Ein Stück Sprengkohle, Kalium, ein sogenanntes Verbrennungslöffelchen. Ein mittelgrofser Fufscylinder oder ein Kolben von etwa 500 ccm Inhalt.

c) Flüssige Untersalpetersäure im Kondensationsrohre, ein kleiner Fufscylinder mit Krystallisationsschale statt pneumatischer Wanne.

a) Darstellung der Untersalpetersäure. Einige Efslöffel voll salpetersaures Blei werden in der Reibschale fein zerrieben und in eine Retorte gebracht. Diese befestigt man in einem Retortenhalter, so dafs der Hals schräg nach oben gerichtet ist, und verbindet sie mit einem U-förmigen Kondensationsrohr (Fig. 783) oder mit einem von den zur

Kondensation der schwefligen Säure dienenden Apparaten (S. 379) als Vorlage. Letztere wird mit einer Kältemischung umgeben. Man erwärmt nun das salpetersaure Blei mäfsig, wodurch es alsbald zum Schmelzen kommen wird. (Wenn die Krystalle nicht fein zerrieben sind, so verursachen sie durch Verknistern ein langandauerndes Fortspritzen kleiner Krystallfragmente, was zu verhüten ist.) Die geschmolzene Masse fängt bald an, unter Entwickelung roter Dämpfe stark zu schäumen, deshalb darf die Retorte auch nur zu $^1/_3$ mit der Masse gefüllt sein. Die roten Dämpfe kondensieren sich in der Vorlage zu einer Flüssigkeit, während durch das austretende Gas (Sauerstoff) ein glimmender Holzspan entzündet werden kann (s. S. 623).

Auch aus roter rauchender Salpetersäure, welche eine Auflösung von Untersalpetersäure in konzentrierter Salpetersäure ist, läfst sich jene durch gelindes Erwärmen entwickeln.

b) Oxydierende Wirkung der Untersalpetersäure. Ein von einem Halter gehaltenes grofses Probierglas wird etwa zu $^1/_4$ mit roter rauchender Salpetersäure gefüllt und durch eine kleine Flamme gelinde erwärmt, so dafs sich der Raum über der Flüssigkeit mit roten Dämpfen erfüllt. Dann taucht man ein cylindrisches, am Ende zum Glühen gebrachtes Stück Sprengkohle in das Rohr und beobachtet, dafs das Glühen, sobald die Kohle mit den roten Dämpfen in Berührung kommt, sofort lebhafter wird und immer zunimmt, je tiefer man eintaucht (Fig. 784). Berührt die Kohle die Flüssigkeit, so tritt eine Flamme auf, und wenn man sie ganz in die Säure eintaucht, so setzt sich die flammende Verbrennung unter starkem Aufwallen der Flüssigkeit fort. Dafs es nicht die Salpetersäure, sondern die Untersalpetersäure ist, welche diese Verbrennung veranlafst, läfst sich darthun, wenn man den Versuch mit gewöhnlicher Salpetersäure wiederholt. Diese bewirkt zwar auch eine Oxydation der Kohle, aber ohne Entflammung.

Kalium verbrennt in gasförmiger Untersalpetersäure. Um dies zu zeigen, wird ein mittelgrofser Fufscylinder oder auch ein Glaskolben (von etwa 500 ccm Inhalt) mit Untersalpetersäure gefüllt, indem man die im U-Rohr durch die Kältemischung kondensierte Flüssigkeit (durch vorsichtiges Eintauchen in warmes Wasser) gelinde erwärmt und die entweichenden Dämpfe durch ein langes Glasrohr bis auf den Boden des Gefäfses leitet. Dann bringt man ein kleines Stück Kalium in ein sogenanntes Phosphorlöffelchen, erwärmt es gelinde und vorsichtig über der Flamme und taucht es in das Glas, worauf die Entzündung des Metalls eintritt.

c) Verhalten der Untersalpetersäure zu Wasser. Die Untersalpetersäure trägt ihren Namen mit Unrecht, da sie mit Basen keine

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Salze bildet, sondern sich dabei in salpetrige Säure und Salpetersäure umsetzt. Sie sollte deshalb richtiger Stickstoffdioxyd genannt werden. Auch mit Wasser erleidet sie Zersetzung, und zwar in zweierlei Weise: entweder zerfällt sie wie mit Basen in salpetrige Säure und Salpetersäure oder in Stickoxyd und Salpetersäure. Ist wenig Wasser vorhanden und die Temperatur möglichst niedrig, so tritt vorwiegend die erste Reaktion, unter anderen Umständen die zweite ein, doch gehen in der Regel beide nebeneinander. Man leite etwas gasförmige Untersalpetersäure in einen kleinen, mit Wasser gefüllten Fufscylinder, welcher in einer Krystallisationsschale wie in einer pneumatischen Wanne aufgestellt ist. Die Säure entwickelt man entweder durch gelindes Erwärmen von roter rauchender Salpetersäure oder kondensierter flüssiger Säure, doch bringe man die Gasableitungsröhre nicht eher unter die Öffnung des mit Wasser gefüllten Cylinders, als bis die Luft aus dem Entwickelungsgefäfs ausgetrieben ist. Die roten Dämpfe werden vom Wasser zum gröfsten Teil verschluckt, welches farblos bleibt. Dabei aber steigt eine gewisse Menge eines farblosen Gases (Stickoxyd) in dem Cylinder auf, dessen Natur dadurch kenntlich wird, dafs man nach Beendigung der Destillation durch Aufheben des Cylinders aus dem Wasser etwas Luft eintreten läfst, wodurch gleich wieder rote Dämpfe entstehen, die indes bald vom Wasser absorbiert werden. Man beachte die Vorsicht, das Gasableitungsrohr sofort aus dem Wasser zu nehmen, wenn die Destillation beendigt ist, damit nicht Wasser in das Entwickelungsgefäfs zurücktritt.

Dafs in dem farblosen Sperrwasser der pneumatischen Wanne Salpetersäure vorhanden ist, wird gezeigt, indem man etwas davon in einem Probiergläschen mit Indigolösung versetzt, die sich sogleich entfärbt; andererseits wird die Gegenwart der salpetrigen Säure durch Zusatz von Jodkaliumstärkelösung, welche sich blau färbt, nachgewiesen.

§ 191. Stickoxyd.

a) *Eine Gasentwickelungsflasche (1 l) zur Darstellung von Stickoxyd, Salpetersäure, Kupferblechschnitzel. Ein Wasserstoffentwickelungsapparat. Ein hoher Fufscylinder nebst Glasplatte.*

b) *Derselbe Cylinder. Schwefelkohlenstoff.*

c) *Eine hohe, verhältnismäfsig enge tubulierte Glasglocke oder ein hoher Fufscylinder mit zwei Hahnröhren, ein mit Sauerstoff gefüllter Gasometer.*

Die Darstellung des Stickoxyds aus Salpetersäure und Kupfer ist bereits oben unter § 183, a) beschrieben. Hier folgen einige Versuche, welche zeigen sollen, dafs es fähig ist, einerseits Sauerstoff abzugeben (die Verbrennung zu unterhalten), andererseits Sauerstoff aufzunehmen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Verbrennung von Wasserstoff in Stickoxyd. Ein hoher Fufscylinder wird in der pneumatischen Wanne zur Hälfte mit Stickoxyd und dann mit Wasserstoff ganz voll gefüllt. Hierauf hebt man ihn mit einer Glasplatte bedeckt heraus, stellt ihn aufrecht und nähert in dem Augenblick, wo man die Glasplatte abzieht, der oberen Mündung einen brennenden Span. Das Gasgemisch verbrennt ruhig mit heller Flamme.

b) Verbrennung von Schwefelkohlenstoff in Stickoxyd. Ein

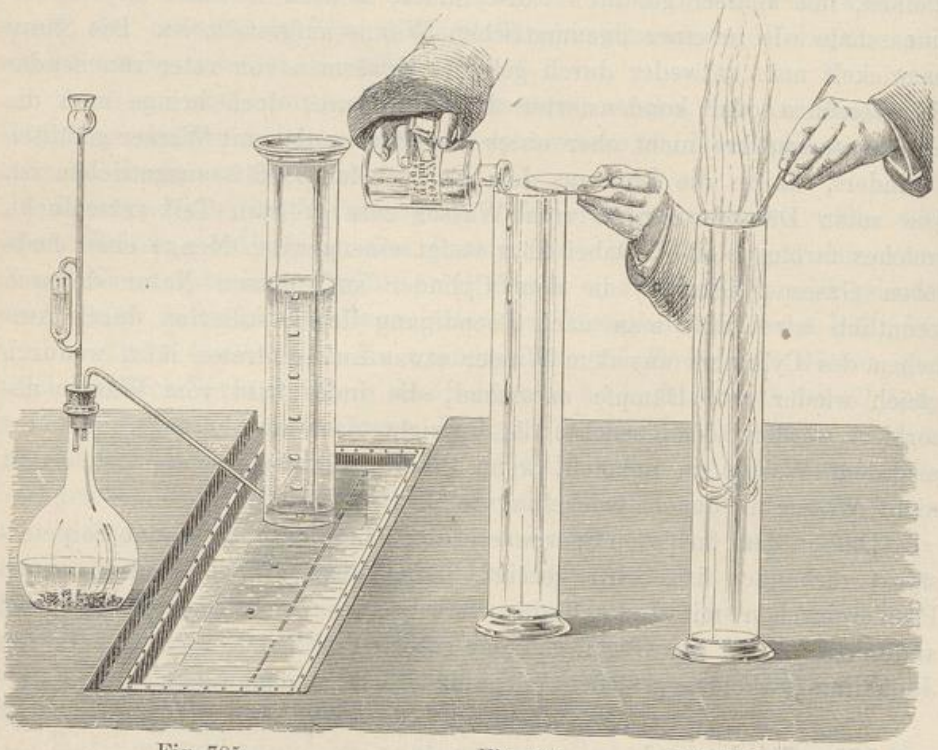


Fig. 785. Fig. 786. Fig. 787.

Darstellung von Stickoxyd, Mischung mit Schwefelkohlenstoffdampf und Explosion.

hoher Fufscylinder wird mit Stickoxydgas vollständig gefüllt (Fig. 785), mit einer Glasplatte bedeckt, aus dem Wasser gehoben und aufrecht auf den Tisch gestellt. Hierauf gieſst man, indem man die Glasplatte ein wenig lüftet, einige Kubikcentimeter Schwefelkohlenstoff hinein (Fig. 786), bedeckt den Cylinder rasch wieder und schwenkt ihn, während man die Glasplatte festhält, mehrmals hin und her, damit sich der ganze Innenraum mit Dämpfen von Schwefelkohlenstoff sättige. Endlich entzündet man nach Wegziehen der Glasplatte das Gasgemenge mittels eines brennenden Fidibus (Fig. 787). Unter schwacher, vollständig ungefährlicher

Explosion erfüllt sich der ganze Cylinder mit einer blendend leuchtenden, oben hoch herausschlagenden Flamme, welche durch Verbrennung des Schwefelkohlenstoffdampfs auf Kosten des im Stickoxyd enthaltenen Sauerstoffs entsteht. Die Verbrennung ist aber nur eine unvollkommene, da der Schwefel unverbrannt bleibt und die Innenwand des Glascylinders in Form eines gelben Überzugs bedeckt. Man beseitige denselben durch Auswaschen des Cylinders sogleich, da er nach dem Antrocknen sehr schwer wieder zu entfernen ist.

Mit kontinuierlich brennender Flamme läfst sich dieses Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht nach BRANDSTETTER* mit dem in Figur 788 gezeichneten Apparat herstellen. Der einfache Apparat besteht aus einem Messingnäpfchen von circa 3 cm Durchmesser und 3 cm Höhe, in dessen Centrum am Boden ein fest eingelötetes, im Innern bis zur Mündungshöhe reichendes Messingröhrchen von Federkielweite geht. Durch das nach unten herausragende Ende wird das Näpfchen vertikal befestigt und durch Schlauch mit einem Gasometer verbunden, welcher Stickoxydgas enthält. Man füllt das Näpfchen mit Schwefelkohlenstoff und läfst dann, nachdem die Flamme infolge Siedens des Schwefelkohlenstoffs zu einem hohen Kegel sich erhoben hat, durch die Öffnung des Gasometers das Gas eintreten. Statt des letzteren kann man auch Sauerstoff verwenden, welcher eine circa 5 Minuten wirkende Flamme mit intensiv violettem Licht erzeugt.

Fig. 788.

c) Aufnahme von Sauerstoff durch Stickoxyd. Ein hoher, enger, tubulierter Fufscylinder wird mit einem Kork verschlossen, der von einem umgebogenen Glasröhrchen durchbohrt ist. Letzteres verbindet man mit dem Ausströmungsrohr eines Sauerstoffgasometers, dessen Hahn geschlossen ist. Nun füllt man den Cylinder durch Eintauchen in die pneumatische Wanne ganz mit Wasser, hebt ihn empor und stellt ihn auf die Brücke. Inzwischen war die Entwickelung des Stickoxydgases in der Gasentwickelungsflasche so weit in Gang gebracht, dafs die roten Dämpfe aus dem Kolben ganz verschwunden sind (Fig. 789). Man nimmt, sobald dies geschehen, den Kautschukschlauch und führt ihn unter die tubulierte Glocke, bis letztere ganz mit Stickoxyd gefüllt ist. Hierauf beseitigt man die Gasentwickelungsflasche und läfst durch Öffnen des Gasometerhahns einige Blasen Sauerstoff von oben her eintreten. Im oberen Teile der Glocke treten sofort stark gefärbte, rote Dämpfe auf, während der untere Teil des Kolbeninhalts

* *Zeitschrift für phys. und chem. Unterricht*, Bd. 9, S. 171. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 410.

farblos bleibt. Durch die hierbei entwickelte Wärme wird das Gas ausgedehnt, und es kann, wenn der Cylinder nicht tief genug in Wasser taucht, ein Teil des Gases durch die untere Öffnung herausgedrückt werden. Dies mufs vermieden werden, und deshalb soll man anfangs nur sehr wenig Sauerstoff eintreten lassen. Alsbald hört die Ausdehnung des Gases auf, durch Absorption der roten Dämpfe seitens des Wassers

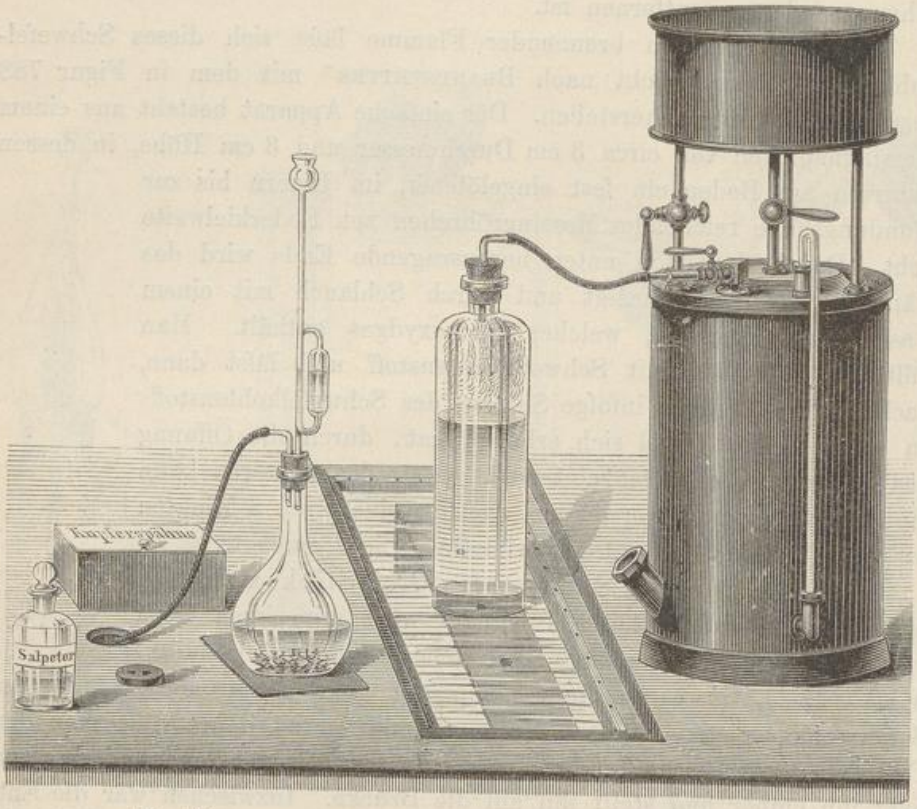


Fig. 789. Fig. 790.
Wechselwirkung zwischen Stickoxyd, Sauerstoff und Wasser.

vermindert sich das Gasvolum, und der Wasserspiegel in der Glocke steigt. Durch Eintritt von neuem Sauerstoff wiederholt sich der Vorgang, während das Wasser immer höher steigt (Fig. 790). Man wartet jedesmal mit dem Öffnen des Hahns so lange, bis der Glockeninhalt wieder vollständig farblos geworden ist. Wendet man geeignete Vorsicht beim Zulassen des Sauerstoffs an, so läfst sich alles Gas zum Verschwinden bringen und die Glocke vollständig mit Wasser füllen, wodurch die Umwandlung des Stickoxyds zuerst in Untersalpeter- und daraus in

salpetrige und Salpetersäure bewiesen wird. Läfst man den Sauerstoff gegen das Ende hin zu rasch eintreten, so gelingt es schwer, das Gas völlig zum Verschwinden zu bringen.

Anstatt der Glasglocke wendet man nach einem Vorschlag von Austen* zur Ausführung dieses Versuchs mit Vorteil einen hohen Fufscylinder mit Stöpsel an, welcher, wie Figur 791 zeigt, mit Glasröhren versehen ist. Der Cylinder wird mit durch etwas Lackmus und einige Tropfen Kalilauge blaugefärbtem Wasser ganz gefüllt und dann durch das längere Rohr gut durch Kalilauge gewaschenes NO-Gas eingeführt, während das Wasser durch das kurze Rohr abfliefst. Man zeigt, dafs das Lackmus durch Stickoxyd nicht gerötet wird. Dann läfst man durch das kurze Rohr Sauerstoff einsteigen, verschliefst die Hähne, schüttelt, taucht die Rohrenden in Wasser und öffnet den Hahn des kurzen Rohrs. Im übrigen wird der Versuch, wie oben angegeben ist, beendigt. Diese Einrichtung hat die Bequemlichkeit, dafs man den Cylinder in der Hand halten und den Vorgang besser demonstrieren kann.

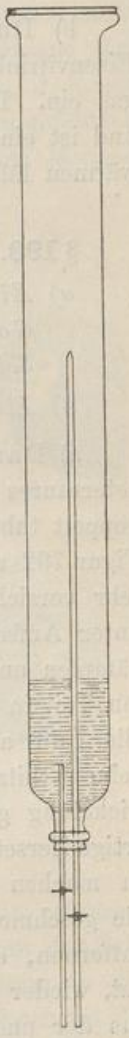


Fig. 791.

§ 192. Absorption des Stickoxyds durch Salpetersäure, bezw. Eisenvitriol.

a) Konzentrierte Salpetersäure von 1,5 spez. Gew., mehrere Kelchgläser. Eine Gasentwickelungsflasche für Stickoxyd. Kupferblechschnitzel und gewöhnliche Salpetersäure.

b) Eisenvitriol.

a) Durch Salpetersäure. Man gieſse in ein Kelchglas 50 bis 100 ccm konzentrierte Salpetersäure von 1,5 spez. Gew. und stelle durch Vermischen mit angemessenen Mengen Wasser noch 3 oder 4 verdünntere Säuren dar von allmählich geringerem spez. Gewicht bis zu 1,1. Von jeder dieser Mischungen gieſse man ebenfalls 50—100 ccm je in ein Kelchglas. Dann wird Stickoxyd in der gewöhnlichen Weise dargestellt und dasselbe mittels einer Glasröhre der Reihe nach in die verschiedenen Kelchgläser geleitet. Der Versuch ist unter dem gut ventilierten Abzugsrohre auszuführen. Das Gas wird von den verschiedenen Säuren absorbiert und verwandelt sich unter Reduktion der Salpetersäure (welche in salpetrige Säure übergeht) in Untersalpetersäure. Diese färbt die Säure rot, die salpetrige

* *American Chemical Journal*, Bd. 11, S. 270. — *Chem. Centr.-Blatt* 1889, S. 357.

Säure dagegen grün. Von der Menge des in solcher Weise zersetzten Gases hängt die Farbe der Säure ab. Die höchst konzentrierte Säure wird rot, die weniger konzentrierte gelb, bezw. grün (bei starker Abkühlung durch Eis blau), und die ganz verdünnte Säure bleibt farblos.

b) Durch Eisenvitriol. Man bereitet sich eine kalt gesättigte Eisenvitriollösung und leitet (unter dem Abzug) längere Zeit Stickoxydgas ein. Die Flüssigkeit wird dadurch tief dunkelbraun, fast schwarz und ist eine gesättigte Lösung von Stickoxyd in Eisenvitriol. Durch Erwärmen läfst sich ersteres wieder austreiben.

§ 193. Stickoxydul; Darstellung und Eigenschaften.

a) Eine Retorte (300 ccm) mit tubulierter Kugelvorlage und Gasableitungsrohr, eine pneumatische Wanne, ein Fufscylinder. Salpetersaures Ammoniak.

b) Ein Gasentwickelungskolben, Zink, Salpetersäure.

a) Darstellung aus Ammoniumnitrat. Ein Efslöffel voll salpetersaures Ammoniak wird in die Retorte gebracht, diese mit einer doppelt tubulierten Vorlage und einem Gasableitungsrohre verbunden, wie Figur 792 zeigt. Man erhitze dann die Retorte durch eine kleine Flamme sehr vorsichtig. Das Salz fängt bald zu schmelzen an und entwickelt unter Aufschäumen reichliche Mengen von Gas, welches aus Wasserdämpfen und Stickoxydul besteht. Erstere kondensieren sich zum gröfsten Teil in der Vorlage; letzteres fängt man im Cylinder auf, nachdem alle Luft aus der Retorte und der Vorlage vertrieben ist. Man darf beim Erhitzen nur sehr mäfsige Wärme anwenden und mufs die Entwickelung gut regulieren, da sehr leicht allzustarke, selbst explosionsartige Zersetzung des Salzes eintreten kann, worauf besonders aufmerksam zu machen ist. Das Aufschäumen darf nur ganz mäfsig sein. Sobald die geschmolzene Masse zu steigen beginnt, mufs man sogleich die Lampe entfernen, sie aber, sobald die Heftigkeit der Zersetzung nachgelassen hat, wieder unterschieben, damit nicht etwa ein Rücksteigen von Wasser aus der pneumatischen Wanne in die Vorlage oder in die Retorte eintritt. Das Salz verwandelt sich vollständig in die genannten beiden Gase und hinterläfst keinen Rückstand.

Damit der Versuch ganz gefahrlos verläuft, sind einige Vorsichtsmafsregeln anzuwenden. Besonders wichtig ist, dafs man das Salz vor dem Einbringen in das Zersetzungsgefäfs bei gelinder Wärme vollständig trocknet. Geschieht dies nicht, so kondensiert sich der Wasserdampf im oberen Teile der Retorte, tropft auf die Masse herab und kühlt dieselbe

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ab. Die Zersetzung in Stickoxydul tritt erst bei 220° ein, deshalb kann sie, solange das Wasser noch nicht vollständig verjagt ist, nur langsam stattfinden. Wenn man in diesem Zeitpunkt die Entwickelung durch Vergrößerung der Flamme beschleunigen will, so wird anfänglich dadurch nur die Verjagung des Wassers beschleunigt, und dann tritt plötzlich eine sehr lebhafte Gasentwickelung ein. Verkleinert man die Flamme nicht gleich, so erfolgt in der Regel eine Explosion. Die Zersetzung des Ammoniumnitrats gehört zu den exothermischen Reaktionen, d. h. sie entwickelt selbst Wärme. Diese addiert sich zu der direkt zugeführten und veranlafst dann eine sehr plötzliche Zersetzung gröfserer Mengen von Salz.

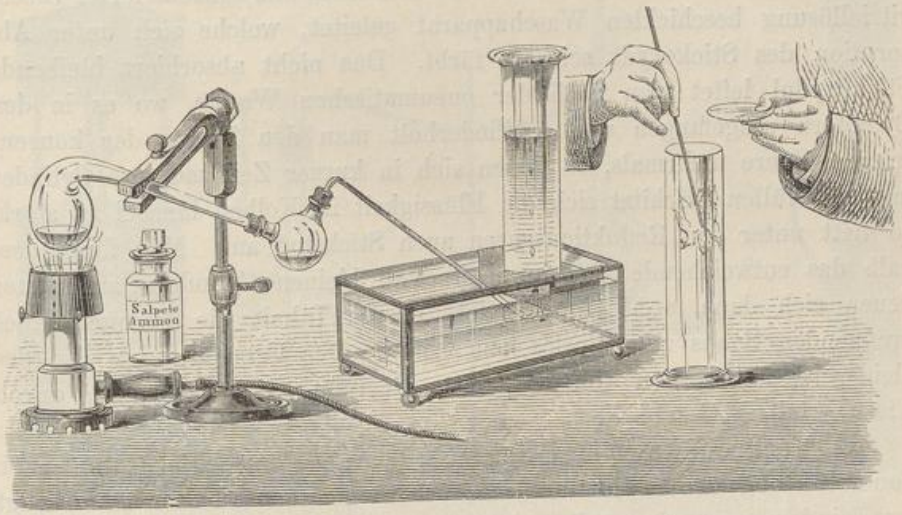


Fig. 792. Fig. 793.

Darstellung und Wirkung des Stickoxyduls.

Hiernach hat man, um die Darstellung des Stickoxyduls gefahrlos zu machen, folgendermafsen zu verfahren. Zuerst trocknet man das Salz in einer Schale vorsichtig aus, dann bringt man es noch warm in die Retorte und erhitzt anfangs mit ganz kleiner Flamme, welche man allmählich steigert, bis die Zersetzung beginnt, und dreht dann die Flamme sofort wieder zurück. Auch darf man die Operation nicht zur vollständigen Zersetzung der ganzen Salzmasse fortführen, weil sonst gegen das Ende leicht eine Überhitzung eintreten kann (Cazeneuve*).

* *Journal de Pharmacie et de Chimie* [5], Bd. 6, S. 67. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 241.

Darstellung aus Salpetersäure und Zink. In anderer Weise läfst sich dasselbe Gas durch Einwirkung von Salpetersäure auf Zink erzeugen, was gefahrlos ist, und sich für Unterrichtszwecke besonders deshalb empfiehlt, weil sich dadurch die partielle Reduktion der Salpetersäure durch Metalle gut demonstrieren läfst. Man soll nach Mareck* folgendermafsen verfahren: In einem gewöhnlichen Gasentwickelungskolben wird das Zink mit verdünnter Salpetersäure übergossen. Setzt man dann zeitweilig kleinere Portionen konzentrierter Salpetersäure hinzu, so tritt stofsweise eine rasche, jedoch bald wieder aufhörende Gasentwickelung unter kochender Bewegung der Flüssigkeit ein. Da sich hierbei der Kolben stark erhitzt, setzt man ihn, wenn nötig, zur Kühlung in Wasser. Die entwickelten Gase werden zunächst in einen mit konzentrierter Eisenvitriollösung beschickten Waschapparat geleitet, welche sich unter Absorption des Stickoxyds schwarz färbt. Das nicht absorbiert bleibende Stickoxydul leitet man nach der pneumatischen Wanne, wo es in den Cylindern aufgefangen wird. Wiederholt man den Zusatz der konzentrierten Säure mehrmals, so lassen sich in kurzer Zeit mehrere Cylinder mit N_2O füllen. Erhitzt sich die Flüssigkeit im Kolben hierbei zu stark, so tritt unter den Reduktionsgasen auch Stickstoff auf. Man fängt deshalb das entweichende Gas in mehreren kleinen Cylindern auf; unter denen sich dann wohl einer findet, dessen Inhalt die Flamme eines brennenden Spans zum Verlöschen bringt. Der Versuch zeigt also das gleichzeitige Auftreten von NO_2 (rote Dämpfe), NO (Absorption durch Eisenvitriol), N_2O und N.

b) Verbrennung im Stickoxydul. Dafs das Stickoxydul noch Sauerstoff abgeben und dadurch die Verbrennung unterhalten kann, zeigt man, indem man einen glimmenden Span eintaucht, welcher sich darin entzündet und annähernd mit ebenso grofser Leichtigkeit wie in Sauerstoff fortbrennt (Fig. 793). Die Entzündung des glimmenden Spans tritt aber nur dann ein, wenn das Gas frei von Stickstoff ist oder doch nur wenig davon enthält, was nur bei ganz vorsichtiger Leitung des Prozesses nach der einen oder anderen Darstellungsweise gelingt. Man führt deshalb statt des glimmenden lieber einen brennenden Span ein, welcher wie in Sauerstoff weiter brennt.

Auch andere Körper verbrennen in Stickoxydul: Schwefel mit roter Flamme, Phosphor wie in reinem Sauerstoff, und eine glühende Stahlspirale verbrennt unter lebhaftem Funkensprühen. Ferner brennt eine Kerze darin lebhaft fort, ebenso Wasserstoff, der aus einer umgebogenen Röhre brennt.

---

* *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 259.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 194. Wechselwirkung zwischen Untersalpetersäure, bezw. Stickoxyd und schwefliger Säure. Darstellung der englischen Schwefelsäure.

Ein Apparat zur Demonstration der Bildung von Schwefelsäure (Fig. 794), dazu eine Gasentwickelungsflasche für Stickoxyd und ein Rohr zur Verbrennung von Schwefel.

Der zur Demonstration der Schwefelsäure dienende Apparat besteht aus einem grofsen, doppelt tubulierten Glasballon (Fig. 794), in dessen

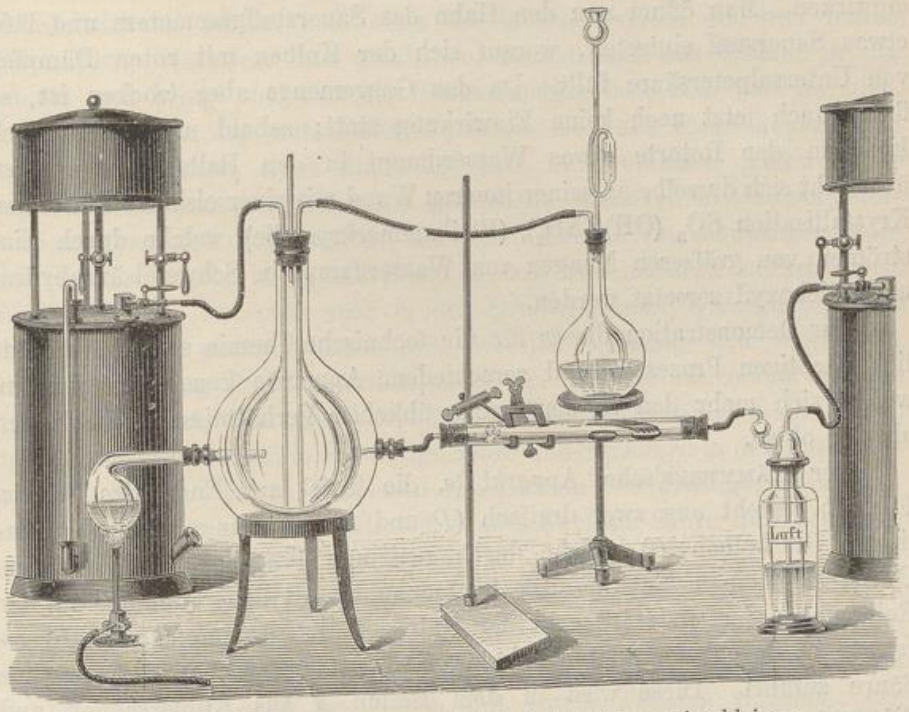


Fig. 794. Darstellung der englischen Schwefelsäure im kleinen.

einen Tubulus eine Retorte eingepafst ist, während durch den anderen ein bis auf den Boden des Kolbens herabreichendes Rohr führt. In den Stöpsel des Ballons sind zwei lange umgebogene Röhren eingepafst, welche bis auf den Boden reichen, und aufserdem noch eine dritte längere, beiderseits offene Röhre. Die eine der beiden längeren Röhren ist mit einem Sauerstoffgasometer, die andere mit der Stickoxydentwickelungsflasche verbunden. Das Rohr, welches durch den seitlichen Tubulus führt, steht mit einem weiteren böhmischen Glasrohr in Verbindung, in welchem man in einem Porzellanschiffchen Schwefel im Sauerstoffstrom verbrennt. Der Sauerstoff wird zuvor behufs völliger Trocknung durch eine mit

Schwefelsäure gefüllte Waschflasche geleitet. In der Retorte endlich ist Wasser.

Man beginnt den Versuch damit, daſs man den Ballon zuerst durch Verbrennung genügender Mengen von Schwefel ganz mit schwefliger Säure füllt, dann läſst man durch Anlegen des betreffenden Schlauchs etwas Stickoxyd ein (bis dahin war die Flasche, die zur Entwickelung dieses Gases dient, vom Apparat getrennt und der Schlauch in das Abzugsrohr des Experimentiertisches gesenkt). Der Inhalt des Kolbens bleibt farblos, weil trockenes Stickoxyd und schweflige Säure nicht aufeinander einwirken. Man öffnet nun den Hahn des Sauerstoffgasometers und läſst etwas Sauerstoff eintreten, worauf sich der Kolben mit roten Dämpfen von Untersalpetersäure füllt. Da das Gasgemenge aber trocken ist, so findet auch jetzt noch keine Einwirkung statt; sobald man aber durch Erhitzen der Retorte etwas Wasserdampf in den Ballon treten läſst, überzieht sich derselbe an seiner inneren Wand mit einer eisblumenförmigen Krystallisation SO_2 (OH) (NO_2), (Bleikammerkrystalle), welche durch Einströmen von gröſseren Mengen von Wasserdampf in Schwefelsäurehydrat und Stickoxyd zersetzt werden.

Zur Demonstration dieses für die technische Chemie so auſserordentlich wichtigen Prozesses sind verschiedene Apparate konstruiert worden, welche sich mehr den in der Praxis üblichen Verhältnissen anschlieſsen als der obige.

Der Kämmerer'sche Apparat (s. die Tafel am Ende des Werks, Fig. 22) besteht aus zwei dreifach (*D* und *E*) und einen vierfach tubulierten Glaskolben (*C*), welche durch geeignete Träger gehalten werden. Durch den einen Tubulus des letztgenannten Ballons (welcher in der Reihenfolge der erste ist) geht der Hals der Wasserdampfentwickelungsretorte *G*, durch den zweiten Tubulus, *a*, das Rohr, welches die schweflige Säure zuführt. Diese wird in dem Ballon *A* aus Kupferspänen und Schwefelsäurehydrat entwickelt und durch Schwefelsäure getrocknet, wozu ein mit Bimssteinstücken gefülltes Rohr und dann noch eine Waschflasche dient. Das dritte Rohr (durch den obersten Tubulus) ist offen und läſst Luft eintreten, kann aber durch Aufschieben eines Kautschukrohrs mit Glasstöpsel verschlossen werden. Auf den Boden dieses Ballons wird eine angemessene Menge konzentrierter Salpetersäure von 1,52 spez. Gew. gebracht. Der vierte Tubulus ist durch das Glasrohr *b c* mit dem ersten Tubulus des zweiten Ballons *D* verbunden, durch dessen obersten Tubulus zwei Glasröhren gehen. Durch die eine kann Wasserdampf aus der Kochflasche *H*, durch die andere Luft eingeleitet werden. Ebenso ist der dritte Ballon *E* eingerichtet, der mit *D* durch das Rohr *d e* verbunden ist. Die beiden Luftröhren von *D* und *E* werden ebenso wie die in dem

Hals des ersten Ballons steckende mit Kautschukschlauch und Gummistöpsel verschlossen. Der letzte Tubulus des letzten Ballons ist mit einem Gasableitungsrohr *f* verbunden, welches in den Ventilationskanal des Experimentiertisches gesenkt wird.

Wenn man durch Erhitzen der mit Schwefelsäure und Kupferspänen gefüllten Flasche *A* schweflige Säure in den ersten Ballon eintreten läfst (ohne die Wasserretorte zu erhitzen), so bedecken sich dessen Wände alsbald mit einer reichlichen Efflorescenz von Bleikammerkrystallen, indem die schweflige Säure mit der Salpetersäure in Wechselwirkung tritt. Die Wechselwirkung pflanzt sich auch bis in den zweiten und den dritten Ballon fort. Nachdem dies geschehen, erhitzt man das Wasser in der Retorte und bringt dadurch die Bleikammerkrystalle zum Verschwinden. Dann öffnet man das erste Luftrohr, indem man den Kautschukschlauch abzieht und mittels eines Blasebalgs Luft in *C* einbläst, wodurch das aus den Bleikammerkrystallen frei gewordene Stickoxyd in Untersalpetersäure umgewandelt wird, welche mit neuen Mengen von schwefliger Säure und Wasserdämpfen in Wechselwirkung tritt und dadurch entfärbt wird. Währenddessen läfst man auch in den zweiten Ballon Wasserdampf und Luft eintreten, wodurch auch hier derselbe Vorgang sich wiederholt. Die Entwickelung des Wasserdampfs in der Retorte des ersten Ballons wird so reguliert, dafs sich hier keine Bleikammerkrystalle mehr bilden, sondern nur unverbrauchte schweflige Säure und Stickoxyd in den mittelsten Ballon eintreten. Durch Einblasen von Luft in den dritten Ballon kann man nun leicht sehen, ob Stickoxyd oder schweflige Säure im Überschufs ist, und danach den Gang regulieren.*

Eine andere Form des Apparats, welcher sich den in der Technik üblichen Verhältnissen anschliefst, ist von Mareck** angegeben worden und in Figur 795 abgebildet. Die Flasche 1 hat einen Rauminhalt von 10—15 l und ist nahe am Boden mit einem Tubulus versehen. In diesen tritt durch Kork ein bis in die Mitte des Bodens reichendes nach oben gebogenes Rohr für den Wasserdampf ein, welcher in dem Kolben 2 entwickelt wird. Letzterer ist durch ein kurzes Knierohr und einen Gummischlauch mit dem äufseren Ende des Dampfrohrs verbunden, und kann leicht durch Abziehen bezw. Aufstecken des Schlauchs von dem Apparate getrennt und wieder damit verbunden werden. Eine zweite Durchbohrung des Stöpsels im Tubulus dient zur Aufnahme eines nicht zu engen Rohrstücks, welches mit der Glaskugel 3 verbunden ist. Im Innern derselben befinden sich mehrere nicht zu kleine Bimssteinstücke, welche

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 9, S. 1545.

** *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 257.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

mit starker Salpetersäure getränkt sind, von der man noch etwas durch Drehen über die Kugelwandung verteilt. Die schweflige Säure wird durch Verbrennen von Schwefel im Luft- oder besser Sauerstoffstrome in der Flasche 4 erzeugt, in welche zu diesem Zwecke ein starker Eisenlöffel mit Draht eingeführt ist. Der zur Verbrennung nötige Sauerstoff wird durch einen unten angebrachten Tubulus aus einem Gasometer eingeführt. Die Öffnung der grofsen Flasche 1 endlich ist durch einen Kautschukschlauch mit einem Absorptionscylinder versehen, welcher bohnen-

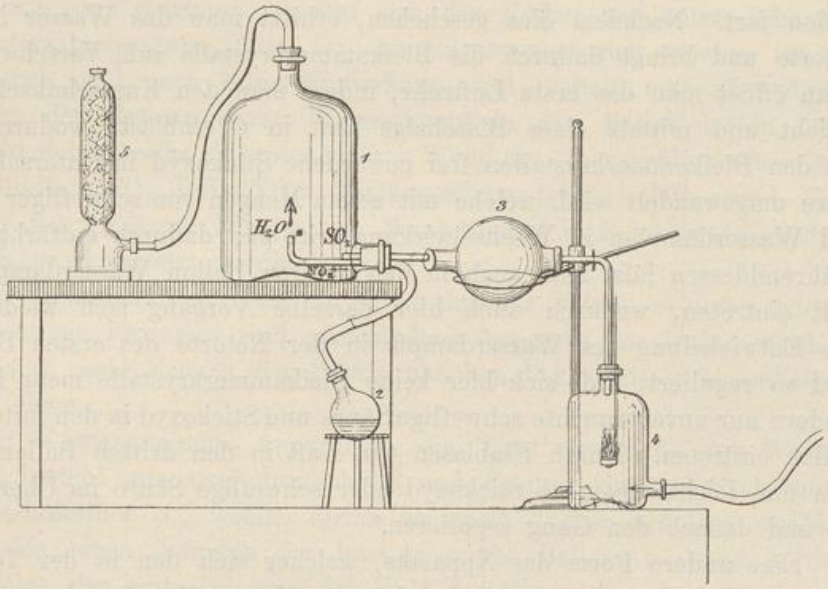


Fig. 795. Darstellung der englischen Schwefelsäure nach Mareck.

grofse Koks- oder Bimssteinstückchen, die mit konzentrierter Schwefelsäure getränkt sind, enthält.

Alle Phasen des Prozesses lassen sich mit dieser Vorrichtung leicht zeigen: Das Auftreten der roten Dämpfe und die Bildung der Bleikammerkrystalle bei Mangel an Wasserdampf, das Verschwinden der letzteren nach Eintritt von Dampf, die Bildung der Kammersäure am Boden der Flasche 1 etc. Sperrt man zuletzt den Gasstrom ab, so dafs der Schwefel in der Flasche 4 verlischt, so tritt die Untersalpetersäure, welche den Raum der Kugel 3 erfüllt, in die Verbrennungskammer 4, worauf sich die Wandung derselben sofort mit Bleikammerkrystallen überkleidet. Die in Flasche 5 in den unteren Raum abgetropfte Schwefelsäure dient zur Demonstration des Gay-Lussac-Turms.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Wilbrandt* empfiehlt den in Figur 796 abgebildeten Apparat. In dem Kolben links wird schweflige Säure entwickelt, welche, nachdem sie eine mit Schwefelsäure gefüllte Waschflasche passiert hat, in einen mit starker Salpetersäure gefüllten Kugelapparat tritt. Hierbei treten braune Dämpfe von Untersalpetersäure auf, welche in dem zweiten mit Wasser gefüllten Kugelapparat absorbiert werden. Das nunmehr farblose Gas tritt in einen grofsen Kolben und färbt sich hier wieder braun, wodurch sich die Gegenwart von Stickoxyd zu erkennen giebt. Im Kugelrohr bleibt Salpetersäure, und, wie die später vorzunehmende Prüfung mit Jodkaliumstärkepapier ergiebt, auch etwas salpetrige Säure zurück. Leitet man nun Wasserdampf, welchen man aus dem rechtsstehenden Kölbchen

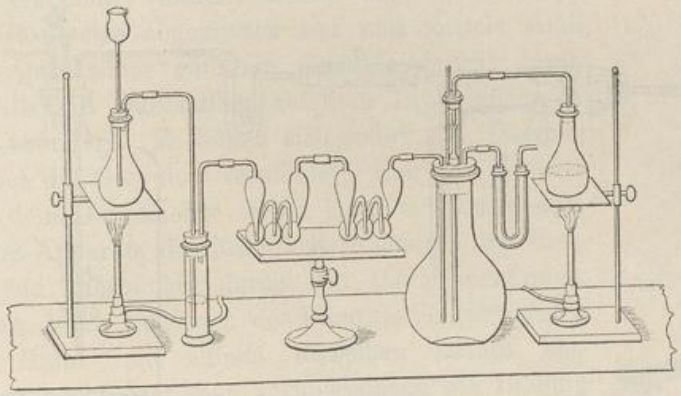


Fig. 796. Darstellung der englischen Schwefelsäure nach Wilbrandt.

entwickelt, in den Ballon, so entstehen wieder Salpetersäure und Stickoxyd und der Schwefelsäurebildungsprozefs beginnt. Der Kolben hat oben einen Aufsatz, welcher so eingerichtet ist, dafs der Wasserdampfstrom durch das herausragende Glasrohr Luft einsaugt, wodurch alle Bedingungen für die kontinuierliche Bildung von H_2SO_4 gegeben sind. Verschliefst man das Lufteinsaugungsrohr, so bleibt der Kolbeninhalt farblos, und aus dem mit Sperrflüssigkeit versehenen U-Rohr treten braune Dämpfe aus, wodurch ein Verlust an Untersalpetersäure angezeigt wird. Der Versuch ist beendigt, wenn die Entwickelung der braunen Dämpfe im ersten Kugelapparat nachläfst; derselbe zeigt sich dann mit Schwefelsäure gefüllt.

* *Zeitschrift für physikal. und chem. Unterricht*, Bd. 1, S. 20. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 166.

F. C. G. Müller* benutzt zur Demonstration des Bleikammerprozesses den Apparat, der bereits früher bei der Darstellung von Schwefelsäureanhydrid beschrieben wurde, indem er das mit Platinasbest gefüllte Rohr beseitigt und statt dessen ein U-Rohr *H* anhängt und dieses mit einer geräumigen Flasche *I* verbindet. Das U-Rohr ist mit konzentrierter Salpetersäure gefüllt, und die Flasche *I* mit einem dreifach durchbohrten Stöpsel verschlossen, in den aufser dem Eintrittsrohr für das Gasgemenge noch ein Rohr *K* für den Wasserdampf und ein zweimal rechtwinklig gebogenes Glasrohr eingesetzt ist, welches mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt wird. Die Darstellung von SO_2 durch Verbrennen von Schwefel in dem Rohre *F* erfolgt in der früher (S. 524) beschriebenen Weise, wobei zugleich der zur Höheroxydation nötige Sauerstoff mit zugeführt wird.

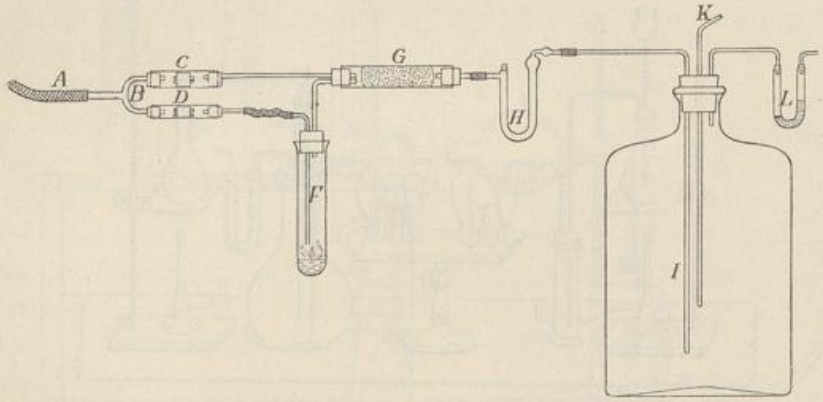


Fig. 797. Darstellung der englischen Schwefelsäure nach F. C. G. Müller.

Im Anfang des Versuchs erwärmt man *H* ein wenig. Wenn nun dafür gesorgt wird, dafs der Wasserkochapparat richtig funktioniert, so geht der Schwefelsäurebildungsprozefs so regelmäfsig von statten, dafs durch die Sperrflüssigkeit des Rohres *L* nur wenig Gasblasen aufsteigen.

Um eine zu starke Erhitzung zu vermeiden, setzt man die Flasche *I* in Kühlwasser. Unterbricht man die Einleitung von Wasserdampf, so treten bald weifse Nebel auf, und die innere Wandung der Flasche überzieht sich mit Bleikammerkrystallen, während gleichzeitig aus *L* reichliche Mengen Gas entweichen.

Quantitativ läfst sich nach A. W. Hofmann** die Oxydation und Reduktion des Stickoxyds, und somit die eigentliche Rolle, welche es

* *Zeitschrift für physikal. u. chem. Unterricht*, Bd. 3, S. 35. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, I, S. 100.

** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 2656. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 363.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

bei der Schwefelsäurefabrikation spielt, demonstrieren, wenn man sich dazu des in Figur 798 abgebildeten U-Rohrs bedient. Allerdings verlangt die Ausführung dieses Versuchs schon eine grofse Übung und Geschicklichkeit im Manipulieren mit Gasen und dürfte deshalb weniger Geübten kaum zu empfehlen sein. Das U-Rohr hat einen engeren und einen weiteren Schenkel. Jener trägt unten einen Abflufshahn, dieser oben einen Dreiweghahn. Nachdem das ganze Rohr mit Quecksilber gefüllt ist, läfst man etwa 40 ccm Stickoxyd einsaugen und markiert den Stand des Quecksilbers durch einen Gummiring oder einen umgelegten Papierstreifen; dann läfst man in derselben Weise 60 ccm reines Schwefeldioxyd eintreten. Beide Gase reagieren nicht miteinander und mischen sich ohne Veränderung. Es müssen nun 30 ccm reiner und trockener Sauerstoff eingeführt werden, welche man vorher schon in einer Gaspipette abgemessen hat und mittels eines ganz mit Quecksilber gefüllten Gummischlauchs durch den ebenfalls mit Quecksilber gefüllten Dreiweghahn in das Rohr überträgt. Es bilden sich sofort rote Dämpfe, während sich das Gasvolum vermindert. Ehe man Wasserdampf zu dem Gasgemenge treten läfst, mufs man zum Schutze des Apparats das Rohr und besonders den Dreiweghahn von aufsen her durch den Dampf erwärmen. Sobald man durch Aufsetzen des Dampfleitungsschlauchs auf den Hahn und Öffnen desselben Dampf eintreten läfst, beobachtet man vorübergehend die Bildung von Bleikammerkrystallen, und gleichzeitig das Verschwinden der roten Dämpfe. Nachdem der Apparat sich wieder vollständig abgekühlt hat, und der Stand des Quecksilbers adjustiert worden ist, hat man im Rohre wieder das ursprüngliche Volum von Stickoxyd und auf dem Quecksilber schwimmt eine Schicht von Schwefelsäure. Hierbei ist zu beachten, dafs man nicht zuviel Wasserdampf eintreten lassen darf, weil das Stickoxyd in der sauren Flüssigkeit etwas löslich ist.

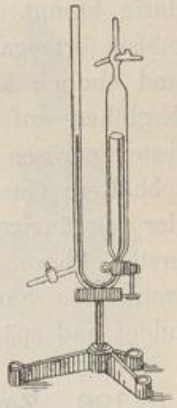


Fig. 798.

Man kann den Versuch nun in derselben Weise wiederholen, doch ist es nach Hofmann empfehlenswerter, gleich eine vorher bereitete Mischung von Schwefeldioxyd und Sauerstoff (2 Vol. zu 1 Vol.) einzulassen und diese dann durch Wasserdampf in Schwefelsäure zu verwandeln. Nach mehrmaliger Wiederholung vermindert sich das Volum des Stickoxyds allmählich wegen der schon erwähnten Löslichkeit desselben in der Flüssigkeit. Zum Schlufs treibt man nach Öffnung des Dreiweghahns das Stickoxyd aus, beobachtet dessen Umwandlung in rote Dämpfe und läfst die Schwefelsäure aus dem Seitenrohre des Dreiweghahns austreten, um sie durch Barytlösung zu identifizieren.

III. Oxyde des Chlors als Oxydationsmittel.

§ 195. Zersetzung chlorsaurer Salze durch bloſses Erhitzen.

Chlorsaures Kalium, ein Probierglas nebst Halter.

Ein Probierglas wird etwa zum sechsten Teile mit gepulvertem chlorsauren Kalium gefüllt und in schräger Lage durch einen Probierglashalter festgehalten. Dann erwärmt man vorsichtig durch Untersetzen einer Lampe. Das Salz schmilzt, und bald, nachdem es in ruhigen Fluſs gekommen, beginnt die Gasentwickelung, anfangs langsam, allmählich stärker werdend, so daſs ein nach einiger Zeit in das Rohr eingeschobener Span sich durch den entbundenen Sauerstoff entzündet und mit lebhaftem Glanze darin brennt. Nachdem die Entwickelung eine Zeitlang ziemlich gleichmäſsig fortgegangen ist, wird das geschmolzene Salz allmählich dickflüssiger, und endlich kommt ein Zeitpunkt, wo die ganze Masse unter lebhaftem Erglühen auf einmal groſse Massen Sauerstoff ausstöſst und zu einem festen porösen Rückstande erstarrt, während das Glühen aufhört. Diese lebhaftere Gasentwickelung gegen das Ende der Zersetzung beruht auf der vorgängigen Bildung von überchlorsaurem Kalium, welches in der ersten Phase der Erhitzung durch Einwirkung eines Teils des freiwerdenden Sauerstoffs auf noch unzersetztes chlorsaures Kalium sich bildet und später wieder zersetzt wird.

§ 196. Zersetzung chlorsaurer Salze durch Erhitzen bei Gegenwart brennbarer Körper.

Eine der gröſsten Reibschalen (innen nicht glasiert) nebst langgestieltem Pistill (Fig. 799), eine Reibschale mittlerer Gröſse, mehrere kleine Schälchen aus Eisenblech oder Chamottemasse, eine Handwage. Gepulvertes Kaliumchlorat, Schwefel und Schwefelblumen, gepulvertes Schwefelantimon, Eisenstaub, amorpher Phosphor, gelber Phosphor. Strontiumnitrat, Bariumnitrat, trockenes Natriumcarbonat, gepulverte Holzkohle, kohlensaures Kupfer, Kreide, Borsäure.

a) Entzündung explosiver Gemenge durch Reibung und Schlag. In einer der gröſsten Reibschalen verreibe man eine kleine Messerspitze Kaliumchlorat, so daſs das Salz überall an der Wand der Schale haften bleibt, dann streue man kaum eine Messerspitze Schwefelblumen möglichst gleichmäſsig in der Schale aus und reibe mit einem schweren Pistill, welches man an dem obersten Ende seines Stiels faſst, in der Schale umher. Unter fortdauernden kleinen, durchaus ungefährlichen Explosionen entzündet sich das Gemenge, wo es von dem Pistill

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

getroffen wird, wobei man laute, peitschenknallähnliche Schläge vernimmt (Fig. 799). — Man wasche die Schale sogleich aus und wiederhole den Versuch in ganz derselben Weise, nehme aber statt des Schwefels zuerst amorphen Phosphor und bei einem dritten Versuche Schwefelantimon, aber wiederum nur ganz geringe Mengen. Gröfserer Sicherheit wegen umwickele man die Hand mit einem Tuche.

Um die Explosion durch Schlag zu bewirken, stelle man ein Gemenge aus gleichen Mengen (nach Augenmafs) von gepulvertem Kaliumchlorat und Schwefelblumen (oder Schwefelantimon) her, indem man beide mittels einer Federfahne auf einem Stück Papier gut miteinander mischt, dann

Fig. 799. Fig. 800.

Explosion von Schwefel mit chlorsaurem Kali.

wickle man eine ganz kleine Messerspitze davon in etwas Seidenpapier, lege dasselbe auf einen Amboſs und schlage mit dem Hammer kräftig auf (Fig. 800).

b) Verbrennen von Phosphor, bezw. Schwefel auf chlorsaurem Kalium. Man fülle einen kleinen Porzellantiegel etwas über die Hälfte mit Kaliumchlorat, drücke mit dem Finger eine Höhlung in das Salz, lege ein Stück gut abgetrockneten Phosphor hinein und entzünde denselben (unter dem Abzug) mittels eines langen Fidibus. Der Phosphor verbrennt mit grofser Lebhaftigkeit und mit ähnlichem Glanze, wie in reinem Sauerstoffgas. — Die Verbrennung des Schwefels auf Kaliumchlorat läfst sich zwar in derselben Weise ausführen, wie die auf ge-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schmolzenem Salpeter (§ 187, Fig. 778); weil die Reaktion aber hier eine weit lebhaftere ist als dort und sehr leicht explosionsartig verlaufen kann, so ist die Anstellung des Versuchs in dieser Weise nicht anzuraten. Auf jeden Fall darf, wenn man ihn dennoch ausführen will, das Kaliumchlorat nur mäfsig erhitzt werden, so dafs die Sauerstoffentwickelung kaum begonnen hat, auch darf man nur ganz kleine (kaum hirsekorngrofse) Stücke Schwefel hineinwerfen, und zwar nur unter Anwendung der Pinzette, endlich darf man dies nicht zu oft wiederholen, da durch die Verbrennung selbst die Hitze sich steigert, auch ohne dafs man die Flamme der Lampe verstärkt. In viel einfacherer und ganz ungefährlicher Weise läfst sich aber der Versuch so ausführen, dafs man etwas gepulvertes Kaliumchlorat in eine kleine Porzellanschale schüttet, dann in einem eisernen Löffel etwas Schwefel bis zur Entzündung schmilzt und denselben tropfenweise auf das Salz fallen läfst. Die Verbrennung erfolgt dann mit grofser Lebhaftigkeit und hohem Glanze.

c) Verbrennung von Metallen durch Kaliumchlorat. Magnesium (3 Teile) oder Eisenstaub (4 Teile) wird mit gepulvertem Kaliumchlorat (5 Teile) vorsichtig gemischt und das Gemenge in einer kleinen Schale aus Eisenblech oder Chamotte mittels eines langen Fidibus entzündet. In beiden Fällen erfolgt lebhafte Verbrennung. Das Magnesium giebt eine grofse, weifse, starkleuchtende Flamme. Das Eisen veranlafst ein glänzendes Funkensprühen.

d) Bengalische Flammen. Die hierzu dienenden Mischungen (Sätze) bestehen der Hauptsache nach aus einem innigen Gemenge von Schwefel oder Kohle oder beiden mit gepulvertem Kaliumchlorat, welchem dann eine oder mehrere flammenfärbende Substanzen zugesetzt werden. Alle Materialien müssen zuvor gut getrocknet sein, sie werden jedes für sich fein gepulvert. Beim Mischen verfährt man so, dafs man zuerst den Schwefel mit der Kohle und den färbenden Substanzen (falls diese nicht etwa selbst chlorsaure oder salpetersaure Salze sind) in der Reibschale mit dem Pistill innig mischt und zuletzt das Kaliumchlorat zusetzt; sobald dies geschehen ist, vollendet man die Mischung mit einer Federfahne in der Reibschale oder auf einem Bogen Papier. Man kann allerdings auch das Pistill anwenden, darf aber dann dabei keinen Druck ausüben und auf keinen Fall die Porzellanwände der Reibschale mit dem Pistill reiben, da schon durch gelinde Wärmeentwickelung Entzündung eintreten kann. Übrigens verwende man immer nur wenige Gramm Substanz und bewahre das Gemenge nicht auf, sondern verbrenne es sofort in einer Eisen- oder Chamotteschale vollständig. In folgender Tabelle sind einige Sätze für bengalische Flammen zusammengestellt, welche mit verschiedenen Farben abbrennen.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Farbe	Kaliumchlorat	Schwefel	Holzkohle	Strontiumnitrat	Bariumcarbonat	Bariumnitrat	Geglühter Alaun	Cupricarbonat	Kupfer-Ammoniumsulfat	Kreide	Kaliumnitrat	Borsäure	Schwefel-Antimon	Mehlpulver	Trockene Soda	Natriumnitrat	Trock. Kaliumcarbonat
Gelb	61	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—
„	—	24	4	—	—	—	—	—	—	—	63	—	—	—	—	10	—
„	—	16	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	48	—
Hellgrün	60	16	—	—	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Grün	73	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—
„	18	20	—	—	—	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
„	33	10	5	—	—	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hellblau	61	16	—	—	—	—	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dunkelblau	60	16	—	—	—	—	12	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
„ „	55	—	18	—	—	—	—	—	27	—	—	—	—	—	—	—	—
„ „	28	23	—	—	—	—	—	10	—	—	39	—	—	—	—	—	—
Hellviolett	54	14	—	—	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16
Dunkelviolett	60	16	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
„ „	27	20	1	—	—	—	—	—	—	20	32	—	—	—	—	—	—
Rosa	61	16	—	—	—	—	—	—	—	23	—	—	—	—	—	—	—
Rot	8	22	3	67	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
„	30	18	2	45	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—
Weifs	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	60	—	5	15	—	—	—

§ 197. Verbrennung durch Unterchlorsäure.

a) Ein Kelchglas, ein viermal rechtwinklig gebogenes Rohr (Fig. 801), gepulvertes Kaliumchlorat, konzentrierte Schwefelsäure, Phosphor.

b) Gestofsener Zucker, gepulvertes Kaliumchlorat.

a) Entzündung von Phosphor unter Wasser. Man bringe einige Messerspitzen Kaliumchlorat in ein Kelchglas und gieſse Wasser darauf, so daſs das Salz am Boden liegen bleibt. Dann werfe man ein erbsengrofses Stück Phosphor hinein, hebe mittels einer gekrümmten Glasröhre durch Eintauchen in ein kleines mit konzentrierter Schwefelsäure gefülltes Becherglas unter Zuhalten des anderen Rohrendes mit dem Finger etwa einen Kubikcentimeter davon heraus, tauche die Röhre in das Kelchglas bis auf das chlorsaure Kalium und ziehe den Finger weg. Das Salz wird hierdurch zersetzt und die dabei entstehende Unterchlorsäure entzündet den Phosphor, welcher infolge der entwickelten Wärme schmilzt und unter Ausstofsung kleiner Flämmchen mit deutlich vernehmbarem Prasseln brennt.

b) Entzündung explosiver Gemenge. Man mische 1 Teil gepulverten Zucker mit 3 Teilen gepulvertem Kaliumchlorat vorsichtig

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(ohne Druck) im Mörser, schütte das Gemenge auf einen Ziegelstein und berühre es (unter dem Abzug) mit einem in konzentrierte Schwefelsäure getauchten Glasstab. Die hierbei frei werdende Unterchlorsäure bringt das Gemenge zur Explosion.

§ 198. Unterchlorige Säure. Darstellung und Reaktion der freien Säure.

Ein Literkolben, rotes Quecksilberoxyd, ein Chlorentwickelungsapparat.

Man fülle einen Literkolben ganz mit Chlor und setze einen gut schliefsenden Stöpsel auf, welcher mit einem durch Wasser geschlossenen Sicherheitsrohr versehen ist. Dann bringe man etwa 10 g rotes Quecksilberoxyd hinein, gieſse etwa 50—80 ccm Wasser auf, verschliefse von

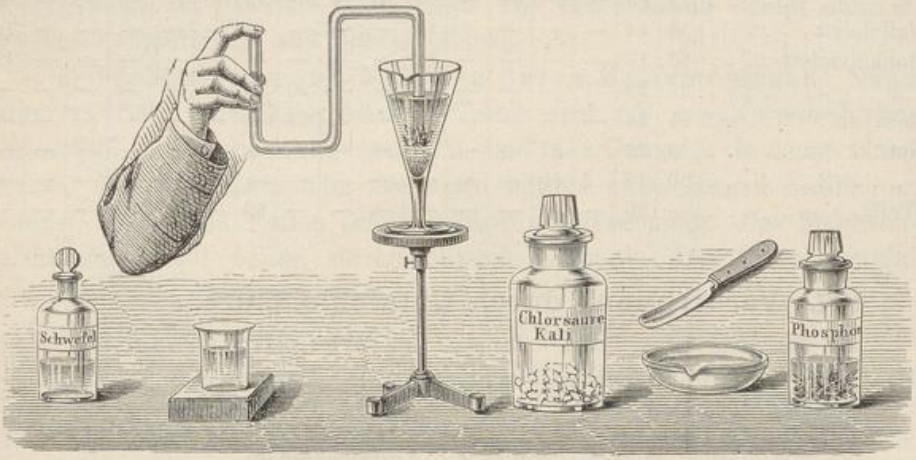


Fig. 801. Oxydation von Phosphor unter Wasser durch Unterchlorsäure.

neuem und schüttele lebhaft. Das Quecksilberoxyd geht nach einiger Zeit in eine braune Masse (Quecksilberoxychlorid) über, während sich gleichzeitig in dem Wasser unterchlorige Säure löst. Man gieſse die Flüssigkeit von dem Bodensatz klar in ein Kelchglas ab und versetze sie mit einigen Tropfen Lackmuslösung. Diese wird im ersten Moment rot, aber sehr bald verschwindet die Farbe infolge der bleichenden Eigenschaften der unterchlorigen Säure, welche sich, wenn sie mit Wasser und oxydierbaren Körpern in Berührung kommt, in Salzsäure und freien Sauerstoff umsetzt; dieser übt im Entstehungszustande kräftig oxydierende Wirkungen aus und zerstört den Farbstoff. — In einen anderen Teil der Unterchlorigsäurelösung bringt man einige bunt gefärbte Blumenblätter, welche ihre Farbe ebenfalls bald verlieren.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 199. Darstellung unterchlorigsaurer Salze.

a) Kali- oder Natronlauge; Kalium- oder Natriumcarbonat, ein Chlorentwickelungsapparat.

b) Pulverig gelöschter Kalk. Ein weites Glasrohr, ein Chlorentwickelungsapparat.

a) Unterchlorigsaures Kalium und Natrium. Auch stärkere Basen veranlassen, wenn sie mit Chlor und Wasser in Berührung kommen, die Bildung von unterchloriger Säure. Man verdünne in einem Glaskolben etwa 100 ccm starke Kalilauge mit dem mehrfachen Volum Wasser und leite Chlor ein. Letzteres wird sogleich absorbiert, und die Flüssigkeit bleibt farblos. Man unterbreche den Gasstrom nach einiger Zeit und setze ihn auf keinen Fall so lange fort, bis das Chlor unabsorbiert hindurch geht (in welchem Falle die Flüssigkeit grün erscheint und an Stelle des unterchlorigsauren chlorsaures Salz enthalten würde [s. w. unten Oxydation durch Halogene]). In derselben Weise wie im vorigen § 198 beschrieben, lassen sich die bleichenden Wirkungen der Lösung zur Anschauung bringen, doch mufs man dieselbe zuvor mit etwas verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure versetzen, um die unterchlorige Säure freizumachen. Mit Natronlauge erhält man eine Flüssigkeit von gleichem Verhalten.

Aus den Carbonaten der Alkalien lassen sich ebenfalls Bleichflüssigkeiten herstellen. Man löse 1 Teil Kaliumcarbonat in etwa 8 Teilen Wasser und leite Chlor ein, während man, wenn nötig, die Lösung abkühlt. Hierbei bildet sich freie unterchlorige Säure neben Chlorkalium.

$$K_2CO_3 + 4Cl + H_2O = 2KCl + 2HClO + CO_2.$$

Die Kohlensäure wird anfangs in der Lösung zurückgehalten, indem sich Kaliumdicarbonat bildet. Später wird dieses unter Entweichen der Kohlensäure und Bildung von Chlorkalium zersetzt. Die fertige Lösung (Eau de Javelle) wirkt ohne Säurezusatz bleichend. — Mit Natriumcarbonat erhält man eine Lösung von gleichem Verhalten (Eau de Labarraque).

b) Chlorkalk. Kalk, der durch Übergiefsen mit nicht zu viel Wasser zu einem feuchten Pulver gelöscht ist, wird in ein weites, an beiden Seiten mit durchbohrten, kurze Röhren tragenden Korken verschliefsbares Glasrohr gefüllt, und durch Aufklopfen des Rohrs auf den Tisch ein Kanal über dem Pulver erzeugt. Das eine Ende des Rohrs wird mit einem Chlorentwickelungsapparat, das andere mit einem Kautschukschlauch verbunden, welcher in ein Glas mit Wasser taucht. Das Chlor wird, selbst wenn es sich in starkem Strome entwickelt, von dem Kalk vollständig absorbiert, so dafs aus dem in das Wasser tauchenden Kautschukschlauch keine oder nur sehr wenig Blasen austreten. Über die Natur

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

des hierbei entstehenden Produkts herrscht noch nicht völlige Klarheit. Ursprünglich betrachtete man es als ein Gemenge von unterchlorigsaurem Calcium und Chlorcalcium mit unzersetztem Calciumhydrat; einer anderen Ansicht zufolge hat die bleichende Verbindung die Zusammensetzung $CaOCl_2$ und entsteht durch einfache Addition von zwei Chloratomen zu Calciumoxyd; nach einer dritten Ansicht endlich hat der aktive Teil die Zusammensetzung $CaHClO_2$. Jedenfalls ist in der wässerigen Lösung des Chlorkalks, wie sich aus den folgenden Versuchen ergeben wird, unterchlorige Säure enthalten.

§ 200. Eigenschaften des Chlorkalks.

Eine grofse Reibschale, ein hoher, mit Stöpsel verschliefsbarer Fufscylinder, ein Glasheber, dessen kürzerer Schenkel am unteren Ende nach oben umgebogen ist. Mehrere Kelchgläser. Chlorkalk, Salzsäure, Schwefelsäure, Essigsäure, ein Kohlensäureentwickelungsapparat.

Chlorkalk wird in einer grofsen Reibschale mit wenig Wasser übergossen und zu einem dicken Teige so lange verrieben, bis er eine ganz homogene Masse bildet. Dann setzt man allmählich mehr Wasser hinzu, bis unter fortwährendem Reiben eine dünnflüssige Milch entsteht (Fig. 802). Diese gieſst man in den Fufscylinder und spült die Reibschale zuletzt mittels der Spritzflasche mit Wasser aus (Fig. 803), so dafs der Cylinder beinahe, jedoch nicht ganz gefüllt wird. Hierauf verstöpselt man ihn und läfst ihn 24 Stunden stehen. Der gröfste Teil der ungelöst gebliebenen Masse wird sich dann abgesetzt haben und bildet eine etwa 6 cm hohe Schicht am Boden, während die überstehende Flüssigkeit klar erscheint. Man spannt nun den Heber mit dem längeren Schenkel in einen Retortenhalter, so dafs der kürzere Schenkel eine senkrechte Lage hat. Durch Auf- und Abschieben des Retortenhalters richtet man es so ein, dafs, wenn er neben dem Chlorkalkcylinder steht, die umgebogene Öffnung des kürzeren Heberschenkels ein wenig über der Oberfläche des Bodensatzes steht. Dann taucht man jenen in ein Glas mit Wasser, bringt letzteres durch Saugen am anderen Ende zum Ausfluſs, verschliefst währenddessen das Ausflufsende und senkt den kürzeren Schenkel in den Fufscylinder, ohne die Flüssigkeit aufzurühren, worauf man den Finger vom längeren Schenkel abzieht. Die klare Lösung fliefst nun ruhig aus und kann in einem untergehaltenen Becherglase aufgefangen werden. Diese verteilt man in mehrere nebeneinander stehende Kelchgläser und stellt damit folgende Versuche an: Die Lösung im ersten Glase erhält keinen weiteren Zusatz, die im zweiten wird mit etwas Salzsäure, die im dritten mit Schwefelsäure, die im vierten mit sehr verdünnter Essigsäure versetzt, und die Lösung des fünften bleibt zunächst ebenfalls unvermischt. In

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

jedes Glas bringe man einen Streifen Lackmuspapier oder einen durch Pflanzenfarben gefärbten Papierschnitzel. Die Flüssigkeit des ersten Glases wirkt nicht bleichend, indem der Papierstreifen seine Farbe behält, die des zweiten und dritten Glases, welche nach Zusatz der Säure lebhaft gelblichgrün gefärbt erscheint, bleicht die Farben sogleich, ebenso die des vierten Cylinders, welche nicht gelb, sondern farblos ist. Im fünften

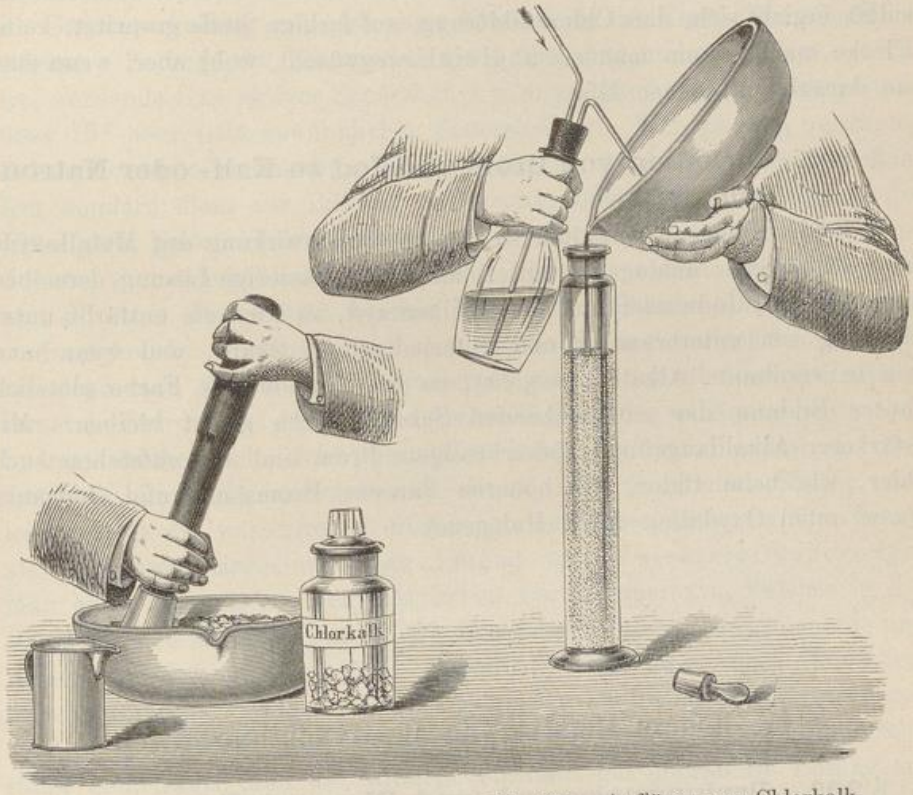


Fig. 802. Reiben von Chlorkalk.

Fig. 803. Auflösen von Chlorkalk.

Cylinder bleibt die Farbe ebenso wie im ersten unverändert. Man leitet nun Kohlensäure ein, wodurch ein Niederschlag von kohlensaurem Kalk entsteht und die Farbe auch hier verschwindet.

Diese Versuche ergeben, dafs die gebundene unterchlorige Säure keine bleichenden Eigenschaften besitzt (1). Die gelbgrünen Lösungen von (2) und (3) wirken bleichend durch freies Chlor, welches durch Wechselwirkung der freigemachten unterchlorigen Säure und Salzsäure entstanden ist. (Auch die mit Schwefelsäure versetzte Lösung enthält freie Salzsäure durch Zersetzung des in der Chlorkalklösung enthaltenen Chlorcalciums.) Die Flüssigkeit in (4) enthält kein freies Chlor, sondern nur freie unter-

chlorige Säure, welche, wie bereits in § 198 gezeigt wurde, ebenfalls bleichende Wirkungen besitzt. Endlich geht aus dem Verhalten der Lösung in (5) hervor, dafs die unterchlorige Säure auch durch Kohlensäure aus ihrer Verbindung mit dem Kalk abgeschieden werden kann. Läfst man die Lösung in (1) mit dem gefärbten Papierstreifen über Nacht stehen, so hat sich auch hier die Bleichung vollzogen, und zwar infolge der Einwirkung der atmosphärischen Kohlensäure. Als praktisches Resultat ergiebt sich, dafs Chlorkalklösung, auf farbige Stoffe gespritzt, keine Flecke macht, wenn man sie sogleich wegwäscht, wohl aber, wenn man sie darauf eintrocknen läfst.

§ 201. Verhalten von Brom und Jod zu Kali- oder Natronlauge.

Beide Halogene verhalten sich in ihrer Einwirkung auf Metalloxyde dem Chlor ganz analog. Schüttelt man eine wässerige Lösung derselben (Bromwasser, Jodwasser) mit Quecksilberoxyd, so wird sie entfärbt unter Bildung von unterbromiger und unterjodiger (?) Säure, und wenn man sie in verdünnte Alkalilauge gieſst, so verschwindet die Farbe plötzlich unter Bildung der entsprechenden Salze, welche gelöst bleiben. Mit stärkerer Alkalilauge und überschüssigem Brom und Jod entstehen auch hier, wie beim Chlor, die höheren Säuren: Bromsäure und Jodsäure (s. w. unten Oxydation durch Halogene).

IV. Höhere Metalloxyde als Oxydationsmittel.

§ 202. Bariumsuperoxyd (und Wasserstoffsuperoxyd).

Reines Bariumoxyd. Ein böhmisches Glasrohr; Sauerstoff.

Durch Glühen einer gröfseren Menge Bariumnitrat im Tiegel bis zur vollständigen Zersetzung (s. § 153, S. 557) stellt man reines Bariumoxyd dar. Nach dem Erkalten wird es zerrieben und in ein böhmisches Glasrohr gebracht, welches man in einen Lampenofen legt und mit einem Sauerstoffgasometer verbindet. Das andere Ende wird mit einem Kautschukschlauche verbunden, welcher in ein Gefäfs mit Wasser taucht. Man erhitze nun das Rohr zur beginnenden Rotglut und leite Sauerstoff über; derselbe wird rasch absorbiert unter Bildung von Bariumsuperoxyd BaO_2. Hierbei ist zu beachten, dafs die Temperatur nicht zu hoch gesteigert werden darf, da der Baryt, wenn er durch Glühen zusammengesintert ist,

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

keinen Sauerstoff mehr aufnimmt. Auch zersetzt sich das bereits gebildete Superoxyd in stärkerer Hitze wieder in Baryt und Sauerstoff. Man muſs die Einwirkung des Sauerstoffs so lange fortsetzen, bis derselbe unabsorbiert das Rohr passiert.

Das Bariumsuperoxyd giebt sein zweites Atom Sauerstoff wieder ab, wenn es mit Säuren behandelt wird. Wirft man etwas davon in ein Kölbchen, welches konzentrierte Schwefelsäure enthält, so beginnt bald die Gasentwickelung und wird unter Erwärmung der Flüssigkeit allmählich stärker. Solange die Temperatur nicht über 50° und 60° steigt, ist das frei werdende Gas aktiver Sauerstoff (s. w. unten Ozon als Oxydationsmittel), über 75° aber tritt gewöhnlicher Sauerstoff auf. Wendet man verdünnte Schwefelsäure oder Salzsäure an, so wird der entbundene Sauerstoff nicht frei, sondern dient zur Bildung von Wasserstoffsuperoxyd, welches in der Flüssigkeit gelöst bleibt. Man trage zerriebenes Bariumsuperoxyd in verdünnte, gut abgekühlte Salzsäure ein, bis diese nahezu neutralisiert ist, und filtriere. Das Filtrat ist eine Lösung von Chlorbarium und Wasserstoffsuperoxyd. Letzteres giebt sein zweites Atom Sauerstoff leicht wieder ab, wenn man die Flüssigkeit mit Barytwasser bis zur alkalischen Reaktion versetzt. Der hierbei entstehende weiſse Niederschlag ist Bariumsuperoxydhydrat, welches sich leicht auswaschen läſst. In frisch bereitetem, noch feuchtem Zustande zersetzt sich dieses mit verdünnten Säuren weit leichter, als die wasserfreie Verbindung, und daher eignet es sich besser als diese zur Darstellung einer Lösung von Wasserstoffsuperoxyd. Man kann es auch aus dem käuflichen Bariumsuperoxyd, welches in der Regel aus den zu seiner Darstellung dienenden Gefäſsen etwas Thonerde und Kieselerde aufgenommen hat, darstellen, wenn man nach Thomson* folgendermaſsen verfährt. Fein zerriebenes käufliches Bariumsuperoxyd wird in der oben beschriebenen Weise in verdünnte, gut abgekühlte Salzsäure eingetragen und die filtrierte, ebenfalls gut abgekühlte Lösung zuerst mit so viel Barytwasser versetzt, daſs die fremden Oxyde und die Kieselsäure niedergeschlagen werden, dann filtriert man abermals und versetzt das Filtrat mit konzentriertem Barytwasser bis zur alkalischen Reaktion. Der hierbei erhaltene Niederschlag von Bariumsuperoxydhydrat läſst sich in feuchtem Zustande und in geschlossenen Gefäſsen sehr lange unzersetzt aufbewahren. Soll er zur Darstellung von Wasserstoffsuperoxyd benutzt werden, so trägt man ihn in verdünnte Schwefelsäure (1 : 5) ein, bis diese bis auf eine ganz geringe Spur neutralisiert ist, läſst das Bariumsulfat sich gröſstenteils absetzen und filtriert. Da man das Bariumsuper-

* *Dingler's Polytechnisches Journal*, Bd. 211, S. 228. — *Chem. Centr.-Blatt* 1874, S. 164.

oxydhydrat unter Wasser aufbewahren und vorrätig halten kann, so läfst sich die Darstellung einer reinen, ziemlich starken Lösung von Wasserstoffsuperoxyd jederzeit leicht ausführen.

Das Wasserstoffsuperoxyd entwickelt schon beim Erwärmen auf 50° reichliche Mengen von Sauerstoff. Sein Verhalten zu höheren und niederen Oxyden wird bei späteren Versuchen zu besprechen sein.

§ 203. Chromsäure als Oxydationsmittel.

a) Krystallisierte Chromsäure, eine kleine Spirituslampe mit Asbestdocht. Ein Gasentwickelungskolben nebst Trockenrohr mit Ätzkalk, ein Glasrohr, wie Figur 805. Ammoniakflüssigkeit.

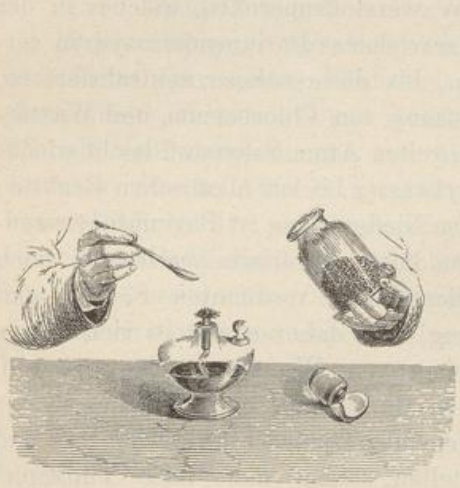


Fig. 804. Oxydation von Alkohol durch Chromsäure.

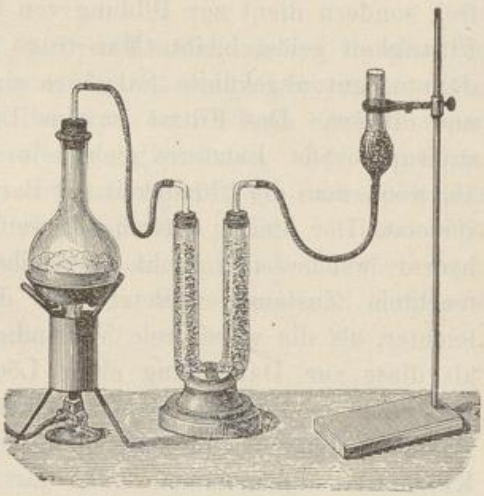


Fig. 805. Oxydation von Ammoniak durch Chromsäure.

b) Ammoniumdichromat.

c) Ein Glaskolben von 500 ccm Inhalt mit Gasableitungsrohr, ein Kelchglas, Kaliumdichromat, Schwefelsäure, Holzspäne.

a) Oxydation durch feste Chromsäure. Man drehe aus langfaserigem Asbest einen Docht, ziehe denselben durch die Tülle einer kleinen Spirituslampe, schneide ihn einige Millimeter über der Tülle quer durch und spreize die Enden kreisförmig zu einer Fläche aus. Die Lampe wird mit absolutem Alkohol gefüllt und sobald sich derselbe bis an das Ende des Dochts hinaufgezogen hat, lege man einige Chromsäurekrystalle auf (Fig. 804). Der verdunstende Alkohol entzündet sich, sobald er mit der Chromsäure in Berührung kommt, wobei letztere in heftiges Glühen gerät und zu grünem Chromoxyd reduziert wird. Bläst man

hierauf die Flamme aus, so setzt sich der Oxydationsprozefs unter der Einwirkung des porösen, glühenden Chromoxyds (jetzt aber auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs) fort, doch ist die Verbrennung des Alkohols eine unvollkommene. Auch ohne Anwendung eine Lampe läfst sich der Versuch ausführen, indem man in einer Porzellanschale einen lockeren Fadenasbest bringt, mit absolutem Alkohol schwach befeuchtet und einige Chromsäurekrystalle auflegt.

Die Verbrennung von Ammoniak durch feste Chromsäure zeigt man in der durch Figur 805 dargestellten Weise. In ein am Ende kugelförmig erweitertes und zuletzt in ein dünnes Rohr ausgehendes Glasröhrchen (abgeschnittenes Stück von einer Chlorcalciumtrockenröhre) bringt man einige Chromsäurekrystalle, so dafs die Kugel davon angefüllt wird, verbindet das untere Glasrohr mit einem Trockenrohr, welches mit zerschlagenem Ätzkalk angefüllt ist, und letzteres mit einer Ammoniakflüssigkeit enthaltenden Gasentwickelungsflasche. Erhitzt man diese, so passiert das entweichende Ammoniakgas die Trockenröhre, wird hier von den beigemengten Wasserdämpfen befreit und kommt völlig trocken mit der Chromsäure in Berührung, welche bald in heftiges Glühen gerät und unter Reduktion zu Chromoxyd das Ammoniakgas verbrennt, was man an dem Austreten reichlicher Wasserdämpfe wahrnimmt.

b) Oxydation durch gebundene Chromsäure. Die in dem Ammoniumdichromat gebundene Chromsäure bewirkt beim Erhitzen des Salzes eine Oxydation des Ammoniummoleküls und reduziert sich dabei zu Chromoxyd. Das Salz ist käuflich zu haben, man kann es aber auch aus Chromsäure und Ammoniak in folgender Weise leicht bereiten. Eine Lösung von Chromsäure wird in zwei Hälften geteilt, die eine Hälfte mit Ammoniak gesättigt und dann die andere wieder zugemischt. Die Lösung stellt man in einer Krystallisationsschale unter eine Glocke neben Schwefelsäure; sie scheidet, indem sie allmählich verdunstet, rote Krystalle aus. Erhitzt man die trockenen Krystalle in einer Porzellanschale oder einem Probierröhrchen, so zersetzen sie sich unter Erglühen und sehr starkem Aufblähen und hinterlassen sehr poröses, grünes Chromoxyd. Wenn man ein Stück Filtrierpapier mit der Lösung des Salzes tränkt, trocknen läfst und dann an einer Stelle des Randes mit einem brennenden Hölzchen berührt, so setzt sich das Glimmen ziemlich rasch durch die ganze Masse des Papiers fort, wobei sich letzteres in schmale grasähnliche Blättchen spaltet.

c) Oxydation durch Chromsäure in wässeriger Lösung. Auch die in Wasser gelöste Chromsäure bringt schon bei gewöhnlicher Temperatur, weit stärker aber beim Erwärmen, oxydierende Wirkungen hervor. Um dies zu zeigen, ist es nicht nötig, freie Chromsäure zu lösen; man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

erhält vielmehr eine Flüssigkeit von gleicher Wirkung, wenn man eine konzentrierte Lösung von Kaliumdichromat mit Schwefelsäure versetzt. Taucht man in diese einen Streifen Filtrierpapier, so geht die anfangs rote Farbe rasch in Grün über, indem die Chromsäure ihren Sauerstoff an das Papier abgiebt und dieses teilweise oxydiert. Die meisten organischen Substanzen werden von dieser Chromsäuremischung zerstört, indem sie je nach der Konzentration und der Temperatur derselben eine mehr oder weniger vollständige Verbrennung erleiden. Man gieſse in einen Literkolben etwa 100 ccm Chromsäuremischung und setze starken Alkohol hinzu; die Flüssigkeit färbt sich bald dunkler, wird olivenbraun, dann dunkelgrün und zuletzt unter Selbsterwärmung und lebhaftem Aufschäumen grün, ein Zeichen, daſs ein Teil des Sauerstoffs der Chromsäure zur Oxydation des Alkohols gedient hat. Hält man einen Holzspan in mäſsig erwärmte Chromsäuremischung, so braust diese an der Berührungsstelle auf (Kohlensäureentwickelung) und färbt sich braun. Einen Kolben von 300—500 ccm Inhalt fülle man zu $^1/_3$ mit Chromsäuremischung, werfe Holzschnitzel oder Kohlenstückchen hinein, verschlieſse den Kolben mit einem Gasableitungsrohr, senke das Ende des letzteren in Kalkwasser und erwärme den Kolben über der Lampe (Fig. 806). Nach kurzer Zeit beginnt die Oxydation unter Aufbrausen der Flüssigkeit und Entwickelung von Kohlensäure, welche das Kalkwasser in der Vorlage trübt.

§ 204. Braunstein und Übermangansäure als Oxydationsmittel.

a) Gepulverter Braunstein, gepulverte Holzkohle, schweflige Säure, ein Gasentwickelungskolben nebst pneumatischer Wanne und Fuſscylinder. Ein Porzellantiegel.

b) Braunstein, Kaliumchlorat, Kaliumhydrat, ein Porzellantiegel.

c) Kaliumpermanganat, konzentrierte Schwefelsäure, Natriumsulfit.

a) Entwickelung von Sauerstoff aus Braunstein. Der Braunstein giebt schon beim Glühen einen Teil seines Sauerstoffs ab, leichter aber, wenn er mit verdünnter Schwefelsäure erhitzt wird; im ersteren Falle wird er zu Manganoxyd, im letzteren verwandelt er sich in Manganoxydul, welches sich mit der Schwefelsäure verbindet. Man bringe einige Eſslöffel voll Braunstein in einen Kolben und übergieſse das Pulver mit konzentrierter Schwefelsäure, verschlieſse den Kolben mit einem mit Gasableitungsrohr versehenen durchbohrten Kork und erwärme über der Lampe. Nachdem die Gasentwickelung einige Zeit im Gange ist, führe man den Schlauch unter den Cylinder in der pneumatischen Wanne (Fig. 807), welcher sich mit Sauerstoff füllt. Nach Beendigung der Gas-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

entwickelung gieſse man den Kolbenrückstand in ein Becherglas, verdünne mit etwas Wasser, lasse absetzen und filtriere. Das blaſsrote Filtrat giebt mit Kalilauge einen anfangs weiſsen, bald hellbraun, zuletzt braun werdenden Niederschlag, welcher sich hierdurch als Manganoxydul zu erkennen giebt, das sich durch den Sauerstoff der Luft in Manganoxyd verwandelt (vergl. § 157, S. 564).

Daſs der Braunstein auch beim Glühen Sauerstoff abgiebt, läſst sich zeigen, wenn man etwas gepulverte Holzkohle damit mischt und in einem Tiegel stark erhitzt (Fig. 808). Unter lebhaftem Erglimmen wird die Kohle durch den freiwerdenden Sauerstoff oxydiert.

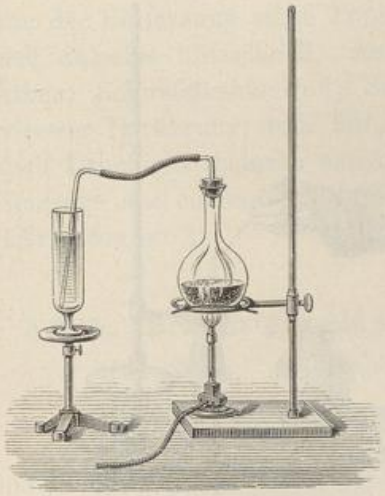


Fig. 806. Oxydation durch Chromsäure in wässeriger Lösung.

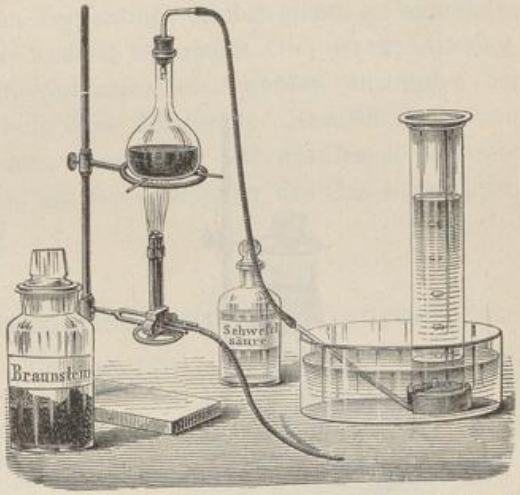


Fig. 807. Entwickelung von Sauerstoff durch Braunstein.

b) Darstellung von Kaliumpermanganat. Man schmilzt in einem Porzellantiegel etwas Kalihydrat und Kaliumchlorat; sobald die Masse ruhig flieſst, schüttet man gepulverten Braunstein in kleinen Portionen hinein (Fig. 809) und steigert die Hitze zuletzt bis zu möglichst lebhaftem Glühen der Masse. Diese wird in noch weichem Zustande mit einem eisernen Spatel aus dem Tiegel gestochen und auf einer Porzellanplatte erkalten gelassen. Sie zieht an der Luft begierig Wasser an und zerflieſst an der Oberfläche. Das Zerflossene erscheint intensiv grün, ändert die Farbe aber nach kurzer Zeit durch graubraun in rotviolett. Wegen dieses Farbenwechsels wird sie mineralisches Chamäleon genannt. Nach dem Erkalten wird das Chamäleon in nicht zu viel kaltem Wasser gelöst und die klare Flüssigkeit von dem noch ungelösten Bodensatz, der aus Braunstein besteht, getrennt. Sie hat eine sattgrüne Farbe.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dann wird sie langsam zum Sieden erhitzt, worauf die Farbe in ein schönes violettrot übergeht, während sich gleichzeitig ein brauner Niederschlag von Mangansuperoxydhydrat abscheidet.

c) Oxydation durch Übermangansäure. Zur Ausführung dieser Versuche bedient man sich des käuflichen, gut krystallisierten Kaliumpermanganats, welches man in Wasser zu einer tief violettroten Flüssigkeit löst. Diese Lösung ist besonders geeignet, niedere Oxyde in höhere zu verwandeln, z. B. arsenige Säure in Arsensäure, schweflige Säure in Schwefelsäure, Eisenoxydul, Kupferoxydul, Quecksilberoxydul in die entsprechenden Oxyde etc. Soll die Oxydation präzis verlaufen, so mufs die

Fig. 808. Oxydation durch Braunstein.

Fig. 809. Darstellung der Übermangansäure.

Flüssigkeit (mit Schwefelsäure oder Salzsäure) angesäuert werden. Die freie Übermangansäure reduziert sich dann zu Manganoxydul, welches sich mit der freien Säure verbindet und Mangansulfat, bezw. Manganchlorür giebt. Da beide sehr schwach gefärbt und in verdünnter Lösung nahezu farblos sind, so verschwindet, wenn alle Übermangansäure reduziert war, die Farbe der Lösung vollständig; und ist die Lösung nicht sauer, sondern neutral oder wohl gar durch Zusatz von Alkali alkalisch, so tritt Reduktion nur bis zu Mangansuperoxyd ein, es scheidet sich also dann innerhalb der Flüssigkeit ein brauner Niederschlag aus. Unter Umständen kann die Reduktion auch bis zu Mangansäure gehen. Man kann dies am besten mit Anwendung von schwefliger Säure zeigen. Man löse zu diesem Zwecke neutrales Natriumsulfit in Wasser und fülle mit dieser Lösung drei Kelchgläser an, das erste mache man durch Zusatz

von Kalilauge alkalisch, die zweite Lösung lasse man neutral, und die dritte werde mit Schwefelsäure ziemlich stark angesäuert. Versetzt man jede dieser Lösungen mit einigen Tropfen Chamäleonlösung, so trübt sich die erste Lösung durch Abscheidung eines bräunlichen Niederschlags, die zweite wird schön grün (Kaliummanganat), in der dritten endlich verschwindet die Farbe vollständig, und zwar so lange, bis alle schweflige Säure zu Schwefelsäure oxydiert ist.

Eine Mischung von trockenem, zerriebenem übermangansauren Kalium mit konzentrierter Schwefelsäure giebt Sauerstoff (Ozon) ab und wirkt als äufserst kräftiges Oxydationsmittel; wenn man in einem Porzellanschälchen einige Gramm des Salzes in der angegebenen Weise mischt und aus der Entfernung einen Tropfen Terpentinöl darauf gieſst, so entzündet sich dasselbe blitzschnell. Auch andere ätherische Öle, ferner Alkohol, Äther, Schwefelkohlenstoff, Schwefelblumen etc. werden entzündet bei leisester Berührung, teils mit, teils ohne Explosion. Endlich kann man auch Leuchtgas dadurch entzünden, wenn man auf das frisch bereitete Gemenge aus einem Glasröhrchen mit feiner Öffnung das Gas ausströmen läfst (Böttger*).

§ 205. Braunstein als Oxydationsmittel für Hydrosäuren.

Braunstein, Salzsäure, Chlornatrium, Bromkalium, Jodkalium, Schwefelsäure.

a) Darstellung von Chlor. Durch das im § 204 erörterte Verhalten des Braunsteins findet die so oft in Ausführung gebrachte Entwickelung von Chlor aus freier oder naszierender Salzsäure (Kochsalz mit Schwefelsäure) durch Braunstein ihre Erklärung. Der von dem Braunstein unter dem Einflufs der Säure abgegebene Sauerstoff verbindet sich im Entstehungszustand mit dem Wasserstoff eines anderen Teils der Salzsäure und setzt das Chlor in Freiheit.

b) Darstellung von Brom. 5 g Bromkalium werden zerrieben und mit 10 g gepulvertem Braunstein gemischt. Das Gemenge bringe man in eine geräumige, tubulierte, mit Glasstöpsel zu verschliessende Retorte, gieſse durch den Tubulus etwa 150 g verdünnte Schwefelsäure (1 : 5 Vol.) nach und schüttele tüchtig um. Dann spanne man den Hals der Retorte in den Retortenhalter, schiebe eine Kolbenvorlage über und erwärme. Die sich entwickelnden Bromdämpfe kondensieren sich in der Vorlage, welche man durch Aufgieſsen von Wasser kühlt.

---

* *Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a/M.* 1871—1872, S. 16. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 819.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

c) Darstellung von Jod. 5 g Jodkalium werden ganz so, wie unter a) beschrieben ist, mit Braunstein und Schwefelsäure in einer mit Vorlage versehenen Retorte erhitzt. Die Joddämpfe sublimieren zum Teil schon im Halse der Retorte, welcher deshalb nicht zu eng sein darf.

§ 206. Oxydation von Salzsäure durch freien Sauerstoff.

Ein Apparat zur Entwickelung von Salzsäure, ein Luftgasometer, eine dreihalsige Waschflasche, ein Verbrennungsrohr, eine zweite Waschflasche mit Wasser, ein Fufscylinder mit langem Gaseinleitungsrohre.

Es ist hier der Ort, einer Reaktion zu gedenken, die zu einer Methode der industriellen Darstellung des Chlors geführt hat, bei welcher weitere Materialien als die zur Entwickelung nötige Salzsäure im wesentlichen nicht verbraucht werden.

Nach Oxland* zersetzt sich ein Gemenge von Salzsäuregas und Sauerstoff (oder Luft), wenn man es über erhitzte poröse Substanzen (Ziegelsteine) leitet, in Wasser und freies Chlor (die umgekehrte Reaktion siehe § 118, a). Die Ausbeute ist aber, wie Deacon** gezeigt hat, eine weit ergiebigere, wenn man die poröse Substanz zuvor mit gewissen Salzen imprägniert. Am besten eignet sich dazu der Kupfervitriol, welcher im entwässerten Zustande bei einer gewissen Temperatur die Zersetzung wesentlich erleichtert. Zur Demonstration dieses Vorgangs dient folgender Versuch.

Chlorbereitung nach Deacon. Der hierzu dienende Apparat (Fig. 810) besteht aus einem Kolben zur Salzsäureentwickelung aus Kochsalz und Schwefelsäure, welcher in der in § 166 beschriebenen Weise beschickt wird, und einem grofsen mit Luft gefüllten Gasometer. Das Salzsäuregas und die Luft werden in eine kleine dreihalsige, etwas Wasser*** enthaltende Flasche geleitet, worin sie sich mischen, und passieren dann ein Verbrennungsrohr, das mit der mit Kupfervitriol durchtränkten porösen Masse gefüllt ist. Um diese darzustellen, stöfst man Bimsstein zu pfefferkerngrofsen Stücken, siebt das Pulver ab, übergiefst jene in einer Porzellanschale mit einer konzentrierten Lösung von Kupfervitriol, welche man zur Trockne dampft. Unter Umrühren setzt man dann die Erhitzung weiter fort, bis der Kupfervitriol entwässert ist, und füllt die Masse noch warm in das Rohr. Die aus diesem austretenden

* *Chemical Gazette* 1845, S. 439. — *Chem. Centr.-Blatt* 1846, S. 320.

** *Chemical-News*, Bd. 22, S. 157. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 723.

*** Die Wassermenge darf nicht zu grofs sein, damit nicht zu viel Salzsäure absorbiert wird. In der Abbildung ist der Wasserstand in der Waschflasche durch ein Versehen des Zeichners viel zu hoch angegeben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gase passieren zuerst eine mit etwas Wasser gefüllte Waschflasche und treten dann durch ein langes Gasableitungsrohr in einen Fufscylinder. Um den Prozefs in Gang zu setzen, leitet man die Salzsäureentwickelung durch Eingiefsen von konzentrierter Schwefelsäure durch das Trichterrohr ein und öffnet, nachdem diese im Gange ist, den Gasometer. Das Salzsäuregas wird in der zweiten Waschflasche vollständig absorbiert.

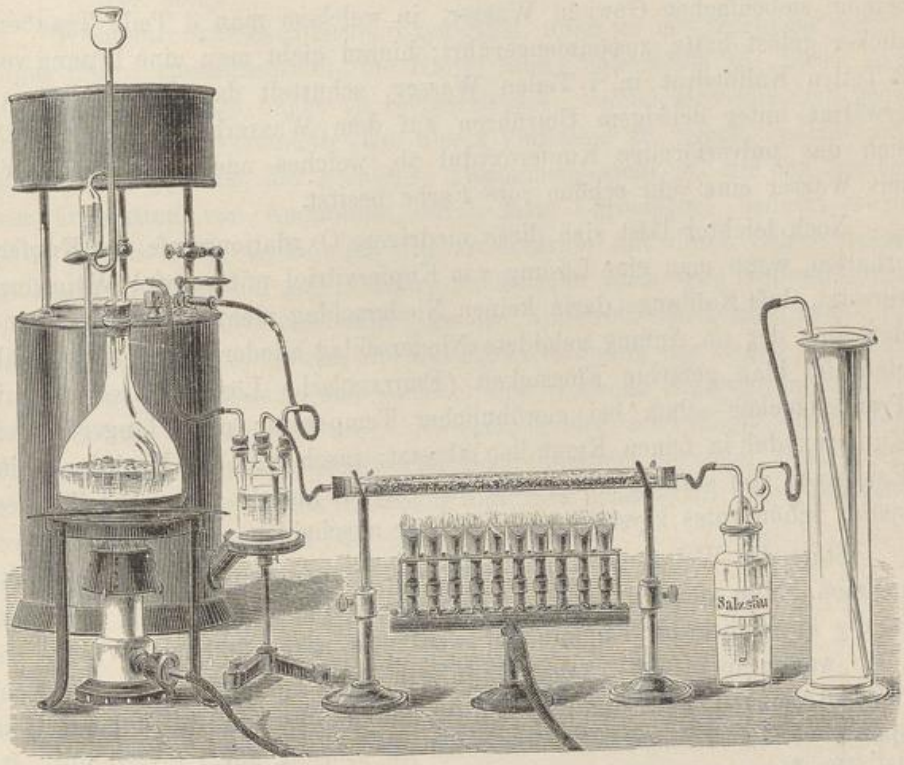


Fig. 810. Chlorbereitung nach Deacon.

Dann erhitzt man das Verbrennungsrohr durch eine untergesetzte Lampe vorsichtig auf höchstens 400° (nicht zum Glühen). Sobald die richtige Temperatur erreicht ist, beobachtet man das Auftreten von Chlor in der Waschflasche und später auch im Fufscylinder.

§ 207. Kupferoxyd als Oxydationsmittel.

Kupfervitriol, Kalilauge, Traubenzucker, Weinsäure.

Das Kupferoxyd hat die Eigenschaft, unter geeigneten Bedingungen einen Teil seines Sauerstoffs an gewisse organische Substanzen abzugeben und sich selbst hierbei zu Kupferoxydul zu reduzieren. Das meiste

Interesse bietet in dieser Hinsicht sein Verhalten zu Traubenzucker, weil sich hierauf eine viel benutzte Methode zur Bestimmung des Traubenzuckers gründet.

Man gieſse eine kalt gesättigte Lösung von Kupfervitriol in überschüssige Kalilauge, wasche den Niederschlag durch Dekantieren mit kaltem Wasser, bringe ihn dann auf ein Filter und presse ihn nach dem Abtropfen gelinde aus. Hierauf wird er in noch feuchtem Zustande mit seinem siebenfachen Gewicht Wasser, in welchem man 3 Teile Traubenzucker gelöst hatte, zusammengerührt; hierzu giebt man eine Lösung von 2 Teilen Kalihydrat in 7 Teilen Wasser, schüttelt das Ganze um und erwärmt unter fleiſsigem Umrühren auf dem Wasserbade. Dabei setzt sich das pulverförmige Kupferoxydul ab, welches nach dem Ausspülen mit Wasser eine sehr schöne rote Farbe besitzt.

Noch leichter läſst sich diese niedrigere Oxydationsstufe des Kupfers erhalten, wenn man eine Lösung von Kupfervitriol mit so viel Weinsäure versetzt, daſs Kalilauge darin keinen Niederschlag mehr hervorbringt und daſs sich der im Anfang gebildete Niederschlag wieder löst. Man erhält eine tief blau gefärbte Flüssigkeit (FEHLING'sche Lösung), welche mit Traubenzucker schon bei gewöhnlicher Temperatur nach längerer Zeit Kupferoxydul in feinen Krystallen absetzt; rasch geht die Reaktion beim Erwärmen von statten, wobei sich das Oxydul als ein anfangs gelbliches, später schön rotes krystallinisches Pulver abscheidet.

Statt der Weinsäure kann man nach SCHMIEDEBERG* auch Mannit nehmen. Man verfährt dann zur Darstellung der Kupferlösung wie folgt: 34,6 g krystallisiertes Kupfersulfat werden in circa 200 ccm Wasser gelöst; weiter löst man 16,0 g Mannit in circa 100 ccm Wasser, mischt beide Lösungen und fügt zu der Mischung 480 ccm Natronlauge vom spez. Gew. 1,145 hinzu. Alsdann wird die Lösung auf 1 l verdünnt. Ist die Mischung aus reinem Mannit hergestellt, so hat sie vor der mit Weinsäure bereiteten den Vorzug groſser Haltbarkeit und läſst sich noch nach monatelangem Aufbewahren unverändert benutzen.

Auch als Carbonat läſst sich das Kupfer in eine Lösung bringen, welche leicht durch Traubenzucker reduziert wird. Eine Vorschrift zur Darstellung derselben wurde zuerst von SOLDAINI (1876) gegeben, welcher empfahl, eine Lösung von Kupfersulfat mit einer anderen von Kaliumdicarbonat zu versetzen, wobei das lösliche Kupferkaliumcarbonat entsteht. Besser ist es, nach OST hierzu eine gemischte Lösung von Kaliummono- und -dicarbonat anzuwenden. Von ersterem Salze wendet man 250 g,

* *Chemiker-Zeitung* 1885, S. 1432. — *Chem. Centr.-Blatt* 1885, S. 960

von letzterem 100 g an, löst beide in Wasser und setzt dann eine Lösung von 23,5 g krystallisiertem Kupfersulfat hinzu, worauf das Ganze auf 1 Liter verdünnt wird.

§ 208. Bleisuperoxyd als Oxydationsmittel.

Bleisuperoxyd, ein Apparat zur Entwickelung von schwefliger Säure, eine Waschflasche mit Schwefelsäure, ein Kugelrohr (wie zu § 203, Fig. 805.)

Wohlgetrocknetes Bleisuperoxyd giebt, wenn es mit trockener schwefliger Säure zusammentrifft, die Hälfte seines Sauerstoffs ab; dieser oxydiert die schweflige Säure zu Schwefelsäure, welche sich mit dem reduzierten Bleioxyd verbindet. Um dieses Verhalten zu zeigen, bedient man sich eines Apparats, der gerade so zusammengestellt ist, wie der, welcher zur Oxydation von Ammoniak durch feste Chromsäure benutzt wurde (Fig. 805, S. 664); doch mufs das Trockenrohr mit durch Schwefelsäure getränktem Bimsstein gefüllt sein, wofür man auch eine Schwefelsäure-Trockenflasche anwenden kann. In das Kugelrohr wirft man zuerst ein kleines Stückchen Bimsstein, um die Eintrittsöffnung der engen Glasröhre locker zu verschliefsen, und schüttet das trockene Bleisuperoxyd locker ein. Sobald im Kolben die Entwickelung der schwefligen Säure (aus Kupferschnitzeln und konzentrierter Schwefelsäure) begonnen hat, erhitzt sich das Bleisuperoxyd beträchtlich und geht schliefslich unter Erglühen in weifses schwefelsaures Blei über.

ZWEITES KAPITEL.

Reduktionsmittel.

Wie höhere Oxyde unter Abgabe eines Teils ihres Sauerstoffs oxydierend auf niedere Oxyde oder Elemente einwirken können, so lassen sich auch Elemente (Metalle) und niedere Oxyde zur Reduktion von höheren Oxyden (oder Haloiden) benutzen, wobei jene dann eine Oxydation erleiden: sie verhalten sich als Reduktionsmittel.

I. Partielle Reduktion durch Metalle.

§ 209. Reduktion von Ferrisalzen durch Eisen, Kupfer oder Zink.

Eisenchlorid, Ammoniak, Salzsäure, Eisendraht in Stücken oder Eisenpulver, Kupferpulver, Zinkspäne oder Zinkpulver, mehrere Kolben von 200—500 ccm Inhalt.

a) Reduktion von Eisenchlorid. 100 ccm Eisenchloridlösung werden in einem Kolben mit etwas Wasser verdünnt und mit dem gleichen Volum Salzsäure versetzt. Hierauf schüttet man Eisendrahtstücke oder Eisenpulver (welches energischer wirkt) hinein und erwärmt das Gefäfs gelinde. Die Reduktion geht unter Wasserstoffentbindung von statten. Nach Beendigung der Gasentwickelung verschliefst man den Kolben mit einem Stöpsel und läfst die Flüssigkeit erkalten. Die intensiv rotgelbe Farbe des Eisenchlorids ist in die blafsgrüne des Eisenchlorürs übergegangen. Das zugesetzte Eisen hat sich also zum Teil auf Kosten der freien Säure (Wasserstoffentwickelung), zum anderen Teil auf Kosten des Eisenchlorids, dem ein Teil seines Chlors entzogen worden ist, zu Eisenchlorür gelöst. Die Reduktion ist, wenn eine hinreichende Menge Eisen vorhanden war, eine vollständige.

In einen zweiten Kolben bringt man abermals 100 ccm Eisenchloridlösung, vermischt dieselbe mit Salzsäure, verdünnt mit Wasser und setzt Zinkspäne oder Zinkstaub zu. Der Prozefs verläuft in ähnlicher Weise, und das Resultat ist auch hier eine Lösung von Eisenchlorür, welche selbstverständlich zugleich Zinkchlorid enthält.

Das Eisenchlorid wird auch durch pulverförmiges Kupfer reduziert, welches man durch galvanische Reduktion eines Kupferoxydsalzes (§ 174, S. 604) erhält. Versetzt man eine ziemlich konzentrierte Lösung von Eisenchlorid mit Salzsäure und schüttet kleine Mengen Kupferpulver ein, so löst sich letzteres rasch auf und verschwindet, solange überschüssiges Eisenchlorid vorhanden ist, wobei die dunkelgelbe Farbe des letzteren mehr und mehr in Grün übergeht. Die Flüssigkeit enthält dann Eisenchlorür und Kupferchlorid.

b) Reduktion von Ferrisulfat. Um dieses zu bereiten fällt man in einem Kolben 100 ccm Eisenchloridlösung mit überschüssigem Ammoniak, läfst absetzen, dekantiert durch Auswaschen, wobei man den Kolben schräg stellt (S. 161, Fig. 211), und löst den braunen Niederschlag durch Zusatz von überschüssiger, verdünnter Schwefelsäure. Eine gleiche Menge von Eisenchlorid behandelt man in einem zweiten Kolben in ganz gleicher Weise. Die eine Lösung wird hierauf mit Eisendrahtstücken oder Eisen-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

pulver, die andere mit Zinkspänen oder Zinkpulver versetzt. Auch hier findet in beiden Fällen vollständige Reduktion zu Ferrosulfat statt, dessen Lösung nach dem Klären der Flüssigkeit blafsblaugrün erscheint.

§ 210. Farbenreaktionen der Ferro- und Ferrisalze.

Eisenchlorid, Ferrosulfat, gelbes Blutlaugensalz, Rhodankalium, übermangansaures Kalium.

Die durch die letztgenannten drei Salze bewirkten Farbenreaktionen werden zur Unterscheidung von Ferro- und Ferrisalzen benutzt. Ferrosalze geben mit gelbem Blutlaugensalz einen weifsen Niederschlag, erleiden mit Rhodankalium keine Färbung und verändern die rote Farbe des Kaliumpermanganats nicht.

Ferrisalze dagegen geben mit gelbem Blutlaugensalz einen blauen Niederschlag, mit Rhodankalium eine rote Färbung und bringen die violettrote Farbe des Permanganats zum Verschwinden.

a) Ferrosalze. Einige Krystalle von reinem Ferrosulfat werden in destilliertem Wasser gelöst, mit etwas reiner Schwefelsäure versetzt und die Lösung in drei Probiergläschen verteilt. Die erste Lösung versetzt man mit einigen Tropfen Blutlaugensalz. War sie frei von jeder Spur Ferrosalz, so ist ihr Niederschlag rein weifs, verändert aber beim Stehen (durch Anziehen von Sauerstoff aus der Luft) rasch seine Farbe durch hellblau in dunkelblau. In der Regel aber wird der Niederschlag gleich blafsblau gefärbt erscheinen, weil die Eisenvitriollösung selbst Sauerstoff aus der Luft anzieht, wodurch sich gleich von vornherein eine gewisse Menge von Ferrisulfat bildet. Will man diese Störung vermeiden, so mufs man den Versuch in ähnlicher Weise ausführen, wie die Fällung der Eisenoxydulsalze durch Kali (siehe § 157, S. 563), nur wird man hier statt der Kalilösung, wie sich von selbst versteht, Wasser anzuwenden haben, welches mit einigen Tropfen gelben Blutlaugensalzes versetzt ist.

In das zweite Glas bringt man einige Tropfen Rhodankalium und beobachtet auch hier, wenn die Lösung frei von jeder Spur Ferrisalz war, keine Farbenänderung. Es sind also hier dieselben Vorsichtsmafsregeln zu beachten, wie beim Blutlaugensalz.

Die Lösung im dritten Probierglas wird mit einigen Tropfen Permanganat versetzt, dessen Farbe sofort verschwindet infolge der Reduktion zu Manganosalz. Die Entfärbung dauert, wenn man neue Mengen des Reagens zusetzt, so lange fort, bis alles Eisenoxydul in Eisenoxyd umgewandelt ist, dann erst hört die Reduktion des Permanganats auf, und die Farbe desselben bleibt bestehen.

b) Ferrisalze. Eine verdünnte Lösung von Eisenchlorid oder Ferrisulfat (aus Eisenchlorid in der unter § 209 b) beschriebenen Weise

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

dargestellt) wird mit Salzsäure, bezw. Schwefelsäure versetzt und wiederum in drei Teile geteilt. Die erste Lösung bekommt einen Zusatz von gelbem Blutlaugensalz und giebt einen tiefblauen Niederschlag. Die zweite wird mit einigen Tropfen Rhodankalium versetzt und färbt sich dunkelrot. Die dritte endlich verändert die Farbe des Kaliumpermanganats nicht, wird also gleich durch den ersten Tropfen blafsrotviolett gefärbt.

§ 211. Reduktion von Chromchlorid durch Zink.

Krystallisiertes grünes Chromchlorid; granuliertes Zink.

Krystallisiertes Chromchlorid ($Cr_2Cl_6 + 12\,H_2O$), welches keine freie Säure enthält, wird in der drei- bis fünffachen Menge Wasser gelöst* und die Lösung in eine Flasche gebracht, welche fast ganz mit granuliertem Zink gefüllt ist. Die Flasche mufs von der Lösung ganz angefüllt sein. Man verschliefst sie dann mit einem Korke, durch welchen eine gebogene Glasröhre geführt ist, die man unter eine in Wasser umgekehrte Glasröhre bringt. Es tritt eine Wasserstoffentwickelung ein, die nach einigen Stunden nachläfst. Die undurchsichtige grüne Lösung wird bläulichgrün und zuletzt hellblau und durchsichtig; sie enthält jetzt Chromchlorür, welches sich an der Luft rasch oxydiert (Löwel**). Der Versuch ist umständlich und giebt nach meinen Erfahrungen ein sehr zweifelhaftes Resultat.

§ 212. Reduktion von Cuprisalzen durch Kupfer.

Kupferspäne, Schwefelsäure, Ammoniakflüssigkeit, ein flacher Napf, ein Kolben von etwa 200 ccm Inhalt, eine Krystallisationsschale.

Kupfer absorbiert in Berührung mit Luft und Ammoniakflüssigkeit rasch Sauerstoff und verwandelt sich in eine Lösung von Kupferoxydammoniak (siehe § 53, S. 395). Man bereitet dieselbe, indem man in einem flachen Napf Kupferspäne mit Ammoniakflüssigkeit übergiefst und einige Zeit an der Luft stehen läfst (Fig. 811). Man kann aber auch eine Kupfervitriollösung mit so viel Ammoniak versetzen, dafs sich der anfangs entstandene Niederschlag wieder löst (§ 157, S. 566). Die tiefblaue Lösung wird in einen Kolben gebracht, den man zuvor ganz mit Kupferspänen vollgestopft hat. Wird dieser davon nicht völlig gefüllt,

---

* Das pfirsichblütrote, sublimierte, wasserfreie Chromchlorid ist in Wasser so gut wie unlöslich, wird aber leicht löslich, wenn es eine Spur Chromchlorür enthält. Man rühre das Chlorid mit Wasser an, erwärme bis nahe zum Sieden und setze eine kleine Messerspitze Zinkstaub zu, worauf sich in einem Moment die ganze Salzmenge unter Grünfärbung der Flüssigkeit löst.

** *Annales de Chimie et de Physique* [3], Bd. 40, S. 42. — *Chem. Centr.-Blatt* 1854, S. 263.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

so gießt man bis an den Rand destilliertes Wasser nach, verstöpselt, schüttelt um und stellt ihn verkehrt in eine Krystallisationsschale mit Wasser, damit jeder etwaige Luftzutritt durch den Stöpsel verhütet wird (Fig. 812). So vorbereitet, bleibt der Apparat einige Stunden stehen, bis sich die blaue Flüssigkeit ganz entfärbt hat. Sie ist jetzt eine Auflösung von Kupferoxydul in Ammoniak. Das metallische Kupfer hat sich in der ammoniakalischen Flüssigkeit auf Kosten des Kupferoxyds oxydiert, welches seinerseits zu Kupferoxydul reduziert worden ist. Wird die Lösung mit der Luft in Berührung gebracht, so nimmt sie rasch Sauerstoff auf und färbt sich wieder blau, was man dadurch zeigt, daſs man sie aus einiger Höhe in eine flache Schale gießt.

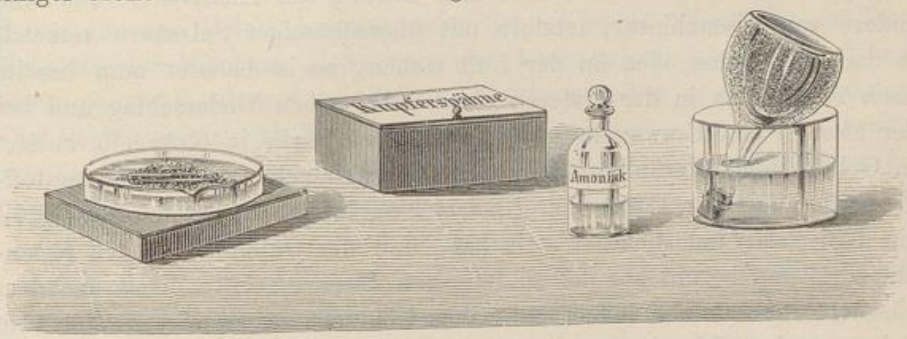


Fig. 811. Darstellung von Kupferoxydammoniak.

Fig. 812. Reduktion von Kupferlösung durch Kupfer.

§ 213. Reduktion von Uranchlorid durch Kupfer oder Zinn.

Uranoxyd, Kupferdrehspäne, Zinnfolie, Salzsäure.

Gelbes Uranoxyd wird mit überschüssiger Salzsäure übergossen, worin es sich bald zu einer schön gelben Flüssigkeit (Uranchlorid) löst. Man teilt dieselbe in zwei Teile, bringt in den einen Kupferdrehspäne und in den anderen Zinnfolie (setzt auch zur Beschleunigung der Reaktion einige Tropfen Platinchlorid zu). Schon nach kurzer Zeit wird die gelbe Lösung grünlich und nimmt zuletzt eine sattgrüne Färbung an. Sie enthält jetzt Uranchlorür und daneben Zinnchlorür, bezw. Kupferchlorür, welche alle drei gelöst sind. Das Kupferchlorür oder wenigstens der gröſsere Teil desselben läſst sich abscheiden, wenn man die Flüssigkeit mit Wasser verdünnt. Die weiſslichen Krystalle sind in Wasser und Salzsäure schwer löslich; trennt man sie durch Dekantieren und übergießt sie mit konzentrierter Salzsäure, so lösen sie sich wieder auf.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

II. Partielle Reduktion durch niedere Oxyde und Chloride.

§ 214. Ferrosalze und Eisenchlorür als Reduktionsmittel.

Ferrosulfat, übermangansaures Kalium, Salpetersäure, salpetersaures Kalium.

Die Eisenoxydulsalze, sowie das Eisenchlorür können wegen der aufserordentlichen Leichtigkeit, mit der sie Sauerstoff aufnehmen, um sich in Ferrisalze, bezw. Eisenchlorid zu verwandeln, als Reduktionsmittel für verschiedene höhere Oxyde dienen, welche dadurch in niedere Oxyde umgewandelt werden. Läfst man eine Lösung von Eisenvitriol und eine andere von Eisenchlorür, letztere mit überschüssiger Salzsäure versetzt, in flachen Schalen offen an der Luft stehen, so beobachtet man bereits nach 24 Stunden in der ersteren einen ockergelben Niederschlag und bei der zweiten eine Umwandlung der grasgrünen Farbe in Grüngelb, zuletzt in Gelb. Beide Veränderungen haben ihre Ursachen in der Sauerstoffabsorption aus der Luft. Der Niederschlag in der Eisenvitriollösung ist ein basisches, unlösliches Ferrisulfat, und die Gelbfärbung der Eisenchlorürlösung beruht auf der Bildung von Eisenchlorid, welches aus dem Eisenchlorür entsteht, indem unter dem Einflusse des Sauerstoffs die freie Salzsäure das Chlor liefert und Wasser gebildet wird.

a) Reduktion von Kaliumpermanganat. Man löse einige Krystalle des Salzes in etwa 100 ccm destilliertem Wasser, füge etwas Salz- oder Schwefelsäure hinzu und tröpfle unter Umrühren zu der mehr oder weniger stark violett gefärbten Flüssigkeit eine verdünnte Lösung von Eisenvitriol. Die Farbe wird allmählich blasser und verschwindet zuletzt ganz, indem die freie Übermangansäure zu Manganoxydul reduziert wird, welches mit der überschüssigen Salz- oder Schwefelsäure ein kaum gefärbtes Mangansalz giebt.

Der Versuch kann auch in umgekehrter Weise ausgeführt werden, indem man die Eisenvitriollösung mit Schwefelsäure ansäuert und die Permanganatlösung in einem dünnen Strahle zufliefsen läfst. Letztere wird so lange entfärbt, bis das Ferrosalz vollständig in Ferrisalz umgewandelt ist. Zu beiden Reaktionen läfst sich mit gleichem Erfolge statt des Eisenvitriols Eisenchlorür anwenden. (In dieser Weise wird die Chamäleonlösung zur Mafsanalyse benutzt.)

b) Reduktion von Salpetersäure. Man bringe in einen Literkolben 100—200 ccm einer verdünnten Lösung von Eisenvitriol, säure dieselbe stark mit Schwefelsäure an, erwärme auf einem Schutzblech über der Lampe bis nahe zum Sieden und setze allmählich konzentrierte Salpetersäure hinzu. Die Flüssigkeit färbt sich sogleich dunkel, und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

nachdem sie eine gewisse Menge Säure aufgenommen hat, schwarz; auf weiteren Zusatz folgt dann unter starkem Aufschäumen eine sehr lebhafte Entwickelung roter Dämpfe, während die schwarze Lösung die gelbe Farbe des Ferrisulfats annimmt. Während der ersten Phase der Reaktion ist die Salpetersäure zu Stickoxyd reduziert worden, welches, wie bekannt (§ 192), von der Eisensulfatlösung unter Schwarzfärbung derselben absorbiert wird und nach dem Entweichen mit dem Sauerstoff der Luft sofort Untersalpetersäure bildet.

Auf diesem Verhalten beruht eine Methode zur Auffindung der Salpetersäure. Man löse in einem Probierröhrchen einige Krystalle von salpetersaurem Kalium in wenig Wasser und versetze die Lösung mit ihrem gleichen Volum konzentrierter Schwefelsäure. Nach dem völligen Erkalten der Mischung gieſse man eine konzentrierte Lösung von Eisenvitriol vorsichtig darauf, so daſs beide Flüssigkeiten ungemischt bleiben. Die Berührungsschicht färbt sich zuerst purpurfarben und dann braun; mischt man durch Umschütteln, so erscheint die ganze Flüssigkeit gefärbt, und zwar um so dunkler braun, je mehr Salpetersäure vorhanden ist.

§ 215. Kupferchlorür und Zinnchlorür als Reduktionsmittel.

Kupferchlorür, Zinnchlorür, reine Salzsäure, Kaliumpermanganat, Salpetersäure.

Eine Lösung von Kupferchlorür in überschüssiger Salzsäure verhält sich zu Übermangansäure und Salpetersäure ebenso wie eine Eisenvitriollösung, nur mit dem Unterschied, daſs die Salpetersäure sogleich unter Entwickelung roter Dämpfe reduziert wird und nicht erst eine Schwarzfärbung der Flüssigkeit verursacht. Man verwendet zu diesen Reduktionen das krystallinische Kupferchlorür, welches bei der Reduktion von Uranchlorid durch metallisches Kupfer als Nebenprodukt erhalten wurde (§ 213).

Einige Gramm desselben werden mit so viel konzentrierter Salzsäure übergossen, daſs sie sich eben darin lösen, die Lösung in zwei Probierröhrchen verteilt und in dem einen mit konzentrierter Salpetersäure erwärmt, in dem anderen mit Kaliumpermanganatlösung versetzt.

Dieselben Versuche lassen sich mit demselben Erfolge unter Anwendung von Zinnchlorür, welches man in Wasser löst und mit Salzsäure versetzt, ausführen.

§ 216. Chromchlorür als Reduktionsmittel.

Eine nach § 211 bereitete Chromchlorürlösung wirkt, wie Löwel angiebt, energisch reduzierend; sie giebt mit einer Lösung von Queck-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

silberchlorid einen weifsen Niederschlag von Quecksilberchlorür, scheidet aus Kupfervitriollösung Kupferoxydul, aus einer grünen verdünnten Lösung von Kupferchlorid weifses krystallinisches Kupferchlorür und aus Zinnlösungen metallisches Zinn ab (Löwel*).

§ 217. Uranchlorür als Reduktionsmittel.

Versetzt man eine verdünnte Lösung von Eisenchlorid in Wasser oder von Eisenoxyd in verdünnter Salzsäure tropfenweise mit einer grünen Lösung von Uranchlorür (nach § 213 bereitet), so färbt sich die Flüssigkeit gelb, indem die Ferrosalze zu Ferrisalzen reduziert und das Uranchlorür in gelbes Uranchlorid verwandelt wird. Hat man die Eisenlösung zuvor durch Zusatz von einigen Tropfen Rhodankalium rot gefärbt, so bleibt die Färbung so lange bestehen, bis alles Ferrisalz reduziert ist, dann verschwindet sie plötzlich und macht einer Gelbfärbung Platz.

§ 218. Schweflige Säure als Reduktionsmittel.

Schwefligsaures Natrium, Eisenchlorid, reine Schwefelsäure, übermangansaures Kalium.

Die Wechselwirkung zwischen Kaliumpermanganat und schwefliger Säure ist bereits oben (S. 668) beschrieben. Man kann diesen Versuch auch in der Weise ausführen, dafs man wie bei der Reduktion der Ferrisalze (ebendas.) das schwefligsaure Natrium in Wasser löst, mit überschüssiger Schwefelsäure versetzt und nun unter Umrühren einen dünnen Strahl von Permanganatlösung zufliefsen läfst, dessen Farbe so lange verschwindet, bis die Oxydation zu Schwefelsäure vollendet ist.

Dafs auch Ferrilösungen durch die schweflige Säure reduziert werden, wird erkannt, wenn man etwas Eisenchlorid in einem Kölbchen in so viel Wasser löst, dafs die Flüssigkeit nur blafsgelb gefärbt erscheint, und einige Tropfen Rhodankalium zusetzt, wodurch Rotfärbung eintritt. Erwärmt man nun die Flüssigkeit und setzt eine mit Schwefelsäure stark angesäuerte, ziemlich konzentrierte Lösung von schwefligsaurem Natrium in genügender Menge hinzu, so verschwindet die rote Farbe, ein Zeichen, dafs das Ferrisalz vollständig zu Ferrosalz reduziert ist.

§ 219. Hydroschweflige Säure als Reduktionsmittel.

Ein Apparat zur Darstellung schwefliger Säure, Zinkspäne, Indigolösung und andere Pflanzenfarbstoffe.

Die hydroschweflige Säure (Schützenberger) bildet sich, wenn wässerige schweflige Säure mit Zink oder Eisen in Berührung kommt.

---

* *Chem. Centr.-Blatt* 1854, S. 263.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Man bereite eine gesättigte Lösung von schwefliger Säure, indem man diese nach § 179 durch Erhitzen von Schwefelsäure mit Kupfer entwickelt und in Wasser leitet. Diese Lösung bringt man in einen Kolben mit granuliertem Zink zusammen, wodurch die schweflige Säure in eine niedrigere Oxydationsstufe des Schwefels umgewandelt wird. Die Flüssigkeit erwärmt sich mit Zink und färbt sich gelb, und das Zink löst sich zum Teil auf. In der abgegossenen Lösung ist freie hydroschweflige Säure enthalten, welche indes schon nach kurzer Zeit unter Absetzung von Schwefel Zersetzung erleidet. Man mufs sie daher in frisch bereitetem Zustande verwenden. Ihre energisch reduzierende Kraft ergiebt sich aus ihrem Verhalten zu Kupfersalzlösungen, aus denen sie ein Gemenge von metallischem Kupfer und Kupferwasserstoff fällt; desgleichen wird aus Quecksilber- und Silbersalzen Metall abgeschieden. Sie besitzt ferner ein bedeutend gröfseres Bleichungsvermögen als die schweflige Säure, indem Indigolösung, Lackmus und andere Pflanzenstoffe fast momentan entfärbt werden.

§ 220. Oxalsäure als Reduktionsmittel.

Krystallisierte Oxalsäure, Schwefelsäure, übermangansaures Kalium, Braunstein.

a) Reduktion von Übermangansäure durch Oxalsäure. Die Oxalsäure entzieht gewissen höheren Oxyden unter geeigneten Umständen einen Teil ihres Sauerstoffs und oxydiert sich dabei zu Kohlensäure. Sie entfärbt das Kaliumpermanganat. Man löse eine geringe Menge Oxalsäure in Wasser, setze überschüssige Salzsäure hinzu und erwärme gelinde. Dann gieſse man eine kleine Menge Kaliumpermanganatlösung hinzu und rühre gut um. Die Farbe der letzteren verschwindet im Anfange nicht sogleich, sondern erst nach längerer Zeit. Auf neuen Zusatz wiederholt sich dieselbe Erscheinung, doch erfolgt jetzt die Entfärbung schon etwas rascher und so fort, bis zuletzt, wenn alle Oxalsäure reduziert ist, die rote Farbe nicht mehr verschwindet.

b) Reduktion von Braunstein durch Oxalsäure. Dafs die Oxalsäure bei derartigen Reduktionen höherer Oxyde zu Kohlensäure oxydiert wird, ergiebt sich aus ihrem Verhalten zu Braunstein. Man bringe in einen Kolben von etwa 200 ccm Inhalt, der mit Kork und Gasableitungsrohr verschliefsbar ist, etwas gepulverten Braunstein und etwa die gleiche Menge krystallisierte Oxalsäure, übergieſse die Mischung mit verdünnter Schwefelsäure, verschliefse den Kolben und senke das Gasableitungsrohr in ein Kelchglas, das mit Kalkwasser oder besser einer Mischung von Chlorbariumlösung und Ammoniak gefüllt ist. Schon in der Kälte beginnt die Kohlensäureentwickelung und wird schliefslich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

durch Erwärmen vollendet. Der Braunstein wird hierbei zu Manganoxydul reduziert, welches sich in der Schwefelsäure löst. Der Sauerstoff aber entwickelt sich nicht wie bei dem im § 204 a) beschriebenen Versuche frei, sondern wird sogleich zur Oxydation der Oxalsäure verbraucht. Hierauf gründet sich eine Methode zur Wertbestimmung des Braunsteins, welcher nie aus reinem Mangansuperoxyd besteht. Man führt zu diesem Zwecke den Versuch in einem wägbaren Kölbchen aus, welches mit einem Chlorcalciumrohr versehen ist, durch das die sich entwickelnde Kohlensäure entweicht, indem sie darin ihr Wasser zurückläfst. Der Gewichtsverlust, den der Kolben nach vollendeter Reaktion erlitten hat, entspricht dem Gewicht der entwickelten Kohlensäure, und hieraus berechnet sich der Gehalt des Braunsteins an reinem Mangansuperoxyd.

c) Reduktion von Goldchlorid durch Oxalsäure. Kocht man in einem Probiergläschen eine verdünnte Lösung von Goldchlorid mit Oxalsäure, so scheidet sich das Gold in metallischem Zustande als feines Pulver aus.

d) Reduktion von Quecksilberchlorid durch Oxalsäure. Eine Lösung von Quecksilberchlorid, mit Oxalsäure versetzt und zum Sieden erhitzt, scheidet weifses unlösliches Quecksilberchlorür ab; doch entsteht, wenn man das Kochen nicht sehr lange fortsetzt, nur eine unbedeutende Trübung. Stellt man aber die gemischte Lösung in das direkte Sonnenlicht, so geht die Reduktion sehr rasch von statten; schon nach einigen Minuten beginnt eine reichliche Ausscheidung von Quecksilberchlorür, und zwar in Form von perlmutterglänzenden Blättchen, die durch den lebhaften Reflex der Sonnenstrahlen, denen sie ihr Dasein verdanken, einen schönen Anblick gewähren (Schoras).

e) Reduktion von Uranoxydsalzen durch Oxalsäure. Eine Lösung von oxalsaurem Uranoxydammoniak entwickelt schon im zerstreuten Tageslicht bei gewöhnlicher Temperatur Kohlensäure, und zwar mit um so gröfserer Intensität, je heller die Beleuchtung ist. Dieses Verhalten hat von Monckhoven* zur Konstruktion eines Photometers benutzt, welches für Photographen zur Bestimmung der Intensität des Tageslichts dienen soll. Man löse 50 g trockenes kohlensaures Uranoxydammoniak in 30 g Oxalsäure und 200 ccm Wasser und bringe die Lösung in eine Flasche, welche davon ganz gefüllt wird. Man verschliefse sie mittels eines durchbohrten Korks mit langem, aufgesetzten Kapillarrohr, welches man einige Millimeter durch den Kork hindurchschiebt. Die Kohlensäure, deren Entwickelung im Tageslicht sogleich beginnt, sammelt sich unter dem Kork an und drückt die Flüssigkeit in der Röhre hinauf.

* *Photographische Mitteilungen*, Bd. 16, S. 129. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 689.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Aus der Höhe, welche die Flüssigkeitssäule in der Röhre innerhalb einer bestimmten Zeit erreicht, schliefst man auf die Intensität des Lichts. Man kann über die Glasröhre einen Papierstreifen schieben und darauf eine empirische Skala anbringen. Wenn das Licht stark und das Rohr eng ist, so steigt die Flüssigkeit in der Minute um mehrere Centimeter. Bedeckt man das Instrument mit einer Pappkapsel, so hört die Kohlensäureentwickelung auf. Da die Farbe der Flüssigkeit blafs ist, thut man gut, dieselbe mit etwas Anilinviolett zu färben, um sie besser in der Röhre sehen zu können. — H. W. Vogel* erhebt verschiedene Einwendungen gegen die Genauigkeit dieses Instruments. Seine Versuche haben ergeben, dafs die Kohlensäureentwickelung nicht früher beginnt, als bis die Lösung mit Kohlensäure gesättigt ist; auch ohne Belichtung kann ein Steigen stattfinden, wenn die Temperatur steigt, wobei ein Teil der absorbierten Kohlensäure frei wird; endlich hört das Steigen nicht sofort auf, wenn das Licht abgeschlossen wird, sondern setzt sich freiwillig noch eine Zeitlang fort.

§ 221. Arsenige Säure als Reduktionsmittel.

Arsenige Säure, übermangansaures Kalium, Salpetersäure.

Eine Lösung von arseniger Säure in Salzsäure entfärbt Chamäleon und oxydiert sich dabei zu Arsensäure. Salpetersäure wird durch sie zu salpetriger Säure (Untersalpetersäure) reduziert. Man bringe in einen geräumigen Kolben einige 100 ccm konzentrierter Salpetersäure, schütte eine angemessene Menge gepulverte arsenige Säure hinein und erhitze den Kolben auf einem Schutzblech, worauf sich bald die Entwickelung roter Dämpfe zeigt.

DRITTES KAPITEL.

Halogene, Ozon und Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel.

I. Oxydation durch Halogene.

Halogene können vermöge ihrer Eigenschaft, aus gewissen Oxyden unter geeigneten Umständen Sauerstoff zu deplacieren, indirekt als Oxydationsmittel dienen, da der naszierende Sauerstoff bekanntlich eine

* *Photographische Mitteilungen*, Bd. 16, S. 163. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 769.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

gröfsere Aktivität besitzt als der freie. Geht die Reaktion innerhalb wässeriger Lösungen von statten, so wird hierbei in der Regel das Wasser unter Bildung einer Hydrosäure zersetzt.

§ 222. Austreibung von freiem Sauerstoff durch Chlor.

a) Zwei Literkolben, der eine zur Chlorentwickelung eingerichtet (oder ein Kipp'scher Chlorapparat), der andere mit Kork verschliefsbar, durch welchen ein langes Gaseinleitungs- und ein kurzes Gasableitungsrohr geht, ein Fufscylinder mit pneumatischer Wanne. — Ätznatron, salpetersaures Kobaltoxydul oder Kobaltchlorür.

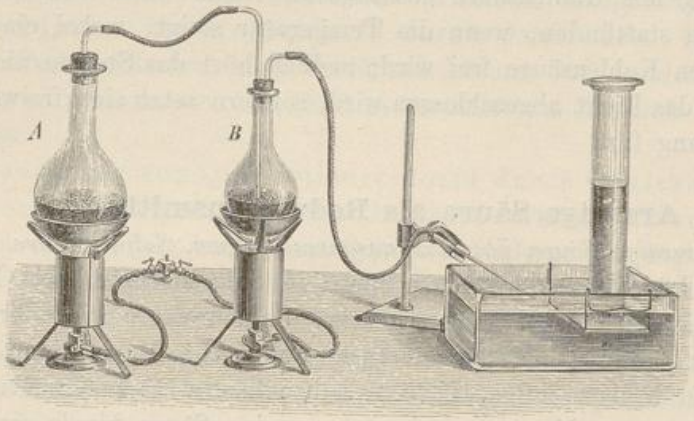


Fig. 813. Austreibung von Sauerstoff durch Chlor aus Natronlauge.

b) Eine Lösung von unterchlorigsaurem Kalium oder Natrium, Chlorkalk, Kobaltchlorür.

a) Einwirkung von Chlor auf Alkalien bei Gegenwart von Kobaltoxyd. In einen mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr versehenen Literkolben *B* (Fig. 813) bringt man 50—100 g Ätznatron, gieſst einige 100 ccm destilliertes Wasser auf und setzt einige Tropfen salpetersaures Kokaltoxydul oder Kobaltchlorür hinzu, wodurch ein hellblauer Niederschlag entsteht; dann verbindet man das Gaseinleitungsrohr durch einen Kautschukschlauch mit dem Chlorentwickelungsapparat und erhitzt zuerst den das Natron enthaltenden Kolben bis nahe zum Sieden der Lösung (Fig. 813), worauf man die Chlorentwickelung in Gang setzt. Durch das eintretende Chlor wird das blaue Kobaltoxydul rasch in schwarzes Kobaltoxyd umgewandelt, und unter dessen Einfluſs überträgt sich das Chlor an das in der Flüssigkeit gelöste Natron, indem es dieses in Chlornatrium verwandelt und den Sauerstoff frei macht, der aus dem

Gasableitungsrohr entweicht. Sobald die Luft aus dem Kolben vertrieben ist, fängt man das sich entwickelnde Gas in der pneumatischen Wanne auf. Selbst bei ziemlich lebhafter Chlorentwickelung wird alles Chlor im zweiten Kolben gebunden, und der gasförmige Inhalt desselben erscheint vollkommen farblos, während der des Chlorentwickelungsapparats fortwährend stark grün gefärbt ist. Dies dauert so lange fort, bis alles Natriumhydrat in Chlornatrium verwandelt ist; erst dann geht, wenn die Chlorentwickelung länger fortgesetzt wird, das Chlor frei durch die Flüssigkeit; zuletzt resultiert eine Lösung von Chlornatrium, in welcher

Fig. 814. Entwickelung von Sauerstoff aus Chlorkalk.

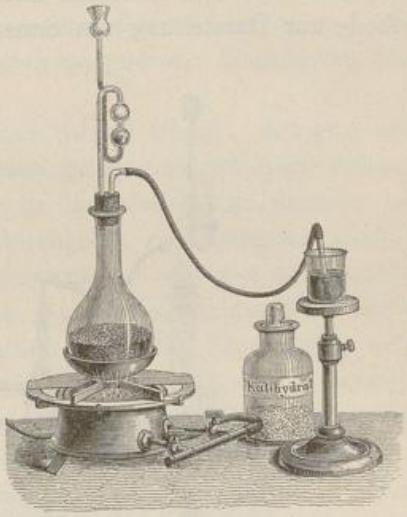


Fig. 815. Einwirkung von Chlor auf Kali.

die geringe Menge von Kobaltoxyd suspendiert ist. Wenn man erwägt, dafs verdünnte Natronlösung durch freies, nicht überschüssiges Chlor in unterchlorigsaures Natrium und Chlornatrium umgewandelt wird (§ 199), so kann die Rolle des Kobaltoxyds nur darin bestehen, dafs es dem jedenfalls auch hier zuerst gebildeten unterchlorigsauren Natrium (NaOCl) seinen Sauerstoff sofort entzieht, um sich dadurch höher (zu Kobaltsäure CoO_3 [?]) zu oxydieren, dafs diese aber unter den Versuchsbedingungen dieses Plus von Sauerstoff nicht zu halten vermag, sondern gleich wieder in Kobaltoxyd und freien Sauerstoff zerfällt. Durch eine solche Annahme wird es erklärlich, dafs ganz geringe Mengen Kobaltoxyd ausreichend sind, um die Umwandlung beliebig grofser Mengen von Natriumhydrat in Chlornatrium zu bewirken. Dafs in der That die Bildung des unterchlorigsauren Salzes die erste Phase des Prozesses ist, gewinnt durch folgenden Versuch an Wahrscheinlichkeit.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Entwickelung von Sauerstoff aus unterchlorigsauren Salzen durch Kobaltoxyd. Eine Lösung von unterchlorigsaurem Natrium oder Kalium (nach § 199 bereitet) oder eine völlig klare Lösung von Chlorkalk (§ 200) wird in einem Literkolben mit einigen Tropfen Kobaltchlorür versetzt, derselbe mit einem Gasableitungsrohr verschlossen und erhitzt. Unter ruhiger Sauerstoffentwickelung (Fig. 814) verwandeln sich die unterchlorigsauren Salze in Chloride. Man braucht bei Anwendung von Chlorkalk die Lösung nicht notwendig zu klären, sondern kann auch gleich die verdünnte milchige Flüssigkeit anwenden, welche man durch Verreiben von Chlorkalk mit Wasser erhält. Dies ist eine bequeme Methode zur Darstellung von Sauerstoff.

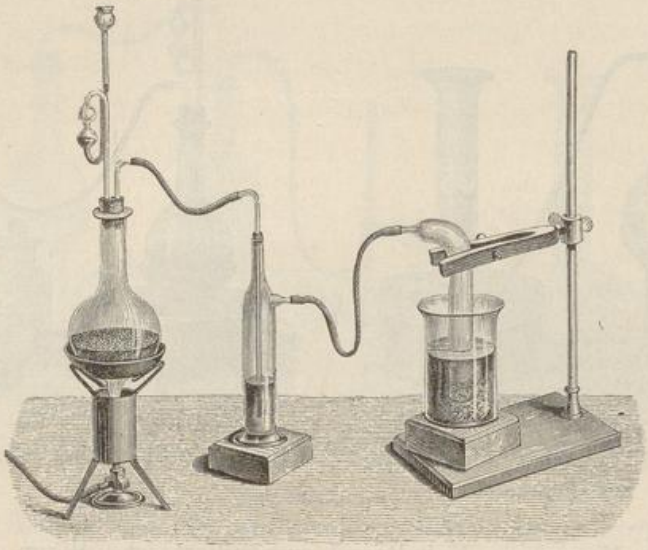


Fig. 816. Darstellung von chlorsaurem Kalium.

§ 223. Übertragung von Sauerstoff durch Chlor; Darstellung chlorsaurer Salze.

Kalilauge, ein Chlorentwickelungsapparat, ein Becherglas. — Brom.

Man leite in verdünnte Kalilauge bis zur völligen Sättigung Chlor ein (Fig. 815). Sobald kein Chlor mehr absorbiert wird, unterbreche man den Versuch, beseitige den Chlorapparat und dünste die Lösung ein, bis sich eine reichliche Krystallisation daraus abgeschieden hat. Die Krystalle werden durch Filtrieren der Mutterlauge und Abpressen zwischen Fliefspapier getrennt und bei mäfsiger Wärme getrocknet. Sie zeigen alle Eigenschaften des chlorsauren Kaliums. — Wendet man konzentrierte Kalilauge an, so scheiden sich schon während des Einleitens von Chlor

Krystalle von chlorsaurem Kalium ab, da diese von der geringen Wassermenge nicht in Lösung erhalten werden können. Man muſs in diesem Falle ein möglichst weites Gaseinleitungsrohr anwenden, damit die Krystalle dasselbe nicht verstopfen (Fig. 816).

Bei diesem Versuche erscheint das Chlor als ein Mittel zur indirekten Übertragung von Sauerstoff, wodurch die Bildung eines sehr sauerstoffreichen Moleküls (KHO_3) veranlaſst wird.

§ 224. Umwandlung niederer Oxyde in höhere durch Chlor.

Ferrosulfat, Manganosulfat, essigsaures Blei; Schwefelsäure, kohlensaures Natrium; ein Chlorentwickelungsapparat. Eisenchlorid; Chlorkalk; Arsentrioxyd.

a) Oxydation eines Ferrosalzes durch Chlor. Einige Gramm Eisenvitriol werden in destilliertem Wasser gelöst und mit freier Schwefelsäure versetzt. Dann leite man Chlor in die Lösung, bis dasselbe nicht mehr absorbiert wird, sondern frei durchgeht, und erwärme nach der Beseitigung des Chlorapparats die Flüssigkeit, um das von ihr absorbierte Chlor zu verjagen. Sie erscheint dann rötlichgelb, während sie vor der Einwirkung des Chlors die blaſsblaugrüne Farbe des Eisenvitriols zeigte. Wenn die Oxydation eine vollständige war, so muſs ein Tropfen Chamäleonlösung eine bleibend rote Färbung hervorbringen, was als ein Zeichen gilt, daſs kein Eisenoxydul in der Flüssigkeit mehr vorhanden ist.

b) Oxydation von Manganoxydul durch Chlor. Daſs das Manganoxydul durch Chlor in saurer Lösung nicht (wie das Eisenoxydul) höher oxydiert wird, ergiebt sich aus der Einwirkung von Salzsäure (oder Kochsalz und Schwefelsäure) auf Braunstein, welcher dadurch zu Manganoxydul reduziert wird, obgleich sich innerhalb der Mischung freies Chlor entwickelt. In alkalischer Lösung aber bilden sich die höheren Oxydationsstufen des Mangans. Man versetze eine Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul oder Manganchlorür mit überschüssigem kohlensauren Natrium, wodurch ein Niederschlag von weiſsem kohlensauren Manganoxydul entsteht. Leitet man in dieses Gemenge Chlorgas ein, so wird dasselbe vollständig absorbiert, und die Farbe des Niederschlags ändert sich allmählich aus weiſs in hellbraun und dunkelbraun (Manganoxyd- und Mangansuperoxydhydrat) und wird zuletzt karminrot. Zugleich verschwindet der Niederschlag allmählich unter Entwickelung von Kohlensäure, und zuletzt resultiert eine klare Lösung von übermangansaurem Natrium.

c) Oxydation von Bleioxyd zu Bleisuperoxyd durch Chlor. Eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd versetze man mit überschüssigem kohlensauren Natrium und leite in das Gemenge Chlorgas ein, welches

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

davon vollständig absorbiert wird. Der weifse Niederschlag färbt sich unter Entwickelung von Kohlensäure dunkler und wird zuletzt schwarzbraun.

d) Bildung von Eisensäure (Calciumferrat). Chlorkalk wird mit Eisenchloridlösung übergossen und mit etwas Wasser erhitzt. Man erhält eine schöne rote Lösung von Calciumferrat, welche mit Bariumchlorid einen purpurroten Niederschlag (Bariumferrat) giebt. Die Farbe verschwindet auf Zusatz von Manganosulfat.

e) Oxydation von Arsentrichlorid zu Arsenpentachlorid. Wenn man gepulvertes Arsentrioxyd durch Kochen mit Wasser auflöst und Chlorgas einleitet, oder auch eine kleine Menge der Lösung mit starkem Chlorwasser übergiefst, so läfst sich in jener nach dem Erkalten durch Silbernitrat die Gegenwart von Arsensäure nachweisen (rotbrauner Niederschlag).

§ 225. Bleichen durch freies Chlor.

Ein Chlorentwickelungsapparat, eine Schwefelsäuretrockenflasche, ein Absorptionsturm mit Chlorcalcium, ein hoher, weiter Fufscylinder, mit doppelt durchbohrtem Korke verschliefsbar, durch welchen ein langes Gaseinleitungs- und zwei kurze Gasableitungsröhren geführt sind. Ein Kolben zur Entwickelung von Wasserdampf.

Dafs die bleichenden Wirkungen des freien Chlors auf eine durch dasselbe bewirkte indirekte Oxydation zurückzuführen sind, geht daraus hervor, dafs die Gegenwart von Wasser hierzu notwendig ist. Diese wird in Berührung mit der organischen (oxydierbaren) Substanz durch das Chlor zersetzt, welches mit dem Wasserstoff Salzsäure bildet, während der naszierende Sauerstoff die Farbstoffe oxydiert.

Man benutzt, um dies zu zeigen, den in Figur 817 abgebildeten Apparat. Der zweite Fufscylinder stellt die Bleichkammer vor. Er mufs vor dem Gebrauche völlig ausgetrocknet sein, und die in ihm aufzuhängenden, zu bleichenden Gegenstände müssen vorher längere Zeit in einem Luftbade bei 100—110° gut ausgetrocknet werden. Man hängt sie noch warm in den Cylinder und verschliefst diesen sofort. Das in seinem Korke steckende kurze umgebogene Gasableitungsrohr wird mittels eines Kautschukschlauchs mit einem Kolben verbunden, in welchem Wasser zum Sieden gebracht werden kann. Über das Kautschukrohr ist ein Schraubenquetschhahn geschoben und ebenso über ein zweites Kautschukrohr, welches auf einer zur Abführung des Wasserdampfs aus dem Kolben bestimmten Glasröhre steckt. Der Kork des weiten Fufscylinders hat endlich noch ein zweites Gasableitungsrohr, welches zur Abführung des überschüssigen Chlors dient. Man beschickt nun den Chlorentwickelungs-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

apparat mit einem trockenen Gemenge von Kochsalz und Braunstein, stellt den ganzen Apparat so zusammen, wie es die Figur zeigt, und gießt durch das Sicherheitsrohr eine noch warme Mischung von konzentrierter Schwefelsäure und Wasser, worauf die Chlorentwickelung alsbald beginnt. (Bequemer ist die Benutzung eines KIPP'schen Chlorapparats.) Währenddessen muß der mittlere Quetschhahn verschlossen, der am Ende befindliche aber offen sein. Jetzt setzt man auch unter den Wasserkolben

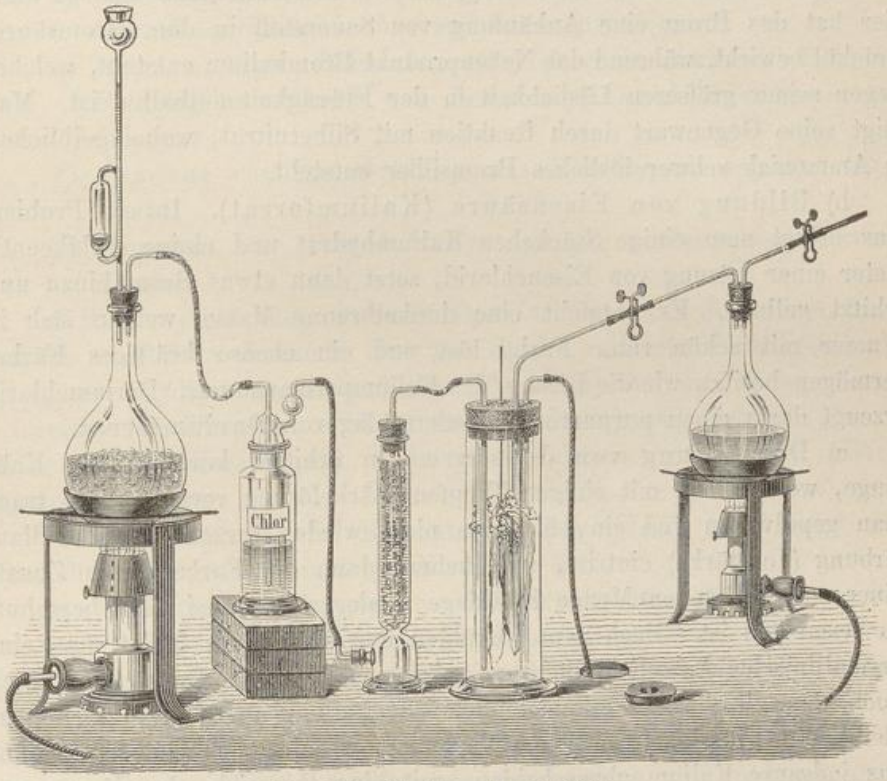


Fig. 817. Bleichen durch Chlor.

eine Lampe und erhitzt das Wasser zum Sieden, so daß die Dämpfe aus dem Kautschukrohr ins Freie entweichen, aber nicht in den Bleichcylinder gelangen können. Dieser füllt sich bald ganz mit Chlor, ohne daß die Farben eine Änderung erleiden. Sobald man aber den mittleren Quetschhahn öffnet und den anderen verschließt, treten Wasserdämpfe in den Cylinder, und die Enttärbung tritt ein (HEUMANN).

§ 226. Übertragung von Sauerstoff durch Brom und Jod.

Brom, Jod, starke Kalilauge, Eisenchlorid; einige kleine Kölbchen von 100—200 ccm.

a) Darstellung von Bromsäure. In ein kleines Kölbchen bringe man etwas konzentrierte Kalilauge und setze unter Umschütteln so lange Brom zu, bis die Flüssigkeit bleibend gelb gefärbt erscheint. Dann erhitze man zum Sieden und stelle das Kölbchen in kaltes Wasser; nach dem Abkühlen findet man einen Absatz von krystallinischem bromsauren Kalium, während das gleichzeitig gebildete leicht lösliche Bromkalium in der Flüssigkeit enthalten ist. Dieser Vorgang ist dem bei der Darstellung des chlorsauren Kaliums (§ 223) verlaufenden ganz analog; auch hier hat das Brom eine Anhäufung von Sauerstoff in dem Bromsäuremolekül bewirkt, während das Nebenprodukt Bromkalium entsteht, welches wegen seiner gröfseren Löslichkeit in der Flüssigkeit enthalten ist. Man zeigt seine Gegenwart durch Reaktion mit Silbernitrat, wobei gelbliches, in Ammoniak schwer lösliches Bromsilber entsteht.

b) Bildung von Eisensäure (Kaliumferrat). In ein Probierglas bringt man einige Stückchen Kaliumhydrat und einige Kubikcentimeter einer Lösung von Eisenchlorid, setzt dann etwas Brom hinzu und erhitzt gelinde. Es entsteht eine dunkelbraune Masse, welche sich in Wasser mit schön roter Farbe löst und ein ebenso kräftiges Färbevermögen besitzt, wie die Lösung des Kaliumpermanganats. Bariumchlorid erzeugt darin einen purpurroten Niederschlag von Bariumferrat.

c) Darstellung von Jodsäure. In erhitzte konzentrierte Kalilauge, welche man mit einigen Tropfen Stärkelösung versetzt hat, trage man gepulvertes Jod ein, bis eine nicht wieder verschwindende Blaufärbung (Jodstärke) eintritt, und nehme dann die Farbe durch Zusatz einer entsprechenden Menge Kalilauge wieder weg, wobei ein Überschufs zu vermeiden ist. Nach dem Abkühlen der Flüssigkeit findet man eine krystallinische Ausscheidung von jodsaurem Kalium. Da weder dieses, noch das gleichzeitig mitentstandene Jodkalium auf Stärke wirkt, so bleibt die Flüssigkeit farblos. Versetzt man aber das Gemenge, ohne das jodsaure Kalium abzuscheiden, mit einer hinreichenden Menge von Salz- oder Schwefelsäure, so tritt die Blaufärbung wieder ein, da jetzt die gleichzeitig abgeschiedene Jodwasserstoff- und Jodsäure durch Wechselzersetzung Wasser und freies Jod bilden, welches sich sofort mit der Stärke verbindet. Durch erneuten Zusatz von Kali verschwindet die Farbe und wird durch Säure abermals hervorgerufen etc.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

II. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel.

§ 227. Darstellung und Eigenschaften des Ozons.

a) Jodkaliumstärkepapier, Indigopapier, Bleipapier, Schwefelbleipapier.
b) Zweischenkliger Wasserzersetzungsapparat nach Krebs.
c) Ballon zur langsamen Verbrennung von Phosphor. Luftpumpe, Eis.
d) Ozonisationsröhre mit dünnen eingeschmolzenen Drähten; oder: Ozonisationsröhre mit Stanniolbelegen.
e) Apparat zur Demonstration der Kontraktion bei der Bildung von Ozon aus Sauerstoff nach Shenstone und Cundall.
f) Apparat zur Ozonbildung aus Kaliumpermanganat nach Krebs.
g) Apparat zur Ozonbildung aus Bariumsuperoxyd nach Krebs.

a) Reaktionen des Ozons. Ozon scheidet aus Jodkalium freies Jod ab und färbt demnach eine mit Stärke versetzte Jodkaliumlösung blau; es oxydiert frisch gefälltes Bleioxydhydrat zu Bleisuperoxyd, Schwefelblei zu Bleisulfat, entfärbt die Indigolösung und überzieht blankes Silber (unter Wasser) mit einer grauschwarzen Schicht von Silbersuperoxyd.

Reagenspapiere zur Erkennung des Ozons stellt man mit Hilfe dieser Materialien in folgender Weise her.

α) Jodkaliumstärkepapier. Man rühre etwa 1 g Stärke mit kaltem Wasser an, bringe in eine Porzellanschale 100 ccm Wasser zum Sieden, gieſse die angerührte Stärke unter Umrühren hinein und löse darin aufserdem 0,5 g reines (jodsäurefreies) Jodkalium auf. Mit dieser Lösung werden Papierstreifen getränkt und getrocknet.

β) Indigopapier. 1 g fein gepulverter Indigo wird in 5 g konzentrierter Schwefelsäure, welche in einem Kolben von 200 ccm enthalten ist, eingetragen und unter Umschütteln aufgelöst, wobei man, wenn eine zu starke Erwärmung eintritt, durch Eintauchen in Wasser abkühlen muſs. Man lasse die Lösung einige Stunden stehen, verdünne sie dann mit 100 ccm Wasser, filtriere und hebe sie zum Gebrauche auf. Das Reagenspapier wird, wenn es zur Benutzung kommen soll, jedesmal frisch bereitet, indem man Fliefspapier in die Indigolösung taucht.

γ) Bleipapier. Auch dieses wird unmittelbar vor dem Gebrauch bereitet und in feuchtem Zustande angewendet, indem man eine Lösung von essigsaurem Blei mit etwas Kali versetzt. Die Anwendung eines Überschusses von letzterem ist zu vermeiden. Man läſst das Bleihydroxyd

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

absetzen, wäscht durch einmaliges Dekantieren aus und benutzt den milchigen Bodensatz zum Eintauchen des Papiers.

δ) Schwefelbleipapier. Ein Streifen Filtrierpapier wird unmittelbar vor dem Gebrauche in eine Lösung von Bleiessig getaucht und dann in den Luftraum eines Becherglases gehalten, in welchem man einige Stücke Schwefeleisen mit verdünnter Schwefelsäure übergossen hat.

b) Ozonbildung bei der Elektrolyse des Wassers. Der hierbei am positiven Pole auftretende Sauerstoff ist ozonhaltig. Wenn man einen zweischenkligen Wasserzersetzungsapparat (Fig. 818) mit Wasser, welches mit reiner Schwefelsäure stark angesäuert und mit etwas Jodkaliumstärkelösung versetzt ist, füllt, so färbt sich, sobald die Zersetzung begonnen hat, die Flüssigkeit in dem Schenkel, in welchem sich der Sauerstoff abscheidet, blau. Läfst man die Zersetzung von reinem, nur mit Schwefelsäure angesäuertem und nicht mit Jodkaliumstärke versetzten Wasser längere Zeit andauern, bis das Rohr ganz mit Sauerstoff gefüllt ist, und hebt es dann, nachdem man es mit einer Glasplatte bedeckt hat, aus dem Wasser, so läfst sich der Ozongehalt sowohl aus dem Geruch als auch durch Eintauchen eines der genannten Reagenspapiere erkennen. Endlich kann man die Ozonbildung bei der Elektrolyse auch durch den in Figur 632, S. 478, dargestellten Apparat nachweisen, wenn man das Gas aus dem Zersetzungsgläschen mittels einer Glasröhre in Jodkaliumstärkelösung leitet. Der Stöpsel des Gläschens darf nicht aus Kautschuk sein; auch darf man kein Kautschukrohr zur Ableitung des Gases verwenden, da diese Substanz das Ozon sehr lebhaft absorbiert.

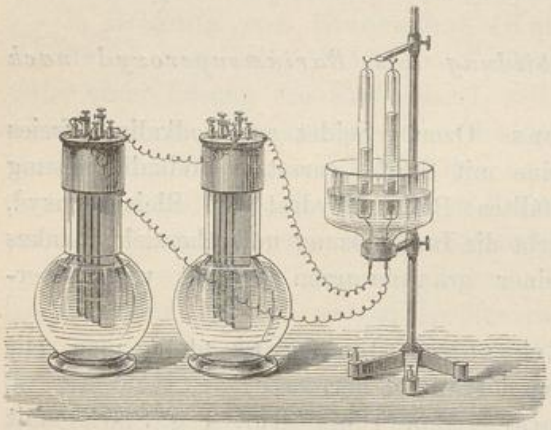


Fig. 818. Bildung von Ozon bei der Elektrolyse.

Bequemer ist der in Figur 819 abgebildete, von Krebs* beschriebene Apparat, dessen Einrichtung sich aus der Abbildung ergiebt. Es sind hierbei alle Kautschuk- und Korkverbindungen vermieden. Die Platinelektrode *b* wird mit dem positiven, und *a* mit dem negativen Pol verbunden. Das nach unten umgebogene Rohr *c* dient zur Ableitung des

* *Wiedemann's Annalen*, Bd. 22, S. 139. — *Chem. Centr.-Blatt* 1884, S. 662.

ozonisierten Sauerstoffs. Die verdünnte Schwefelsäure wird durch *a* eingegossen, so dafs sie die beiden Platinbleche eben bedeckt. Die Öffnung von *c* läfst man in ein untergestelltes Reagensglas tauchen und gieſst, nachdem die Zersetzung einige Minuten gedauert hat, eine verdünnte Jodkaliumstärkelösung hinein; diese mufs blau werden, nicht braun; geschieht letzteres, so fehlt es an Stärke.

c) Ozonbildung bei der langsamen Verbrennung des Phosphors. In einen sogenannten Schwefelsäureballon bringt man einige Stangen Phosphor, übergieſst dieselben mit etwas Wasser, so dafs sie davon nicht vollständig bedeckt werden, verschliefst den Kolben lose und läfst ihn etwa 12 Stunden lang stehen (Fig. 820). Die Bildung reichlicher Mengen von Ozon erkennt man nicht nur an dem starken Geruch,

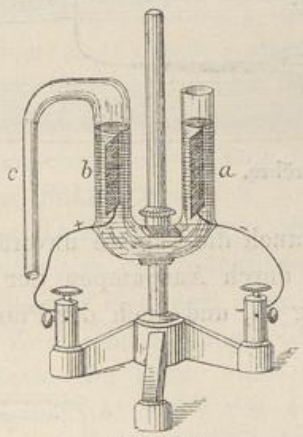


Fig. 819.
Ozonapparat nach Krebs.

Fig. 820. Darstellung von Ozon durch Phosphor.

sondern auch durch Einsenken langer Streifen der genannten Reagenspapiere.

Die Ozonbildung durch Phosphor wird durch mäfsige Wärme begünstigt, hört aber bei hoher Temperatur auf. In der Nähe eines warmen Ofens braucht der Ballon nicht 12 Stunden lang zu stehen, vielmehr läfst sich schon nach $^1/_2$ Stunde Ozon durch Jodkaliumstärkepapier nachweisen, wenn man einen kleineren (etwa 3—4 l fassenden) Ballon anwendet, wie vorher beschrieben mit Phosphor und Wasser beschickt und den Ballon so aufstellt, dafs seine Aufsenwand durch die strahlende Wärme des Ofens lauwarm wird.

In der Nähe des Gefrierpunkts findet keine Ozonbildung statt, und der Phosphor leuchtet auch nicht, doch nur bei gewöhnlichem Luftdruck; bei vermindertem Luftdruck dagegen treten beide Er-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

scheinungen wieder auf. Dieses kann man nach ENGEL* in folgender Weise zeigen.

In eine Flasche bringt man ein Stück feuchten Phosphor, verschliefst dieselbe mit einem Glasstöpsel und setzt sie in eine mit zerstofsenem Eis gefüllte Schale. Ist das Glasgefäfs genügend abgekühlt, so setzt man es auf den Teller einer Luftpumpe, bedeckt es mit einer Glocke, in deren Innern zuvor ozonometrische Papiere angebracht worden sind, und

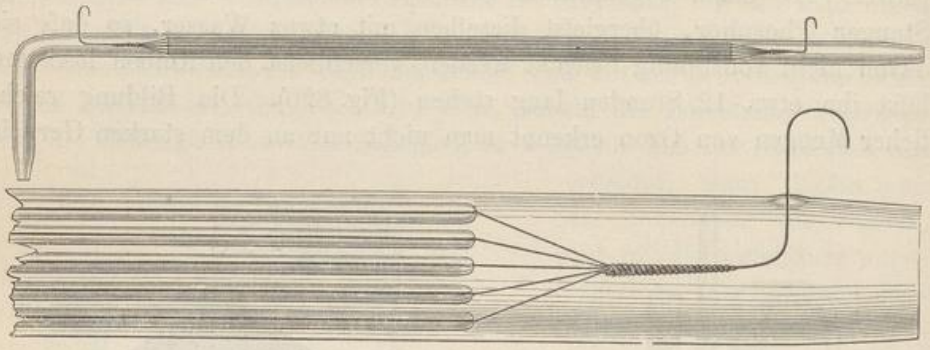


Fig. 821. Ozonisationsröhre.

zeigt, dafs der Phosphor nicht leuchtet und auch die Papiere unverändert bleiben. Vermindert man aber den Druck durch Auspumpen der Luft, so zeigen sofort die Papiere die Ozonbildung an, und auch der Phosphor beginnt zu leuchten.

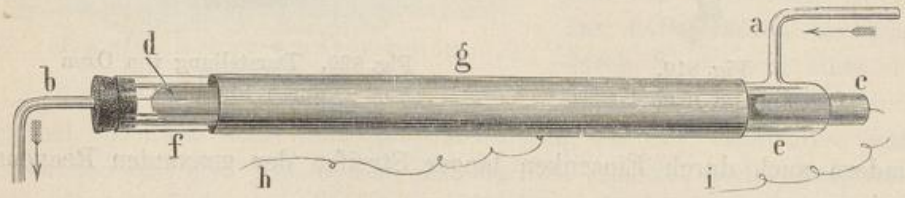


Fig. 822. Ozonisationsröhre.

d) Ozonbildung durch dunkle elektrische Entladung. Verbindet man die Pole eines Induktionsapparats mit langen Drähten oder Metallflächen, welche durch eine isolierende Glas- und Sauerstoffschicht voneinander getrennt sind, so geht die Elektrizität durch letztere ohne Funkenbildung hindurch (dunkle oder stille Entladung, elektrisches Effluvium), wobei Ozon gebildet wird. Wir bilden mehrere hierzu geeignete Apparate ab.

---

* *Bulletin de la Société de Chimie de Paris*, Bd. 44, S. 426. — *Chem. Centr.-Blatt* 1886, S. 33.

In eine 1—1,5 cm weite Röhre (Fig. 821) ist eine Anzahl enger Glasröhren eingeschoben, in welche dünne Kupferdrähte eingeschmolzen sind, so dafs letztere an der einen Seite frei herausragen, während an der anderen Seite die Röhren einfach zugeschmolzen sind. Die eine Hälfte der Röhren ist nach der einen, die andere Hälfte nach der anderen Seite gelagert, die freien Enden der Kupferdrähte werden an beiden Seiten zusammengedreht und mit starken Platindrähten verbunden, welche durch die Glaswände der weiteren Röhre durchgeschmolzen sind. Verbindet man nun die Platindrähte mit den Polen eines kräftigen Induktionsapparats und leitet Sauerstoff in das nicht gekrümmte Ende der Röhre ein, während das gekrümmte direkt (ohne Kautschukschlauch) in eine Lösung von Jodkaliumstärke taucht, so tritt Blaufärbung ein.

Eine etwa 1,5 cm weite Glasröhre *ef* (Fig. 822) ist von aufsen mit einem Stanniolüberzug *g* bekleidet, eine andere 1 cm weite *cd* in jene an dem einen Ende *e* eingeschmolzen und innen ebenfalls mit Stanniol ausgekleidet. Die beiden Belegungen können mit den Poldrähten *i* und *h* eines Induktionsapparats verbunden werden. Durch ein seitlich angeschmolzenes Rohr *a* kann man in den Raum zwischen der weiten und engen Röhre Sauerstoff einleiten, welcher durch die Röhre *b*, die in einem Korkstöpsel steckt, wieder austritt. Wenn während der Sauerstoffentwickelung der Induktionsapparat in Thätigkeit gesetzt wird, so ist das austretende Gas stark ozonisiert.

Zwei sehr wirkungsvolle und leicht in Thätigkeit zu setzende Ozonapparate von Teclu sind in Figur 823 und 824 abgebildet. Sie geben mit einem Induktor von etwa 4 cm Funkenlänge momentan reichliche Mengen durch Jodkaliumstärke nachweisbares Ozon. Ihr Gebrauch erhellt ohne weiteres aus den Figuren.

e) Die bei der Ozonbildung stattfindende Kontraktion des Sauerstoffs (Übergang von 3 Molekül O_2 in 2 Molekül O_3) läfst sich nach Shenstone und Cundall* folgendermafsen zur Anschauung bringen. In Figur 825 ist *A* ein weites Glasrohr, in welches ein zweites *B* bei *C* eingeschmolzen ist. Der Raum zwischen beiden beträgt 1 mm. Das Rohr *A* ist zwischen *h* und *h* mit Stanniol umgeben, im übrigen ist die Konstruktion aus der Figur ersichtlich. Die durch das punktierte Viereck *FFFF* eingeschlossenen Teile des Apparats können in einen Cylinder mit Wasser getaucht werden, nachdem durch die Öffnung *E* ein sehr dünnwandiges, mit Terpentinöl gefülltes, zugeschmolzenes Glaskügelchen eingeschoben und die Öffnung mit einem gut schliefsenden

* *Journal of the Chemical Society*, Bd. 51, S. 625. — *Chem. Centr.-Blatt* 1887, S. 1131.

Kork dicht verschlossen ist. *B* wird mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt und durch *G* trockener Sauerstoff geleitet, welcher durch das gebogene Rohr *h* nach *O* strömt und durch *H* austritt. Um den Strom besser beobachten zu können, bringt man in die untere Biegung des Rohrs *PL* einen Tropfen konzentrierte Schwefelsäure. Nachdem alle Luft verdrängt ist, schliefst man den Hahn *K* und gieſst durch *H* so viel konzentrierte, durch Indigo blau gefärbte Schwefelsäure, dafs ihr oberer Spiegel bei *L* steht; diese dient als Indikator für die Volumveränderungen in *A*. Nachdem alles soweit vorbereitet ist, verbindet man die verdünnte Schwefelsäure in *B* einerseits und den Stanniol um *A* andererseits mit den Polen

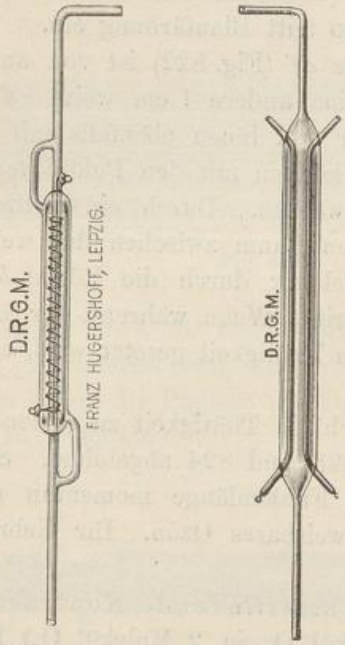


Fig. 823.

Fig. 824.

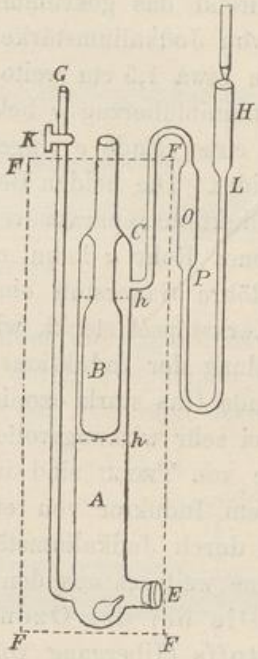


Fig. 825.

Kontraktion bei der Ozonbildung.

eines kräftigen Induktionsapparats, worauf anfänglich eine kleine Ausdehnung, bald aber eine Zusammenziehung des Gases beobachtet werden kann. Man nimmt hierauf den Apparat aus dem Wasser, zerbricht durch Schütteln das Glaskölbchen, senkt den Apparat wieder in das Wasser ein und beobachtet die abermalige Zusammenziehung, welche durch die von dem Terpentinöl bewirkte Absorption des Ozons veranlafst wird. Die Menge der gefärbten Schwefelsäure darf nur so viel betragen, dafs sie vor dem Zerbrechen des Kölbchens nicht höher als *P* steht und nach der Absorption des Ozons in der Erweiterung *O* Platz hat, damit sie nicht nach *A* dringt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

f) Ozonbildung durch Zersetzung von Kaliumpermanganat mittels Schwefelsäure. Ein hierzu geeigneter Apparat rührt von KREBS* her. Figur 826 zeigt einen dünnwandigen, 8 cm hohen und 4 cm weiten Glascylinder mit gleich dickem Boden mit gut eingeschliffener Kappe, welche in ein nach unten gebogenes Rohr verlängert ist. Man gießt zuerst etwas konzentrierte Schwefelsäure in den Cylinder, so daß dieselbe etwa 1—2 cm hoch darin steht und schüttet dann höchstens 2 Gewichtsteile getrocknetes und zerriebenes Kaliumpermanganat auf 3 Gewichtsteile Schwefelsäure hinein. Mehr von diesem Salze anzuwenden, ist wegen Explosionsgefahr nicht zu empfehlen; auch darf man nicht umgekehrt die Schwefelsäure auf das Salz gießen.

Fig. 826. Ozonbildung durch Zersetzung von Kaliumpermanganat.

Fig. 827. Ozonbildung durch Zersetzung von Bariumsuperoxyd.

Um die stark oxydierende Wirkung des hierbei entwickelten Ozons zu zeigen, spritzt man nach CLEMENS WINKLER* etwa 50 ccm Äther auf den Fußboden und bringt den Glasstab, den man in das Permanganatgemisch eingetaucht hat, in den Ätherdampf. Sofort entzündet sich dieser und eine mächtige, ohne Gefahr schnell verschwindende Flamme breitet sich auf dem Fußboden aus.

g) Ozonbildung durch Zersetzung von Bariumsuperoxyd mittels Schwefelsäure. Hierzu dient der in Figur 827 abgebildete Apparat nach KREBS. Man wendet das Bariumsuperoxyd als getrocknetes Hydrat, wie es aus dem käuflichen Präparat nach der auf Seite 663 beschriebenen Weise erhalten wird, an und schüttet davon etwa 2 cm hoch

* A. a. O.

** *Zeitschrift für anorganische Chemie*, Bd. 1, S. 82. — *Chem. Centr.-Blatt* 1892, I, S. 584.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in den Cylinder, welchen man mit der eingeschliffenen Glaskappe bedeckt. Der auf dieser angeschmolzene Hahntrichter wird mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt, welche man durch Öffnung des Hahns langsam herabtropfen läfst. Gröfserer Vorsicht halber kann man den Apparat in Kühlwasser stellen.

In beiden Fällen geschieht der Nachweis des Ozons in der oben beschriebenen Weise durch Jodkaliumstärkelösung.

§ 228. Verhalten des Wasserstoffsuperoxyds zu niederen und höheren Oxyden.

Wasserstoffsuperoxyd, Eisenvitriol, ein Apparat zur Entwickelung schwefliger Säure, übermangansaures Kalium, gepulverter Braunstein.

a) Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel. Dafs das Wasserstoffsuperoxyd leicht einen Teil seines Sauerstoffs abgiebt und dadurch zur Bildung höherer Oxyde aus niederem Anlafs giebt, ist bereits früher (S. 664) durch seine Einwirkung auf Barytwasser gezeigt, wobei bekanntlich Bariumsuperoxyd entsteht. Es verwandelt ferner die schweflige Säure in Schwefelsäure und Ferrosalze leicht in Ferrisalze.

Eine frisch bereitete schwefelsäurefreie Lösung von schwefliger Säure in Wasser wird mit etwas reiner Salzsäure und Chlorbarium versetzt, wobei sie klar bleiben mufs (Abwesenheit von Schwefelsäure), dann fügt man eine nach § 202, S. 663, bereitete Lösung von Wasserstoffsuperoxyd hinzu (welche ebenfalls frei von Schwefelsäure sein mufs) und beobachtet die sofortige Bildung eines Niederschlags von Bariumsulfat.

Versetzt man eine Lösung von Eisenvitriol (möglichst frei von Oxydsalz) mit etwas Schwefelsäure und dann mit Wasserstoffsuperoxyd, so geht die blafsgrünliche Färbung in Gelb über, und durch Ammoniak wird braunes Eisenoxyd gefällt.

b) Wasserstoffsuperoxyd als Reduktionsmittel. Gegen gewisse Oxyde verhält sich das Wasserstoffsuperoxyd wie ein Reduktionsmittel, indem es jene zur Abgabe von Sauerstoff veranlafst, dabei aber auch zugleich sein zweites Atom Sauerstoff hergiebt. Wird fein gepulverter Braunstein mit stark verdünnter Schwefelsäure versetzt, so entwickelt er auf Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd unter Aufbrausen Sauerstoff und wird dabei zu Manganoxydul reduziert, dessen Gegenwart sich in der Lösung nachweisen läfst. (Methode zur Darstellung des Sauerstoffs nach Baumann S. 342.) Ebenso wird eine angesäuerte Lösung von übermangansaurem Kalium durch Wasserstoffsuperoxyd entfärbt. Quecksilberoxyd und Silberoxyd werden zu Metall reduziert.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VIERTES KAPITEL.

Anwendung der partiellen Reduktionen und Oxydationen zur Mafsanalyse.

Wenn beim experimentellen Unterrichte die Prinzipien der Mafsanalyse erörtert werden sollen, so kann es sich nur darum handeln, durch Vorführung einiger Probeversuche den Verlauf und die Ausführung der Operation zu zeigen. Es ist deshalb nicht nötig, mit genau abgewogenen Mengen zu arbeiten, obgleich es immerhin ratsam ist, Lösungen zu verwenden, welche annähernd dem Konzentrationsgrade entsprechen, den man bei der praktischen Ausführung der Analyse einzuhalten pflegt. In diesem Sinne sind die weiter unten zu machenden Angaben über die Gewichtsverhältnisse zu verstehen.

§ 229. Chamäleon gegen Oxalsäure und Eisenoxydul.

Eine Chamäleonbürette, weicher Eisendraht, Ammoniumeisensulfat, Oxalsäure, übermangansaures Kalium. Kupferchlorür, Kupfervitriol, Manganchlorür, Zinnchlorür, salpetersaures Kalium.

a) Titerstellung des Chamäleons. Man löse 0,5 g krystallisierte Oxalsäure in etwa 100 ccm destilliertem Wasser und füge einige Kubikcentimeter reine konzentrierte Schwefelsäure hinzu, dann bereite man eine ziemlich verdünnte, doch noch stark gefärbte Lösung von übermangansaurem Kalium und fülle damit die Chamäleonbürette bis zum Nullpunkt an. Nun erwärme man die Oxalsäurelösung auf etwa 40° und setze aus der Bürette Chamäleonlösung hinzu. Im Anfang bleibt die rote Farbe eine Zeitlang bestehen und verschwindet erst nach einiger Zeit. Ist die Flüssigkeit konzentrierter und möglichst stark mit Schwefelsäure angesäuert, so geht die Entfärbung rascher von statten. Hierbei verwandelt sich zuerst die rote Farbe in Braunrot, dann in Hellbraun, Gelb, und geht zuletzt ins Farblose über. Bei erneuertem Zusatz von Chamäleon erfolgt, wie bereits oben § 220, S. 681, erwähnt, die Entfärbung immer rascher. Zuletzt setze man das Reagens nur tropfenweise zu, bis eine rosenrote Färbung stehen bleibt. Ist dies geschehen, so lese man an der Bürette die verbrauchten Kubikcentimeter des Chamäleons ab und stelle dadurch das Oxydationsvermögen (den Gehalt an disponiblem Sauerstoff) der Chamäleonlösung fest. Da 1 Mol. krystallisierte Oxalsäure ($C_2H_4O_2 + 2H_2O = 126$) 1 Atom Sauerstoff ($O = 16$) braucht, so findet man leicht den titrimetrischen Wert von 1 ccm Chamäleonlösung.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Titerstellung kann auch durch Eisen oder Eisenoxydulsalz bewirkt werden. Man wäge ein 0,28 g schweres Stück weichen Eisendraht (wie er zum Verbinden von Flaschen benutzt wird) ab und löse denselben in verdünnter Schwefelsäure auf, indem man ihn in einem kleinen Kochflächchen mit aufgesetztem, engem, offenem Glasrohre mit der Säure erhitzt, bis alle Gasentwickelung aufgehört hat. Nach dem Abkühlen titriert man in dem Fläschchen selbst, indem man aus der Bürette so lange unter Umschütteln Chamäleon zufliefsen läfst, bis die rote Farbe nicht mehr verschwindet. Die Berechnung des Titers erfolgt hier auf Grund der Thatsache, dafs zwei Atome Fe, welche durch die Schwefelsäure bereits zu 2FeO oxydiert waren, noch ein Atom O zur höheren Oxydation brauchen, also 112 Fe : 16 O. Hieraus berechnet sich der Gehalt von 1 ccm Chamäleonlösung an disponiblem Sauerstoff.

Endlich läfst sich auch Ammoniumferrosulfat (welches in verschlossenen Gefäfsen unverändert aufbewahrt werden kann) zur Titerstellung benutzen. Das Salz hat die Formel $FeSO_4,(NH_4)_2SO_4 + 6H_2O = 392$ und braucht zur Oxydation ½ Atom O = 8. Der Titer des Chamäleons berechnet sich also nach dem Verhältnis 392 : 8.

Waren die zur Titerstellung angewendeten Substanzen rein, so mufs man bei allen drei Versuchen das gleiche Resultat erhalten.

b) Titrierung mittels Chamäleon. Nachdem in der unter a) angegebenen Weise der Titer der Chamäleonlösung genau bestimmt ist, kann man zur Titrierung eines Salzes oder überhaupt einer Substanz schreiten, welche in saurer Lösung durch übermangansaures Kalium oxydierbar ist. Hierher gehören unter anderem: die Oxydulsalze und Chlorüre des Eisens, Kupfers, Mangans und Zinns, sowie die schweflige Säure in ihren Salzen. Man löse eine abgewogene Menge der betreffenden Substanzen in Wasser, säure mit verdünnter Schwefelsäure an und titriere in der unter a) beschriebenen Weise, wonach sich dann aus dem bekannten Gehalte der Chamäleonlösung an disponiblem Sauerstoff und aus der Zahl der verbrauchten Kubikcentimeter leicht die Menge der untersuchten Substanz berechnen läfst.

Aber auch höhere Oxyde oder Chloride der genannten Metalle können mit Chamäleon titriert werden, wenn man sie zuvor durch ein geeignetes Reduktionsmittel in die niederen Oxyde umwandelt. Man versetze z. B. eine Lösung Eisenchlorid mit etwas Salzsäure und granuliertem Zink in einem Gefäfs, welches in geeigneter Weise zu verschliefsen ist, damit der atmosphärische Sauerstoff nicht störend einwirke. Nach vollendeter Reduktion titriere man in gewöhnlicher Weise. Bei Kupferoxydsalzen kann man in folgender Weise verfahren. Das Salz wird in Wasser gelöst, mit überschüssiger Traubenzuckerlösung und Kali-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

lauge versetzt und erhitzt, bis alles Oxyd zu pulverförmigem roten Oxydul reduziert ist (S. 672, § 207). Man dekantiere, wasche aus, setze Eisenchlorid und Salzsäure zu, wodurch eine entsprechende Menge des Chlorids zu Chlorür reduziert wird, und titriere nunmehr das Eisen mit Chamäleon. Die verbrauchten Kubikcentimeter von letzterem werden auf Kupfersalz umgerechnet.

Diese indirekte Methode läfst sich auch noch in anderer Weise zur Bestimmung niederer Oxyde oder Chloride benutzen, welche für sich weniger gut mit Chamäleon titriert werden können, z. B. Zinnchlorür. Man löst zu diesem Zwecke eine bekannte Menge, z. B. 0,5 g reinen Eisendraht in Salzsäure unter Zusatz von genügenden Mengen Salpetersäure, um alles Eisen in Chlorid zu verwandeln, dampft im Wasserbade zur Entfernung der freien Salpetersäure ein, verdünnt unter abermaligem Zusatz von Salzsäure mit Wasser und setzt eine abgewogene Menge des zu titrierenden Zinnchlorürs hinzu, welches unter Reduktion einer entsprechenden Menge Eisenchlorid in Zinnchlorid übergeht. (Die Menge des ersteren mufs selbstverständlich im Vergleiche mit der des Zinnchlorürs eine überschüssige sein.) Nun kann man mit Chamäleon das reduzierte Eisen titrieren und daraus leicht das Zinn berechnen.

Auf ähnliche Weise läfst sich auch die Salpetersäure mit Chamäleonlösung titrieren, wenn man sie zuvor durch Eisenvitriol reduziert. Eine bekannte Menge von reinem Eisenvitriol oder Ammoniumeisensulfat wird in einem Kölbchen unter geeigneten Vorsichtsmafsregeln, um den oxydierenden Einflufs der Luft abzuhalten, zuerst mit Schwefelsäure und dann mit der Substanz, in welcher die Salpetersäure bestimmt werden soll, z. B. Kaliumnitrat, versetzt und gekocht. Das Eisensalz mufs ausreichend sein, um alle Salpetersäure vollständig zu reduzieren. Man läfst dann Chamäleon bis zur bleibenden Rotfärbung zufliefsen und subtrahiert die verbrauchten Kubikcentimeter von derjenigen Menge, welche nötig gewesen wäre, um das Eisensalz ohne Zusatz des Nitrats zu oxydieren. Die Differenz entspricht der Menge des letzteren.

Endlich sei durch ein Beispiel gezeigt, in welcher Weise auch Oxyde, die sich gegen Chamäleon ganz indifferent verhalten, damit titriert werden können, wenn sie nur mit einer der titrimetrischen Substanzen, z. B. mit Oxalsäure, bestimmte Verbindungen eingehen, in welchem Falle man dann letztere titriert. Hat man in einer Lösung, welche Kalk und aufserdem kein anderes durch Oxalsäure fällbares Oxyd enthält, den ersteren zu bestimmen, so neutralisiert man sie, falls sie freie Salzsäure oder Salpetersäure enthält, mit Ammoniak, säuert durch etwas Essigsäure an und fällt den Kalk durch überschüssige Oxalsäure, sammelt den Niederschlag auf dem Filter, wäscht ihn mit Wasser gehörig aus und

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

sprizt ihn dann in noch feuchtem Zustande durch das durchgestofsene Filter in das Becherglas, während man ersteres mit verdünnter Salzsäure nachwäscht, wodurch zugleich der Niederschlag wieder gelöst wird. Die auf ein angemessenes Volum gebrachte, freie Oxalsäure enthaltende Lösung wird nun mit Chamäleon titriert und aus der verbrauchten Flüssigkeitsmenge der Kalk berechnet. In derselben Weise läfst sich das Bleioxyd bestimmen.

§ 230. Jod gegen unterschwefligsaures Natrium.

Jod, Jodkalium, Stärkelösung, unterschwefligsaures Natrium, Braunstein, Salzsäure. Eine kleine tubulierte Retorte (2) mit Vorlage.

Eine Lösung von unterschwefligsaurem Natrium absorbiert freies Jod, indem die Säure dadurch zu Tetrathionsäure oxydiert wird. Da das Jod mit Stärkelösung eine intensiv blaue Färbung giebt und diese sofort verschwindet, sobald alles freie Jod verbraucht ist, so eignet sich die Reaktion vortefflich zu gewissen mafsanalytischen Bestimmungen.

a) Titerstellung der Lösungen. Das Jod wendet man am besten in seiner Lösung in Jodkalium an. Etwa 6 g Jod bringe man in eine Flasche von 500 ccm Inhalt, welche 10 g reines (jodsäurefreies) Jodkalium in 100 ccm Wasser gelöst enthält. Nachdem durch öfteres Umschütteln die Lösung des Jods bewirkt ist, fülle man die Flasche mit destilliertem Wasser voll. Berührung mit Kautschuk oder Kork ist zu vermeiden. Dann stelle man eine andere Lösung von unterschwefligsaurem Natrium her, indem man 12 g des Salzes ebenfalls in 500 ccm Wasser löst; beide Flüssigkeiten müssen aufeinander eingestellt werden. Zu diesem Zwecke bringe man mittels einer Pipette 10 ccm der letzteren in ein Becherglas und setze etwas Stärkelösung (1 Teil Stärke in 100 Teilen heifsem Wasser gelöst) hinzu. Nun lasse man aus einer Fufsbürette (ohne Kautschuk) unter Umrühren Jodlösung einfliefsen, deren Farbe vollständig verschwindet, bis durch den letzten Tropfen bleibende Blaufärbung bewirkt wird. Hieraus ergiebt sich die Menge freies Jod, welche für eine gewisse Menge unterschwefligsaures Natrium verbraucht wird. Die Titerstellung kann auch in umgekehrter Weise erfolgen, indem man 10 ccm Jodlösung durch Stärke blau färbt und dann mit unterschwefligsaurem Natrium bis zum Verschwinden der Blaufärbung titriert. Im letzteren Falle bedient man sich einer gewöhnlichen Quetschhahnbürette.

b) Bestimmung von freiem Chlor und von höheren Oxyden, welche mit Salzsäure Chlor entwickeln. Das Verhalten des unterschwefligsauren Natriums zu Jod gewinnt besonders dadurch ein Interesse, dafs es auch zur Bestimmung des freien Chlors dienen kann, da letzteres

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in einer Lösung von Jodkalium freies Jod abscheidet, welches nun mit unterschwefligsaurem Natrium gemessen werden kann. Um die Ausführung einer solchen Prüfung zu zeigen, bringe man in eine kleine Retorte etwas Braunstein, übergiefse denselben mit verdünnter Salzsäure und tauche den Hals der Retorte in eine Vorlage, welche eine Lösung von reinem Jodkalium enthält. Die Menge des Salzes mufs grofs genug sein, um alles freie Chlor, welches sie aufzunehmen bestimmt ist, zu absorbieren und alles dadurch abgeschiedene Jod in Lösung zu erhalten. Man erwärme nun die Retorte durch Unterstellen einer kleinen Lampe, bis die Chlorentwickelung beendigt ist. Dann gieſse man die Flüssigkeit aus der Vorlage in ein Becherglas, spüle mit etwas destilliertem Wasser nach, färbe mit Stärkelösung blau und titriere mit unterschwefligsaurem Natrium.

§ 231. Jod gegen arsenige Säure.

Arsenige Säure, reines kohlensaures Natrium, eine Jodlösung in Jodkalium, Eau de Javelle, Chlorkalk, Jodkaliumstärkepapier.

a) Titerstellung. Wenn arsenige Säure in überschüssigem kohlensauren Natrium aufgelöst wird, so erhält man eine Flüssigkeit, welche Jodstärke entfärbt, indem sich Jodnatrium und arsensaures Natrium bilden. Beide Lösungen lassen sich also titrimetrisch aufeinander stellen. Die Jodlösung bereite man nach der im § 230 angegebenen Weise. Zur Herstellung der anderen Lösung bringe man 1,5 g arsenige Säure in einen Kolben von 500 ccm Inhalt, füge 6 g krystallisiertes reines kohlensaures Natrium und 100 ccm Wasser hinzu und erhitze die Flüssigkeit bis zum Sieden. Nachdem ein Teil der Säure unter Entwickelung von Kohlensäure gelöst worden ist, setze man nochmals 6 g krystallisiertes kohlensaures Natrium hinzu und koche bis zur vollständigen Lösung, wobei man das verdampfende Wasser wieder ersetzt. Hierauf fülle man den Kolben mit kaltem, destilliertem Wasser voll und filtriere. Beide Lösungen werden aufeinander eingestellt, indem man 10 ccm der Arsenlösung in ein Becherglas giebt, mit etwas Stärkelösung versetzt und so lange aus der Bürette Jodlösung in dünnem Strahl einfliefsen läfst, bis die Blaufärbung der Stärke nicht mehr verschwindet.

b) Chlorimetrie. Die Bedeutung dieser Reaktion mufs namentlich in ihrer Benutzung zur Bestimmung des disponiblen Chlors in Bleichsalzen erblickt werden. Die arsenige Säure wird nämlich auch durch unterchlorige Säure vollständig in Arsensäure umgewandelt, wobei das disponible Chlor bei Gegenwart von kohlensaurem Natrium in Chlornatrium übergeht. Wird demnach ein Bleichsalz (unterchlorigsaures Natrium oder Chlorkalk) mit einer überschüssigen Lösung von arsenigsaurem Natrium versetzt, so wird ein entsprechender Anteil der arsenigen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Säure oxydiert, und wenn man die Arsenlösung zuvor abgemessen hatte und nachher den verbleibenden Rest der arsenigen Säure mit Jodlösung titriert, so ergiebt sich aus der Differenz die Menge der durch das Chlor oxydierten Substanz und hieraus der Gehalt des Bleichsalzes an disponiblem Chlor.

Man bringe in ein Becherglas etwas Eau de Javelle und lasse aus der Bürette so viel Arsenlösung zufliefsen, dafs die unterchlorige Säure dadurch vollständig zerstört ist. Da beide Flüssigkeiten farblos sind, und auch die Reaktion nicht direkt wahrgenommen werden kann, so überzeugt man sich von dem Vorhandensein überschüssiger Arsenlösung dadurch, dafs man einen Streifen Jodkaliumstärkepapier [nach § 227*a*, *α*) bereitet] von Zeit zu Zeit mit einem Glasstabe, den man in die Flüssigkeit getaucht hat, betupft. Solange noch unzersetzte Unterchlorigsäure vorhanden ist, wird das Papier durch das Betupfen blau gefärbt, indem die unterchlorige Säure aus dem Jodkalium Jod frei macht. Man mufs also mit dem Zusatz so lange fortfahren, bis keine Blaufärbung mehr erfolgt. Dann läfst man noch einige Kubikcentimeter der Lösung nachfliefsen und merkt den Stand in der Bürette. Hierauf setzt man etwas Stärkelösung hinzu und titriert mit Jodlösung bis zum Auftreten einer bleibenden Blaufärbung. Da man weifs, wieviel Jodlösung zur Oxydation der Arsenlösung notwendig gewesen wäre, so erhält man durch Subtraktion der wirklich verbrauchten Menge von jener die dem Bleichsalz entsprechende Quantität.

Soll Chlorkalk in dieser Weise geprüft werden, so verreibt man eine abgewogene Menge desselben in einer Reibschale mit wenig Wasser zu einem homogenen Brei und stellt dann unter allmählichem Zusatz neuer Wassermengen eine dünne milchige Flüssigkeit her, welche man, nachdem man sie vorsichtig in ein Becherglas gebracht hat, in derselben Weise behandelt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Fünfter Abschnitt.

Wasserstoffverbindungen (Hydrüre).

ERSTES KAPITEL.

Hydrüre der Halogengruppe.

§ 232. Volumetrische Zusammensetzung des Salzsäuregases.

Eine zweischenklige Röhre aus starkem Glase mit Hähnen und Stativ (Fig. 829). Natrium, Quecksilber, ein Apparat zur Entwickelung von trockenem Salzsäuregas.

A. W. Hofmann hat die Einwirkung von Natriumamalgam auf trockenes Salzsäuregas (§ 109) benutzt, um die volumetrische Zusammensetzung, sowie die Kondensationsverhältnisse des Gases zur Anschauung zu bringen. (Einleitung in die moderne Chemie.) Man bedient sich hierzu eines starkwandigen U-Rohrs, welches, wie Figur 828 zeigt, mit zwei Glashähnen versehen ist; der eine schliefst den einen Schenkel oben ab, der andere befindet sich nahe an der unteren Biegung. Der zweite Schenkel ist offen. Zur Aufstellung des Rohrs dient ein starkes eisernes Stativ. In dieser Röhre wird die Zersetzung des Salzsäuregases in folgender Weise vorgenommen. Man öffnet den oberen Hahn, während der untere geschlossen ist, und gieſst Quecksilber in den offenen Schenkel, so dafs sich der andere vollständig damit füllt. Hierauf schliefst man den oberen Hahn und öffnet den unteren, bis das Quecksilber aus dem offenen Schenkel in ein untergestelltes Gefäfs ausgelaufen ist. Inzwischen hat man einen Salzsäureentwickelungsapparat, welcher mit Chlorcalciumtrockenrohr versehen ist, in Thätigkeit gesetzt. Wenn alle Luft aus dem Entwickelungsgefäfs und dem Trockenrohr entfernt ist (was man daran erkennt, dafs das Gas vollständig von Wasser absorbiert wird), so senkt

man eine lange, unten umgebogene Glasröhre in den offenen Schenkel, so dafs die Blasen des sich entwickelnden Chlorwasserstoffgases in dem geschlossenen Schenkel aufsteigen, bis dieser zum gröfsten Teil damit gefüllt ist. Das Quecksilber, welches hierbei in den anderen Schenkel übertritt, wird durch zeitweiliges Öffnen des unteren Hahns wieder herausgelassen (Fig. 829). Man zieht dann das Gaseinleitungsrohr heraus, beseitigt den Gasentwickelungsapparat, stellt das Niveau durch Öffnen

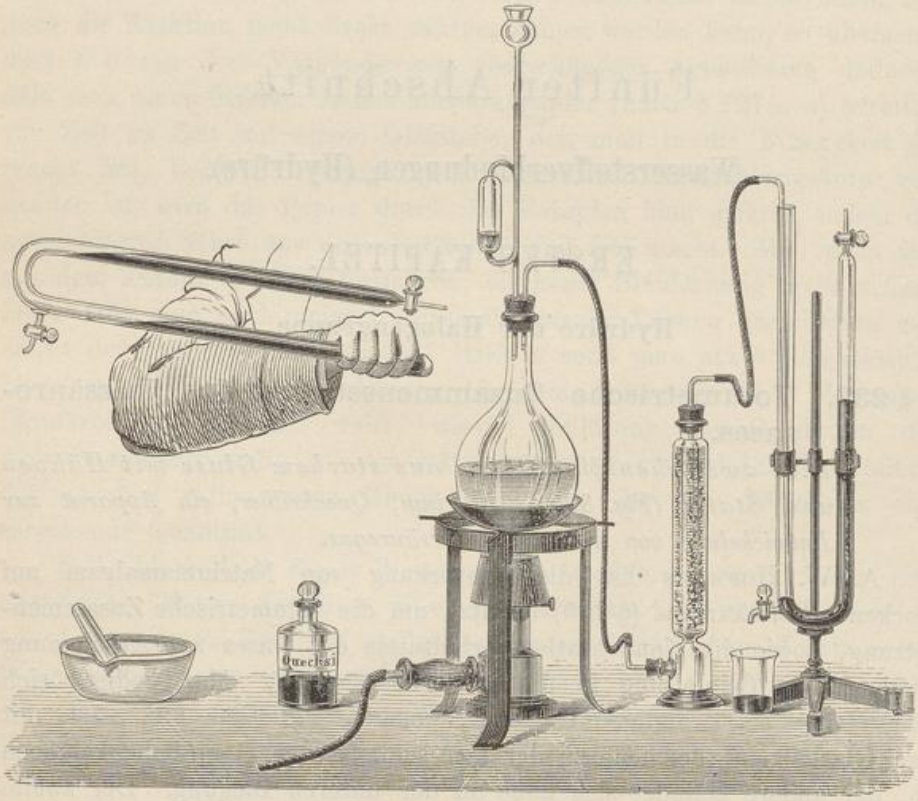


Fig. 828. Zersetzung von Salzsäure durch Natrium.

Fig. 829. Füllung des Apparats.

des unteren Hahns, bezw. Nachgiefsen von Quecksilber in beiden Schenkeln des U-Rohrs gleich und teilt den mit Gas gefüllten Raum durch Überschieben eines Kautschukrings in zwei gleiche Teile. Der offene Schenkel wird nun ganz mit Natriumamalgam, welches man durch Zusammenreiben von 1 Teil Natrium mit 250 Teilen Quecksilber hergestellt hat, angefüllt, worauf man das Rohr aus dem Stativ nimmt, den offenen Schenkel mit dem Daumen fest verschliefst und durch Neigen des Rohrs das Amalgamgemenge aus dem einen Schenkel wiederholt in den anderen

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

übertreten läfst. Hierzu bedient man sich des in Figur 828 und 831 dargestellten Handgriffs. Man mufs die Röhre mit festem Griff fassen und darf den Verschlufs, solange man schüttelt, nicht lüften. Hierzu gehört eine gewisse Sicherheit, die man sich nur durch längere Übung erwerben kann, namentlich hüte man sich, das Quecksilber zu rasch aus dem einen Schenkel in den anderen überströmen zu lassen. Das Schütteln mufs längere Zeit fortgesetzt werden, wenn man sicher sein will, dafs die Zersetzung des Gases eine vollständige ist. Zuletzt treibe man alles Gas in den geschlossenen Schenkel zurück und ziehe dann erst den Finger von der Öffnung. Nach dem Wiederaufstellen des Rohrs auf dem Stativ

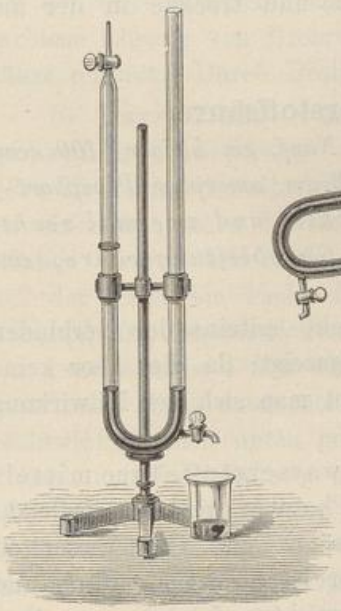


Fig. 830.

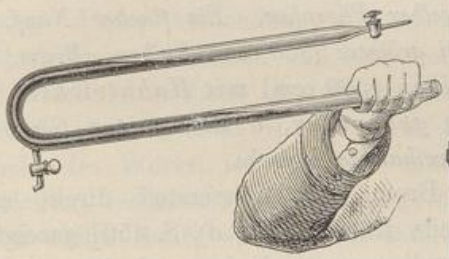


Fig. 831.

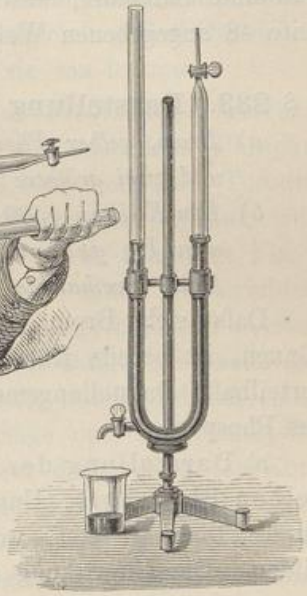


Fig. 832.

Einwirkung von Natriumamalgam auf Salzsäure.

stellt man durch Nachgiefsen von Quecksilber und, wenn nötig, durch Öffnen des Hahns das Niveau in beiden Schenkeln wieder her und kann nun beobachten, dafs das Volum des rückständigen Gases (Wasserstoff) die Hälfte des ursprünglichen beträgt.

A. W. Hofmann hat selbst auf eine Fehlerquelle hingewiesen, welche bei diesem Versuche leicht die Veranlassung sein kann, dafs das Resultat nicht ganz genau ausfällt. Wenn man nämlich nach dem Einleiten des Chlorwasserstoffgases das Glasrohr, durch welches dieses eingeführt wurde, herauszieht, so füllt sich auch der offene Schenkel mit Chlorwasserstoff, welcher rasch Feuchtigkeit anzieht und an der inneren Glaswand haften bleibt. Hierdurch erhält man etwas zu viel Wasserstoff. Diese Fehler-

quelle läfst sich leicht vermeiden, wenn man die Füllung des Rohrs in der Weise vornimmt, dafs man den Kautschukschlauch des Gasentwickelungsapparats direkt über das Rohr des oberen Hahns schiebt und letzteren dann sogleich öffnet. Man mufs sich vorher überzeugt haben, dafs der Kautschukschlauch dicht schliefst, damit nicht beim Sinken des Quecksilbers Luft mit eingezogen wird. Das beim Füllen in den offenen Schenkel eintretende Quecksilber wird auch hier wieder durch Öffnen des Hahns abgelassen.

Nach Beendigung des Versuchs gieſse man das mit dem Natriumamalgam vermischte Quecksilber in eine Porzellanschale, zersetze es durch verdünnte Salzsäure, wasche mit Wasser aus und trockne in der auf Seite 48 angegebenen Weise.

§ 233. Darstellung von Bromwasserstoffsäure.

a) Brom, gelber Phosphor. Ein flacher Napf, ein kleiner (100 ccm) und zwei gröfsere (300 ccm) Kolben. Brom, amorpher Phosphor.

b) Ein Kolben (500 ccm) mit Hahntrichter und zweimal rechtwinklig gebogener, 6 mm weiter Gasableitungsröhre, eine kleine zweihalsige Flasche.

Dafs sich Brom und Wasserstoff direkt miteinander verbinden können, ist bereits früher [§ 84, d), S. 450] gezeigt; da dies aber keine vorteilhafte Darstellungsmethode ist, so bedient man sich der Mitwirkung des Phosphors.

a) Darstellung der wässerigen Bromwasserstoffsäure mittels gelben Phosphors. Unter Mitwirkung von Phosphor wird Wasser leicht durch Brom zersetzt, wobei sich Phosphorsäure und Bromwasserstoff bilden. Die Einwirkung auf gelben Phosphor ist höchst energisch und kann nur unter Anwendung besonderer Vorsichtsmafsregeln zur Ausführung gebracht werden. Dahin gehört vor allem, dafs man eine direkte Berührung des Phosphors mit flüssigem, unverdünntem Brom vermeidet oder eine solche nur mit sehr kleinen Quantitäten bewirkt. Man gieſse zu diesem Zwecke in einen flachen Napf mit ebenem Boden etwas Wasser und einige Kubikcentimeter Brom, welches sich zum Teil darin löst. Dann granuliere man in einem kleinen Kochfläschchen etwas Phosphor, indem man denselben unter Wasser schmilzt und, nachdem er geschmolzen, mit dem Wasser bis zum Erkalten schüttelt. Hiervon bringe man nach und nach kleine Portionen in den Napf (Teller) und bewirke durch Neigen, dafs die Phosphorkörner immer nur mit einer ganz dünnen Schicht der Flüssigkeit in Berührung kommen; dies setzt man so lange fort, bis alles Brom verschwunden ist, was man an der vollständigen Entfärbung der Flüssigkeit erkennt. Man hat jetzt eine verdünnte Lösung von Brom-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wasserstoffsäure, welche man in einen gröfseren Kolben gieſst, doch mit der Vorsicht, daſs nicht Stücke unverbrauchten Phosphors mit hinein kommen. Hierauf setze man einige Kubikcentimeter Brom hinzu und schüttele. Die Bromwasserstoffsäure hat die Eigenschaft, Brom in gröfseren Mengen aufzulösen, und damit eine rotbraune Flüssigkeit zu bilden. Man lasse das ungelöste Brom absetzen und dekantiere in eine andere Flasche mit der Vorsicht, kein ungelöstes Brom mit hinüber zu bringen, und füge der gefärbten Flüssigkeit ein Stück Phosphor hinzu. Man schüttele, bis Entfärbung eingetreten ist, gieſse die klare Flüssigkeit zurück in die erste Flasche, löse neue Mengen darin auf, dekantiere in die zweite Flasche auf den Phosphor, was man so oft wiederholt, bis man eine konzentrierte farblose Lösung von Bromwasserstoff hat, die zugleich gelöste Phosphorsäure enthält. Durch Destillation trennt man sie von letzterer.

b) Darstellung wässeriger Bromwasserstoffsäure mittels amorphen Phosphors. Unter Anwendung von amorphem Phosphor geht die Reaktion weit ruhiger von statten und läſst sich, nach Topsoe*, zu einer bequemen Darstellungsmethode der Bromwasserstoffsäure verwerten. Durch den Kork eines Kolbens von 500 ccm Inhalt (s. Fig. 9 auf der Tafel am Ende des Werks) ist das Rohr eines Hahntrichters (Hahnpipette, Scheidetrichter) von etwa 50 ccm Inhalt geführt und daneben ein zweites etwa 4 mm weites Rohr, welches erst einige Centimeter gerade nach oben, dann rechtwinklig nach der Seite und hierauf abermals rechtwinklig nach unten gebogen ist. Man bringe nun 10 g amorphen Phosphor in den Kolben, gieſse 100 ccm Wasser dazu, setze den Kork auf, fülle die Kugel der Hahnpipette (bei geschlossenem Hahn) mit 35 ccm Brom**, setze den Kolben (mit Sandbad) auf einen Dreifuſs und tauche das untere offene Ende der Gasableitungsröhre in den Hals einer kleinen dreihalsigen Flasche, welche mit etwa 50 ccm Wasser gefüllt ist, so daſs das Röhrenende die Oberfläche des Wassers eben berührt. Nun öffne man den Hahn der Pipette vorsichtig, so daſs das Brom in einzelnen Tropfen ausflieſst. Jeder Tropfen bringt, indem er in dem Wasser untersinkt und mit dem amorphen Phosphor in Berührung kommt, eine kleine von einer Lichterscheinung begleitete Verpuffung hervor; deshalb lasse man das Brom anfangs nur ganz langsam eintröpfeln. Später, wenn sich

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 400. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 324.

** Um Brom zu pipettieren, verbindet man das obere Rohr der Pipette mittels eines kurzen, mit Quetschhahn versehenen Kautschukschlauchs mit einem weiteren Glasrohre, welches mit Stücken festen Ätzkalis gefüllt ist, saugt an dessen Öffnung und schlieſst, nachdem die Pipette gefüllt ist, den Quetschhahn.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

eine entsprechende Menge Bromwasserstoffsäure gebildet und in dem Wasser gelöst hat, nimmt diese das eintröpfelnde Brom auf, und von nun ab verläuft die Reaktion ganz ruhig. Von Zeit zu Zeit kann man den Kolben leise umschütteln. Die Mischung erwärmt sich im Laufe des Prozesses von selbst, und erst, nachdem alles Brom hinzugefügt ist, mufs man die Einwirkung des Phosphors durch Erwärmen und Umschütteln vervollständigen. Hierbei ereignet es sich mitunter, dafs, wenn man das Brom aus der Hahnpipette gegen das Ende zu rasch hat einfliefsen lassen, der Phosphor plötzlich auf die ganze Masse des noch vorhandenen Broms einwirkt, und die Flüssigkeit in wenig Sekunden entfärbt wird. Es entwickeln sich dann grofse Massen gasförmiger Bromwasserstoffsäure, welche indes in dem Wasser der Vorlage vollständig absorbiert wird. Um diesen gefahrlosen, doch immerhin unangenehmen Zufall zu vermeiden, mufs man, während das Brom aus der Pipette noch zufliefst und ehe man die Lampe unter dem Sandbade anzündet, den Kolben öfter umschütteln. Ist die Reaktion vollendet, so lasse man den Apparat erkalten. Hierbei wird die in dem Kolben enthaltene gasförmige Bromwasserstoffsäure von dem Wasser absorbiert und durch Luft ersetzt, welche durch den geöffneten Hahntrichter oder, falls dieser geschlossen ist, durch das Gasableitungsrohr eintritt, wenn letzteres nicht etwa zu tief in das Wasser der Vorlage eintaucht, was zu vermeiden ist. Nach dem völligen Erkalten gieſse man die Flüssigkeit aus dem Kolben und der Vorlage zusammen in eine tubulierte Retorte mit eingesetztem Thermometer und destilliere, wodurch man die wässerige Säure als eine farblose Flüssigkeit erhält, deren spezifisches Gewicht und Prozentgehalt fortwährend steigt, bis man den Siedepunkt 125—126° erreicht hat. Unter Einhaltung der oben angegebenen quantitativen Verhältnisse von Brom, Phosphor und Wasser läfst sich eine Säure von 1,49 spez. Gew. erhalten, welche 48,17 p. c. HBr enthält. Setzt man die Destillation noch länger fort, so geht wiederum eine verdünntere Säure über.

Die konzentrierte Säure raucht an der Luft stark und läfst sich längere Zeit unverändert aufbewahren.

Diese Methode eignet sich, wie gesagt, auch zur Darstellung gröfserer Mengen Bromwasserstoffsäure, in welchem Falle man dieselben Verhältnisse einzuhalten hat, aber gröfsere Gefäfse nehmen mufs.

c) Darstellung gasförmiger Bromwasserstoffsäure. Diese läfst sich in einem ebenso eingerichteten Apparate ausführen wie unter b, jedoch mit der Abänderung, dafs man die Gasableitungsröhre zunächst mit einem U-Rohre verbindet, in dessen Biegung man etwas feuchten (nicht nassen) amorphen Phosphor (zur Absorption etwa mitgerissener Bromdämpfe) bringt und aus letzterem das Gas in eine Quecksilberwanne

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

leitet, in welche man einen mit Quecksilber gefüllten Cylinder zur Auffangung des Gases verkehrt aufgestellt hat. Die Wassermenge, welche mit dem Brom und dem Phosphor zusammengebracht wird, mufs bedeutend vermindert werden. Man wende auf 1 Teil amorphen Phosphor nur 2 Teile Wasser und 10 Teile Brom an. Die Reaktion ist lebhafter und mufs mit noch gröfserer Vorsicht geleitet werden; auch kann man mit viel kleineren Mengen arbeiten, da es nur darauf ankommt, die Eigenschaften des Gases zu zeigen (1 g Phosphor und 3 ccm Brom sind völlig ausreichend); der Apparat erhält dann selbstverständlich entsprechend kleinere Dimensionen. Anstatt das Gas über Quecksilber aufzufangen, kann man es auch, wie bei der Darstellung der gasförmigen Salzsäure (§ 81) beschrieben ist, in einen Fufscylinder leiten und dann von Wasser absorbieren lassen.

§ 234. Darstellung von Jodwasserstoffsäure.

a) Jod, amorpher Phosphor. Ein Gasentwickelungskolben von 500 ccm Inhalt, ein Kühlapparat.

b) Eine tubulierte Retorte (300 ccm) mit Hahnpipette, ein Fufscylinder mit engem Halse.

c) Apparat zur Darstellung von Jodwasserstoff nach Etard.

a) Darstellung der wässerigen Säure. Einige Gramm amorpher Phosphor werden in einen Gasentwickelungskolben mit der 50fachen Menge Wasser übergossen und dann allmählich 10 Teile fein zerriebenes Jod hinzugefügt, wobei man den Kolben durch Einsenken in Wasser abkühlt. Man verschliefst letzteren, verbindet sein Gasableitungsrohr mit einem vorher zurecht gestellten Kühlapparate und destilliert die wässerige Säure unter gelindem Erwärmen des Kolbens in eine Vorlage.

b) Darstellung der gasförmigen Säure. In eine tubulierte Retorte bringe man 1 Teil amorphen Phosphor und verschliefse dieselbe mit einem Korke, in welchem das Rohr einer Hahnpipette steckt; in diese bringe man eine Auflösung von 10 Teilen Jod in wässeriger Jodwasserstoffsäure und verbinde den Hals der Retorte mit einem Gasableitungsrohre, welches man bis auf den Boden eines Fufscylinders mit engem Hals einsenkt. Durch Öffnen des Hahns läfst man die Jodlösung langsam eintröpfeln, worauf die Entwickelung anfangs ohne äufsere Wärmezufuhr beginnt. Zuletzt unterstützt man die Reaktion durch gelindes Erwärmen.* Die Jodwasserstoffsäure sammelt sich als farbloses

* Fängt man zu zeitig an zu erwärmen, so bildet sich Jodphosphonium, welches im Halse der Retorte sublimiert und das Rohr verstopfen kann (s. w. unten IV. Kapitel Phosphorwasserstoff).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gas in dem Fufscylinder und kann darin durch Wasser absorbiert werden (Bannow*). Auf diese Weise läfst sich auch eine konzentrierte wässerige Säure darstellen, indem man das Gas bis zur völligen Sättigung in eine gut abgekühlte Vorlage mit Wasser leitet.

c) Wenn Jodwasserstoffsäure in gröfseren Mengen dargestellt werden soll, kann man sich mit Vorteil eines von Etard** empfohlenen Apparats bedienen, welcher in Figur 833 abgebildet ist. Der Kolben *B* (1 l) wird mit einer genügenden Menge roten Phosphors beschickt und etwas Wasser darauf gegossen. Ein zweiter kleinerer Kolben *A* mit umgebogenem Hals wird so mit *B* verbunden, wie die Figur zeigt. Er enthält gepulvertes trockenes Jod. Durch Drehung dieses Kolbens aus der Stellung *A* in die andere *A'* kann man Jod nachschütten, sobald es erforderlich ist, ohne den Prozefs zu unterbrechen. Beim Beginne des Versuchs wird die zuerst entwickelte Jodwasserstoffsäure vom Wasser absorbiert; sobald dieses gesättigt ist, bewirken die geringsten Mengen nachgeschütteten Jods ein Entweichen von gasförmigem Jodwasserstoff durch das Ableitungsrohr *c*. Wenn sich Jodphosphonium bildet, leitet man das Gas durch ein Gemenge von Asbest oder Bimsstein mit Jod oder man kann auch zur Vermeidung dessen den Versuch umgekehrt einrichten, indem man nach Lothar Meyer*** überschüssiges Jod verwendet. Zu diesem Zwecke bringt man letzteres mit Wasser in den Ballon *B* und schüttet aus *A* den amorphen Phosphor nach.

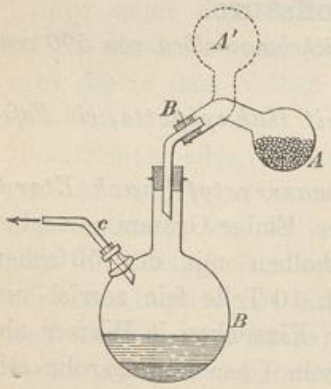


Fig. 833. Darstellung von Jodwasserstoff nach Etard.

§ 235. Reaktionen der Hydrosäuren.

Wässerige Bromwasserstoff- und Jodwasserstoffsäure, Kalium- und Natriumhydrat, kohlensaures Natrium und Barium, Eisenoxyd, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Quecksilberoxyd. Eisenpulver, Zinkpulver. Salpetersaures Quecksilberoxydul und Silbernitrat in Lösung. Eine Lösung von unterschwefligsaurem Natrium.

Um die grofse Analogie der Brom- und Jodwasserstoffsäure mit der

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 7, S. 1498. — *Chem. Centr.-Blatt* 1875, S. 2.

** *Bulletin de la Société de Chimie de Paris*, Bd. 49, S. 742. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 820.

*** *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 20, S. 3381. — *Chem. Centr.-Blatt* 1888, S. 216.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Salzsäure zu zeigen, läfst man beide auf Oxyde, Metallsalze und Metalle einwirken, und vergleicht ihr Verhalten mit dem für die Salzsäure an den betreffenden Orten früher beobachteten.

Starke Basen (Kali und Natron) werden vollkommen neutralisiert (§ 136), Carbonate unter Kohlensäureentwickelung zersetzt (§ 163) und Metalloxyde in Bromide, bezw. Jodide verwandelt (§ 138, S. 536). Die letzteren Versuche lassen sich passend in Probiergläsern ausführen. Wendet man konzentrierte Säuren an und bewirkt die Lösung durch Erwärmen, so scheiden sich meist die entstandenen Haloidsalze nach dem Abkühlen in Krystalle aus. Ferner werden verschiedene Metalle (Zink, Eisen etc.) von beiden unter Wasserstoffentwickelung gelöst (§ 148 und 149) und Quecksilber- und Silberlösungen dadurch gefällt. Bromwasserstoff bringt in der Lösung des salpetersauren Quecksilberoxyduls einen weifsen, dem Kalomel ähnlichen Niederschlag hervor. Jodwasserstoff erzeugt damit gleichfalls eine weifse Fällung.

Eine Lösung von Silbernitrat giebt mit Bromwasserstoff einen weifsen, dem Chlorsilber ähnlichen, und mit Jodwasserstoff einen gelblichen Niederschlag. Durch ihr Verhalten zu Ammoniak unterscheiden sich diese Niederschläge vom Chlorsilber. Während sich letzteres in überschüssigem Ammoniak sehr leicht löst, geschieht dies beim Bromsilber weit schwieriger, und man mufs einen viel gröfseren Überschufs von Ammoniak anwenden, um den Niederschlag wieder zu lösen. Jodsilber endlich ist in Ammoniak fast ganz unlöslich. In unterschwefligsaurem Natron aber sind alle drei Niederschläge leicht löslich. (Anwendung des letzteren Salzes in der Photographie zum Fixieren des Bildes.)

§ 236. Darstellung von Cyangas.

Quecksilbercyanid, eine Retorte aus schwer schmelzbarem Glase (3) mit Kugelvorlage und Gasableitungsrohr; eine Quecksilberwanne.

Der Apparat zur Darstellung des Cyangases ist ähnlich zusammengesetzt, wie der zur Bereitung von Sauerstoff aus Quecksilberoxyd (Fig. 479, S. 335), nur dafs man statt der Wasserwanne eine Quecksilberwanne anwendet. Einige Gramm Quecksilbercyanid werden in der Retorte stark erhitzt. Das Quecksilber verdichtet sich im Halse und in der Vorlage, und im Cylinder sammelt sich ein farbloses Gas, vor dessen Einatmung man sich zu hüten hat. Es brennt mit purpurgesäumter Flamme.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

ZWEITES KAPITEL.

Hydrüre der Sauerstoffgruppe.

I. Wasser.

§ 237. Volumetrische Zusammensetzung und Kondensationsverhältnisse des Wasserdampfs.

Ein Eudiometerrohr für Wassergas nach A. W. Hofmann (Fig. 834), ein Dampfkessel, ein Induktionsapparat.

Die Kondensation der Gase, welche sich in ungleichen Volumverhältnissen verbinden, auf zwei Volume im Moment ihrer Verbindung — eine Thatsache, welcher in der modernen Chemie eine grundlegende Bedeutung beigemessen wird — läfst sich am anschaulichsten bei der Bildung des Wassers aus seinen Bestandteilen darthun, wenn man sich dazu des in Figur 834 dargestellten, von A. W. Hofmann konstruierten Apparats bedient. Ein starkwandiges Eudiometerrohr von 1 m Länge und 10—12 mm Durchmesser mit am oberen Ende eingeschmolzenen Platindrähten ist in seiner oberen Hälfte durch übergeschobene Gummiringe in drei gleiche Teile geteilt und von einem weiteren Glasrohre, welches als Mantel dient, umgeben. Es wird ganz mit Quecksilber gefüllt und verkehrt in einem Quecksilber enthaltenden Cylinder aufgestellt, in welcher Lage man es durch zwei an einem Stativ verschiebbare Klemmen befestigt. Bei der angegebenen Länge des Rohrs bildet sich im oberen Teile ein Vakuum. Nachdem das Quecksilber in der Röhre nach einigen Schwankungen zur Ruhe gekommen ist, leitet man in den ringförmigen Raum zwischen Röhre und Mantel Wasserdampf, was während der ganzen Dauer des Versuchs fortgesetzt wird. Die Ösen der Platindrähte sind schon vorher mit dem Pole eines Induktionsapparats verbunden. Sobald man annehmen zu können glaubt, dafs die Röhre von dem Wasserdampfe gehörig durchheizt und die Temperatur eine konstante geworden ist, lasse man mittels eines umgebogenen Glasrohrs aus einem Wasserstoffentwickelungsapparate so viel trockenen Wasserstoff in die Röhre treten, dafs das Quecksilber bis zum zweiten Ringe sinkt, und fülle hierauf den Zwischenraum zwischen diesem und dem untersten Ringe mit reinem und trockenem Sauerstoffe. Damit das Gas sich gleich richtig erwärmt und nicht etwa durch nachträgliche Erwärmung sein Volum noch ändert, lasse man die Gase nur langsam in die Röhre eintreten. Anstatt beide Gase isoliert einzuführen, kann man mit Vorteil auch elektrolytisches Knallgas

einleiten, welches man mittels des in Figur 632, S. 478 abgebildeten Apparats entwickelt. Man stellt nun die obere Metallklemme durch Verschieben auf dem Metallstabe des Stativs so, dafs der Ring mit dem Stande des Quecksilbers in der Röhre genau gleiche Höhe hat, und schraubt fest. Jetzt läfst man durch Schliefsung des Induktionsapparats zwischen den Platindrähten elektrische Funken überspringen, wodurch die Verbindung beider Gase erfolgt. Die Explosion vollzieht sich trotz des

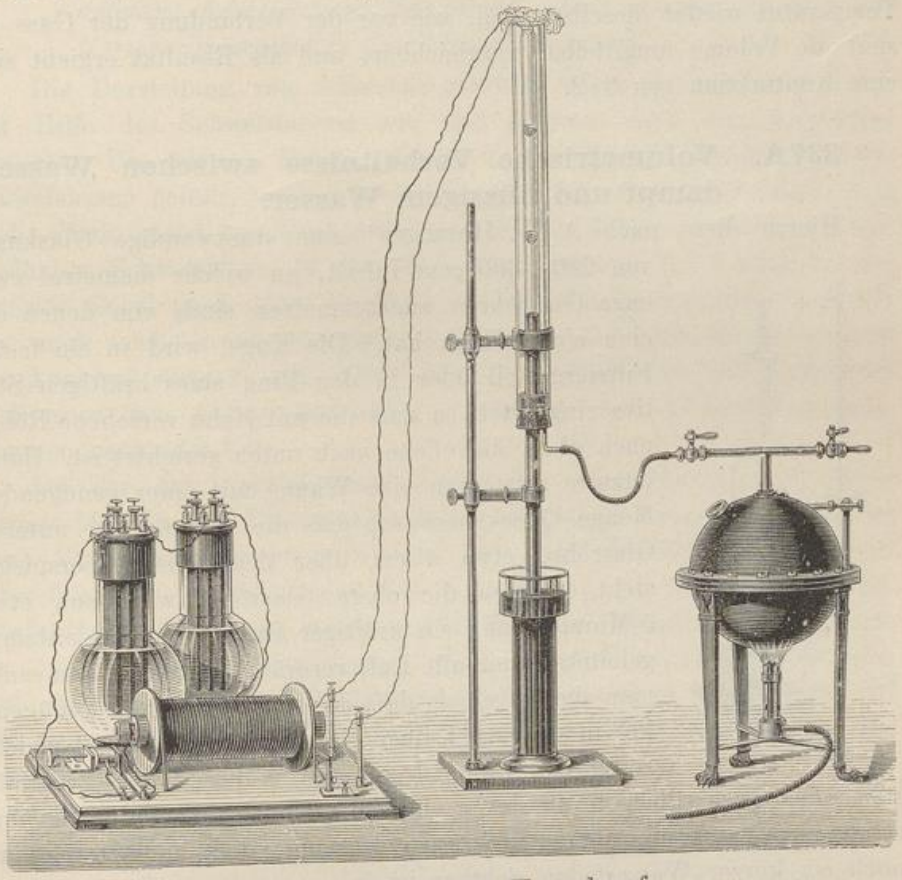


Fig. 834. Synthese des Wasserdampfs.

beträchtlichen Gasvolums ohne Gefahr, weil die Gase durch Erwärmung und verminderten Druck sehr ausgedehnt sind, weshalb sowohl bei der Entzündung keine allzustarke Volumvermehrung, als auch bei der nachfolgenden Kontraktion keine zu grofse Volumverminderung eintritt. In Bezug auf letzteren Punkt wolle man beachten, dafs die Röhre tief genug in das Quecksilber eintauchen mufs, damit ihre untere Öffnung beim Aufsteigen der Quecksilbersäule nicht etwa frei wird. Der Induktionsapparat bleibt nur einen Moment geschlossen. Nachdem das Quecksilber in der

Röhre zur Ruhe gekommen ist, mufs das Niveau desselben wieder auf die ursprüngliche Höhe gebracht werden, welche es vor dem Durchschlagen des elektrischen Funkens besafs. Man schraubt deshalb die untere Klemme am Stativ auf und senkt die Röhre so tief in das Quecksilber der Cylinderwanne ein, bis der obere Rand des Ringes der oberen Klemme (welche zu diesem Zwecke nicht fest geschlossen sein darf) wieder mit dem Quecksilber gleichsteht. Da jetzt der Druck und die Temperatur wieder dieselben sind, wie vor der Verbindung der Gase, so sind die Volume unmittelbar vergleichbar, und als Resultat ergiebt sich eine Kontraktion von 3 : 2.

§ 237A. Volumetrische Verhältnisse zwischen Wasserdampf und flüssigem Wasser.

Hierzu dient nach A. W. Hofmann* eine starkwandige Glaskugel von 200—300 ccm Inhalt, an welche diametral zwei enge Glasröhren angeschmolzen sind, von denen die eine einen Hahn hat. Die Kugel wird in ein festes Filtriergestell oder in den Ring eines kräftigen Stativs eingesetzt, so dafs die mit Hahn versehene Röhre nach oben, die offene nach unten gerichtet ist. Unter letztere setzt man eine Wanne mit einer genügenden Menge Quecksilber so, dafs die Öffnung der unteren Glasröhre etwa 1 cm über dem Quecksilberspiegel steht. Durch die obere Glasröhre wird nun etwa 5 Minuten lang ein kräftiger Strom von Wasserdampf geleitet, damit alle Luft verdrängt werde. Dann senkt man die Kugel, so dafs das untere Glasrohr genügend tief in das Quecksilber eintaucht, und schliefst gleichzeitig den Dampfstrom ab. Während des Erkaltens steigt das Quecksilber in die Höhe, füllt die Kugel vollständig aus und steigt auch noch im oberen Rohre so weit auf, dafs in letzterem nur noch ein kurzer Wasserfaden sichtbar ist.

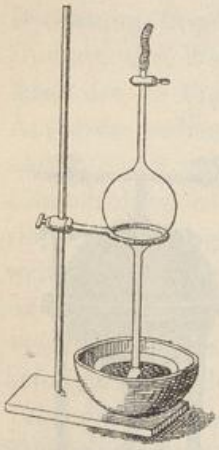


Fig. 835.

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 2656. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 361.

II. Schwefelwasserstoff.

§ 238. Darstellung von Schwefelwasserstoff.

Schwefeleisen in erbsengrofsen Stücken, staubfrei; gepulvertes Schwefelantimon, Schwefelsäure, Salzsäure. Ein Kipp'scher Apparat, ein Gasentwickelungskolben für Schwefelwasserstoff.

Die Darstellung von Schwefelwasserstoff führt man am bequemsten mit Hilfe des Schwefeleisens aus und benutzt dazu den Kipp'schen Apparat. Die mittlere Kugel wird zu $^1/_3$ mit erbengrofsen Stücken von Schwefeleisen gefüllt, welche durch Absieben vom feineren Pulver befreit sind. Dann gieſst man bei geöffnetem Hahne durch die oberste Kugel verdünnte Schwefelsäure (1 : 10 Vol.) oder Salzsäure (1 : 2 Vol.), bis die unterste Kugel ganz damit angefüllt ist, verschlieſst den Hahn und füllt nun auch noch die obere Kugel zu etwa $^1/_3$ voll. Über die Behandlung des Apparats vergl. S. 182—184. Alle Versuche mit Schwefelwasserstoff sind unter dem Abzuge auszuführen, nachdem man beide Ventilationsflammen entzündet hat.

Da der aus Schwefeleisen entwickelte Schwefelwasserstoff immer gewisse Mengen von Wasserstoff enthält, so benutzt man in Fällen, wo diese Verunreinigung nachteilig ist, zu seiner Darstellung natürliches Schwefelantimon, welches man fein pulvert, in einer gewöhnlichen Gasentwickelungsflasche mit konzentrierter Salzsäure übergieſst und erhitzt. Um die hierbei mit übergehenden Salzsäuredämpfe zurückzuhalten, leitet man das Gas durch eine Waschflasche mit Wasser und, wenn es trocken sein muſs, noch durch ein Chlorcalciumrohr oder eine Waschflasche mit Schwefelsäure.

§ 239. Darstellung von Schwefelwasserstoffwasser.

Man verbindet mehrere Woulfe'sche Flaschen (wie in Figur 583, S. 425) miteinander und mit einem Wasserstoffentwickelungsapparate und leitet das aus der letzten Flasche austretende Gas mittels eines Kautschukschlauchs direkt in den Ventilationskanal oder in Kalilauge. Die Flaschen dürfen nur zur Hälfte mit Wasser gefüllt sein und werden zeitweilig tüchtig geschüttelt. Man reguliere den Strom so, daſs in der Sekunde höchstens vier Blasen hindurch gehen, und erhalte ihn 20 bis 30 Minuten lang im Gange. Das fertige Schwefelwasserstoffwasser wird dann in eine wohl zu verschlieſsende Flasche gefüllt und diese im Dunkeln aufbewahrt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 240. Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Metalle.

Kalium, Kupferspäne. Ein Kugelrohr; ein böhmisches Rohr mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr. Ein Schwefelwasserstoffapparat.

a) Verbrennung von Kalium in Schwefelwasserstoff. Man bringe ein kleines Stück Kalium in ein Kugelrohr, verbinde dasselbe mit dem Schwefelwasserstoffapparat und erhitze die Kugel, nachdem alle Luft ausgetrieben ist, durch eine kleine Flamme. Das Kalium schmilzt, entzündet sich und verbrennt zu Schwefelkalium, welches man durch Einsenken der Röhre in Wasser löst.

b) Zersetzung von Schwefelwasserstoff durch Kupfer. Ein böhmisches Rohr wird mit Kupferspänen gefüllt, auf zwei Röhrenträger gelegt und nach Einschaltung eines Chlorcalciumrohrs mit einem Schwefelwasserstoffentwickelungsapparat verbunden. Nachdem die Gasentwickelung in Gang gesetzt und alle Luft aus dem Rohr vertrieben ist (wovon man sich in der bekannten Weise überzeugt), entzündet man das austretende Gas. Die Farbe zeigt die charakteristisch umsäumte Flamme des Schwefelwasserstoffs und scheidet auf einem hineingehaltenen kalten Porzellanscherben Schwefel ab. Nun erhitze man durch eine Röhrenheizlampe das Rohr von aufsen (der Apparat und die Ausführung des Versuchs entsprechen ganz dem in § 21, Fig. 470 durch Wort und Bild erläuterten Erhitzen von Kupfer im Wasserstoffstrome). Sobald das Kupfer in der Röhre heifs genug geworden ist, wirkt es zersetzend auf den Schwefelwasserstoff, verbindet sich mit dem Schwefel zu Kupfersulfür, und die Flamme scheidet nun keinen Schwefel mehr an kalten Flächen aus.

§ 241. Volumetrische Zusammensetzung des Schwefelwasserstoffgases.

Ein knieförmig umgebogenes, an der einen Seite geschlossenes Gasrohr, eine Quecksilberwanne. Ein Kolben (500 ccm) zur Entwickelung von Schwefelwasserstoff aus Schwefelantimon, eine Waschflasche mit Schwefelsäure.

Die volumetrische Zusammensetzung und die Kondensationsverhältnisse des Schwefelwasserstoffgases lassen sich nicht unmittelbar zur Anschauung bringen, sondern nur auf indirektem Wege darthun. Man benutzt dazu seine Einwirkung auf Metalle und vergleicht das rückständige Gasvolum mit dem ursprünglichen. Zu diesem Zwecke füllt man eine knieförmig gebogene, an der einen Seite geschlossene Glasröhre mit Quecksilber, taucht sie in der Quecksilberwanne unter und füllt sie mit aus Schwefelantimon (§ 238) entwickeltem und wohlgetrocknetem Schwefelwasserstoff bis zu einer gewissen, durch einen übergeschobenen Kaut-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

schukring zu markierenden Höhe (Fig. 836), schiebt dann mittels eines Drahts ein Stück Zinn in den Gasraum und erhitzt die Stelle, wo dasselbe liegt, mittels einer untergesetzten Lampe (Fig. 837) bis zur vollständigen Zersetzung des Schwefelwasserstoffs. Das Quecksilber sinkt dabei infolge der Erwärmung des Gases (man tauche das Rohr tief genug in Quecksilber, um ein Austreten des Gases zu verhüten), nimmt aber nach dem Abkühlen sein voriges Volumen wieder ein. Durch Rechnung unter Zuhilfenahme des spez. Gewichts des Schwefelwasserstoffs und des Schwefeldampfs läfst sich die volumetrische Zusammensetzung ableiten, und daraus, dafs der Wasserstoff nach der Zersetzung dasselbe Volum einnimmt, wie der Schwefelwasserstoff selbst, ergiebt sich eine Kontraktion von 3 : 2.

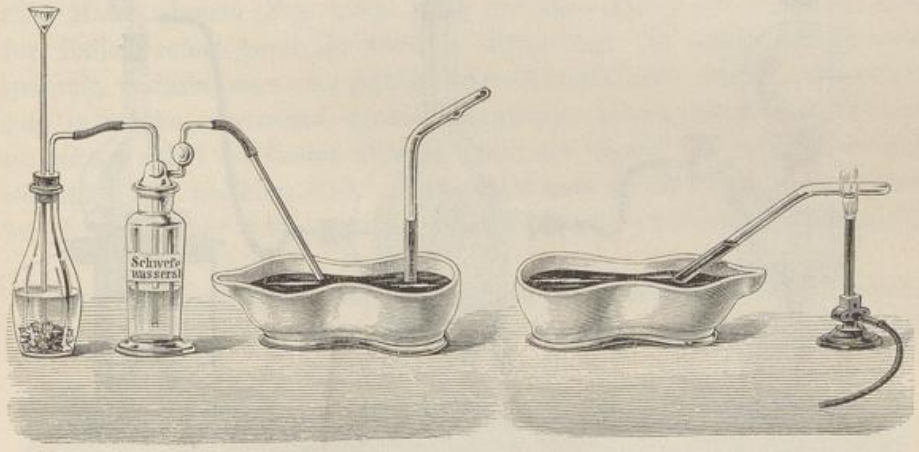


Fig. 836. Fig. 837.

Zersetzung von Schwefelwasserstoff durch Zinn.

§ 242. Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu Sauerstoff und höheren Oxyden.

Schwefelwasserstoffwasser, rote rauchende Salpetersäure; ein kleiner Fufscylinder (300 ccm). Bleisuperoxyd. Ein Schwefelwasserstoffentwickelungsapparat.

Wenn Schwefelwasserstoffwasser längere Zeit in nur zur Hälfte gefüllten Flaschen mit der Luft in Berührung bleibt und zeitweilig aufgeschüttelt wird, so scheidet sich Schwefel ab, was auf eine partielle Reduktion des Wasserstoffs durch den Sauerstoff der Luft zurückzuführen ist.

Mit roter, rauchender Salpetersäure in Berührung gebracht, entzündet

sich Schwefelwasserstoffgas (A. W. Hofmann*). Der Versuch kann in folgender Weise ausgeführt werden. Man fülle einen kleinen Fufscylinder (300 ccm), der durch eine aufgeschliffene Glasplatte zu bedecken ist, über warmem Wasser ganz mit reinem Schwefelwasserstoffgas (aus natürlichem Schwefelantimon bereitet [§ 238]) und trage dabei Sorge, dafs kein Wasser im Cylinder bleibt. Dann stelle man ihn aufrecht unter den Abzug, erwärme in einem Porzellanlöffel einige Kubikcentimeter roter, rauchender Salpetersäure gelinde, ziehe die Glasplatte von dem Cylinder ab und giefse in demselben Moment die Salpetersäure ein. Das Gas in dem

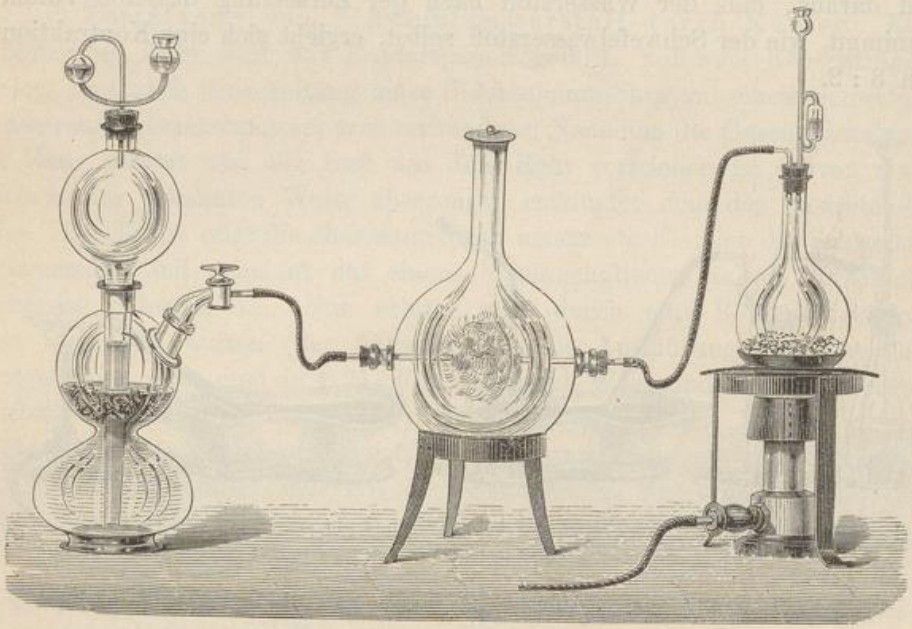


Fig. 838. Einwirkung von schwefliger Säure auf Schwefelwasserstoff.

Cylinder entzündet sich, wobei starke rot gefärbte Dämpfe entweichen, während sich die Innenwand mit ausgeschiedenem Schwefel bedeckt. Man stelle sich bei der Ausführung des Versuchs hinter das Seitenfenster des Abzugs (vgl. Fig. 544, S. 390) oder suche sich auf andere Weise gegen das Verspritzen von Salpetersäure zu decken.

Man bringe etwas wohlgetrocknetes Bleisuperoxyd in eine kleine Porzellanschale und leite durch eine Glasröhre Schwefelwasserstoffgas, welches ein Chlorcalciumrohr passiert hat, unmittelbar darauf. Beide Substanzen wirken unter starker Erwärmung aufeinander ein, wodurch sich das ausströmende Gas entzündet.

---

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 3, S. 658. — *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 513.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 243. Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu schwefliger Säure.

Ein grofser, an zwei Seiten mit Tubulaturen versehener Ballon nebst Untersatz, ein Schwefelwasserstoffentwickelungsapparat, eine Gasentwickelungsflasche zur Darstellung schwefliger Säure.

Der Ballon wird mit den Gasentwickelungsapparaten in der Weise verbunden, dafs man durch weite Glasröhren beide Gase in sein Inneres leiten kann. Man setze zuerst die Entwickelung der schwefligen Säure in Gang und moderiere dieselbe durch sorgfältige Regulierung der Flamme. Dann drehe man den Hahn des Schwefelwasserstoffapparats auf. Sobald beide Gase zusammentreffen, erfüllt sich der Ballon mit dicken Wolken feinpulverigen Schwefels, welcher sich an den Wandungen als eine feuchte, zähe Masse absetzt (Fig. 838). Nach der Beendigung des Versuchs mufs der Ballon sofort gereinigt werden, indem man ihn zuerst mit Wasser ausspült, wodurch man eine gelb gefärbte Schwefelmilch erhält; dann stopft man in Stücke zerrissenes, grobes Löschpapier hinein, setzt etwas Wasser zu und schwenkt den Ballon allseitig damit aus, worauf man mit Wasser gut nachspült und trocknen läfst. Verabsäumt man die Reinigung, so trocknet der Schwefel sehr fest an und ist dann äufserst schwierig zu beseitigen.

§ 244. Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Halogene.

a) *Derselbe Ballon wie zum vorigen Versuche, ein Schwefelwasserstoff- und ein Chlorentwickelungsapparat.*

b) *Zwei Fufscylinder, Schwefelwasserstoffwasser, Chlorwasser.*

c) *Jod, Brom, Schwefelkohlenstoff.*

a) Einwirkung auf Chlor. Nachdem der Apparat zusammengestellt ist, wie Figur 838 zeigt, setzt man den Chlorentwickelungsapparat in Gang und öffnet, sobald sich der Inhalt des Ballons grün gefärbt zeigt, den Hahn des Schwefelwasserstoffapparats. Es treten wiederum gelbe Wolken von ausgeschiedenem Schwefel auf, indem sich der Schwefelwasserstoff mit dem Chlor unter Bildung von Salzsäure zersetzt. Wenn man den Versuch so leitet, dafs immer überschüssiges Chlor vorhanden ist, so bildet sich durch direkte Vereinigung Chlorschwefel, welcher sich am Boden des Ballons als ein rotgelbes Öl ansammelt. Auch hier verabsäume man die sofortige Reinigung nicht.

Die Einwirkung von Chlor auf Schwefelwasserstoff geht auch in wässeriger Lösung von statten, nur dafs sich hierbei kein Chlorschwefel bilden kann, weil dieser sofort durch das Wasser zersetzt werden würde. Man kann dies auf zweierlei Weise zeigen: entweder durch Einleiten von Chlorgas in Schwefelwasserstoffwasser (Fig. 839) oder durch Einleiten von

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schwefelwasserstoffgas in Chlorwasser (Fig. 840). In beiden Fällen trübt sich die Flüssigkeit durch ausgeschiedenen Schwefel milchig.

b) Einwirkung auf Brom. Löst man Brom in Wasser und leitet Schwefelwasserstoff ein, so verschwindet die rote Färbung der Lösung rasch unter Ausscheidung von Schwefel und Bildung von Bromwasserstoffsäure, welche in der Flüssigkeit gelöst bleibt. Die Reaktion verläuft ganz

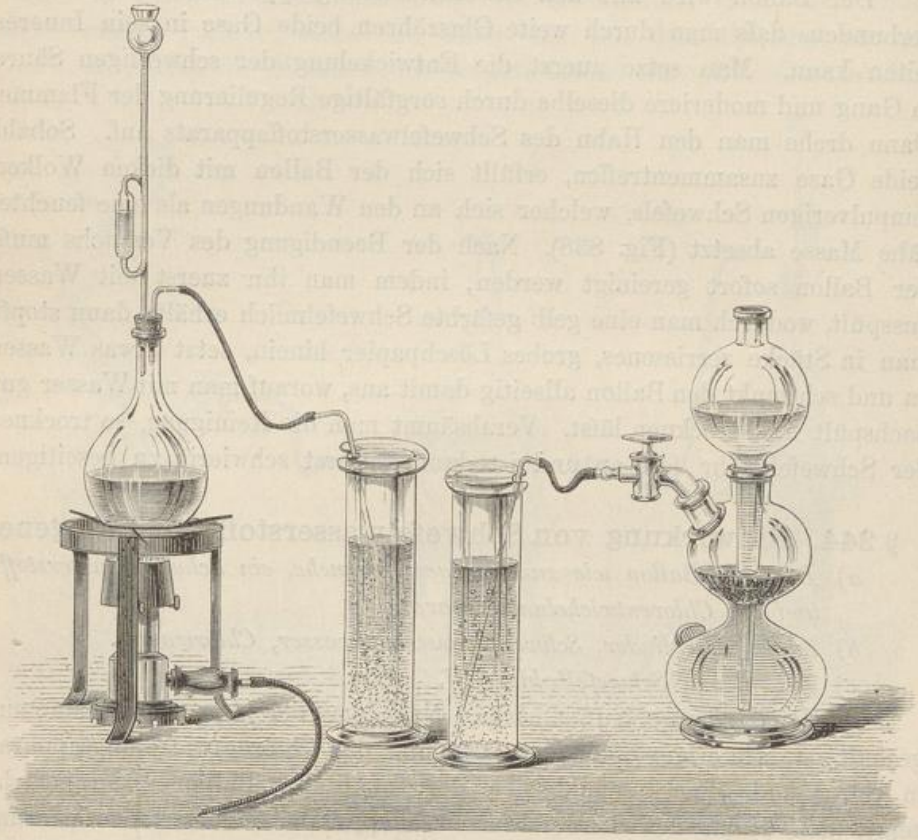


Fig. 839. Einwirkung von Chlorgas auf Schwefelwasserstoffwasser.

Fig. 840. Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf Chlorwasser.

glatt und kann als eine Methode zur bequemen Darstellung von Bromwasserstoffsäure dienen, welche man durch Zusatz von neuen Mengen Brom unter fortdauernder Wasserstoffentwickelung in immer konzentrierterem Zustand erhält. Der Schwefel ballt sich hierbei nach einiger Zeit zu einer weichen, zähen Masse zusammen. Nach Beendigung der Einwirkung gießt man die Lösung in einen Kolben, verbindet denselben mit einem Kühlapparat und destilliert die wässerige Säure über, welche man als farblose Flüssigkeit erhält (vgl. S. 710).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

c) Einwirkung auf Jod. Diese verläuft ganz in derselben Weise wie die auf Brom. Die Entfärbung der dunkelbraunen Flüssigkeit geht, sobald überschüssiger Schwefelwasserstoff vorhanden ist, mit grofser Präcision von statten und ist auch in der Ferne deutlich wahrnehmbar, noch schärfer, wenn man etwas Stärkelösung zusetzt. Nach einem Vorschlag von C. WINKLER* soll man das Jod in Schwefelkohlenstoff lösen und Wasser darauf giefsen. Die Reaktion geht dann innerhalb der Schwefelkohlenstofflösung von statten, und der ausgeschiedene Schwefel bleibt ebenfalls gelöst, während die Jodwasserstoffsäure von dem Wasser aufgenommen wird. Die Menge des Schwefelkohlenstoffs mufs ausreichend sein, um allen Schwefel gelöst zu halten. Die Menge des Wassers wird man gröfser oder kleiner zu nehmen haben, je nachdem man eine schwächere oder stärkere Säure zu erzielen wünscht. Das Gefäfs, in welchem sich die Reaktion vollzieht, kühlt man durch Einsetzen in kaltes Wasser ab. Wenn die violette Farbe der Schwefelkohlenstofflösung in eine rein gelbe übergegangen ist, so unterbricht man den Gasstrom, trennt beide Flüssigkeiten durch einen Scheidetrichter, erhitzt die wässerige Lösung zuerst in einer Porzellanschale zum Sieden, um den aufgenommenen Schwefelkohlenstoff zu verjagen, und destilliert die Säure dann aus einem Kolben.

§ 245. Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu Metallsalzlösungen.

Lösungen von Alaun, Chromchlorid, Kaliumdichromat, Eisenchlorid, Ferrosulfat, Manganosulfat, Kaliumpermanganat, Nickel- und Kobaltnitrat, Zinksulfat, essigsaurem Manganoxydul, Zinnchlorür, Zinnchlorid, Platinchlorid, Goldchlorid, Silbernitrat, Bleinitrat, Quecksilbernitrat, Kupfersulfat, Kadmiumsulfat, arseniger Säure und Brechweinstein. Ein Schwefelwasserstoffapparat, mehrere Kelchgläser. — Flaschenapparat (Fig. 841).

Das äufserst charakteristische Verhalten des Schwefelwasserstoffs zu Metallsalzlösungen läfst sich am passendsten beim Unterrichte gleich in der Weise demonstrieren, wie es in der analytischen Chemie zur Trennung der verschiedenen Metallgruppen benutzt wird.

a) Schwermetalle, welche aus saurer Lösung nicht, wohl aber aus alkalischer oder neutraler Lösung gefällt werden (Metalle der Eisengruppe). Die Oxydulsalze des Eisens, Mangans, Kobalts und Nickels, sowie die Salze des Aluminiums, Chromoxyds und Uranoxyds, und ebenso die entsprechenden Haloidverbindungen erleiden, wenn sie mit Salzsäure oder Schwefelsäure angesäuert sind, durch Schwefel-

* *Chem. Centr.-Blatt* 1868, S. 816.

wasserstoff keine Veränderung: sie bleiben gelöst, und der Schwefelwasserstoff geht unverändert durch. Man stelle eine Reihe Kelchgläser nebeneinander, fülle sie mit stark verdünnten Lösungen von Alaun, Chromchlorid* oder Chromsulfat, Zinksulfat, Kobalt- und Nickelsulfat, Urannitrat, füge zu jeder einige Kubikcentimeter reiner Salzsäure hinzu und leite der Reihe nach Schwefelwasserstoff ein, indem man das Gasableitungsrohr des Kipp'schen Apparats einsenkt. Das Gas geht unverändert durch, und auch die Metallsalzlösungen zeigen keinerlei Veränderung.

Dagegen werden einige höhere Oxyde dieser Gruppe reduziert: Eisenoxyd (-chlorid), Chromsäure und Übermangansäure. Man gieſse einige Kubikcentimeter dieser Lösungen in drei nebeneinander stehende Kelchgläser, verdünne sie mit Wasser, setze Salzsäure hinzu und leite Schwefelwasserstoff ein. Die gelbe Eisenoxyd- oder Eisenchloridlösung

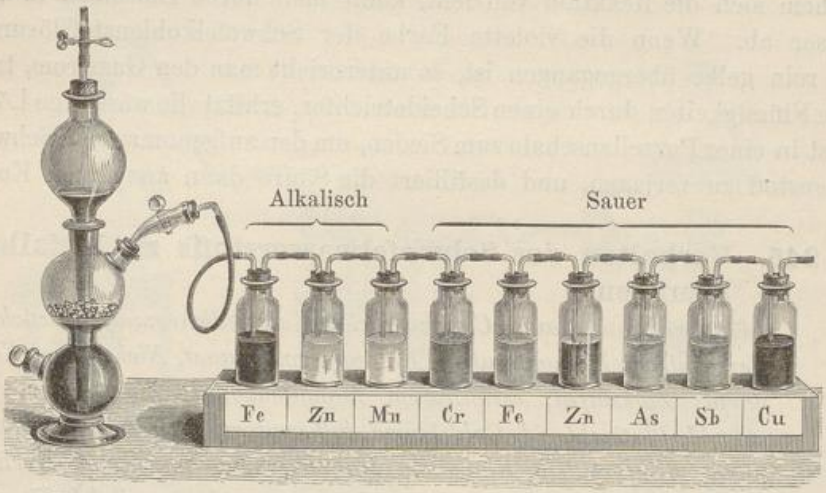


Fig. 841. Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Salzlösungen.

wird blaſsgrünlich (Eisenchlorür), die rote der Chromsäure grasgrün (Chromchlorid) und die dunkelrotviolette der Übermangansäure farblos (Manganchlorür). In allen drei Fällen scheidet sich Schwefel ab, welcher die Flüssigkeit trübt.

Versetzt man die sämtlichen Lösungen, während sie noch mit Schwefelwasserstoff gesättigt sind, mit Ammoniak, so entsteht in allen ein Niederschlag, und zwar besteht derselbe in der Alaun- und Chromchloridlösung

* Das pfirsichblütrote krystallisierte Chromchlorid wird in Wasser verteilt und gelinde erwärmt. Es löst sich nicht. Dann setzt man eine Messerspitze voll Zinkstaub hinzu, worauf unter Grünfärbung der Flüssigkeit rasch Lösung eintritt. Chromchlorid wird nämlich löslich, wenn in dem Wasser eine ganz geringe Menge Chromchlorür enthalten ist (s. oben S. 676).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

aus den Oxyden, in den übrigen aus den Sulfiden der betreffenden Metalle. Auf die Farbenunterschiede ist hierbei aufmerksam zu machen. Soll der Zinkniederschlag rein weifs, und der Manganniederschlag rein fleischrot sein, so müssen beide Salze frei von jeder Spur Eisen sein.

b) Schwermetalle (und Metalloide), welche aus saurer Lösung als Sulfide gefällt werden. Man bereitet in einer Reihe nebeneinander stehender Kelchgläser verdünnte Lösungen von Bleinitrat, Quecksilberchlorid, Silbernitrat, Kupfersulfat, Kadmiumsulfat, Zinnchlorür, Zinnchlorid, Platinchlorid, Goldchlorid, arseniger Säure (durch Kochen mit Salzsäure) und Brechweinstein, versetzt eine jede der Lösungen mit einigen Kubikcentimetern reiner Salzsäure, leitet der Reihe nach Schwefelwasserstoff ein und beobachtet die Färbung der Niederschläge. Um die Farben der hellgefärbten Niederschläge (Zinnchlorid, arsenige Säure und Brechweinstein) nicht zu verunreinigen, wende man für die entsprechenden Lösungen besondere Glasröhren an, die man in das Kautschukrohr des Entwickelungsapparats einschiebt.

Sämtliche unter a) und b) beschriebenen Versuche lassen sich, wenn die Lösungen vorher präpariert sind, sehr bequem im Laufe einer Unterrichtsstunde ausführen. Um von dem Geruch des Gases nicht belästigt zu werden wärmt man schon einige Zeit vorher beide Ventilationsröhren des Abzugs gehörig an. Einige der charakteristischten dieser Reaktionen lassen sich nun sehr anschaulich noch einmal nebeneinander in folgender Weise durch das Experiment vorführen. Neun kleine weithalsige Fläschchen (sogenannte Opodeldokgläser) werden durch Gaseinleitungs- und Gasableitungsröhren in der Weise miteinander verbunden, wie es die Figur 841 zeigt, nachdem man zuvor in jedes einige Kubikcentimeter der folgenden Lösungen hineingegossen hat: 1. eine stark mit Eisenoxydhydrat versetzte Lösung von Eisenchlorid; 2. eine mit überschüssigem Chlor oder Ammoniak versetzte Lösung von reinem Zinkvitriol; 3. eine neutrale mit einigen Tropfen Ammoniak versetzte Lösung von reinem Manganchlorür oder schwefelsaurem Manganoxydul; 4. eine mit Schwefelsäure versetzte Lösung von Kaliumdichromat; 5. eine mit überschüssiger Salzsäure versetzte Lösung von Eisenchlorid; 6. eine mit überschüssiger Schwefel- oder Salzsäure versetzte Lösung von Zinkvitriol; 7. eine saure Lösung von arseniger Säure; 8. eine saure Lösung von Brechweinstein; 9. eine saure Lösung von Kupfervitriol. Nachdem alle Stöpsel dicht verschlossen sind, setzt man den Schwefelwasserstoffapparat in Thätigkeit. Um den Flüssigkeitsdruck zu überwinden, wird es in der Regel nötig sein, die obere Öffnung des Schwefelwasserstoffapparats zu verschliefsen, nachdem die Säure in der mittleren Kugel fast ganz hinausgedrückt ist; besser aber dürfte es sein, ein Sicherheitsrohr aufzusetzen und etwas

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Quecksilber hineinzugiefsen. Die Füllung beginnt in der ersten Flasche und schreitet dann von Flasche zu Flasche weiter fort; dabei entsteht in jeder (mit Ausnahme der 6.) ein anders gefärbter Niederschlag, und zwar ist derselbe in 1. schwarz, 2. weifs, 3. fleischrot, 4. hellgelb (Schwefel), 5. hellgelb (Schwefel), 7. gelb, 8. orange, 9. schwarz.

Fig. 842.

Statt dieses Flaschenapparats kann man sich auch eines von Fiumi* angegebenen Apparats bedienen, um die Einwirkung des Schwefelwasserstoffgases auf die verschiedenen Metallsalze zu zeigen. Dieser Apparat ist in Figur 842 abgebildet. Er ist circa 30 cm hoch und besteht aus sechs Gefäfsen, von denen in der Figur nur drei *a*, *b*, *c* gezeichnet sind. Das obere Ableitungsrohr wird mit dem unteren Zuleitungsrohr eines zweiten analogen Apparats verbunden. Die Röhre *r* führt zum Schwefelwasserstofferzeuger. In die einzelnen Flaschen sollen die verschiedenen Metallsalzlösungen kommen und werden, wie oben beschrieben, gefällt.

c) Leichtmetalle. Die Salze der Leichtmetalle (Kalium-, Calcium- und Magnesiumgruppe) geben weder in saurer, noch in alkalischer Lösung mit Schwefelwasserstoff einen Niederschlag, sie bleiben überhaupt (mit Ausnahme der alkalischen Carbonate) vollkommen unverändert. Die freien Alkalien dagegen absorbieren den Schwefelwasserstoff lebhaft unter Bildung von Sulfiden.

Leitet man in konzentrierte Kali- oder Natronlauge Schwefelwasserstoffgas ein, so wird dasselbe vollständig verschluckt, keine Blase gelangt bis zur Oberfläche, und erst, nachdem die Lösung vollständig gesättigt ist, geht das Gas unverändert durch. Die Flüssigkeit ist nun eine Lösung von Kalium- bezw. Natriumhydrosulfid. Vermischt man sie mit dem gleichen Volum Kali-, bezw. Natronlauge, so erhält man Lösungen von Kalium-, bezw. Natriumsulfid. (Einfachschwefelkalium, Einfachschwefelnatrium.) Alle riechen stark nach Schwefelwasserstoff und zersetzen sich an der Luft unter Absorption von Kohlensäure und Sauerstoff.

Auch Ammoniakflüssigkeit absorbiert den Schwefelwasserstoff und bildet damit eine klare, sehr stark und übelriechende Flüssigkeit, welche, wenn sie mit Schwefelwasserstoff ganz gesättigt ist, Ammoniumhydrosulfid enthält. Setzt man ihr ein gleiches Volum Ammoniakflüssigkeit hinzu, so ist sie eine Lösung von Einfachschwefelammonium.

Die Lösungen der alkalischen Sulfide werden durch Säuren, selbst durch schwache, leicht zersetzt unter Entwickelung von Schwefelwasser-

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 22, S. 376. — *Chem. Centr.-Blatt* 1898, II, S. 2.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

stoff. Sie erleiden mit den neutralen Metallsalzlösungen der Eisengruppe eine Wechselzersetzung unter Abscheidung von Schwermetallsulfiden; deshalb finden sie, besonders das Schwefelammonium, in der analytischen Chemie Verwendung. Versetzt man in einem Probiergläschen eine neutrale Lösung von Eisensulfat, Mangansulfat oder Zinksulfat mit einigen Tropfen Schwefelammonium, so entsteht sogleich ein Niederschlag, im ersten Falle ein schwarzer, im zweiten ein fleischroter, im dritten ein weifser. Ferner bilden die alkalischen Sulfide mit gewissen Metallsulfiden (Zinn, Gold, Platin), sowie mit Schwefelarsen und Schwefelantimon lösliche Doppelverbindungen und lassen sich aus diesem Grunde zur Trennung der in saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff entstehenden Niederschläge benutzen. Erzeugt man in einem Probiergläschen durch Versetzen einer etwas angesäuerten Zinnchloridlösung mit Schwefelwasserstoffwasser einen Niederschlag, setzt dann überschüssiges Schwefelammonium hinzu und schüttelt, so löst sich der Niederschlag darin wieder auf. Ebenso verhalten sich die anderen oben genannten Sulfide. Wird dagegen eine Metallsalzlösung der Bleigruppe (Blei, Quecksilber, Silber, Kupfer, Kadmium) ebenso behandelt, so bleibt der Niederschlag ungelöst.

DRITTES KAPITEL.

Hydrüre der Stickstoffgruppe.

I. Ammoniak und Ammonium.

Die Darstellung des Ammoniaks aus Ammoniaksalzen durch Einwirkung stärkerer Basen ist bereits früher (§ 160, S. 569) besprochen und durch Versuche erläutert. An diesem Orte wird es sich darum handeln, seine Bildung, seine Zersetzung und seine volumetrische Zusammensetzung, sowie seine Natur zu demonstrieren.

§ 246. Bildungsweisen des Ammoniaks.

a) *Ein Wasserstoffentwickelungsapparat, ein Gasentwickelungskolben zur Darstellung von Stickoxyd, eine kleine dreihalsige Flasche, ein Kugelrohr.*

b) *Kalilauge und festes Kaliumhydrat, Kaliumnitrat, Kaliumnitrit, Ammoniumnitrat, Zink- und Eisenstaub. Fein geschnittene Horn- oder Lederspäne.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Von den mancherlei Entstehungsweisen des Ammoniaks können hier nur die aus den Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs und aus organischen, stickstoffhaltigen Körpern in Betracht kommen.

a) Aus Stickoxyd und freiem Wassertoff. Beide Gase wirken nicht direkt aufeinander ein, wohl aber, wenn sie mit gewissen (sogen. Kontakt-) Substanzen in Berührung kommen. Es bildet sich dann Ammoniak und Wasser. Diese Vereinigung bewirken: Platinschwamm, Eisenoxyd, gepulverter Bimsstein, und schwächer auch Zinkoxyd, Zinnoxyd und Kupferoxyd. Die Reaktion läfst sich durch den in Figur 843 abgebildeten Apparat bewirken. Die Mischung der Gase erfolgt in einer kleinen dreihalsigen Flasche, in welche man durch ein bis auf den Boden reichendes Rohr Wasserstoff und durch ein zweites, weniger tief endigendes Rohr Stickoxydgas einleitet, während ein in der dritten Öffnung steckendes Glasrohr das Gasgemenge einem Kugelrohr zuführt, dessen Kugeln man zur Hälfte mit gepulvertem Eisenoxyd gefüllt hat. Man treibt zuerst durch Öffnen des Hahns im Wasserstoffentwickelungsapparate alle Luft aus der Flasche und dem Rohr, schliefst dann den Hahn und setzt durch

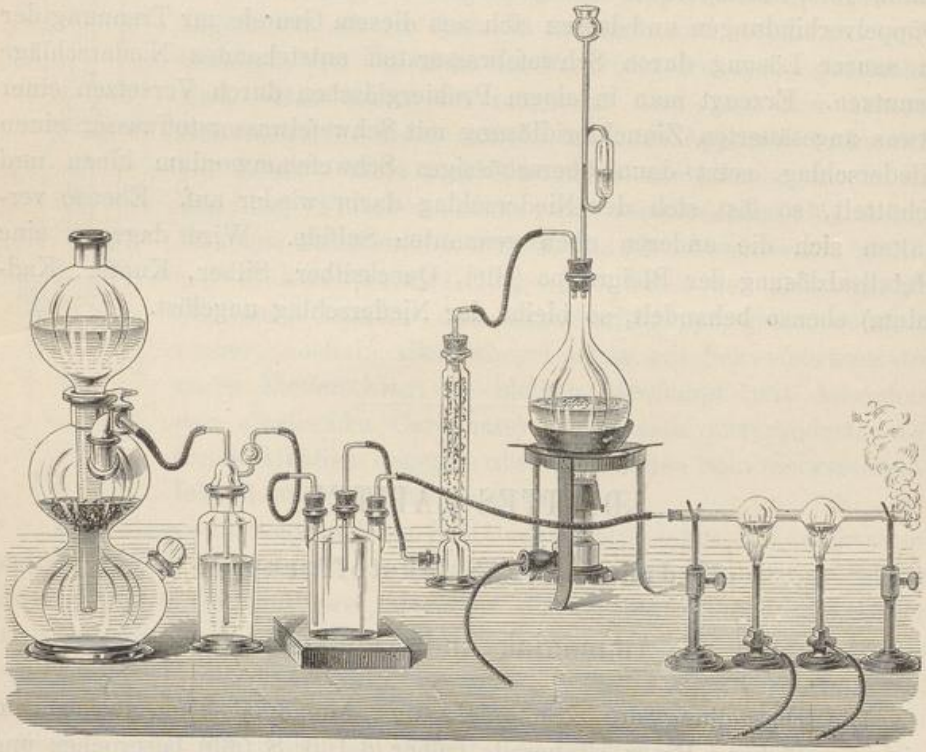


Fig. 843. Bildung von Ammoniak aus Stickoxyd und Wasserstoff.

Eingiefsen von Salpetersäure in die Gasentwickelungsflasche die Stickoxydentwickelung in Gang. Während dies geschieht, schiebe man über das freie Ende der Kugelröhre einen Kautschukschlauch und leite das zuerst rotgefärbte Gasgemenge in den Ventilationskanal. Sobald alle Färbung in der Gasentwickelungs-, sowie in der Mischflasche verschwunden ist, lasse man durch Öffnen des Hahns von neuem Wasserstoff zutreten, ziehe den Kautschukschlauch von der Kugelröhre ab und erhitze die Kugeln mäfsig. Das Eisenoxyd gerät bald ins Glühen, und aus dem offenen Ende der Röhre sieht man reichliche Mengen Dämpfe austreten, welche ein Gemenge von Wasserdampf und Ammoniak sind. Die Anwesenheit des letzteren erkennt man durch Bläuung vorgehaltener Streifen roten Lackmuspapiers. Da bei dieser Reaktion 5 Vol. Wasserstoff auf 2 Vol. Stickoxyd einwirken, so mufs der Strom des Wasserstoffs beträchtlich stärker als der des Stickoxyds sein, was man durch Beobachtung der die Waschflasche passierenden Gase beurteilt und danach reguliert.

b) Aus Salpeter-, bezw. salpetriger Säure und nascierendem Wasserstoff. Trifft Wasserstoff im Entstehungszustande in saurer Lösung mit Salpetersäure oder salpetriger Säure zusammen, so bildet sich unter mancherlei Umständen Ammoniak, z. B. bei der Zersetzung verdünnter Salpetersäure durch Zinn, Zink, Kadmium und Eisen; es bleibt dann in der Flüssigkeit gebunden, und seine Entstehung kann nicht direkt beobachtet werden. Aus alkalischer (und neutraler) Lösung dagegen entwickelt es sich unter gleichen Bedingungen frei und entweicht als Gas. Setzt man zu mäfsig konzentrierter Kalilauge in einem Becherglase etwas Zinkstaub und erwärmt gelinde, so tritt Wasserstoffentwickelung ein (§ 151). Fügt man jetzt eine Lösung von salpetersaurem Kalium oder auch freie Salpetersäure hinzu (in welchem Falle die Flüssigkeit aber immer noch stark alkalisch bleiben mufs), so tritt an Stelle des Wasserstoffs Ammoniak auf, was man durch Überhalten einer mit Salzsäure ausgeschwenkten Glocke, an deren Innenwand einige Streifen rotes Lackmuspapier geklebt sind, erkennt, indem sich die Glocke mit dickem Salmiakrauch erfüllt und die Lackmusstreifen sich bläuen. Die Reaktion läfst sich beträchtlich beschleunigen, wenn man aufser dem Zinkstaub noch Eisenstaub hinzusetzt, welche beide mit der Kalilauge zusammen ein galvanisches Element bilden, bei dem der Strom von Zink, als von dem angegriffenen Teil durch das Kali zum Eisen geht und sich so innerhalb der Flüssigkeit ausgleicht. — Die Ammoniakentwickelung tritt auch ein, wenn man unter gleichen Bedingungen statt des Kaliumnitrats Kaliumnitrit der Lösung zusetzt.

Eine Lösung von Ammoniumnitrat wird durch Zinkstaub direkt unter starker Ammoniakentwickelung zersetzt. Dieses Salz bringt bekanntlich

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

(§ 146), wenn es in Wasser gelöst wird, eine beträchtliche Abkühlung hervor (von $+15^0$ bis -5 oder 6^0). Versetzt man nun die Lösung, sobald dieser Kältegrad eingetreten ist, mit einer dem angewandten Salz gleichen Quantität Zinkstaub, so kommt das Ganze in wenig Augenblicken ins heftigste Sieden, wobei, sobald man den Versuch in einem Glaskolben oder Becherglase anstellen wollte, diese Gefäfse wegen der so plötzlich eintretenden Temperaturveränderung unfehlbar zertrümmert werden würden, weshalb es ratsam erscheint, diesen interessanten Versuch in einem metallenen Gefäfse anzustellen (R. Böttger*).

Wendet man das Ammoniumnitrat in festem Zustande an, so kann die Temperaturerhöhung noch weiter gesteigert werden. Man breite auf einer Metallplatte eine 1 mm dicke Schicht eines Gemisches aus 8 Teilen Ammoniumnitrat und 1 Teil Salmiak und darüber eine gleich dicke Schicht von Zinkstaub aus. Bringt man jetzt einen einzigen Tropfen Wasser darauf, so wird die Reaktion zwischen den Substanzen eingeleitet und die dabei entstehende Wärme ist so grofs, dafs sich das Zink entzündet (Böttger**).

Auch auf trockenem Wege wird die Salpetersäure durch nascierenden Wasserstoff in Ammoniak verwandelt. Schmilzt man festes Kaliumhydrat in einem Probierröhrchen mit Eisenstaub, so entwickelt sich Wasserstoff. Wendet man aber ein Gemenge von 1 Teil Salpeter und 3 Teilen Kaliumhydrat mit der 20fachen Menge Eisenstaub an und bringt dasselbe zum Schmelzen, so entwickeln sich neben Wasserstoff auch reichliche Quantitäten von Ammoniak, am Geruche und durch Lackmus zu erkennen.

c) Aus stickstoffhaltigen Substanzen. Man menge eine kleine Quantität fein zerschnittener Horn- oder Lederschnitzel mit einer überschüssigen Menge trockenem Natronkalk und erhitze das Gemenge in einem Probiergläschen aus schwer schmelzbarem Glase stark. Das Auftreten von Ammoniak läfst sich dann durch Überhalten eines mit konzentrierter Salzsäure befeuchteten Glasstabs nachweisen. (Bestimmung des Stickstoffs als Ammoniak nach Varrentrapp und Will.)

Auf das Auftreten von Ammoniak unter den Fäulnisprodukten stickstoffhaltiger Körper dürfte hier hinzuweisen sein.

---

* *Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a/M.* 1876—1877, S. 21. — *Chem. Centr.-Blatt* 1878, S. 560.

** *Tagebl. d. 51. Naturforscher-Vers. zu Cassel* 1878, S. 46. — *Chem. Centr.-Blatt* 1878, S. 786.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 247. Zersetzung und volumetrische Zusammensetzung des Ammoniaks.

a) *Ein Glaskolben zur Entwickelung von Ammoniakgas aus Ammoniakflüssigkeit, ein mit trockenem Kalk und Kalistücken gefülltes Trockenrohr, ein Kugelrohr. Kalium.*

b) *Ein Apparat zur Elektrolyse der Ammoniakflüssigkeit.*

c) *Ein U-Rohr mit Stativ (wie Fig. 845) mit dicht unter dem Hahne eingeschmolzenen Platindrähten.*

d) *Ein langes Glasrohr mit Hahnpipette zur Zersetzung des Ammoniaks durch Chlor (Fig. 846).*

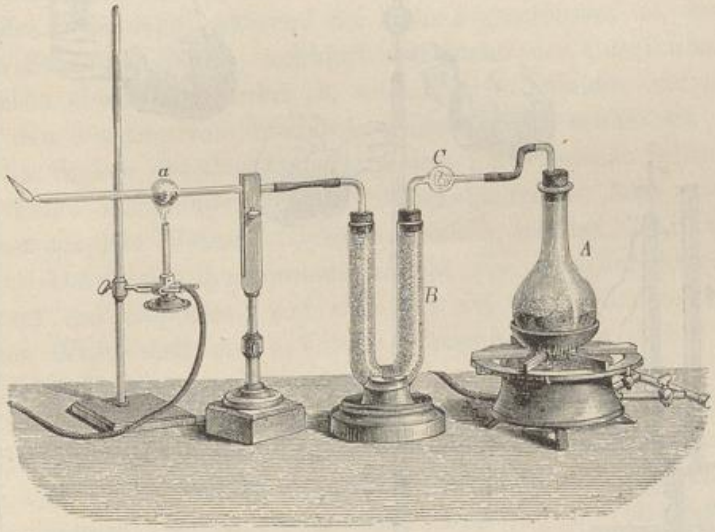


Fig. 844. Zersetzung von Ammoniak durch Kalium.

a) Zersetzung des Ammoniaks durch Kalium. Man bringe ein kleines Stückchen Kalium in ein Kugelrohr, verbinde dasselbe mit einem mit Kalk und Kali gefüllten Trockenrohr und dieses mit einer zur Entwickelung von Ammoniakgas aus wässerigem Ammoniak hergerichteten Flasche (Fig. 844), setze durch Erwärmen der Flüssigkeit die Ammoniakentwickelung in Gang, so dafs das Gas in mäfsigem Strome die Röhre passiert, und bringe dann das Kalium im Kugelrohr zum Schmelzen. Dasselbe überzieht sich bald mit einer braungrünen Kruste, und anstatt des Ammoniakgases tritt freier Wasserstoff aus, den man entzünden kann. Die im Rohre verbleibende stickstoffhaltige Verbindung des Kaliums zersetzt sich in Berührung mit Wasser unter heftiger Reaktion (A. W. Hofmann).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

b) Zersetzung der Ammoniakflüssigkeit durch Elektrolyse. Füllt man den zweischenkligen Zersetzungsapparat, der zur Zersetzung der Salzsäure benutzt worden ist (Fig. 636, S. 479), mit einer gesättigten Lösung von Kochsalz, welche man mit $^1/_{10}$ ihres Volums stärkster Ammoniakflüssigkeit vermischt hat, und leitet nun den Strom einer kräftigen galvanischen Batterie hindurch, so zersetzt sich das Ammoniak in seine beiden Bestandteile: am negativen Pole entwickelt sich Wasserstoff, am positiven Stickstoff, und zwar im Verhältnisse von 1 Vol. N : 3 Vol. H.

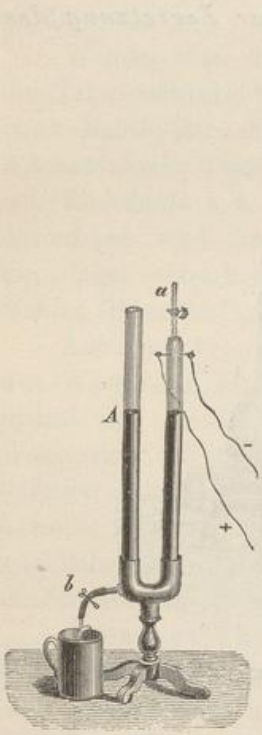


Fig. 845.

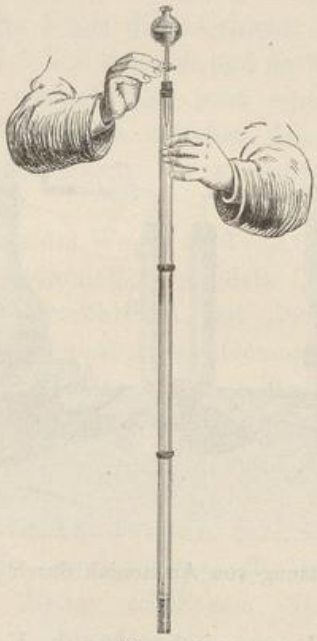


Fig. 846.

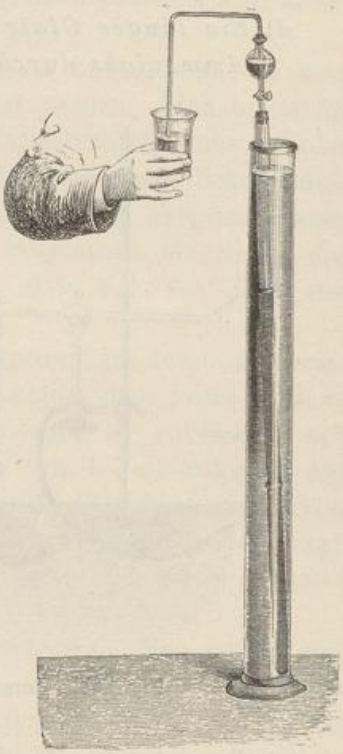


Fig. 847.

Volumetrische Zusammensetzung des Ammoniaks.

Wegen der ungleichen Löslichkeit der beiden Gase in Wasser ist es auch hier nötig (wie bei der Salzsäure a. a. O. ausgeführt wurde), den Strom zuerst bei geöffneten Hähnen etwa eine halbe Stunde lang durchgehen zu lassen und dann erst zu schliefsen (A. W. Hofmann).

c) Zersetzung des Ammoniakgases durch den elektrischen Funken. Läfst man eine längere Zeit starke elektrische Funken durch trockenes Ammoniakgas schlagen, so zerfällt es in Wasserstoff und Stickstoff unter Verdoppelung des Volums. Man benutzt zur Ausführung dieses Versuchs den in Figur 845 abgebildeten Apparat. Derselbe ist dem zur

Zersetzung des Salzsäuregases durch Natriumamalgam ähnlich, ist aber dicht unter dem Röhrenende des in einen Hahn endigenden Schenkels von zwei einander gegenüberstehenden eingeschmolzenen Platindrähten durchbohrt, welche mit den Poldrähten eines kräftigen Funkeninduktors verbunden werden können. Man fülle bei geöffnetem Hahne Quecksilber ein, bis dieses den Hahn erreicht hat, schliefse letzteren und lasse das Quecksilber aus dem offenen Schenkel auslaufen. Nun verbinde man das Rohr *a* des Hahns mittels eines Kautschukschlauchs mit dem Trockenrohre *B* des in Figur 844 dargestellten Ammoniakentwickelungsapparats, während man den Hahn *b* geöffnet läfst. Sobald das Rohr etwa zu $^1/_3$ mit Ammoniakgas gefüllt ist, verschliefst man beide Hähne, beseitigt den Ammoniakentwickelungsapparat, stellt durch Nachgiefsen von Quecksilber in den offenen Schenkel, während der Hahn *b* geschlossen ist, das Niveau in beiden Schenkeln gleich, markiert den Stand des Quecksilbers durch Überschieben eines Kautschukrings, schliefst den Induktor und läfst eine Zeitlang den Funkenstrom hindurch gehen. Man beobachtet nun ein allmähliches Sinken des Quecksilbers in dem geschlossenen Schenkel und, nachdem keine Volumänderung mehr wahrnehmbar ist, läfst man so viel Quecksilber aus dem offenen Schenkel ausfliefsen, bis das Niveau wiederum gleich ist. Durch den Augenschein ergiebt sich eine Vergröfserung des Volums auf das Doppelte, und das Gas ist jetzt ein Gemenge von 3 Volumen Wasserstoff und 1 Volum Stickstoff, welche vorher im Ammoniak auf 2 Volume kondensiert waren.

d) Demonstration der volumetrischen Zusammensetzung des Ammoniaks durch Zersetzung mittels Chlor. Chlor und Ammoniak zersetzen sich unter Bildung von freiem Stickstoff und Chlorammonium nach der Formel $4H_3N + 3Cl = 3H_4NCl + N$. 3 Vol. Chlor geben demnach 1 Vol. Stickstoff.

Diese Reaktion hat A. W. Hofmann benutzt, um auf indirektem Wege die volumetrische Zusammensetzung des Ammoniaks zu demonstrieren. Eine Glasröhre von 1—1,5 m Länge, welche an dem einen Ende zugeschmolzen ist, wird über lauwarmem Wasser in der pneumatischen Wanne mit Chlor gefüllt, wobei man Sorge trage, dafs kein Wasser in der Röhre zurückbleibe. Sie wird dann mit dem Daumen verschlossen, aus der Wanne gehoben, umgekehrt und rasch mit einem Korke verschlossen, in dessen Durchbohrung eine Hahnpipette steckt, deren Kugel ganz mit Ammoniakflüssigkeit gefüllt ist. Man läfst nun, indem man die Röhre, wie Figur 846 zeigt, mit der Hand fafst, durch vorsichtiges Öffnen des Hahns Ammoniak in kleinen Tröpfchen einfliefsen, wobei sich, sobald die Tropfen mit dem Chlor in Berührung kommen, eine kleine grünliche Flamme zeigt, während sich das Rohr mit dicken weifsen Wolken füllt. Das Nachfliessen des

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ammoniaks muſs so lange fortdauern, bis alles Chlor verbraucht ist, d. h. sich auf Kosten des Ammoniaks in Salzsäure verwandelt hat. Da eine Volumverminderung des Gases in der Röhre die Folge der Reaktion ist, so sorge man, wenn nötig, durch Nachfüllen von Ammoniak in die Pipette dafür, daſs keine Luft durch den Hahn eindringe. Zuletzt läſst man noch etwas überschüssiges Ammoniak nachfließen und schließt den Hahn. Um nun das Volum des rückständigen Gases mit dem des Chlors zu vergleichen, muſs jenes sowohl von den überschüssigen Ammoniakdämpfen befreit, als auch auf die mittleren Druck- und Temperaturverhältnisse zurückgeführt werden. Man stelle deshalb die Röhre in einen hohen, mit kaltem Wasser gefüllten Cylinder, verbinde die Pipette mittels eines durchbohrten Korks mit einem zweimal rechtwinklig gebogenen Glasrohre, lasse dasselbe in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Becherglas eintauchen und öffne den Hahn (Fig. 847). Die Schwefelsäure wird durch den Luftdruck in die Röhre getrieben, neutralisiert das überschüssige Ammoniak und beseitigt dadurch zugleich die Dämpfe desselben. Nachdem das Einströmen der Säure aufgehört und der innere Druck sich mit dem äuſseren ins Gleichgewicht gesetzt hat, verschließt man den Hahn und findet nun, daſs das Volum des rückständigen Stickstoffs genau $^1/_3$ von dem des angewendeten Chlors beträgt (A. W. Hofmann).

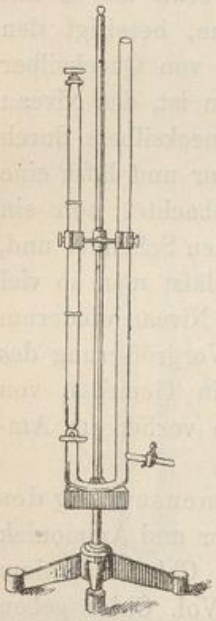


Fig. 848.
Ammoniakrohr
nach A.W. Hofmann.

Später (1882) hat A. W. Hofmann* den zu diesem Versuche dienenden Apparat in der Weise abgeändert wie Figur 848 zeigt. Der eine Schenkel eines weiten U-Rohrs ist oben mit einem gut eingeschliffenen Glasstöpsel, welcher mit einer Einkerbung versehen ist, so daſs man ihn, wenn nötig, festbinden kann, verschließsbar und unterhalb in der Nähe des Buges mit einem Glashahn versehen. Der andere Schenkel ist offen. Das Ganze wird durch ein festes Stativ gehalten. Der Raum zwischen Stöpsel und Hahn, welcher durch zwei übergeschobene Kautschukringe in drei gleiche Teile geteilt ist, wird nun zunächst mit Chlor gefüllt. Nachdem alle Luft verdrängt ist, schließt man sowohl Stöpsel als Scheidehahn, entfernt durch mehrmaliges Auswaschen mit Wasser aus dem offenen Schenkel alles Chlor und gießt Ammoniakflüssigkeit hinein, welche mit

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 2656. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 363.

Lackmustinktur blau gefärbt ist. Durch Neigen des Apparats entfernt man die Luftblase, die unter dem Scheidehahn zurückgeblieben ist, öffnet nach Aufrechtstellung des Rohrs den Scheidehahn, läfst höchstens 10 ccm Ammoniakflüssigkeit eintreten, verschliefst abermals, lässt das übrige Ammoniak durch den Hahn im offenen Schenkel ablaufen und schüttelt die Röhre 3—4 mal, bis die Flüssigkeit nicht mehr schäumt. Dann gieſst man in den offenen Schenkel verdünnte Schwefelsäure (1 : 20), entfernt wiederum die Luftblase unter dem Scheidehahn durch Neigen des Rohrs und läfst die Säure durch Öffnen des Hahns zu dem Ammoniak treten, welches sich rötet. Nach Einstellung auf gleiches Niveau und Öffnen des Ablaufhahns, bezw. Nachgiefsen von Säure, ergiebt sich, dafs im Rohre statt 3 Vol. Chlor 1 Vol. Stickstoff vorhanden ist.

Während durch die Einwirkung von Chlor auf Ammoniakgas die volumetrische Zusammensetzung des letzteren nur auf indirektem Wege dargethan werden kann, läfst sich der direkte Beweis der volumetrischen Beziehungen zwischen Ammoniakgas und dem darin enthaltenen Stickstoff (1 Vol. N + 3 Vol. H = 2 Vol. NH_3) durch Zersetzung des Ammoniakgases mittels einer Lösung von Natriumhypobromit (nach W. Knop) mittels des zuletzt beschriebenen Apparats nach A. W. Hofmann* darthun, wenn man den Raum zwischen Stöpsel und Scheidehahn mit trockenem Ammoniakgas füllt, denselben durch übergeschobenen Kautschukring in zwei gleiche Volume teilt, in den offenen Schenkel eine Lösung von 20 ccm Brom in 300 ccm 10prozentiger Natronlauge gieſst und durch Öffnen des Scheidehahns von dieser Lösung einen angemessenen Teil zu dem Gase treten läfst. Die Zersetzung erfolgt rasch durch Schütteln, wobei aller Stickstoff frei wird. Schliefslich findet man in dem Rohr statt 2 Vol. Ammoniakgas 1 Vol. Stickstoff.

§ 248. Verbrennung von Ammoniak.

a) Ein Daniell'scher Hahn. Ein Ammoniakentwickelungsapparat nebst Trockenrohr, ein Gasometer mit Sauerstoff.

b) Ein Glaskolben von 1 l Inhalt mit weiter Öffnung, zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren, die eine derselben unten umgebogen. Ammoniakflüssigkeit, Sauerstoff. Spiralig gewundener Platindraht von ½ mm Dicke, an einem starken Kupferdrahte befestigt, welchen man durch einen Kork steckt.

Das Ammonik, welches infolge seines Wasserstoffgehalts brennbar ist, läfst sich trotzdem nicht an gewöhnlicher Luft entzünden, wohl aber

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 2656. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 362.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

in Berührung mit Sauerstoff. Man kann dies auf mehrfache Weise darthun.

a) Verbrennung durch den DANIELL'schen Hahn. Das seitliche Rohr eines DANIELL'schen Hahns wird mit einem Apparate zur Entwickelung trockenen Ammoniakgases und das gerade Rohr desselben mit dem Hahne eines Sauerstoffgasometers verbunden. Setzt man jetzt die Ammoniakentwickelung in Gang und öffnet zugleich den Sauerstoffgasometer, so läfst sich das austretende Gasgemenge durch eine untergesetzte Lampe entzünden und brennt, wenn die Lampe darunter stehen bleibt, bei geeigneter Regulierung der Gasströme ruhig weiter (Fig. 849).

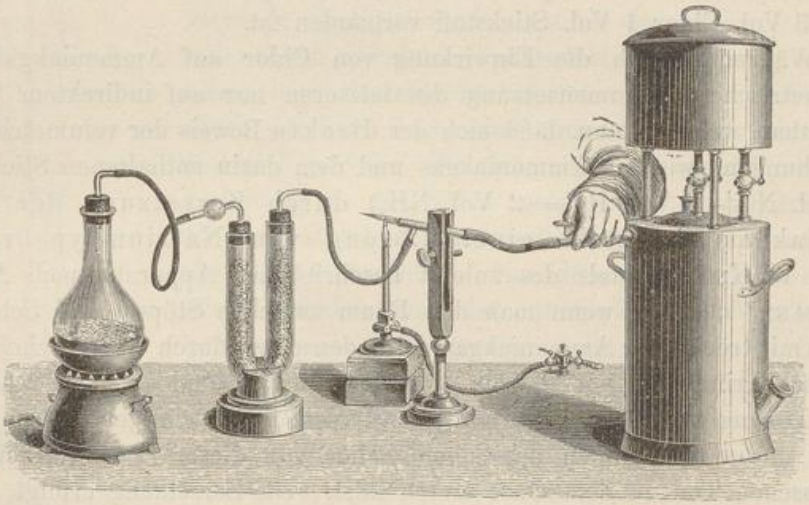


Fig. 849. Verbrennung von Ammoniak durch Sauerstoff.

b) Umgekehrte Ammoniakflamme. Man fülle einen weithalsigen Ballon von etwa 1 l Inhalt zum achten Teile mit starker Ammoniakflüssigkeit und erhitze dieselbe über der Lampe, bis unter starker Blasenentwickelung das Ammoniakgas entweicht. Nachdem alle Luft aus dem Kolben verdrängt ist, senke man ein mit einem Gasometer verbundenes, unten rechtwinklig aufwärts gebogenes Glasrohr einige Centimeter in den Hals, öffne den Hahn des Gasometers und entzünde das austretende Gas, was, da es ein Gemenge von Sauerstoff mit Ammoniak ist, unter einer schwachen Explosion erfolgt. Nun senke man das Rohr so tief in den Kolben ein, dafs die Ausströmungsöffnung dicht über der Oberfläche der Flüssigkeit steht, und fixiere es in dieser Lage durch einen Röhrenhalter (Fig. 850). An der Ausströmungsöffnung des Glasrohrs hat sich eine umgekehrte, grünlich gefärbte Flamme gebildet, indem der Sauerstoff auf Kosten des Ammoniakgases verbrennt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

c) Entzündung eines Ammoniaksauerstoffgemenges durch Berührung mit Platin. Man benutzt hierzu den Apparat des vorigen Versuchs, wendet aber eine Glasröhre an, welche am unteren Ende nicht umgebogen ist. Die Ammoniakentwickelung wird wie vorher in Gang gesetzt und dann Sauerstoff eingeleitet. Senkt man nun eine Spirale aus dünnem Platindraht, welche man unmittelbar vorher in der Flamme zum Glühen erhitzt hatte, in den Bauch des Kolbens, indem man den Kork, an dem sie befestigt ist, lose auf seine Öffnung legt (Fig. 851), so beobachtet man bald ein Erglühen des Drahts, wobei sich der Ballon, wenn die Ammoniakentwickelung nicht zu stark ist, mit roten Dämpfen

Fig. 850.
Umgekehrte Ammoniakflamme.

Fig. 851. Explosive Verbrennung von Ammoniak in Sauerstoff.

von salpetriger Säure füllt, welche sich bei stärkerer Ammoniakentwickelung mit diesen zu salpetrigsaurem Ammonium verbinden. Während diese langsame Oxydation ihren Fortgang nimmt, erfolgt, sobald sich bei etwas rascherem Sauerstoffstrom ein explosives Gemenge gebildet hat, eine Verpuffung desselben, wobei der Kork, wenn man ihn nicht mittels eines Stabes festhält, weggeschleudert wird. (Befestigt man die Platindrahtspirale an einem starken Eisendraht, so bleibt sie liegen, gerät bald nach der Verpuffung von neuem ins Glühen, und der eben beschriebene Vorgang wiederholt sich abermals.) — Dafs das bei der langsamen Verbrennung des Ammoniakgases in Sauerstoff gebildete Produkt (die roten Dämpfe um die Platinspirale) salpetrige Säure ist, läfst sich leicht nach Beendigung des Versuchs dadurch zeigen, dafs man aus dem abgekühlten Ballon nach

gehörigem Umschwenken desselben einen Teil der Flüssigkeit in ein Becherglas gießt, diese mit verdünnter schwefliger Säure neutralisiert und etwas Jodkaliumstärkelösung (§ 188a) zusetzt, welche sofort stark gebläut wird.

d) An gewöhnlicher Luft läßt sich das Ammoniak entzünden, wenn es beim Ausströmen dauernd mit der Flamme eines brennenden Körpers in Berührung bleibt. So benutzt man zur Darstellung der NH_3-Flamme in der Regel einen Gaskronenbrenner, durch dessen Zentrum man Ammoniak in die Leuchtgasflamme führt. Mit Vorteil läßt sich nach Hans Schulze* das Leuchtgas durch Wasserstoff ersetzen unter Benutzung eines T-Glasrohrs, dessen vertikaler Schenkel an der Öffnung eine Platinblechrolle trägt, damit nicht eine Natronflamme entstehe. Durch einen der seitlichen Schenkel leitet man Wasserstoff in so geringer Menge ein, daß man eine möglichst kleine, kaum sichtbare Flamme erhält. Führt man dann durch den anderen Schenkel Ammoniak ein, so entsteht eine kontinuierlich weiter brennende Ammoniakflamme.

e) Auch auf andere Weise läßt sich das Ammoniak entzünden. Nach Brandstetter** übergießt man in einer mit Trichterrohr versehenen Gasentwickelungsflasche Aluminiumblechschnitzel mit wässeriger, mäßig konzentrierter Kalilauge, entzündet den sich entwickelnden Wasserstoff an der Spitze eines mit Platinende versehenen Glasrohrs, gießt dann behutsam wässeriges Ammoniak durch das Trichterrohr ein, worauf eine prächtige hohe Ammoniakflamme, die ruhig weiter brennt, von der charakteristischen gelben Färbung, die ihr eigen ist, entsteht.

§ 249. Natur des Ammoniaks. Ammonium.

a) Ein großer Ballon mit zwei seitlichen Tubulaturen nebst Untersatz, zwei Kolben zur Entwickelung von Salzsäure, bezw. Ammoniak, nebst Trockenröhren; ein Ätherthermometer.

b) Zwei Woulfe'sche Flaschen, wie Fig. 853, mit Gaszu- und -ableitungsröhren.

c) Natrium, Quecksilber, Salmiak, eine Reibschale, eine Krystallisationsschale.

a) Einwirkung auf Hydrosäuren. Ein großer, doppelt tubulierter Ballon wird in der durch Figur 852 erläuterten Weise mit einer Ammoniak- und einer Salzsäureentwickelungsflasche verbunden und oben durch einen seitlich eingeschnittenen Kork lose verschlossen, durch welchen

* *Chemiker-Zeitung*, Bd. 17, S. 37. — *Chem. Centr.-Blatt* 1893, I, S. 296.

** *Zeitschrift für phys. u. chem. Unterr.*, Bd. 9, S. 171. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 411.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

das Rohr eines Ätherthermometers (ein mit Äther gefülltes Kugelrohr) geführt ist. Setzt man hierauf durch Erwärmen die Gasentwickelung in beiden Kolben in Gang, so erfüllt sich das ganze Innere des Ballons rasch mit dichten weifsen Wolken von feinpulverigem Salmiak, welcher sich an den Wänden und am unteren Boden ablagert. Hierbei tritt eine beträchtliche Temperaturerhöhung ein, wodurch der Äther in der Glaskugel zum Sieden kommt, so dafs man seine aus dem Rohr austretenden Dämpfe anzünden kann.

Der Salmiak entsteht hier durch direkte Addition der beiden Gase.

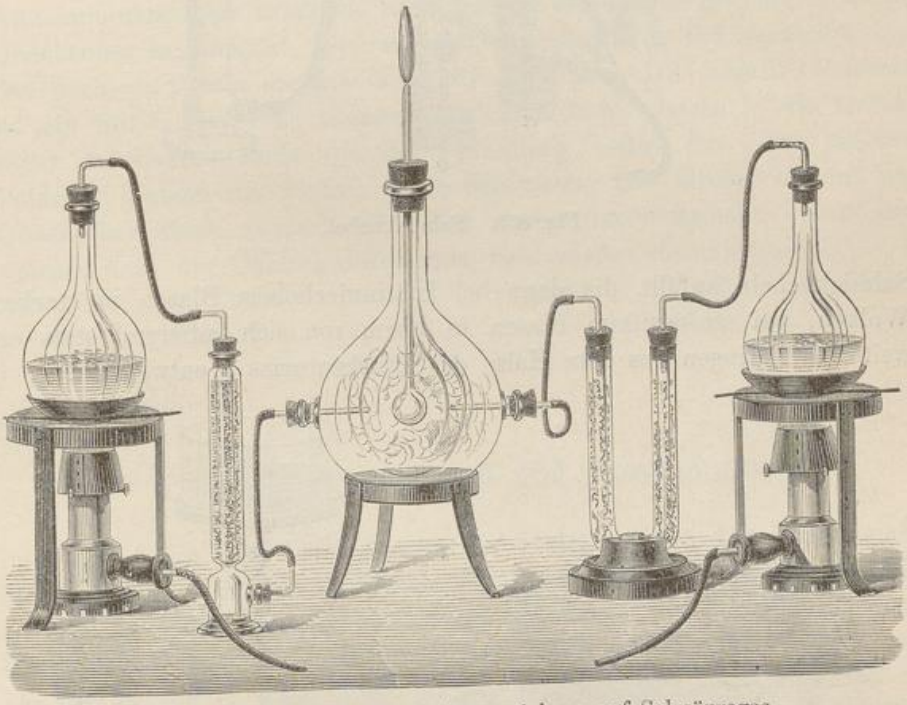


Fig. 852. Einwirkung von Ammoniakgas auf Salzsäuregas.

Dafs wässeriges Ammoniak und wässerige Salzsäure einander neutralisieren, ist schon früher (§ 132, S. 533) gezeigt worden.

b) BRANDSTETTER* empfiehlt zur Ausführung dieses Versuchs folgenden Apparat (Fig. 853). Zwei gleichgrofse mit je zwei Hälsen versehene WOULFE'sche Flaschen *a* (Inhalt: konzentrierte Salzsäure) und *b* (Inhalt: konzentrierte Ammoniakflüssigkeit) werden mittels Glasröhren und Kautschukschläuchen einerseits mit einem leeren Trockenturm *c* und andererseits mit einer Röhre *e* zum Einblasen von Luft verbunden. Wird nun durch

* *Zeitschrift für phys. u. chem. Unterr.*, Bd. 9, S. 171. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 410.

letztere ein Luftstrom eingeblasen, so passiert derselbe infolge der Gabelung bei *f* und der in die Flüssigkeit hineinragenden Röhren *dd* die beiden Lösungen, entbindet daraus die in denselben enthaltenen Gase, welche sich im Gabelrohr *i* vereinigen, so dafs sich der Trockenturm mit weifsen

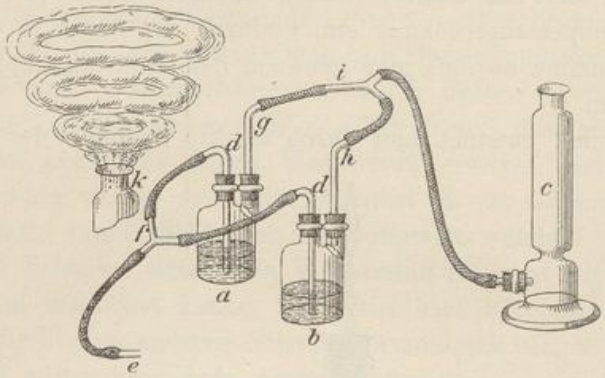


Fig. 853. Salmiaknebel.

Salmiaknebeln anfüllt, die dann bei kontinuierlichem Blasen in starken Wolken, bei stofsweifsem Blasen in Form von sich rotierend stets erweiternden Ringen aus dem Halse des Trockenturms *c* entweichen.

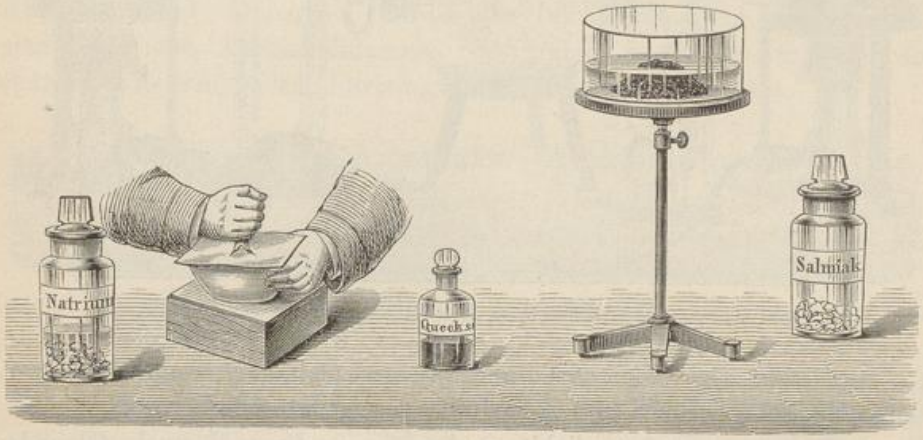


Fig. 854.
Darstellung von Natriumamalgam.

Fig. 855. Einwirkung von Natriumamalgam auf Salmiak.

c) Ammoniumamalgam. Man stelle ein natriumreiches Ammoniumamalgam her, indem man ein haselnufsgrofses, von der Kruste befreites Stück Natrium in einer Reibschale, welche einige Kubikcentimeter Quecksilber enthält, mit dem Pistill zerquetscht, wobei man die Hand durch Überschieben eines eingeschnittenen Pappdeckels schützt (Fig. 854). Beide

Metalle vereinigen sich unter Feuererscheinung miteinander. Nach Zusatz einer neuen Menge Quecksilber kann man dann ein zweites, und hierauf noch ein drittes Stück Natrium ebenso behandeln, wodurch man ein leicht zerbrechliches Amalgam erhält. Wirft man dieses in eine Krystallisationsschale, welche eine konzentrierte Lösung von Salmiak enthält, so bläht es sich aufserordentlich auf und bildet eine teigige, metallisch glänzende Masse von Ammoniumamalgam (Fig. 855), welches sich aber rasch unter Entwickelung von Wasserstoff zersetzt, so dafs man zuletzt reines Quecksilber und eine Lösung von Chlornatrium erhält.

Auch durch Elektrolyse einer Lösung von Ammoniumsulfat läfst sich Ammoniumamalgam erzeugen, wenn man dieselbe in ein Becherglas bringt, Quecksilber hineingiefst, letzteres mit dem negativen Pol verbindet und den positiven Pol in die Salzlösung tauchen läfst. Der negative Poldraht ist ein mit Guttapercha überzogener Kupferdraht, dessen in das Quecksilber tauchendes Ende von der Umhüllung befreit ist. Der positive Poldraht besteht aus Platin. Nach Schliefsung des Stroms beginnt das Quecksilber stark anzuschwellen und nimmt das mehrfache Volum ein, welches nach der Öffnung des Stroms bald wieder zusammensinkt.

II. Phosphorwasserstoff und Phosphonium.

Man kennt drei Verbindungen des Phosphors mit dem Wasserstoff: eine gasförmige H_3P, eine flüssige H_2P (oder H_4P_2) und eine feste HP_2 (oder H_2P_4). Das Phosphorwasserstoffgas entspricht in seiner Zusammensetzung dem Ammoniak und ist in reinem Zustande nicht selbst entzündlich, wird es aber durch geringe Beimengungen von H_2P, und da es solche, wenn es in der unten zu beschreibenden Weise aus Phosphor und Kali oder aus Phosphorcalcium dargestellt wird, immer enthält, so entzündet es sich, auf dem einen oder anderen Wege dargestellt, sobald es mit der Luft in Berührung kommt, von selbst, verliert aber diese Eigenschaft wieder, wenn ihm das beigemengte H_2P wieder entzogen wird.

§ 250. Darstellung von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoffgas.

a) Eine tubulierte Retorte (3) mit Kork und umgebogenem Gaseinleitungsrohre, ein Wasserstoffentwickelungsapparat. Phosphor und Kalilauge.

b) *Gebrannter Kalk, Phosphor. Eine an dem einen Ende zugeschmolzene und 5 cm von diesem Ende knieförmig umgebogene böhmische Glasröhre. Ein Verbrennungsofen für Holzkohlen oder auch ein Lampenofen. Eine siebförmig durchlöcherte Eisenschale. Gut ausgeglühte Holzkohlen. — Oder: Eiserner Windofen mit Tiegel und eisernem Rohr mit Glasaufsatz.*

a) Aus Phosphor und Kali. Eine tubulierte Retorte füllt man höchstens bis zur Hälfte mit verdünnter Kalilauge und bringt durch den Tubulus erbsengrofse Stücke Phosphor hinein, verschliefst ihn dann durch einen mit einem Gaseinleitungsrohr versehenen Kork, schiebt einen Quetsch-

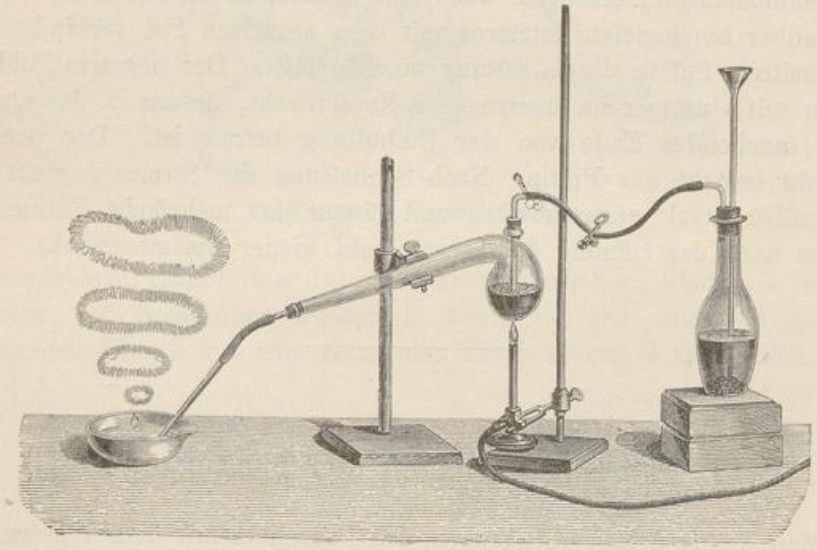


Fig. 856. Darstellung von Phosphorwasserstoff.

hahn über das Rohr und verbindet dasselbe mit einer Wasserstoffentwickelungsflasche oder auch ohne Anwendung eines Quetschhahns direkt mit einem Kipp'schen Wasserstoffentwickelungsapparat. Der Hals der Retorte wird mit einem wenigstens 5 mm weiten, unten etwas umgebogenen Gasableitungsrohr verschlossen, welches in eine flache Schale mit Wasser taucht (Fig. 856). Man leitet nun die Wasserstoffentwickelung ein und setzt sie so lange fort, bis alle Luft ausgetrieben ist; dann unterbricht man den Wasserstoffstrom, was bei Anwendung eines Kipp'schen Apparats durch einfaches Schliefsen des Hahns geschieht. Hat man aber eine Wasserstoffentwickelungsflasche, so läfst man den Strom so lange fortgehen, bis die eingegossene Säure erschöpft ist und die Entwickelung von selbst aufhört; da nur wenig Wasserstoff zur Vertreibung der Luft aus der Flasche und der Retorte nötig ist, so gieſse man nicht allzuviel Säure

auf, damit nicht zuviel Zeit bis zur Erschöpfung der Säure nötig ist. Sobald der Phosphor geschmolzen und die Flüssigkeit etwas warm geworden ist, beginnt die Gasentwickelung. Die aus dem Sperrwasser aufsteigenden Blasen bestehen anfänglich nur aus Wasserstoff, dem sich aber bald steigende Mengen von Phosphorwasserstoffgas beimengen, was man an dem zwiebelartigen Geruch erkennt, der sich im Zimmer verbreitet. Nachdem aller Wasserstoff vertrieben ist, entzünden sich die Blasen beim Austritt an der Luft mit voluminöser, stark leuchtender Flamme, aus der sich ein dicker, im Aufsteigen immer gröfser werdender, wirbelnder Rauchring erhebt. Die Blasen dürfen nicht zu rasch aufeinander folgen, sonst verläuft die Erscheinung unregelmäfsig. Man moderiere deshalb die Gasentwickelung durch Eindrehen der Flamme, wenn nötig durch zeitweiliges Wegziehen der Lampe, schiebe dieselbe aber sogleich wieder unter, wenn die Gasentwickelung etwas nachgelassen hat, damit nicht Wasser zurücksteige, wodurch, wenn die Wasserschicht über dem Ausströmungsrohr nicht hoch genug war, leicht etwas Luft mit eingesogen und dadurch eine Explosion im Innern der Retorte veranlafst werden könnte. Der Versuch ist durchaus gefahrlos, verlangt aber einige Aufmerksamkeit; namentlich ist vor zu starkem Erhitzen zu warnen. Da es nur darauf ankommt, die Selbstentzündlichkeit des Gases zu zeigen, ist es vollkommen genügend, die Entwickelung nur einige Minuten lang fortzusetzen, so dafs noch ein mehr oder weniger grofser Anteil des Phosphors unangegriffen zurückbleibt. Man beendige dann den Versuch in folgender Weise.

Zuerst entferne man die Lampe und setze den Wasserstoffstrom wieder in Gang, doch nur mit mäfsiger Geschwindigkeit, was bei Anwendung eines Kipp'schen Apparats sehr gut reguliert werden kann. Da der Wasserstoffapparat auch während der Phosphorwasserstoffentwickelung mit dem Gaseinleitungsrohr immer verbunden geblieben ist, ist keine Gefahr vorhanden, dafs Luft mit in die Retorte träte, was unter allen Umständen verhütet werden mufs. Hat man keinen Kipp'schen Apparat, sondern eine Wasserstoffentwickelungsflasche, so gieſse man bei noch geschlossenem Hahn etwas verdünnte Säure durch das Trichterrohr, bis dieselbe 8—10 cm hoch im Glasrohre steht, und öffne den Quetschhahn, worauf die Wasserstoffentwickelung beginnt. Indem sich nun in dieser Weise die Retorte allmählich kühlt und infolgedessen die Entwickelung des Phosphorwasserstoffgases aufhört, wird alles in der Retorte noch vorhandene Gas durch den Wasserstoff verdrängt, und die Entzündung der Blasen nimmt ein Ende. Erst wenn der Phosphor wieder erstarrt ist, darf man den Apparat auseinander nehmen. Man darf die Retorte aber nicht mit dem noch restierenden Phosphor und der Kali-

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

lauge gefüllt stehen lassen, da selbst bei gewöhnlicher Temperatur, besonders im Sommer, immer eine langsame Einwirkung beider aufeinander stattfindet. Deshalb gieſse man nach völligem Erkalten die Kalilauge aus und bringe den Phosphor nach gehörigem Abwaschen mit Wasser in das Vorratsgefäſs zurück. Sollte aber, was in der Regel der Fall sein wird, der erkaltete Phosphor eine solche Form angenommen haben, daſs er sich weder durch den Tubulus, noch durch den Retortenhals heraus bringen läſst, so fülle man nach dem Ausgieſsen der Lauge und dem Abwaschen des Phosphors den Bauch der Retorte ganz mit Wasser, verschlieſse den Tubulus mit einem guten Korkstöpsel und fülle nun auch den Hals so weit mit Wasser an, daſs nach dem Verstöpseln desselben nun auch eine kleine Blase Luft übrig bleibt. In diesem Zustande läſst sich die Retorte bis zu ihrer Wiederbenutzung aufbewahren.

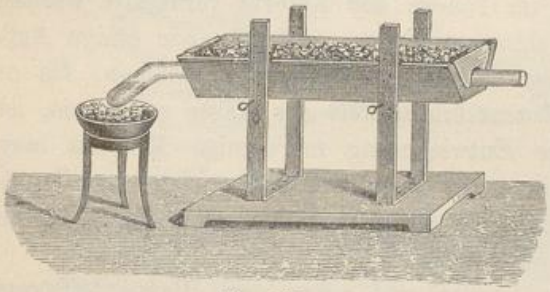


Fig. 857.
Darstellung von Phosphorcalcium.

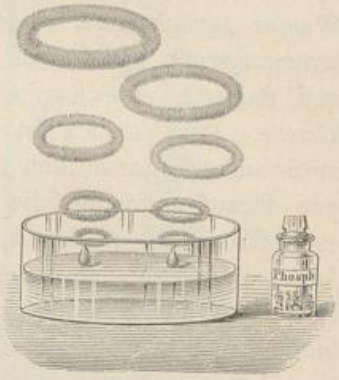


Fig. 858.
Zersetzung von Phosphorcalcium.

Drängt die Zeit, so kann man den Versuch rascher auch in folgender Weise beschlieſsen. Nach Entfernung der Lampe schiebe man den Quetschhahn bis dicht an das Ende des Kautschukrohrs und ziehe dasselbe von dem Wasserstoffentwickelungsapparate ab. Hat man einen Kipp'schen Apparat benutzt, so schlieſst man das Rohr, indem man es abzieht, durch Zusammendrücken mit dem Finger und schiebt sogleich einen Quetschhahn über. Dann nehme man eine wenigstens zur Hälfte mit Wasser gefüllte Spritzflasche, fülle durch Einblasen von Luft das Spritzrohr ganz mit Wasser und schiebe die Spitze desselben, ohne daſs Luft darin bleibt, rasch ins freie Ende des Kautschukschlauchs, welcher gut darüber passen muſs. Dann öffne man den Hahn und treibe sogleich durch Einblaseu von Luft in die Spritzflasche Wasser durch das Gaseinleitungsrohr in die Retorte, wodurch der Phosphor bald erstarrt und die Kalilauge bis in den Hals der Retorte hinaufgetrieben wird. (Hält man

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

die Spritzflasche etwas hoch und in nach vorwärts geneigter Stellung, so wirkt das Spritzrohr als Heber, und das Wasser fliefst von selbst in die Retorte, ohne dafs man zu blasen braucht.) Man neige nun durch Drehen des Retortenhalters den Hals der Retorte so, dafs derselbe etwas schräg nach oben gerichtet ist, wobei aber das Gasausströmungsrohr nicht aus dem Sperrwasser gehoben werden darf, und setze das Einblasen von Wasser fort, bis alles Gas aus Retorte und Rohr vertrieben ist. Diese Operation ist in wenigen Minuten ohne alle Gefahr auszuführen, wenn man nur dafür sorgt, dafs durch das Einspritzen von Wasser keine Luft mit eingeführt wird.

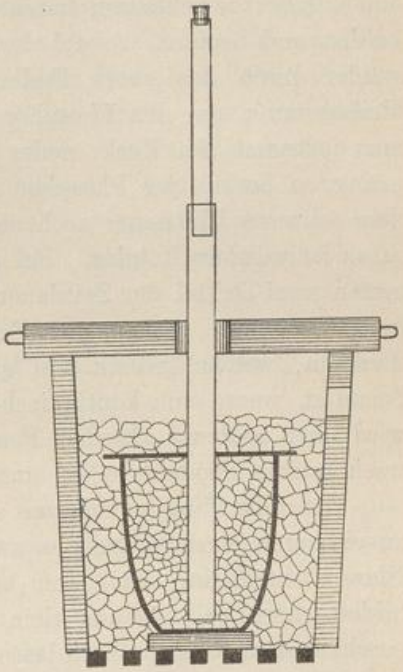


Fig. 859.

b) Aus Phosphorcalcium. Phosphorcalcium bildet sich durch Einwirkung von Phosphordämpfen auf glühenden Kalk. Zu seiner Darstellung bringt man in das untere, knieförmig umgebogene Ende eines böhmischen Rohrs eine Schicht von 2—3 cm Höhe von wohl abgetrockneten Stückchen gelbem Phosphor, schiebt einen Asbestpfropf ganz lose bis an die Biegung und füllt das gerade Ende des Rohrs mit erbsen- bis bohnengrofsen Stücken gebranntem Kalk. Man lege dann das Rohr in einen Verbrennungsofen, erhitze es zum schwachen Glühen und setze unter das knieförmig gebogene, frei herausragende Ende eine siebförmig durchlöcherte eiserne Schale, in welche man kleine Stücke glühende Kohle bringt (Fig. 857). Der Phosphor schmilzt hierdurch und kommt bald ins Sieden, wodurch die Dämpfe den glühenden Kalk durchstreichen und mit demselben in Reaktion treten. Ist die Glühhitze nicht zu stark, so wird aller Phosphor absorbiert, und es entsteht eine braune, aus Phosphorcalcium und Calciumphosphat bestehende Masse, welche man nach dem Erkalten des Rohrs herausstöfst, im Mörser zu einem grobkörnigen Pulver zerstöfst und in einem gut zu verschliefsenden Gefäfs aufbewahrt.

Nach Gattermann und Haussknecht* stellt man das Phosphor-

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 23, S. 1174. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 4.

calcium in dem durch Figur 859 erläuterten Apparat dar. Auf den Rost eines gemauerten Ofens oder eines eisernen Windofens setzt man einen hessischen Tiegel, spannt mittels einer Klemme ein eisernes Rohr (Gasleitungsrohr) ein und stellt dasselbe so auf, dafs sein unteres Ende einige Centimeter über dem Boden des Tiegels steht. Dann füllt man letzteren mit haselnufsgrofsen Stücken gewöhnlichen Kalks und schiebt nach Entfernung der Klemme einen eisernen, in der Mitte durchbohrten Deckel über das Rohr. In das obere Ende des eisernen Rohrs wird mittels einer umgewickelten Asbestschnur ein Glasrohr eingedichtet, welches man mit einem Kork verschliefsen kann. — Man heizt nun den Ofen mit Holzkohlen und beginnt, sobald der Tiegel glühend geworden ist, Phosphorstücke durch das obere Ende des Glasrohrs, welches genügend kühl bleiben mufs, um den Phosphor nicht zu entzünden, einzuwerfen, worauf man jedesmal den Kork wieder aufsetzt. Ist der Kalk noch nicht heifs genug, so brennt der Phosphor zum Tiegel heraus. Man mufs dann mit dem weiteren Eintragen noch eine Zeitlang warten. Die richtige Temperatur ist mittlere Rotglut. Bei gut geleiteter Operation darf während der ersten zwei Drittel der Zeitdauer keine Spur von Phosphor aus dem Tiegel herausbrennen. Gegen das Ende zeigen sich zuerst kleine Phosphorflammen, welche gröfser und gröfser werden, und der Prozefs gilt als beendigt, wenn eine kontinuierliche Verbrennung stattfindet. Der Tiegel wird noch glühend aus dem Feuer genommen, erkalten gelassen und das noch warme Produkt in ein gut schliefsendes Stöpselglas gebracht.

Um mit Phosphorcalcium selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas zu erzeugen, braucht man es nur in Wasser zu werfen, die aufsteigenden Blasen entzünden sich dann bei Berührung mit der Luft von selbst, bilden aber, weil sie nur klein sind und sich regellos entwickeln, keine geschlossenen Ringe. Doch lassen sich auch diese nach einem Vorschlage von Rosenfeld* auf folgende einfache Weise erzielen. Man rollt ein etwa 15 cm langes und 11 cm breites Stück Filtrierpapier der Länge nach so zusammen, dafs ein 6 mm weiter Innenraum erhalten wird. Die so erhaltene Papierröhre wird an einem Ende durch Umbiegen und Verbinden mit einem Faden geschlossen und sodann mit zerkleinertem Phosphorcalcium etwa bis zur Hälfte gefüllt. In das offene Ende der Papierröhre wird nun ein dünner Federkiel mit einer kleinen Öffnung gesteckt und durch Umwinden eines Drahtes befestigt. Schliefslich wird die ganze Hülse mit einem Drahte umwickelt, damit das sich bei der Zersetzung entwickelnde Gas nicht seitwärts bei den Rändern entweichen kann. Zur

* *Programm der Realschule zu Teschen* 1877 — 1878. — *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 307.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Ausführung des Versuchs wird die so vorbereitete Patrone einfach auf Wasser gelegt und Sorge getragen, dafs die Federkielspitze unter Wasser tauche, was man am besten dadurch erreicht, dafs man dieselbe mit einem eng anliegenden Glasröhrchen umgiebt. Das Wasser durchdringt langsam das Filtrierpapier und bewirkt so eine allmähliche Zersetzung des Phosphorcalciums. Der Phosphorwasserstoff entweicht aus der Federkielöffnung in einzelnen Blasen, welche beim Verbrennen sehr schöne Rauchringe bilden. Der Versuch kann auch folgendermafsen ausgeführt werden: Ein etwa 11 cm langes, an einem Ende zu einer Spitze ausgezogenes Glasröhrchen von 8 mm weitem Innenraume wird gegen die Spitze zu, etwa im Dritteil der Röhre, mit einem lockeren Baumwollenpfropfen versehen und sodann mit zerkleinertem Phosphorcalcium gefüllt. Die weite Öffnung wird nun mit vier übereinander liegenden Stückchen Filtrierpapier, die man durch Umwinden eines Drahts oder Zwirns um die Röhre ganz luftdicht befestigt, verschlossen. Legt man nun das Röhrchen unter Wasser, so erhält man auch hier ganz hübsche Rauchringe, indem der Phosphorwasserstoff aus der Spitze in kleinen Blasen entweicht (Fig. 858).

§ 251. Darstellung von nicht selbstentzündlichem Phosphorwasserstoffgas.

Die zu dem in § 250 a beschriebenen Versuche benutzten Apparate und Reagentien. Eine Waschflasche mit starker Salzsäure.

Wie oben gesagt, verliert das aus Kali und Phosphor oder aus Phosphorcalcium dargestellte Phosphorwasserstoffgas seine Selbstentzündlichkeit, wenn man ihm das beigemengte H_2P entzieht, was in einfachster Weise dadurch geschehen kann, dafs man es in starke Salzsäure leitet oder zu seiner Bereitung aus Phosphor nicht wässerige, sondern alkoholische Kalilauge nimmt. Man verbinde daher den Hals der Retorte (Fig. 856, S. 742) mit dem Gaseinleitungsrohr einer mit starker Salzsäure zur Hälfte gefüllten Waschflasche und führe das Gasableitungsrohr derselben durch einen Kautschukschlauch in eine pneumatische Wanne, in welcher ein umgestürzter, mit Wasser gefüllter Cylinder steht, treibe, wie oben beschrieben, zuerst alle Luft durch Wasserstoff aus und setze dann die Gasentwickelung durch Erwärmen der Retorte in Gang. Das zuerst austretende Gas fange man noch nicht in dem zu seiner Ansammlung bestimmten Cylinder in der pneumatischen Wanne auf, sondern lasse es in ein anderes ebenfalls mit Wasser gefülltes, umgestürztes Gefäfs treten, bis das Volum ungefähr dem von Flüssigkeit freien Inhalt der Retorte und der Waschflasche entspricht. Dann erst leite man es in den Cylinder. Man sorge dafür, dafs, wenn letzterer etwa zu drei Viertel gefüllt ist, die

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gasentwickelung schon sehr nachläfst, um den Versuch, sobald die Füllung vollendet ist, bequem abschliefsen zu können. Hebt man nun den mit Gas gefüllten Cylinder mit einer Glasplatte bedeckt aus dem Wasser und stellt ihn aufrecht hin (unter den Abzug), so entzündet sich das Gas nach Abziehen der Glasplatte nicht. Es kann aber dadurch selbstentzündlich gemacht werden, dafs man es mit salpetriger Säure in Berührung bringt. Dies kann nach A. W. Hofmann* in ähnlicher Weise geschehen, wie die Entzündung von Schwefelwasserstoff (§ 242), indem man in den offenen Cylinder aus einem langgestielten Löffel einige Tropfen gelinde erwärmter roter rauchender Salpetersäure hineinfallen läfst, doch tritt hierbei eine äufserst heftige, auch nicht ganz ungefährliche Detonation ein, und es möchte deshalb nicht anzuraten sein, den Versuch vor Zuhörern in dieser Weise auszuführen. Viel einfacher bewirkt man die Entzündung, wenn man, während die Gasentwickelung noch im Gange ist, das aus der Waschflasche in der pneumatischen Wanne austretende Gas frei in die Luft strömen läfst und die Blasen mit einem in heifse rauchende Salpetersäure getauchten Glasstabe berührt. Eine jede derselben entzündet sich dann mit voluminöser, leuchtender Flamme. Entfernt man den Glasstab, so hört die Entzündung wieder auf.

Auch das aus Phosphorcalcium sich entwickelnde Gas verliert seine Selbstentzündlichkeit, wenn man jenes nicht in Wasser, sondern in starke Salzsäure wirft.

§ 252. Phosphoniumjodid.

Für die Analogie des Phosphorwasserstoffs mit dem Ammoniak ist es bezeichnend, dafs eine wohl charakterisierte Verbindung des ersteren mit Jodwasserstoff (H_4PJ) existiert, welche den Haloidverbindungen des Ammoniums entspricht. Dieselbe bildet sich leicht, wenn man in einer tubulierten Retorte 1 Teil gewöhnlichen Phosphor in dem gleichen Gewichte wohlgetrockneten Schwefelkohlenstoff löst und unter guter Abkühlung in kleinen Portionen 1,5 Teile gepulvertes Jod zusetzt, dann im Wasserbade den Schwefelkohlenstoff zum gröfsten Teil verdunstet und die Retorte mit einem doppelt durchbohrten Korke schliefst, in welchem ein kurzes umgebogenes Gaseinleitungsrohr und ein Hahntrichter befestigt ist. Man passe dann den weiten (kurz abgesprengten) Hals der Retorte mittels eines durchbohrten Korks in ein noch weiteres, langes Gasrohr, führe letzteres mit dichtem Verschluſs in eine doppelt tubulierte Kugelvorlage und schliefse deren anderen Tubulus mit einem Gasableitungsrohr, welches man in den Ventilationskanal hineinhängt. (S. Fig. 2 auf der

* *Chem. Centr.-Blatt* 1870, S. 513.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Tafel am Ende des Werks. Es gehört hierzu noch ein Kohlensäureentwickelungsapparat, welcher in der Abbildung weggelassen worden ist.) Nachdem der Apparat in dieser Weise zusammengestellt ist, bringe man in den Hahntrichter etwas mehr als halb so viel Wasser, als man Phosphor angewendet hatte, halte aber den Hahn noch verschlossen. Nun verbinde man das im Tubulus befestigte Gaseinleitungsrohr mit einem Apparat zur Entwickelung trockener Kohlensäure, treibe alle Luft aus und lasse, während der Kohlensäurestrom langsam weiter geht, etwas Wasser aus dem Hahntrichter in die Retorte einfliefsen, wobei sich unter starker Erwärmung reichliche Mengen Jodwasserstoff entwickeln, während gleichzeitig Jodphosphonium im Retortenhalse sublimiert. Durch gelindes Erwärmen vollendet man den Versuch und erhält den gröfsten Teil des Jodphosphoniums als krystallinisches Sublimat in der Glasröhre (Roscoe und Schorlemmer).

Die Ausführung dieses Versuchs vor einer Zuhörerschaft dürfte nicht zu empfehlen sein. Dagegen bildet sich, wie oben (§ 234, Note) erwähnt wurde, bei der Darstellung von Jodwasserstoffsäure mittels amorphen Phosphor, namentlich wenn man mit dem Erwärmen der Mischung zu früh beginnt, gleichzeitig immer etwas Jodphosphonium, welches als krystallinischer Anflug in der Retorte beobachtet werden kann.

Das Jodphosphonium zersetzt sich mit Kalilauge analog den Haloidsalzen des Ammoniums in Jodkalium und Phosphorwasserstoff (wie sich Chlorammonium durch Kalilauge in Chlorkalium und Ammoniak zersetzt). Der hierbei auftretende Phosphorwasserstoff ist nicht selbstentzündlich, und es dürfte diese Bereitungsweise desselben, wenn man über gröfsere Mengen Jodphosphonium verfügt, wohl die bequemste sein.

III. Arsen- und Antimonwasserstoff.

Beide Verbindungen erhält man in reinem Zustande durch Auflösen von Arsenzink, bezw. Antimonzink in Salzsäure, doch wird von dieser Bereitungsweise abzusehen sein (beim Arsenwasserstoff schon wegen seiner aufserordentlichen Giftigkeit). Man wird sich vielmehr darauf beschränken können, das Verhalten der beiden Verbindungen beim Erhitzen darzuthun, um die zur Nachweisung von Arsen allgemein benutzte Methode zu erläutern.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

§ 253. Bildung von Arsenwasserstoff.

Eine Wasserstoffentwickelungsflasche mit Trockenrohr und gläserner, sehr schwer schmelzbarer Röhre (Marsch-scher Apparat). Arsenige Säure in Salzsäure gelöst; reines Zink, reine Salzsäure.

In eine Wasserstoffentwickelungsflasche, die nicht sehr grofs zu sein braucht, bringt man reines arsenfreies Zink und reine, ebenfalls arsenfreie Salzsäure. Das Trockenrohr ist mit Chlorcalcium gefüllt. Nachdem die Gasentwickelung eine Zeitlang im Gang ist, zündet man das ausströmende Gas an, welches mit blafsblauer, wenig leuchtender Flamme brennt. Man zeigt dann durch Erhitzen der Glasröhre mittels einer untergesetzten Lampe, dafs aus reinem Wasserstoffgas keinerlei Abscheidung erfolgt und dafs auch die Flamme unverändert bleibt (Fig. 860). Gieſst man nun einige Kubikcentimeter einer Lösung von arseniger Säure in Salzsäure durch das Trichterrohr, so beobachtet man nach sehr kurzer Zeit, dafs sich die Farbe der Flamme in ein fahles Violettgrau umwandelt, welches für die Arsenflamme charakteristisch ist, und dafs gleichzeitig im Rohr die Bildung eines breiten Arsenspiegels erfolgt. Hält man in die Flamme einen kalten Porzellanscherben, so setzt sich auch auf diesen braunschwarzes Arsen ab.

§ 254. Bildung von Antimonwasserstoff.

Der zum vorigen Versuche (§ 253) benutzte Apparat. Eine Lösung von Brechweinstein.

Führt man nach gehöriger Reinigung des Apparats und unter Anwendung eines anderen Gasausströmungsrohrs den Versuch in der Weise aus wie mit Arsen, nur mit der Abänderung, dafs man, nachdem die Wasserstoffentwickelung eine Zeitlang im Gange war, einige Kubikcentimeter einer Auflösung von Brechweinstein in die Gasentwickelungsflasche gieſst, so beobachtet man auch hier im Rohre die Bildung eines Spiegels und auf einem Porzellanscherben einen dunkelgefärbten Anflug. Hiernach scheint eine Verwechselung von Arsen und Antimon möglich. Folgende Proben aber dienen zur Unterscheidung. Der Arsenflecken auf dem Porzellanscherben ist in einer Lösung von unterchlorigsaurem Natron (Eau de Javelle) vollkommen löslich, verschwindet also durch Übergieſsen mit der genannten Flüssigkeit sogleich. Der Antimonflecken aber bleibt darin völlig unverändert. Ferner bildet sich, weil das Arsen flüchtiger ist als das Antimon, der Arsenspiegel im Rohre immer nur stromabwärts von der erhitzten Stelle, während der Antimonspiegel auch stromaufwärts auftritt. Auch durch die Farbe kann man beide Flecken voneinander unterscheiden; während nämlich der Arsenflecken glänzend schwarzbraun

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

und an dünneren Stellen braun erscheint, ist der Antimonflecken ganz schwarz und nicht glänzend.

Wenn Antimon und Arsen zugleich vorhanden sind, so wird die Unterscheidung schwieriger; die Nachweisung von Arsen ist aber auch hier möglich wegen der gröfseren Flüchtigkeit desselben. Man wiederhole den Versuch abermals unter Anwendung einer neuen Röhre und gieſse eine Mischung von arseniger Säure und Brechweinstein in die Gasentwickelungsflasche. Im Rohre bildet sich der Spiegel vor und hinter der erhitzten Stelle. Den Porzellanscherben halte man so in die Flamme,

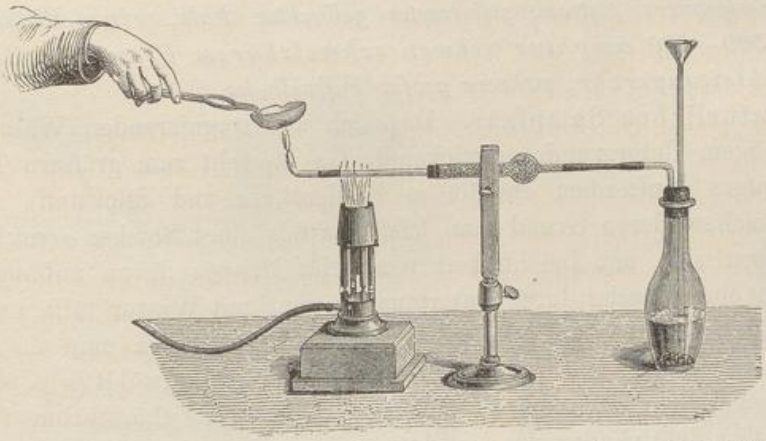


Fig. 860. Darstellung und Zersetzung von Arsenwasserstoff.

daſs diese eine lange Strecke darauf hinstreicht und dadurch einen stark verlängerten Flecken bildet. Der Arsenanflug bildet nun den entferntesten Teil des Fleckens. Läſst man daher einen Tropfen Eau de Javelle der Länge nach über denselben flieſsen, so wäscht sich nur der äuſserste Rand desselben ab (Beweis für die Anwesenheit von Arsen), während der vordere Teil unverändert bleibt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VIERTES KAPITEL.

Hydrüre der Kohlenstoffgruppe.

I. Sumpfgas (Grubengas oder Methan).

§ 255. Auffangung und Darstellung von Sumpfgas.

a) Mehrere Flaschen nebst einem grofsen Glastrichter.

b) Essigsaures Natron, gepulverter gelöschter Kalk, eine Flasche (500—600 ccm) aus schwer schmelzbarem Glase mit Gasableitungsrohr, mehrere grofse Fufscylinder.

a) Natürliches Sumpfgas. Das sich aus stagnierenden Wässern mit sumpfigem Untergrunde entwickelnde Gas besteht zum gröfsern Teil aus Sumpfgas (aufserdem enthält es Kohlensäure und Stickstoff). In flachen Teichen, deren Grund man leicht mittels eines Stockes erreichen kann, lassen sich mit Leichtigkeit reichliche Mengen davon auffangen, wenn man eine Flasche durch Untertauchen ganz mit Wasser füllt, unter Wasser einen Trichter aufsetzt, beide umkehrt und, indem man sie mit der einen Hand hält, mittels eines Stockes den Boden aufwühlt (Fig. 861). Jede Flasche wird unter Wasser gut verstöpselt. Im Laboratorium füllt man das Gas in Cylinder um, indem man sich dazu der pneumatischen Wanne bedient (Fig. 862).

b) Darstellung aus essigsauren Salzen. Man mische einige Efslöffel essigsaures Natron, welches durch gelindes Erwärmen vollständig entwässert worden ist, mit der gleichen Menge Natronkalk, bringe das trockene Pulver in eine Flasche aus schwer schmelzbarem Glase, verschliefse dieselbe durch einen mit Gasableitungsrohr versehenen Kork und fange das entweichende Gas, nachdem alle Luft aus dem Kolben verdrängt ist, in der pneumatischen Wanne auf (Fig. 863), indem man mehrere Cylinder damit füllt.

c) Versuche mit Sumpfgas. Man stelle einen, mit Glasplatte bedeckten Cylinder senkrecht auf den Tisch, entzünde nach dem Wegziehen der Glasplatte das Gas mit einem Fidibus und gieſse rasch Wasser ein, wobei man eine grofse, nicht leuchtende Flamme austreten sieht. Hält man einen anderen Cylinder verkehrt, so läfst sich mit ihm durch Einschieben eines an einem Draht befestigten brennenden Lichts derselbe Versuch ausführen, wie mit Wasserstoff (Fig. 467, S. 323). Das Gas entzündet sich an der unteren Öffnung des Cylinders, und das Licht verlöscht beim Hinaufschieben, zündet sich aber beim Herausziehen wieder an.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sumpfgas und Sauerstoff bilden in dem Verhältnis von 1 : 2 Vol. ein explosives Gemenge. Man fülle einen etwa 15 cm hohen und 4 cm weiten Fufscylinder ganz mit Wasser und kehre ihn in der pneumatischen Wanne um. Dann lasse man $^1/_3$ Sumpfgas und $^2/_3$ Sauerstoff einsteigen, nehme den Cylinder bedeckt heraus, umhülle ihn mit einem Tuche und entzünde nach dem Wegziehen der Glasplatte das Gasgemenge, worauf eine starke Explosion erfolgt. — Um die Explosion mit Luft auszuführen, mufs man 1 Vol. Sumpfgas mit 10 Vol. Luft mischen. Man nehme deshalb einen der gröfsten Fufscylinder, giefse $^1/_{11}$ seines Inhalts Wasser hinein, bedecke ihn mit einer gut schliefsenden Glasplatte, kehre ihn dann in der pneumatischen Wanne um und fülle ihn mit Sumpfgas voll. Nach dem Heraus-

Fig. 861. Auffangen von Sumpfgas.

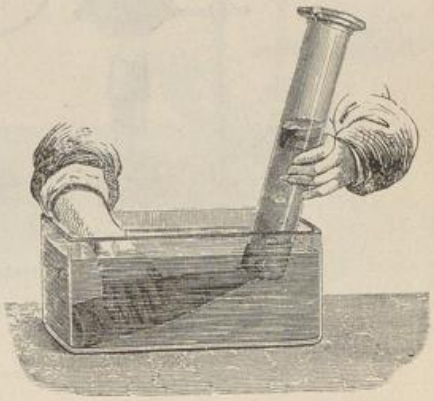


Fig. 862. Umfüllen von Sumpfgas.

heben aus dem Wasser kehrt man ihn, mit der Glasplatte bedeckt, einige Male um und entzündet dann das Gemenge. Die Explosion ist nur von einem sehr schwachen Knall begleitet.

In Chlor verbrennt Sumpfgas mit stark rufsender Flamme. Man kann hierzu denselben Apparat benutzen wie zur Verbrennung von Wasserstoff in Chlor (Fig. 597, S. 437). Das Sumpfgas mufs zu diesem Zwecke in einem Gasometer aufgefangen werden. Nachdem der Kolben mit Chlor gefüllt und das aus einer umgebogenen Glasröhre ausströmende Sumpfgas entzündet ist, senkt man jene in den Cylinder. Die Flamme des Gases erscheint gelb gefärbt, und dicke Wolken von Rufs quellen aus der Öffnung. — Um ein explosives Gemenge von Chlor und Sumpfgas herzustellen, fülle man einen in warmem Wasser umgekehrten Fufscylinder

zu $^1/_3$ mit Sumpfgas und dann mit Chlor voll. Dies darf nicht im direkten Sonnenlicht, sondern nur im zerstreuten Tageslicht geschehen. Man bedecke hierauf den Cylinder unter Wasser mit einer aufgeschliffenen, gut schliefsenden Glasplatte, kehre ihn nach dem Herausheben um, damit das leichtere Sumpfgas sich besser mit dem Chlor mische und bewirke (unter dem Abzug) die Entzündung, wobei man eine stark rötlich gefärbte Flamme im Cylinder und das Aufsteigen einer hohen Rufswolke beobachtet.

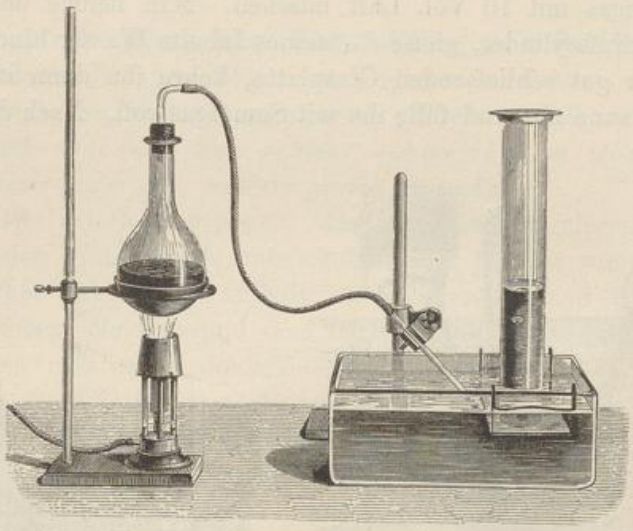


Fig. 863. Darstellung von Sumpfgas.

II. Ölbildendes Gas (oder Äthylen).

§ 256. Darstellung und Eigenschaften des ölbildenden Gases.

Konzentrierte Schwefelsäure, Alkohol, Sand. Ein Literkolben mit Gasableitungsrohr, eine grofse, tubulierte Glasglocke, mit durchbohrtem Korke verschlossen, welche eine mit Hahn versehene Röhre mit weiter Öffnung trägt, eine tiefe pneumatische Wanne oder ein hohes, mit Wasser gefülltes Blechgefäfs. Ein Gasometer (Glockengasometer). Mehrere Fufscylinder.

a) Darstellung von Äthylen. Man gieſse in einen Literkolben 50 ccm starken Alkohol und mische damit unter allmählichem Zusatz und gutem Umschütteln (wobei man das Gefäfs durch Eintauchen vor allzustarkem Erwärmen schützt) 150 ccm konzentrierte Schwefelsäure zu.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dann schütte man trockenen, feinpulverigen Sand ein und mische denselben abermals unter Schütteln mit der Flüssigkeit, bis das Ganze einen dicken Brei bildet. Hierauf verschliefse man den Kolben mit einem durchbohrten, mit Gasableitungsrohr versehenen Kork, setze ihn in ein Sandbad über einer Lampe und erwärme vorsichtig. Währenddessen fülle man eine tubulierte, mit Hahnrohr versehene Glasglocke in der pneumatischen Wanne ganz mit Wasser, indem man dieselbe bei geöffnetem Hahn ganz unter das Wasser taucht und dann den Hahn verschliefst. Nachdem man annehmen kann, dafs alle Luft aus dem Kolben vertrieben, fange man das sich entwickelnde Gas in der Glasglocke auf, bis diese ganz gefüllt

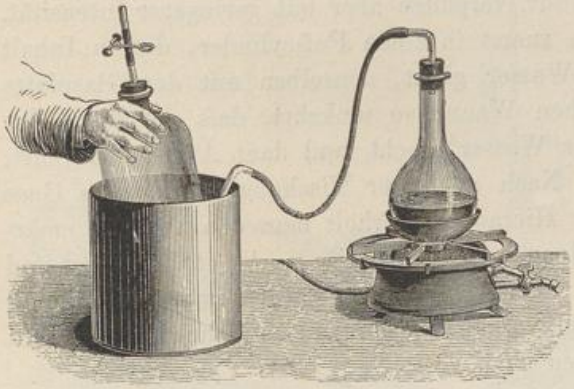


Fig. 864.
Darstellung von ölbildendem Gas.

Fig. 865. Verbrennung von ölbildendem Gas.

ist (Fig. 864). Die Erwärmung des Kolbens wird dann weiter fortgesetzt und das sich noch entwickelnde Gas in einem vorher zurechtgemachten Gasometer aufgefangen.

b) Verbrennung von Äthylen. Dafs das Äthylen mit stark leuchtender Flamme brennt, zeigt man, indem man die damit gefüllte Glasglocke ganz unter Wasser taucht, einen brennenden Span über die Öffnung der Glasröhre hält und den Hahn öffnet (Fig. 865). Zur Vergleichung kann man den Versuch mit gewöhnlichem Leuchtgas wiederholen. Man fülle zu diesem Zwecke die Glocke durch Untertauchen wiederum ganz mit Wasser, verbinde das Ausströmungsrohr bei geschlossenem Hahn durch einen Kautschukschlauch mit der Gasleitung, öffne dann den Hahn und hebe die Glocke langsam aus dem Wasser, doch nicht so weit, dafs Luft eindringt. Nachdem sie ganz gefüllt ist, wird der Hahn geschlossen, der Gasleitungsschlauch abgezogen und nun die Entzündung

wie vorher bewirkt. Die Glocke leert sich in viel kürzerer Zeit, und die Flamme ist weit weniger leuchtend.

c) Explosion mit Sauerstoff und Luft. Mit 3 Volumen Sauerstoff gemischt, bildet das Äthylengas ein explosives Gemenge. Man stelle dasselbe in einem Cylinder in der im vorigen Paragraph beschriebenen Weise her und führe den Versuch ganz so, wie dort beschrieben ist, aus. Einfacher geschieht es auf folgende Art: Man leite Äthylen (aus dem Gasometer) in einen einfachen BUNSEN'schen Brenner und entzünde es. Dann leite man mittels eines umgebogenen Rohrs Sauerstoff in eines der unteren Luftlöcher; die Flamme brennt anfangs ruhig weiter, sobald aber die Gasmischung in der Röhre explosiv geworden ist, erfolgt ein starker Knall. — Zur Herstellung eines explosiven Gemenges mit Luft sind 15 Volumen der letzteren auf 1 Volum Gas nötig, doch sind auch Gemenge mit weniger Luft schon explosiv, verpuffen aber mit geringerer Intensität. Man zeigt dies, indem man zuerst in einen Fufscylinder, dessen Inhalt man ausgemessen hat, $^1/_{15}$ Wasser gieſst, denselben mit der Glasplatte bedeckt, in der pneumatischen Wanne so umkehrt, daſs der Rand des Cylinders nur sehr wenig ins Wasser taucht, und dann Äthylen einführt, bis eine Blase heraustritt. Nach gehöriger Mischung der beiden Gase bewirkt man die Explosion. Hierauf wiederholt man den Versuch mehrmals, indem man gröfsere Mengen Wasser, z. B. $^1/_{12}$, $^1/_{10}$ etc. eingieſst und im übrigen ebenso verfährt. Die Explosionen werden immer schwächer und hören bald auf, obwohl verhältnismäſsig ansehnliche Mengen Luft in dem Gasgemische enthalten sind.

d) Die Verbrennung von Äthylen in Chlorgas kann mit demselben Apparat und in derselben Weise ausgeführt werden wie beim Sumpfgas.

III. Leuchtgas.

§ 257. Darstellung von Leuchtgas aus Steinkohlen im kleinen.

Eine Retorte aus schwer schmelzbarem Glase (5) mit tubulierter Vorlage und daran befestigtem kurzen Gasausströmungsrohre. Steinkohle.

Steinkohle wird gröblich gepulvert und damit der Bauch einer Retorte zur Hälfte gefüllt, diese dann mit einer Vorlage verbunden und erhitzt (Fig. 866). Man beobachtet das Aufsteigen braungefärbter Dämpfe, welche sich zuerst in der Retorte, dann im Halse und zuletzt in der

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vorlage zu Teer verdichten, während das austretende Gas nach dem Anzünden mit ruhig leuchtender Flamme brennt. Man setze den Versuch bis zum Aufhören der Gasentwickelung fort und kühle währenddessen die Vorlage durch wiederholtes Aufgiefsen von Wasser. Nach dem Auseinandernehmen des Apparats giefst man den Teer in ein Becherglas und kann nun deutlich wahrnehmen, dafs derselbe aus einem wässerigen und einem dicken öligen Bestandteile besteht.

Da bei der Besprechung der Leuchtgasfabrikation die Bestandteile des rohen Leuchtgases namhaft zu machen sind, wobei auf den Anteil hinzuweisen ist, den die nicht gasförmigen, aber flüchtigen Teerbestand-

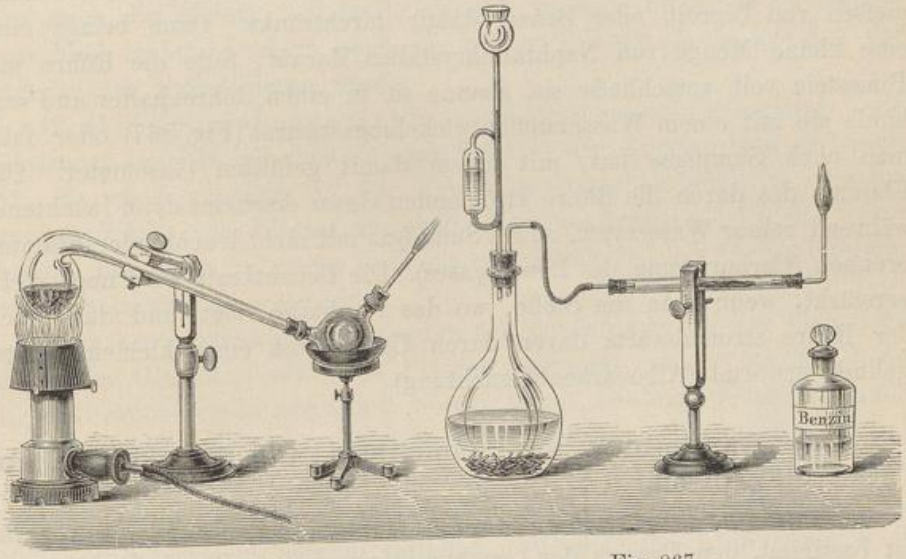


Fig. 866.
Trockene Destillation von Steinkohle.

Fig. 867.
Leuchtendmachen von Wasserstoff.

teile (Benzol, Naphtalin etc.) auf die Leuchtkraft des Gases ausüben, da ferner auf die Zersetzung schwerer Kohlenwasserstoffe durch starkes Überhitzen (Abscheidung von Retortenkohle unter Bildung schwach leuchtender, kohlenstoffarmer Gase) aufmerksam zu machen sein wird, so dürften folgende Versuche am Platze sein.

a) Zersetzung von Äthylen durch Wärme. Man leite durch eine enge böhmische Röhre, welche auf zwei Röhrenträgern liegt, aus einem Gasometer Äthylen in langsamem Strome und entzünde dasselbe am Austritt der Röhre, welche zu diesem Zwecke durch einen mit engem Glasrohr versehenen Kork verschlossen ist. Dann bringe man die Röhre durch Anzünden der Röhrenheizlampe zu möglichst starkem Glühen. Während die Flamme an Leuchtkraft abnimmt, beobachtet man im Innern

der Röhre eine Abscheidung von festem Kohlenstoff. — Van Hasselt* empfiehlt, die Zersetzung des Äthylens in folgender Weise zu bewirken. Ein Platinblech wird über einem Glasstabe zu einer Röhre zusammengerollt und die beiden Enden derselben in eine gut passende Glasröhre etwa 1 cm tief hineingesteckt. Die eine der letzteren ist ausgezogen und dient als Brenner. Man leitet Äthylen hindurch und zündet es an. Dann erhitzt man mit einer Gebläselampe das Platinrohr, worauf sich Kohlenstoff abscheidet.

b) Leuchtendmachung nicht leuchtender Flammen. Eine etwa 30 cm lange Glasröhre, mit durchbohrten Korken zu verschliefsen, wird zu $^3/_4$ mit groben Bimssteinstücken gefüllt, welche man durch Eingiefsen von Ligroin oder Benzol damit durchtränkt. Dann bringe man eine kleine Menge von Naphtalinkrystallen darauf, fülle die Röhre mit Bimsstein voll, verschliefse sie, spanne sie in einen Röhrenhalter und verbinde sie mit einem Wasserstoffentwickelungsapparat (Fig. 867) oder, falls man noch Sumpfgas hat, mit einem damit gefüllten Gasometer. Die Flamme des durch die Röhre strömenden Gases erscheint dann leuchtend, während reiner Wasserstoff, sowie Sumpfgas mit nicht leuchtender Flamme brennen (Carburierung des Leuchtgases). Die Leuchtkraft wird noch mehr verstärkt, wenn man die Stelle, wo das Naphtalin liegt, und das Stück der Röhre stromabwärts davon durch Unterhalten einer kleinen Lampe gelinde erwärmt (Albocarbonbeleuchtung).

§ 258. Darstellung von Leuchtgas aus Steinkohlen im grofsen.

Der in Figur 868 und 869 (auf S. 760 und 761) abgebildete Apparat ist bestimmt, den Prozefs der Leuchtgasbereitung aus Steinkohlen, wie er im grofsen zur Ausführung gelangt, in allen seinen Teilen und im Zusammenhang derselben untereinander darzustellen. Die hierzu benutzten Apparate weichen zwar bezüglich ihrer äufseren Gestalt von den in der Technik gebräuchlichen zum Teil ab, funktionieren aber in derselben Weise und liefern dieselben Zwischenprodukte wie dort.

1. Der Retortenofen der Gasfabrik ist durch einen eisernen Topf vertreten, dessen mittels eines Bügels festzuverschraubender Deckel mit einem Sicherheitsventil und einem langen, umgebogenen, eisernen Gasableitungsrohr versehen ist. Der Topf ist grofs genug, um 1 kg Steinkohlen, welche man zu einem gröblichen Pulver zerstöfst, zu fassen. Der Deckel ist sorgfältig aufgeschliffen und ermöglicht einen dichten Verschlufs. Die Erhitzung geschieht durch eine der kräftigsten Lampen,

* *Chem. Centr.-Blatt* 1879, S. 495.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

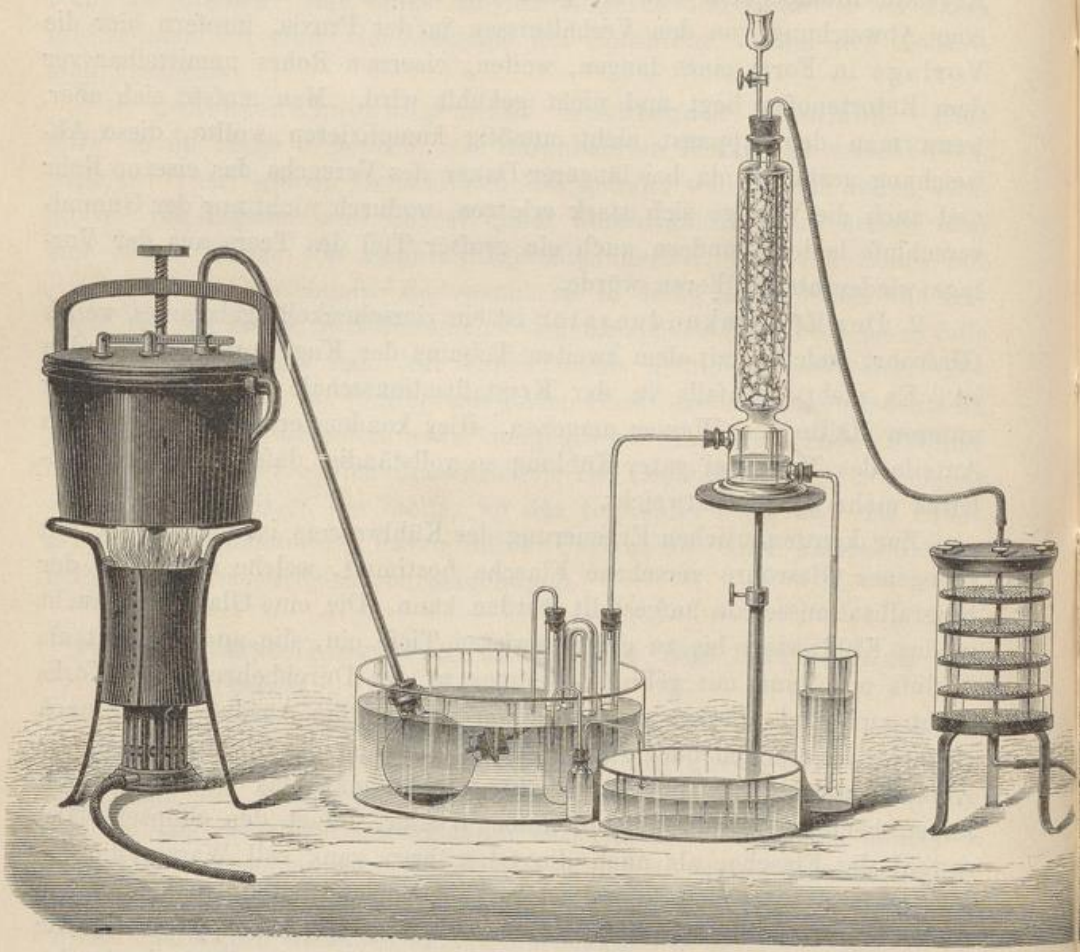
deren Flamme so groſs gemacht werden kann, daſs sie den ganzen Boden des Topfs umspült. Das eiserne Gasableitungsrohr mündet in eine doppelt tubulierte Kugelvorlage und ist durch einen durchbohrten Gummistöpsel luftdicht darin befestigt. In dieser sammelt sich der gröſste Teil des Teers und des Ammoniakwassers. Sie liegt in einer der gröſsten Krystallisationsschalen und ist ganz von Kühlwasser umgeben. Dies ist eine Abweichung von den Verhältnissen in der Praxis, insofern hier die Vorlage in Form eines langen, weiten, eisernen Rohrs unmittelbar vor dem Retortenofen liegt und nicht gekühlt wird. Man muſste sich aber, wenn man den Apparat nicht unnötig komplizieren wollte, diese Abweichung gestatten, da bei längerer Dauer des Versuchs das eiserne Rohr und auch die Vorlage sich stark erhitzen, wodurch nicht nur der Gummiverschluſs leiden, sondern auch ein groſser Teil des Teers aus der Vorlage wieder abdestillieren würde.

2. Der Röhrenkondensator ist ein vierschenkelig gebogenes, weites Glasrohr, welches mit dem zweiten Tubulus der Kugelvorlage verbunden ist. Es steht ebenfalls in der Krystallisationsschale und ist in seiner unteren Hälfte von Wasser umgeben. Hier kondensieren sich die letzten Anteile des Teers bei guter Kühlung so vollständig, daſs nichts Verdichtbares mehr daraus entweicht.

Zur kontinuierlichen Erneuerung des Kühlwassers ist eine kleine, mit gebogener Glasröhre versehene Flasche bestimmt, welche auſserhalb der Krystallisationsschale aufgestellt werden kann. Die eine Glasröhre taucht in das Kühlwasser bis zu einer gewissen Tiefe ein, die andere dient als Abfluſs und kann mit gelinder Reibung in der Durchbohrung des Korks leicht auf- und abwärts geschoben werden, um die Ausfluſsöffnung nach Belieben zu erhöhen oder zu vertiefen. Nachdem das Kühlwasser in die Krystallisationsschale eingegossen ist, taucht man das Fläschchen mit seinen beiden Glasröhren ganz unter Wasser, öffnet den Stöpsel, läſst sowohl die Flasche, als auch die Glasröhren ganz voll Wasser flieſsen, setzt unter Wasser den Stöpsel wieder auf, verschlieſst die beiden offenen Enden der Glasröhren mit dem Daumen und setzt den Apparat so, wie die Figur zeigt, neben die Kühlschale, so daſs das eine Glasrohr in das Kühlwasser eintaucht. Befindet sich die äuſsere Abfluſsöffnung des anderen Rohrs unterhalb des Wasserspiegels in der Schale, so wirkt der Apparat als Heber und läſst so lange Wasser aus der Schale flieſsen, bis die Abfluſsöffnung im Niveau steht. (Da der Abfluſs nicht ohne Reibung des Wassers an den Glaswänden erfolgt, so hört er in der That schon auf, wenn der Wasserspiegel noch ein oder mehrere Centimeter höher steht, als die Ausfluſsöffnung; durch Auf- und Abwärtsschieben der Abfluſsröhre im Korke kann man dies nach Belieben regulieren.) Durch

eine andere Glasröhre, welche man mit der Wasserleitung oder einem höher stehenden (in der Figur nicht abgebildeten) Wasserreservoir verbindet, leitet man kaltes Wasser bis auf den Boden der Kühlflasche.

3. Der Coaksreiniger oder Scrubber, in der Praxis ein mit Coaksstücken gefüllter Turm, wird bei diesem Apparat durch einen ge-



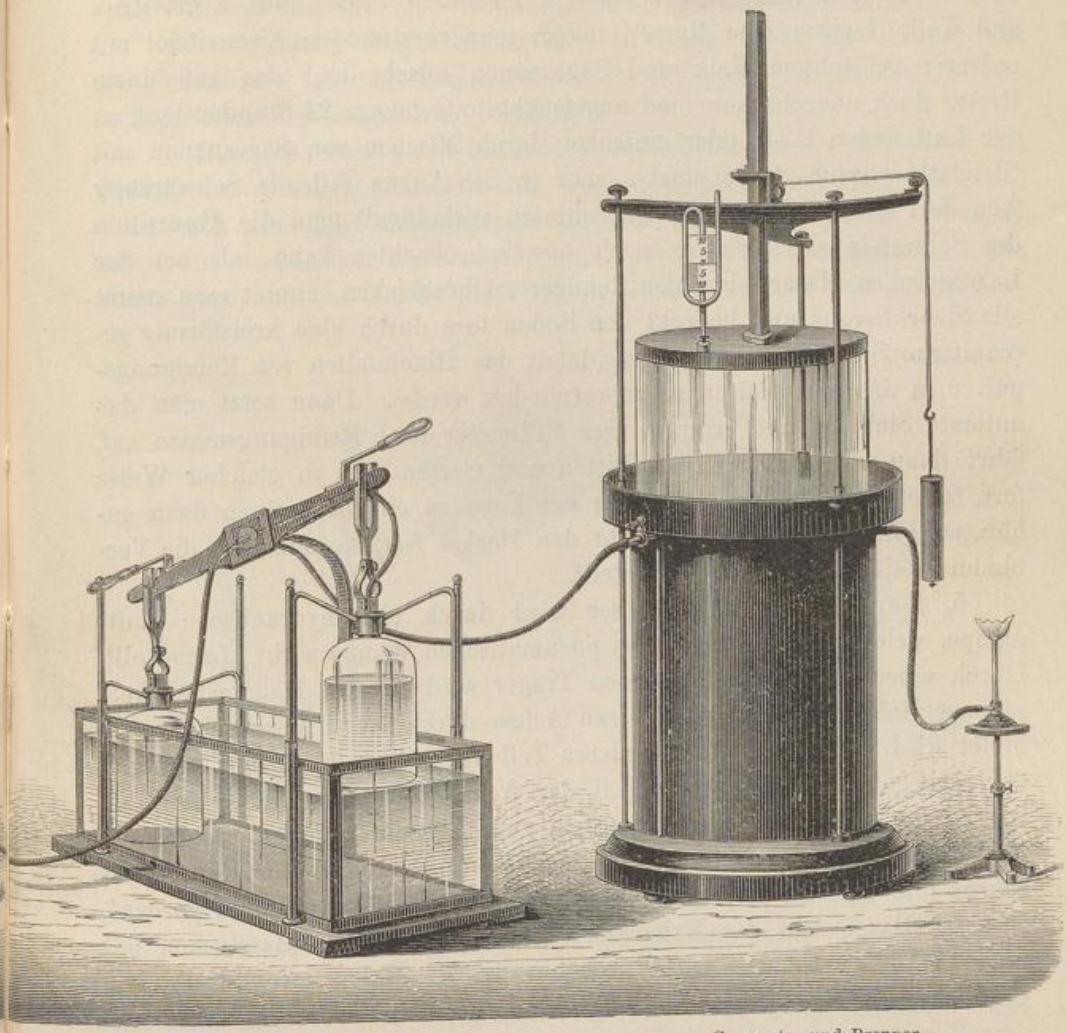
Retortenofen. Vorlage und Kondensator. Scrubber. Trockenreiniger

Fig. 868.

Darstellung von Stei

wöhnlichen gläsernen Absorptionsturm gebildet, dessen unterer Teil zwei Tubulaturen hat, von denen die eine etwas höher steht, als die andere. Der obere lange Teil ist mit Bimssteinstücken gefüllt, ein doppelt durchbohrter Kork verschliefst die obere Öffnung und trägt einen Hahntrichter und ein umgebogenes Gasableitungsrohr, beide dicht unter dem Korke endigend. Die Verbindung mit dem Röhrenkondensator erfolgt durch die

obere Tubulatur, während aus der unteren ein Abflufsrohr senkrecht nach unten führt. Die Länge des letzteren mufs gröfser sein, als die Höhe der Glocken des Exhaustors (siehe unter 5).



Exhaustor. Gasometer und Brenner.

Steinkohlengas. Fig. 869.

4. Der Trockenreiniger. Ein weiter Glascylinder, im Innern mit vier übereinander liegenden horizontalen Drahtsieben und oben mit einer Fassung versehen, mittels der man einen Deckel luftdicht aufschrauben kann. Durch letzteren geht ein kurzes senkrechtes Rohr, welches mittels eines Kautschukschlauchs mit dem Gasableitungsrohr des Scrubbers verbunden ist, und im Boden ist ein zweites rechtwinklig

umgebogenes Gasableitungsrohr eingesetzt. Die Siebböden können einzeln herausgenommen werden, indem jeder derselben drei kurze Füfse und in der Mitte oben einen Draht als Handgriff hat. Die Reinigungsmasse bereitet man entweder, entsprechend der früheren Praxis, aus Eisenvitriol und Kalk (Laming'sche Masse), indem man zerstofsenen Eisenvitriol mit pulverig gelöschtem Kalk und Sägespänen mischt und das auf einem Brette flach ausgebreitete und angefeuchtete Gemenge 24 Stunden lang an der Luft liegen läfst: oder einfacher durch Mischen von Sägespänen mit Bleiglätte, durch deren starke, sehr in die Augen fallende Schwärzung (von dem oberen Sieb nach dem unteren verlaufend) man die Absorption des Schwefelwasserstoffgases noch besser beobachten kann, als bei der Laming'schen Masse. Um den Reiniger zu beschicken, nimmt man zuerst alle Siebe heraus und bedeckt den Boden lose durch eine kreisförmig geschnittene Scheibe Filtrierpapier (damit das Hineinfallen von Reinigungspulver in das Gasableitungsrohr vermieden werde). Dann setzt man das unterste Sieb ein und streut einige Millimeter hoch Reinigungsmasse auf, fährt dann mit dem zweiten, dritten und vierten Sieb in gleicher Weise fort, fettet den Rand der Fassung mit Vaseline ein, legt einen dazu gehörigen Filzring auf und schraubt den Deckel fest, worauf man die Verbindung mit dem Scrubber herstellt.

5. Der Exhaustor. Dieser wird durch eine hydraulische Luftpumpe, welche in einer gläsernen pneumatischen Wanne wirkt, dargestellt. Durch einen gekrümmten eisernen Träger wird ein mit Handgriffen versehener Balancier getragen, dessen Achse durch einen Vierweghahn gebildet wird. Der eine Weg (vorderer Teil der Achse) führt zum Reiniger, der entgegengesetzte (hinterer Teil der Achse) zum Gasometer. An den Armen des Balanciers sind aufserdem zwei Röhren befestigt, welche die beiden anderen Wege bilden und durch Vermittelung zweier Kautschukröhren (die eine ist in der Abbildung leider nicht mit gezeichnet worden!) zu den Glasglocken des Exhaustors führen. Jede der Glasglocken hat ungefähr $1\frac{1}{2}$ l Inhalt. Die Durchbohrung des Hahns ist nun derartig bewirkt, dafs bei schiefer Stellung des Balanciers die obere Glocke mit dem Reinigungsapparat und die untere mit dem Gasometer in Verbindung steht. Bei der in der Figur gezeichneten Stellung ist es also die Glocke auf der rechten (vorderen) Seite, in welche das Gas aus dem Reinigungsapparat eingesaugt wird, während aus der linken (hinteren) durch den Druck des Wassers das Gas in den Gasometer getrieben wird. Giebt man dem Balancier die umgekehrte Stellung, so dafs die hintere Glocke aufgezogen und die vordere niedergedrückt wird, so ist infolge der hierdurch bewirkten Umstellung des Hahns auch die Verbindung der beiden Glocken umgekehrt, d. h. das Gas strömt nun in die hintere Glasglocke

und wird aus der vorderen herausgepreſst. Jede Glocke hat zwei seitliche Führungen durch Metallhülsen, welche sich über Messingstangen schieben, und aufserdem ist an der einen Führung eine mit Feder versehene Sperre angebracht, welche, nachdem der Balancier die eine oder die andere Stellung eingenommen hat, in einen oben, bezw. unten auf der Führungsstange angebrachten Zahn einschnappt, wodurch die Glocken in ihrer Stellung festgehalten werden.

6. Der Gasometer. Dieser ist entsprechend den Verhältnissen der Praxis ein Glockengasometer mit Gegengewicht. Die Glocke ist aus Glas, oben mit dicht aufgekittetem Metalldeckel, aus der Mitte desselben steigt ein vierkantiger Messingstab auf, welcher durch eine gut adjustierte Hülse geht und der Glocke als Führung dient. Auf der Stange ist über-

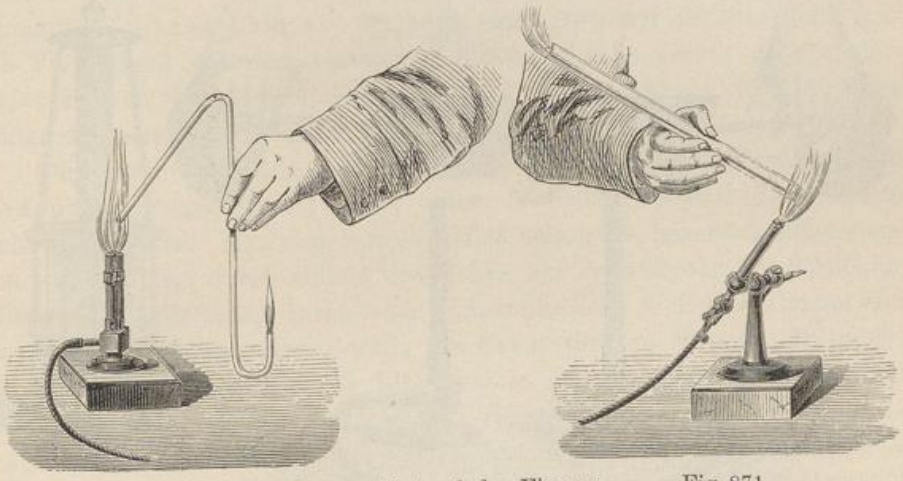


Fig. 870. Innerer Zustand der Flamme. Fig. 871.

dies eine Teilung angebracht, an welcher man die Anzahl der in den Gasometer eingetretenen Liter Gas direkt ablesen kann. Ferner befindet sich ein kleines Wassermanometer auf dem Deckel der Glocke, welches den inneren Druck des Gases angiebt. Durch Auflegen scheibenförmiger, 5 mm dicker, an der einen Seite ausgeschnittener Bleiplatten auf das cylindrische Gegengewicht der Glocke kann man den Druck regulieren, wenn das Gewicht der Glocke durch Aufsteigen aus dem Wasser zunimmt. Der zweite Hahn des Gasometers ist mittels eines Kautschukschlauchs mit einem Gasbrenner verbunden.

Soll die Gasbereitung in Gang gesetzt werden, so schüttet man zuerst in den eisernen Topf eine abgewogene Menge fetter Steinkohlen, schraubt den Deckel fest zu und stellt die Verbindung mit der Vorlage, dem Röhrenkondensator und dem Scrubber her, hierauf gieſst man Kühlwasser

in die Schale, stellt das Überlaufflaschchen an seinen Ort, gießt Wasser in den Hahntrichter des Scrubbers und stellt ein mit Wasser gefülltes Cylinderglas unter das Ablaufrohr des letzteren. Dann öffnet man den Hahn des Trichters und läßt so viel Wasser durch den Scrubber laufen, bis dasselbe die Höhe des Ablaufrohrs erreicht hat und aus demselben abfließt, worauf man den Hahn wiederum schließt. Nun steckt man den Schlauch, welcher vom Scrubber zum Trockenreiniger führt, auf das Gasableitungsrohr des ersteren, saugt Luft aus den vier miteinander verbundenen Apparaten, bis das Wasser etwa bis zu dem Knie des Ablaufrohrs gestiegen ist, und schließt den Schlauch mittels eines vorher über-

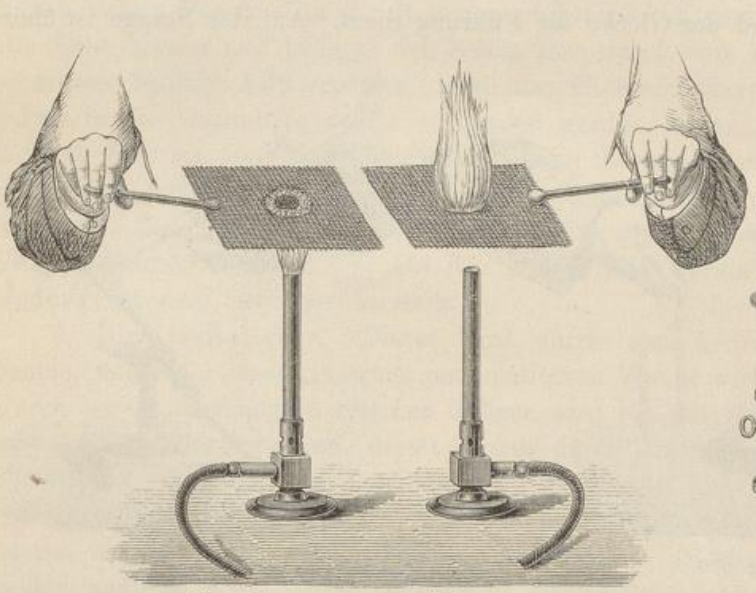


Fig. 872. Fig. 873. Fig. 874.
Abschneidung der Flamme durch Drahtnetz. Sicherheitslampe.

geschobenen Quetschhahns. So läßt man den Apparat einige Zeit stehen und beobachtet an dem Stande des Wassers des Ablaufrohrs, ob alle Verschlüsse dicht sind. Ist dies der Fall, so wird der in der oben unter 4. beschriebenen Weise vorgerichtete Trockenreiniger verbunden und auch dieser durch Saugen an seinem Ableitungsrohr auf Dichtheit seines Verschlusses geprüft. Dann verbindet man den Exhaustor in der durch die Figur erläuterten Weise mit dem Reiniger, gießt die Wanne so weit voll Wasser, daß die tief stehende Glocke davon ganz bedeckt wird, und bringt, nachdem sich diese mit Wasser gefüllt hat, den Balancier in die umgekehrte Stellung, wodurch in allen mit dem Exhaustor verbundenen Apparaten ein verminderter Luftdruck hergestellt wird, infolgedessen das

Wasser in dem Ablaufrohr des Scrubbers steigt. Zeigt sich auch jetzt nach einigem Warten keine Änderung in dem Stande des Wassers in der Röhre, so kann man mit dem Heizen des Topfes beginnen.

Man giebt anfangs nur schwaches Feuer und verstärkt es erst allmählich. Bald machen sich teerige Dämpfe in der Vorlage sichtbar, welche sich kondensieren, und das Wasser in der aufgezogenen Glocke sinkt allmählich. Nachdem sich diese nahezu mit Gas gefüllt hat, bringt man den Balancier des Exhaustors in die umgekehrte Stellung, worauf sich die zweite Glocke mit Wasser füllt, während aus dem Schlauch, welcher nach dem Gasometer zu führen bestimmt ist, Luft entströmt. Diese fängt man noch nicht auf. Nachdem aber mehrere Glocken Gas entwickelt worden sind, nimmt man eine Probe davon in einem Cylinder über Wasser (gleich in der Wanne des Exhaustors) und prüft durch Entzünden, ob das Gas genügend frei von Luft ist. Nachdem auch dies erreicht ist, stellt man die Verbindung mit dem Gasometer (dessen Glocke vorher ganz niedergedrückt war) her, öffnet den vorderen Zuströmungshahn und läfst den hinteren einstweilen geschlossen.

Die Gasentwickelung nimmt nun ihren regelmäfsigen Fortgang und wird unter Steigerung der Hitze immer lebhafter, so dafs die Glocken sich rasch füllen. Man hat hierbei nichts weiter zu beachten, als erstens von Zeit zu Zeit durch Öffnen des Hahns am Trichterrohr des Scrubbers Wasser über die darin enthaltenen Bimssteinstücke fliefsen zu lassen und zweitens die Stellung der Glocken des Exhaustors im richtigen Zeitpunkt zu wechseln. Nachdem einige Liter Gas in dem Gasometer angesammelt sind, kann man den Ausströmungshahn desselben durch einen Kautschukschlauch mit einem Gasbrenner verbinden und das ausströmende Gas hier anzünden. Hierbei lassen sich zugleich Beobachtungen über die Gestalt und Gröfse der Flammen aus verschiedenen Brennern, sowie über den Einflufs des Drucks auf die Natur der Flamme verbinden. Man hat zu diesem Zwecke ein Sortiment aller möglichen Brenner in Vorrat, sie passen alle in ein und dasselbe Standrohr und lassen sich deshalb leicht auswechseln. Den Druck des Gases kann man bei mittlerer Stellung der Gasometerglocke durch Auflegen und Abnehmen von Gewichten zwischen 1 und 10 cm variieren.

§ 259. Einige Versuche über die Natur der Flamme.

a) *Eine zweimal gebogene, im Innern 4—5 mm weite Glasröhre (Fig. 870), ein weiteres, beiderseits offenes Glasrohr. Ein Dreibrenner, eine Gebläselampe.*

b) *Ein Drahtnetz, eine Sicherheitslampe, ein hohes, weites Cylinderglas mit Holzdeckel. Äther.*

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

a) Innerer Zustand der Flamme. Dafs das Innere der Leuchtgasflamme noch unverbrannte Gase enthält, läfst sich in der durch Figur 870 erläuterten Weise zeigen. Obgleich das dem Bunsen'schen Brenner entsteigende Gas bereits mit Luft gemischt ist, gelangt es doch im Innern nicht zur vollkommenen Verbrennung, sondern erst nachdem es von aufsen her auch noch mit genügenden Luftmengen in Berührung kommt. Sogar in der Flamme der Gebläselampe bleibt ein Teil des Gases unverbrannt, was sich aus dem in Figur 871 dargestellten Versuche ergiebt.

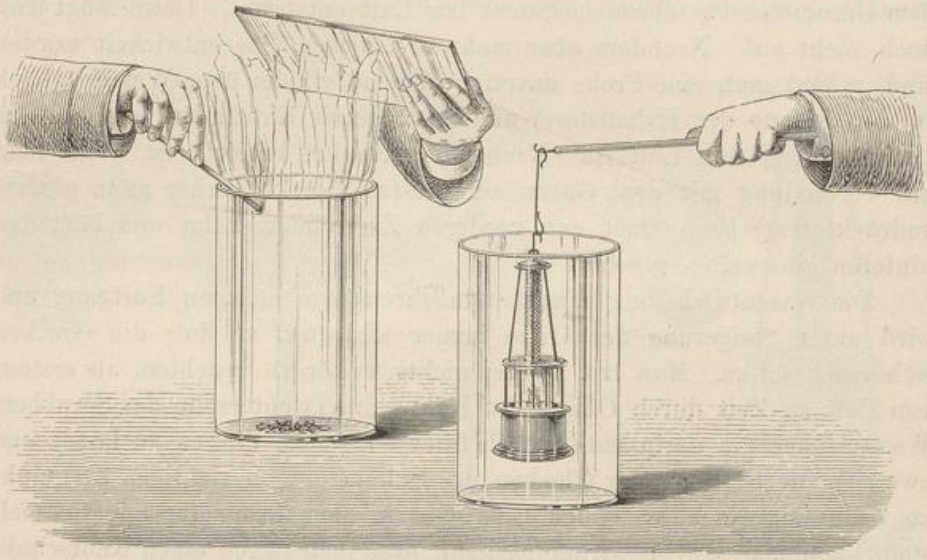


Fig. 875. Explosive Verbrennung in Ätherdampf.

Fig. 876. Sicherheitslampe in Ätherdampf.

Das Vorhandensein brennbarer Gase im dunkeln Kern einer Kerzenflamme wird nach Brandstätter* folgendermafsen gezeigt. Man verbindet zwei gleichgrofse Spitzballons (wie Scheidetrichter gestaltet) mit ihren unteren Spitzen vermittelst eines Kautschukschlauchs. Das Ganze ist an einem Stative so befestigt, dafs die Ballons wie an einem Wagebalken gehoben und gesenkt werden können. Man füllt den tiefer gestellten Ballon mit Wasser, treibt dieses dann durch Heben desselben in den anderen Ballon bis in den Tubus desselben, welchen man mittels eines Stöpsels, durch den eine Glasröhre geführt ist, verschliefst. Jetzt wird durch einen über den Kautschukschlauch geschobenen Quetschhahn die Verbindung der beiden Ballons unterbrochen, so dafs ein Zusammenfliefsen

* *Zeitschr. für physikal. und chem. Unterr.*, Bd. 9, S. 171. — *Chem. Centr.-Blatt* 1896, II, S. 410.

des Wassers verhindert ist. Dann führt man die Spitze der Glasröhre in den dunkeln Kern einer Kerzenflamme ein und öffnet den Quetschhahn vorsichtig, so dafs das Wasser in den unten befindlichen Spitzballon abfliefst und die Gase in den oberen eingesogen werden. Ist dieser Ballon dann ganz gefüllt, so läfst man durch Heben des anderen Ballons die Gase wieder austreten und kann sie dann am Ausströmungsende entzünden, wo sie mit hellleuchtender Flamme brennen.

b) Abkühlende Wirkung fein geflochtener Drahtnetze. Durch ein fein geflochtenes Drahtnetz, welches man mitten in eine Flamme hält, schlägt diese nicht durch, solange das Metall nicht stark glühend ist. Die Gase entweichen unverbrannt (Fig. 872). Läfst man in umgekehrter Weise das Gas unentzündet aus einem Brenner durch ein Drahtnetz strömen und entzündet es oberhalb des letzteren, so schlägt die Flamme nicht zum Brennerrohr hindurch (Fig. 873). Bekanntlich beruht hierauf die schützende Wirkung der Davy'schen Sicherheitslampe (Fig. 874), welche sich durch einen in Figur 875 und 876 abgebildeten Versuch vorführen läfst. Man gieſse in einen hohen und weiten Glascylinder einige Kubikcentimeter Äther, bedecke denselben mit einer Glasplatte und schwenke ihn mehrmals um, dann zeige man nach Abziehen der Glasplatte durch Entzündung das Vorhandensein eines explosiven Gasgemenges und lösche die Flamme durch Aufdecken eines Holz- oder Pappdeckels. Man blase hierauf den Cylinder mittels eines Blasebalgs gut aus, stelle durch abermaliges Eingiefsen von Äther und Umschwenken wieder eine explosive Mischung her und senke eine zuvor angezündete Sicherheitslampe ein. Nach kurzer Zeit wird im Innern der Lampe eine Explosion erfolgen, wodurch diese verlöscht, ohne dafs sich die Entzündung auf das im Cylinder enthaltene Gasgemenge fortpflanzt.

IV. Siliciumwasserstoff.

§ 260. Darstellung und Eigenschaften des Siliciumwasserstoffs.

Siliciummagnesium. Eine dreihalsige Woulfe'sche Flasche (500 ccm), in der mittleren Öffnung ein Hahntrichter, in einer seitlichen ein 5 mm weites, dicht unter dem Korke endigendes, aufsen schräg umgebogenes Gasableitungsrohr, in der anderen seitlichen Öffnung ein bis auf den Boden reichendes Gaseinleitungsrohr. Ein Wasserstoffentwickelungsapparat. Eine Krystallisationsschale.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Zur Darstellung von Siliciummagnesium stellt man ein Gemenge von 40 Teilen geschmolzenem und geriebenem Chlormagnesium, 45 Teilen scharf getrocknetem Kieselfluornatrium und 10 Teilen verknistertem Kochsalz her, indem man das Ganze in einer Reibschale fein zerreibt und sorgfältig mischt, dann bringe man in einem Glühofen einen hessischen Tiegel zum starken Glühen, schneide rasch 20 Teile Natrium in kleine Stücke, schüttele diese mit dem obigen Gemenge gut zusammen und trage das Ganze in den Tiegel ein, worauf man ihn sofort bedeckt und die Erhitzung fortsetzt. Unter prasselndem Geräusch findet die Reduktion des Magnesiums und Siliciums statt, welche sich zum Teil miteinander verbinden. Nach dem Abkühlen erhält man eine grauschwarze Masse, welche von schwarzen Blättchen und Kügelchen durchsetzt ist. Sie dient, nachdem sie gröblich zerstofsen ist, zur Bereitung des Siliciumwasserstoffgases. Man bringe sie zu diesem Behufe in die oben erwähnte dreihalsige Flasche, gieſse dieselbe zur Hälfte voll Wasser, verschlieſse alle drei Korke, verbinde das Gasableitungsrohr mit einem Wasserstoffentwickelungsapparat und lasse das Gaseinleitungsrohr aus der dreihalsigen Flasche in eine mit Wasser gefüllte Krystallisationsschale tauchen. Dann gieſse man etwas Wasser in den Hahntrichter, lasse dasselbe durch Öffnen des Hahns in der Weise herabflieſsen, daſs die Luft aus dem Trichterrohr verdrängt wird, schlieſse den Hahn und treibe alle Luft durch Wasserstoff aus dem ganzen Apparate aus. Nachdem dies geschehen ist, fülle man den Trichter mit konzentrierter Salzsäure und lasse selbige durch vorsichtiges Öffnen des Hahns in das Entwickelungsgefäſs einströmen, doch mit der Vorsicht, daſs keine Luft mit eindringt. Die Entwickelung des Gases beginnt sogleich, und nach einiger Zeit entzünden sich die aus dem Sperrwasser ausgetretenen Blasen von selbst unter Bildung von weiſsen Rauchringen. Man setze das Nachgieſsen von Salzsäure so lange fort, bis alles Siliciummagnesium zersetzt ist. (Abbildung siehe auf der Tafel am Ende des Werks, Figur 8.) Der zur Ausführung des Versuchs noch notwendige Wasserstoffentwickelungsapparat ist in der Figur der Raumersparnis halber weggeblieben.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

V. Einwirkung des elektrischen Lichtbogens auf gasförmige Körper.

§ **261.** In neuester Zeit hat LEPSIUS* einen Apparat in die Experimentalchemie eingeführt, welcher sehr vielfacher Anwendungen fähig ist, aber zu seinem Gebrauch allerdings den Strom einer kräftigen Dynamomaschine verlangt. Der Apparat (Fig. 877) besteht aus einem Glasrohr von 40 mm Durchmesser und 300 mm Länge, welches oben mit einem gut schliefsenden Glashahn, unten mit einem Ablaufhahn, und an der entgegengesetzten Seite mit einem nach aufwärts gerichteten, oben in eine Kugel endigenden Glasrohr versehen ist. Es ruht in einer passend geformten, innen mit Tuch ausgefütterten Messinghülse auf einem etwa 250 mm hohen eisernen Fufs. Etwa 40 mm unterhalb des Hahns sind zwei seitliche Ansätze von 15 mm Länge und 15 mm Durchmesser angeschmolzen. Diese werden durch gut schliefsende Gummistöpsel verschlossen, welche zwei dünne cylindrische Stäbchen von Retortenkohle tragen. Die Einrichtung ist so getroffen, dafs bei richtigem Einsetzen der Stöpsel die Kohlenstäbchen etwa 10 mm aneinander vorbei geschoben werden können und dann einen seitlichen Abstand von 1—2 mm zwischen sich lassen.

Bei dem Gebrauch wird nach Schliefsung eines kräftigen Stroms von 30—50 Volt zwischen den Kohlenstäbchen durch vorübergehendes Zusammendrücken derselben der elektrische Lichtbogen erzeugt, wobei die Kohle der Stäbchen selbst unter Bildung von Kohlensäure, bezw. Kohlenoxyd teilweise verbrennt und die chemische Energie des elektrischen Bogens zur Wirkung gelangt. Man füllt das Zersetzungsrohr bis zur äufsersten Spitze mit Quecksilber, stülpt über letztere einen Gummischlauch und saugt durch diesen das Gas, mit welchem die Versuche ausgeführt werden sollen, ein.

Verfügt man über reichlichere Mittel, welche die Anwendung einer Quecksilberwanne mit Senkrohr (S. 46) gestatten, so ist die in Figur 878 dargestellte Anordnung (nach LEPSIUS) zu empfehlen. Die Quecksilberwanne steht für gewöhnlich unter der Platte des Experimentiertischs und kann durch eine starke Stahlschraube mittels zweier Kronräder durch eine Kurbel auf- und abbewegt werden. Beim Gebrauch wird der über der Wanne befindliche Teil des Tischblattes durch ein Quecksilber-

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 23, S. 1418, 1637 und 1642. — *Chem. Centr.-Blatt* 1890, II, S. 131, 194 und 195.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

brett mit entsprechendem Ausschnitt für die Wanne ersetzt und letztere in die richtige Höhe gebracht. Alles übrige ist aus der Abbildung ersichtlich.

Um die Anwendung einer Quecksilberwanne mit Senkrohr auch bei der von mir empfohlenen Einrichtung des Experimentiertischs zu ermöglichen, bleibt die Vorrichtung zum Auf- und Abschrauben weg, und die Wanne findet auf dem Quecksilberbrett über der pneumatischen Wanne ihren Platz (wie oben S. 46 beschrieben ist). Das Quecksilberbrett erhält dann in der Mitte ein Loch, durch welches das Senkrohr geht. Dieses Loch wird, wenn das Brett ohne Wanne benutzt werden soll, mit einem gut schliefsenden Korkstöpsel verschlossen, auf welchen oben eine Scheibe aus Hartgummi aufgeklebt ist, die das Loch genau schliefst. Das Quecksilberbrett hat ferner auf seinem Rande eingesenkt ein festes Schraubengewinde (für gewöhnlich ebenfalls durch ein Schraube mit glattem Kopf verschliefsbar), in welches eine Eisenstange von 1,5 m Höhe und 15 mm Dicke eingeschraubt werden kann. Mittels einer Doppelmuffe (Doppelnufs) kann auf dem Stativ eine starke Gabel aus Metall festgeschraubt werden, welche zwischen ihren Zinken ein leicht bewegliches Messingrad trägt. Über dieses läuft eine starke Schnur mit einem Doppelhaken aus Stahl, welcher zum Tragen der Mefsröhren etc. dient. Mittels der Doppelnufs läfst sich der vordere Rand des Rads mit Leichtigkeit genau senkrecht über dem Senkrohr einstellen, worauf die Schnur durch eine starke Klemmschraube fixiert wird. Endlich kann mittels einer leicht beweglichen Hülse ein Zeiger auf der Stange auf- und abgeschoben werden, welcher das Ablesen des Quecksilberstands auf einer Skala ermöglicht.

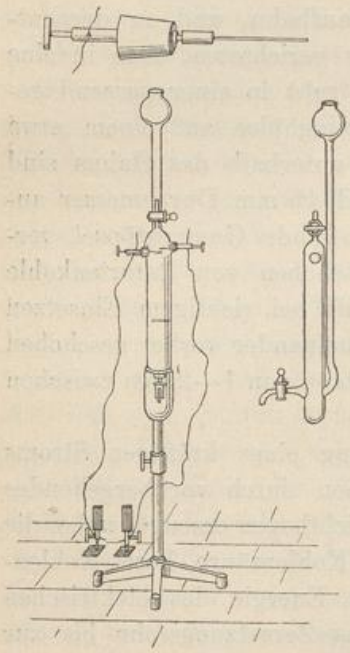


Fig. 877.
Einwirkung des elektrischen Lichtbogens auf gasförmige Körper.

Das oben beschriebene gläserne Zersetzungsrohr (Fig. 877) erhält, wenn es für eine solche Wanne mit Senkrohr benutzt werden soll, die in Figur 878 dargestellte Form. Es behält dieselbe Gröfse, aber der Ablafshahn fällt fort, und an Stelle des Steigrohrs tritt ein 50 cm langes und 15 mm weites Glasrohr. Der obere Hahn ist gut eingeschliffen, und, damit die Gummidichtungen in den Seitenröhren gut schliefsen, wird vor

Eindrehung der Kohlenelektroden die innere Glaswandung mit etwas schnell trocknendem dünnen Spirituslack bestrichen.

Mit Hilfe des in Figur 877 abgebildeten Zersetzungsrohrs lassen sich folgende Versuche in kurzer Zeit ausführen:

a) Volumetrische Umwandlung von Kohlensäure in Kohlenoxyd. Man saugt etwa 90—100 ccm gut getrocknete Kohlensäure ein*, stellt durch Öffnung des Ablaufhahns bezw. Nachgiefsen von Quecksilber das Niveau in beiden Röhren her und markiert den Stand des Quecksilbers durch einen umgelegten Papierstreifen. — Nach Schliefsung des Stroms tritt unter blendendem Licht die Zersetzung (Dissoziation) der Kohlensäure in Kohlenoxyd und Sauerstoff ein, wobei sich eine beträchtliche Volumvergröfserung durch rasches Aufsteigen des Quecksilbers im Steigrohr beobachten läfst. Durch den freigewordenen Sauerstoff wird die glühende Kohle sogleich zu einem zweiten Volum Kohlenoxyd verbrannt, und nach Vollendung des Versuchs, Abkühlung des Rohrs und Gleichstellung des Niveaus ergiebt sich die Vermehrung des ursprünglichen Volums auf das Doppelte:

$$\underset{1\text{ Vol.}}{CO_2} + C = \underset{2\text{ Vol.}}{2CO}$$

b) Volumetrische Umwandlung von Sauerstoff in Kohlenoxyd. Der Apparat wird mit etwa 100 ccm gut getrocknetem Sauerstoff gefüllt und der Lichtbogen erzeugt. Es tritt eine stetige Volumvermehrung ein, indem die Kohle mit lebhaftem Glanz im Sauerstoff verbrennt, und das Resultat ist die Verdoppelung des Volumens nach der Gleichung:

$$\underset{1\text{ Vol.}}{O_2} + 2C = \underset{2\text{ Vol.}}{2CO}$$

Bei diesem wie bei dem vorigen Versuch kann man das Vorhandensein von Kohlenoxyd leicht dadurch demonstrieren, dafs man das Gas nach Öffnung des oberen Hahns aus der Röhre austreibt und entzündet,

* Beim Einsaugen der Gase beachte man folgendes: Zuerst fülle man das Zersetzungsrohr vollständig mit Quecksilber, und zwar bis über den Hahn und bis an die oberste Öffnung der Glasröhre. Dann schliefse man den Hahn und lasse (bei Anwendung einer Röhre mit Fufs) das Quecksilber aus dem Steigrohre durch den untersten Hahn abfliefsen, damit im Rohre verminderter Druck vorhanden sei. Inzwischen wurde das betreffende Gas längere Zeit entwickelt und durch einen offenen Kautschukschlauch abgeleitet, welcher in der Luftabführungsröhre des Experimentiertischs hängt. Glaubt man, dafs das betreffende Gas völlig frei von Luft ist, so schiebt man, ruhig und sicher, das Ende des Kautschukschlauchs über die oberste Öffnung, bis zu welcher das Quecksilber reicht, und öffnet den Hahn so lange, bis die gewünschte Menge Gas eingesogen ist.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

wobei es mit einer prachtvollen blauen, mehrere Decimeter hohen Flamme brennt.*

c) Volumetrische Umwandlung von schwefliger Säure in Kohlenoxyd. Dafs der elektrische Lichtbogen die schweflige Säure zersetzt und die Kohle zu Kohlenoxyd verbrennt, läfst sich zeigen, wenn man das Rohr mit etwa 80 ccm trockenem SO_2-Gas füllt und nach dem Gleichstellen und Messen des Volumens den Lichtbogen wirken läfst. Der ganze innere Gasraum erfüllt sich mit weifsen, durch das elektrische Licht „magisch beleuchteten Wolken von abgeschiedenem Schwefel, welche die heftige Bewegung anzeigen, in die die Gasmasse durch den Lichtbogen versetzt wird“ (Lepsius). Dabei wächst das Volum des Gases zusehends und ist nach der Beendigung des Versuchs auf das Doppelte gewachsen:

$$\underset{1\text{ Vol.}}{SO_2} + 2C = S + \underset{2\text{ Vol.}}{2CO}$$

Auch hier läfst sich das Vorhandensein von Kohlenoxyd in der obigen Weise darthun.

d) Demonstration der Valenz. Dafs sich die Halogene, der Schwefel, der Phosphor und der Kohlenstoff mit 1, bezw. 2, 3 und 4 Vol. Wasserstoff verbinden und dabei auf 2 Vol. kondensieren, läfst sich mittels des elektrischen Stroms leicht darthun, wenn man gleiche Volume der vier Gase HJ, H_2S, H_3P und H_4C in demselben durch den Lichtbogen

---

* Dafs bei der gewöhnlichen Verbrennung von Kohlenstoff in Sauerstoff zu Kohlensäure das Volumen der beiden Gase ungeändert bleibt, zeigt man nach A. W. Hofmann (*Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 15, S. 2660. — *Chem. Centr.-Blatt* 1883, S. 363), indem man sich dazu des Zweiliterkolbens bedient, der zur Verbrennung von Phosphor in einem abgegrenzten Luftvolum gebraucht wird (S. 334), jedoch mit der Abänderung, dafs man statt des mittleren weiten Rohrs, welches unten einen Phosphorlöffel trägt, ein anderes einsetzt, welches nur, soweit es im Korke steckt, dieselbe Weite hat, dann aber in ein engeres übergeht und unten überdies etwas zusammengezogen ist. Dieses Rohr dient zum Einwerfen eines dünnen Kohlenstäbchens, welches in folgender Weise hergestellt wird. Man formt in einer Reibschale Kienrufs mit Gummilösung zu einem steifen Teig und drückt diesen durch ein enges Glasrohr. Die so erhaltenen Stäbchen werden bei 100° getrocknet und in einem Kohlensäurestrom ausgeglüht. — Der Ballon wird nun mit trockenem Sauerstoff gefüllt und ein Kohlenstäbchen, welches an dem einen Ende mit etwas Draht umwickelt und am anderen durch Erhitzen an einer Flamme zum schwachen Glühen gebracht worden ist, so durch das offene Rohr eingeworfen, dafs es mit dem Draht in der unteren verjüngten Öffnung des Rohrs hängen bleibt. Der Kork mufs sofort wieder aufgesetzt werden. Die Verbrennung in Sauerstoff geht ganz ruhig von statten, wobei das Quecksilber im Manometer wegen der Erwärmung nicht unerheblich steigt. Nach der Abkühlung aber sinkt es auf seinen früheren Stand zurück.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

zersetzt. Man kann die vier Versuche nacheinander ausführen, oder, was entschieden anschaulicher ist, gleichzeitig in vier gleichen Apparaten, welche man durch Nebeneinanderschaltung mit der Elektrizitätsquelle verbindet. Zu letzterem Zwecke brauchen die Röhren nur 35 mm weit zu sein und einen Rauminhalt von etwa 300 ccm zu haben.

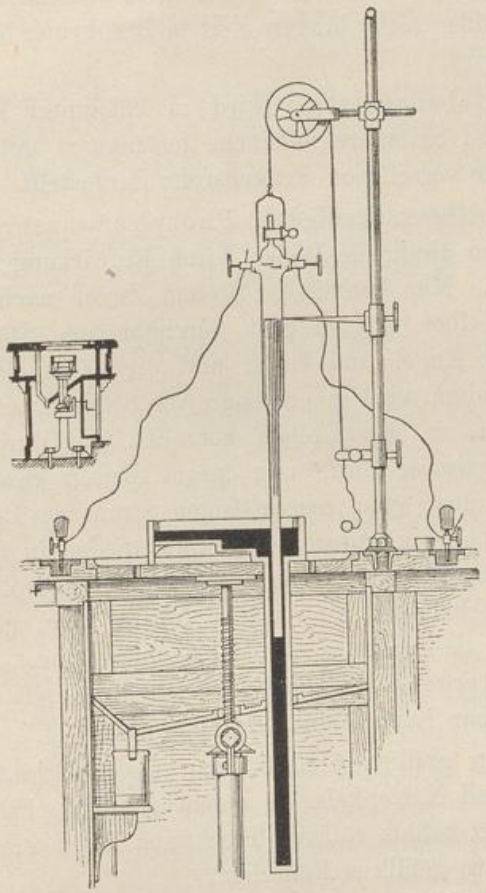


Fig. 878. Quecksilberwanne mit Senkrohr.

Der Jodwasserstoff wird bereitet, indem man einige Gramm geschmolzener Phosphorsäure mit der doppelten Gewichtsmenge Kaliumjodid in fein gepulvertem Zustand innig vermischt und in einem Reagensrohr über der Bunsenflamme vorsichtig zum Schmelzen erhitzt. Zur Aufsaugung des HJ-Gases dient ein Fufscylinder von ½ l Inhalt, der mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen ist. Durch die eine Bohrung reicht ein Gaszuführungsrohr bis auf den Boden, die andere ist mit einem kurzen Ableitungsrohr versehen. Durch das längere Rohr

leitet man das HJ-Gas ein, so dafs sich der Cylinder unter Luftverdrängung füllt. Ist dies geschehen, so verschliefst man die Enden beider Glasröhren vorläufig mit Quetschhähnen und saugt das HJ-Gas erst kurz vor Beginn des Versuchs in den Zersetzungsapparat ein, indem man den oberen Hahn desselben mit dem längeren Glasrohr des Fufscylinders verbindet und die Quetschhähne öffnet. Der Jodwasserstoff darf nämlich mit dem Quecksilber nicht längere Zeit in Berührung bleiben, da er durch dieses zersetzt wird.

Der Schwefelwasserstoff wird in bekannter Weise (S. 717) aus Antimonsulfid und Salzsäure in einem geräumigen mit Hahntrichter und Gasableitungsrohr versehenen Reagensrohr dargestellt.

Den (nicht selbstentzündlichen) Phosphorwasserstoff bereitet man nach Hofmann in ähnlicher Weise durch Einwirkung von Kalilauge auf Jodphosphonium. Man benutzt zu diesem Zweck nach A. W. Hofmann* einen kleinen Kolben mit doppelt durchbohrtem Stöpsel, welcher ein Trichterrohr mit Kugel und Hahn und eine Gasableitungsröhre trägt. Das Jodphosphonium wird in erbsengrofsen Stücken, am besten mit Glasstücken gemischt, in den Kolben gebracht und durch den Hahn der Kugelröhre tropfenweise Kalilösung darauf fliefsen gelassen. Man erhält ohne Erwärmen einen ganz regelmäfsigen Strom von Phosphorwasserstoffgas, den man beliebig unterbrechen und wieder in Gang setzen kann. Der so entwickelte Phosphorwasserstoff ist überdies vollkommen rein und wird durch Chlorkalklösung, wenn er luftfrei war, gänzlich absorbiert. Beim Überführen des Gases in den Zersetzungsapparat ist besondere Vorsicht darauf zu verwenden, dafs keine Spur von Luft mit eindringt, da hierdurch unfehlbar Explosionen eintreten würden.

Das Methan endlich bereitet man durch Erhitzen von trockenem Natriumacetat und Natronkalk in einem schwer schmelzbaren Reagensrohr und leitet es behufs völliger Trocknung durch ein mit Chlorcalcium oder Schwefelsäure gefülltes Röhrchen.

Die Erscheinungen bei der Zersetzung sind folgende. Beim Jodwasserstoff erglänzt der Lichtbogen mit prachtvollem blauvioletten Licht, und der ganze Raum füllt sich mit Joddämpfen, welche sich an den Wänden niederschlagen oder mit dem Quecksilber verbinden. Das Volum des Gases vermindert sich auf die Hälfte, es mufs deshalb durch das Steigrohr rasch Quecksilber nachgefüllt werden. — Im Schwefelwasserstoff beobachtet man eine bläuliche Färbung

* *Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft*, Bd. 4, S. 200. — *Chem. Centr.-Blatt* 1871, S. 257.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

des hellstrahlenden Lichtbogens unter Entwickelung reichlicher Schwefelwolken, wie bei der Zersetzung von SO_2. Nach der Abkühlung ist das Volum des Wasserstoffs dem des angewandten Schwefelwasserstoffs gleich. — Beim Phosphorwasserstoff ist der Lichtbogen blendend rot, und unter starker Volumvergrößerung werden rote Wolken von Phosphor gebildet, womit sich die Glaswände überziehen. Das Volum des abgeschiedenen Wasserstoffs beträgt $1^1/_2$ des ursprünglichen. — Beim Methan endlich scheiden sich schwarze Wolken von Kohlenstoff ab, welche sich im oberen Teile des Gefäßes ansetzen und den Lichtbogen allmählich verdunkeln. Das Volum des freigewordenen Wasserstoffs beträgt das Doppelte des ursprünglichen.

Die Reinigung der Röhren nach Beendigung des Versuchs erfolgt durch anhaltendes Schütteln mit Wasser und Seesand.

e) Wasserzersetzung (Darstellung von Wassergas). Zu diesem Versuch braucht man einen Glasballon von 15—20 cm Durchmesser, dessen Bauch an zwei einander gegenüberliegenden Stellen tubuliert ist. Hier werden Gummistöpsel mit starken kupfernen Röhren eingesetzt, welche an ihren Enden Kohlenstäbe von 5 mm Durchmesser tragen. Durch Schieben werden letztere so gestellt, daß ihre Spitzen 5 mm aneinander vorbeilaufen und ein seitlicher Abstand von etwa 3 mm zwischen beiden bleibt. Der Kolben wird mit der Öffnung nach unten aufgestellt und letztere mit einem doppeltdurchbohrten Kork verschlossen, durch welchen eine längere Glasröhre bis fast zur Höhe der Kohlenstäbchen geht und eine kürzere mit dem Stöpsel gerade abschneidet. Durch das längere Rohr leitet man einen raschen Wasserdampfstrom ein und vertreibt die Luft. Das kürzere Rohr verbindet man entweder mit dem unteren Tubus eines gläsernen Gasometers (Fig. 25) oder mit einem in der pneumatischen Wanne aufgestellten Gasauffangungsgefäß. Der Dampfstrom muß kräftig unterhalten werden, während sich die Dampfblasen in Berührung mit dem kalten Wasser unter hörbarem Geräusch kondensieren. Sobald aber der Lichtbogen zwischen den Kohlenspitzen erzeugt wird, hört dieses Geräusch auf, und es beginnt eine reichliche Gasentwickelung, welche so lange dauert, als der Lichtbogen brennt. Hierbei verbrennt die weißglühende Kohle unter Reduktion des Wasserdampfs, und das entwickelte Gas ist ein Gemenge von Wasserstoff und Kohlenoxyd nach gleichen Raumteilen. Es entspricht dem durch den Generatorofen unter Einblasung von Wasserdampf erzeugten, sogenannten Wassergas und besitzt eine hohe Verbrennungswärme; man kann, wenn man es in einen Daniell'schen Hahn leitet, damit Platin

schmelzen, Silber verdampfen und ein intensives Kalk- oder Zirkonlicht erzeugen.

Auch flüssiges Wasser läfst sich mit diesem Apparat zersetzen. Man stellt zu diesem Zweck den Kolben aufrecht, füllt ihn ganz mit Wasser und setzt in den Hals ein Gasableitungsrohr mit Kork ein. Erzeugt man den Bogen, so brennt derselbe im Wasser unter starker Gasentwickelung weiter, wobei sich das Wasser allmählich erwärmt und schliefslich zum Sieden kommt.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Anhang.

Verzeichnis der für den Unterricht in der Chemie nötigen Apparate und Gerätschaften.

Diese Apparate werden von der mechanischen Werkstätte der Firma

Franz Hugershoff, Leipzig

in bewährter Ausführung geliefert.

Die in [] gesetzten Figurennummern beziehen sich auf die Tafel.

I. Experimentiertisch.

I. Größe: 5,80 m lang, 80 cm breit, 95 cm hoch mit 37 Schubkästen.
II. „ 4,00 „ „ 80 „ „ 95 „ „ „ 30 „
III. „ 2,80 „ „ 80 „ „ 95 „ „ „ 20 „

Laufende Nr.	Seite	Experimentiertisch	I. Größe M	I. Größe Pf	II. Größe M	II. Größe Pf	III. Größe M	III. Größe Pf
1	14	Tisch aus trockenem Kieferholz, eichenholzartig lackiert, mit starker, gut verleimter Eichenholzplatte, inklusive pneumatischer Wanne aus Tafelzink, mit Blei gefüttert, Ventilations-Abzug und Porzellan-Waschbecken.	650	—	425	—	350	—
2	14	Gasleitung mit 1 Haupthahn und a) mit 6 Hähnen, 4 bewegl. u. 2 fest. Schlauchst.	150	—	—	—	—	—
		b) „ 5 „ 3 „ „ 2 „ „	—	—	125	—	—	—
		c) „ 4 „ 2 „ „ 2 „ „	—	—	—	—	100	—
3	15	Wasserleitung, mit je 1 Hahn für die pneumatische Wanne, Turbine, Wasserluftpumpe und das Wasserbecken; 1 Doppelstandhahn	80	—	75	—	70	—
4	16	Ventilationsaufsatz, Figur 8	12	—	12	—	12	—
		„ Figur 9	14	—	14	—	14	—
5	16	Röhrenleitung mit 1 Hahn für Blasen						
		„ 1 „ „ Saugen						
		„ 1 „ „ Sauerstoffgas						
		„ 1 „ „ Wasserstoffgas	40	—	35	—	32	—
6	17	Elektrische Leitung, bestehend aus Polklemmen mit Schutzkappen und Leitungsdraht . . . . . pro Klemme	2	50	2	50	2	50
7	18	1 Quecksilberbrett	12	—	10	—	8	—
8	19	Emailleschilder für d. Schubkästen numeriert	15	—	12	—	8	—
9	20	Schilderdeckel für die einzelnen Fächer der Schubkästen, aus starkem Eisenblech, weifs lackiert mit schwarzer Schrift	120	—	95	—	65	—
10	26	Gemeinsamer Kastenverschlufs für sämtliche Schubkästen	90	—	70	—	50	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

II. Abzug.

(Nische oder Digestorium.)

Laufende Nr.	Seite	Abzug	I. Gröfse ℳ	I. Gröfse ₰	II. Gröfse ℳ	II. Gröfse ₰	III. Gröfse ℳ	III. Gröfse ₰
11	27	I. Gröfse 2,00 m Länge, 0,90 m Tiefe II. „ 1,50 „ „ 0,85 „ „ III. „ 1,30 „ „ 0,80 „ „ Aus trockenem Kieferholz, eichenholzartig lackiert, komplett mit Rückwand, Gasleitung, Gashähnen und Röhrensystem nach neuesten Angaben, Wasserleitung mit 1 Hahn und Abflufsdüse, 2 Abzugsflammen, Polklemmen mit Schutzkappen, geschieferter Schreibtafel und Schiebfenster mit Rollen und Darmsaiten. Schwarzgebeizte, starke Eichenholztischplatte.	500	—	385	—	285	—
		Anstatt der Eichenholztischplatte mit Schieferplatte . . . . . mehr	38	—	30	—	24	—

III. Apparate und Gerätschaften

für allgemeinen Gebrauch.

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
12	8	4	Waschbrett, bestehend aus Zinkkasten mit durchlöchertem Deckel und Brett mit Holzstäben	30	—
13	8	4	Trockengestell von Holz		
14	8	4	Vorratsgefäfs, lackiert mit Hahn, für destilliertes Wasser	9	—
15	26	10/11	Einsatzkasten zum Aufbewahren feinerer Geräte . . .	12	—
16	32	16	Standgasometer, der Preis richtet sich nach der Stärke des Kupferblechs und nach dem Kurse desselben . . .	—	—
17	41	20/21	Grofser Glockengasometer, je nach Inhalt ℳ 65 bis	250	—
18	42	22/24	Gasometer nach Pepys von lackiertem Zink mit Deckel. Höhe ca. 66 78 90 cm; Durchmesser „ 20 28 35 „; à ℳ 37.50 45.— 66.50		
19	42	22/24	von Kupfer à ℳ 60.50 77.50 135.— unverbindlich.		
20	43	25	Glasgasometer nach Mitscherlich, ca. 15 l Inhalt. . .	40	—
21	43	26	Gasometer von Zinkblech, lackiert	10	50
22	43	27	Kleiner Glockengasometer	75	—
23	44	28	Wende-Gasometer-Aspirator aus starkem Kupferblech unverbindlich	195	—
24	45	29	„ „ „ nach H. Schiff & Marangoni	100	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
25	45	30	Gummisack zum Transportieren von Gasen	—	—
26	57	39	Quecksilberpipette	—	50
27	57	40	Quecksilberzange	2	—
28	59	41a	Element nach Leclanché	3	—
29	59	41b	Element nach Grenet, Inhalt der Flasche 250 500 1000 1500 2000 ccm; à ℳ 5.50 6.— 8.— 10.— 15.—		
30	59	41c	Element nach Bunsen; Kohle ca. 6 12 17 21 27,5 cm lang; à ℳ 2.75 4.75 6.50 8.— 11.—		
31	59	41d	Element nach Arendt	26	—
32	60	42	Standbatterie nach Arendt mit 6 Elementen und Umschalter in eichenholzartig lackiertem Kasten	190	—
33	62	43	Tisch-Umschalter nach Arendt in schwarz poliertem Kasten	45	—
34	64	43	Standbatterie nach Leclanché von 12 Elementen in Kasten	50	—
35	68	44	Akkumulatoren der Akkumulatorenfabrik A.-G. Hagen-W.		
			1 Batterie PO 17 in Eichenholzkasten mit Traggriffen, Kontaktstöpsel und Anschlufskabel. a) mit 4 Elementen, 230 mm hoch, 180 mm breit, 220 mm lang, in Glasgefäfsen; = 8 Volt	60	—
			1 Batterie mit 6 Elementen = 12 Volt	90	—
			1 „ „ 8 Elementen = 16 Volt	125	—
			Wassertrommelgebläse nach Bunsen von Kupfer, kompl.	180	—
36	80	48	„ „ „ einfach, von Zink .	52	50
37	82	49/50	„ „ Kalecsinsky, mit Flasche	10	—
38	83	51/53	„ „ Beutell	10	—
39	84	54	„ „ Bömer	10	—
40	85	55	Blasetisch	45	—
41	85	55	Handgebläse mit Kautschukbeutel von ℳ 2.50 bis ℳ 6.—	—	—
42	85	55	Fufsgebläse nach Fletcher	18	—
43	86	56	Wasserluftpumpe nach Bunsen	21	—
44	88	57	„ „ Arzberger-Zulkowsky	39	—
45	90	60/61	„ mit Abstellhahn nach Hugershoff .	12	—
46	90	62	Wasserstrahlpumpe mit doppelter Wirkung nach Wetzel	3	—
47	90	62	„ „ Gebläse nach Wetzel	17	50
48	91	63	„ nach Greiner & Friedrichs . . .	4	50
49	91	64	„ „ Berlemont	27	50
50	92	65	„ „ Körting	7	50
51	92	66	„ „ Stuhl	13	50
52	93	67	Tableau nach Hugershoff	80	—
53	94	68	Saugapparat zur Hervorbringung eines ganz gleichmäfsigen Luftstroms nach Molnár	7	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
54	96	69/74	Gaslampe nach Bunsen	1	60
			mit Regulierung	2	—
			„ „ und Stern und Esse	2	75
			„ „ „ „ „ „ und Hahn	4	—
55	96	75	Gaslampe nach Meissner	—	—
56	96	—	Gaslampen-Aufsätze, siehe Spezialliste	—	—
57	97	76	Gaslampe nach Terquem	4	50
58	98	77	„ „ Gröger	8	—
59	98	78	„ „ „	9	—
60	100	81/82	Universalbrenner nach A. Stutzer	8	—
61	101	83	„ nach Teclu, einfachster und bester Gasbrenner für alle Zwecke:		
			„ klein ℳ 3.75, grofs ℳ 5.30		
62	102	—	„ „ „ 1.25, „ „ 1.75 Pilzbrenner.		
63	102	—	„ „ „ 1.25, „ „ 1.65 Kreuzschlitzaufsatz.		
64	102	—	„ „ „ —.60, „ „ —.85 Schlitzaufsatz.		
65	103	88	Gaslampe, 3strahlig	3	25
66	103	89	„ 3strahlig, verstellbar	12	—
67	103	90	„ nach Babo	10	50
68	103	87	„ nach Beckmann	2	50
69	104	91	„ 7strahlig	10	—
70	104	92	„ 15strahlig	24	—
71	105	93/94	„ nach Maste mit doppeltem Luftzug:		
			Durchm. 20 25 30 35 mm		
			à ℳ 7.— 9.— 11.— 13.—		
			mit dreifachem Luftzug:		
			Durchm. 40 mm ℳ 21.—, 50 mm ℳ 26.—		
72	106	95	Gasofen. Durchmesser 120 150 200 mm		
			à ℳ 5.50 7.— 9.50		
73	106	96	Heizschlange nach Lüdtke, 20 cm	15	—
74	107	97	Röhrenheizlampe, mehrflammig mit Hahn, Regulierung und Flammenverbreiterer		
			mit 4 5 6 8 10 12 Lampen		
			à ℳ 12.— 15.50 19.25 25.50 32.— 38.40		
75	108	98	Röhrenheizlampe mit Teclubrennern	24	75
76	108	99	Röhrenheizlampe nach Heintz, Breite 7 10 cm		
			à ℳ 8.50 9.50		
77	109	100	Kochlampe nach Butzke	—	—
78	109	101	„ nach Fletcher, siehe Spezialliste.	—	—
79	110	102	Sicherheitsvorrichtung mit Brenner nach Klorukow .	5	75
80	111	—	„ „ „ „ Raikow . .	5	75
81	111	104	„ nach Schober	15	—
82	113	105	Gasschmelzofen nach Hempel für Oxydation:		
			kleines Modell, kompl. mit Brenner nach Teclu . . .	12	—
			grofses Modell	20	30

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
83	114	106	Gasschmelzofen inkl. Brenner	12	50
84	114	107	„ „ „	13	75
85	114	108	„ „ „	12	75
86	115	109 A	„ ohne Lampe	37	—
87	115	109 A	„ mit „	49	50
88	115	109 B	„ „ „	26	25
89	115	110	„ nach Rössler, kompl. mit Brenner für Tiegel von circa 30 50 70 mm oberem Durchmesser à ℳ 53.— 60.— 70.—		
90	116	111	Regenerativ-Gasofen nach Bigot	230	—
91	117	112	Gasgebläse-Lampe mit 2 Hähnen	11	—
92	118	113	Heifsluftgebläse	15	—
93	118	114	Handgebläse	10	—
94	121	—	Sprengkohlen	—	10
95	121	119	Diamant zum Schneiden von Glasröhren (Muck)	18	50
96	122	120	Glaskneiper	—	45
97	135	148	Säureheber nach Radiguet	10	—
98	136	151	Heber mit Ansaugvorrichtung nach Ebert, je nach Gröfse	—	—
99	136	152	„ „ „ „ „ „ „ „	—	—
100	137	153	Heberansauger nach Bohn	5	—
101	138	155	Heber zum Konstanthalten des Niveaus nach Bidet . .	3	—
102	142	164	Korkpresse	1	75
103	142	165	Korkzange, doppelt	2	50
104	143	168	Korkpresse, neues Modell	3	—
105	144	171	Korkbohrer von hart gezogenem Messingrohr à Satz 1—3 1—6 1—9 1—12 à ℳ 1.50 3.— 4.50 6.50		
106	145	173	Korkbohrmaschine nach Hugershoff . ℳ 16.— bezw.	17	50
107	146	176	Korkbohrerschärfer	1	75
108	146	177	„ nach Hugershoff	1	75
109	147	179	Korkmesser	1	35
110	149	181	Verschlufsvorrichtung für Flaschen nach Maull . .	3	—
111	150	182a-e	Trichter von weifsem Glase, im Winkel von 60°, Rohr schräg abgeschliffen Durchmesser 40 50 65 80 90 100 115 mm à ℳ 0.15 0.19 0.22 0.25 0.30 0.35 0.40 Durchmesser 130 145 160 170 180 195 mm à ℳ 0.46, 0.50 0.60 0.80 0.95 1.05		
112	150	182c	Filtriergestelle von Holz . . . à ℳ 1.75, 2.—, 2.50	3	75
113	150	183	„ „ „		
114	150	184	Filtrier-Dreiecke von Holz No. 1 2 3 4 5 à ℳ 0.20 0.25 0.30 0.35 0.50		
115	150	185	Filtriertassen, Durchm. 50 65 80 100 120 mm à ℳ 0.30 0.40 0.50 0.60 0.75		

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
116	151	186	Siebplatten von Porzellan Durchmesser 30 40 50 60 70 80 mm à ℳ 0.45 0.50 0.70 0.80 0.90 1.—		
117	151	187	Siebtrichter nach Hirsch von Porzellan Durchmesser des Trichters 50 70 90 110 125 mm à ℳ 0.95 1.40 1.65 2.15 2.50		
118	151	188	Siebtrichter nach Büchner, Durchmesser 100 150 mm à ℳ 2.75 5.—		
119	151	189	Nutschfilter	18	—
120	155	197	Filtriertrichter von Poncet Durchmesser 7 9 11 16 20 24 cm à ℳ 0.40 0.50 0.60 0.90 2.— 2.50		
121	155	—	Filtrierpapier, gut und schnell filtrierend, Format 55:48 cm 500 250 100 50 1 Bogen à ℳ 13.— 7.— 3.— 1.65 0.04 In runden Scheiben, Qual. Nr. 595. Durchmesser 70 90 125 150 185 240 mm % à ℳ 0.35 0.45 0.55 0.80 0.95 1.75		
122	—	—	Glasröhren, à kg 2 ℳ, bei Abnahme unter 1 kg . . .	2	50
123	—	—	Glasrührstäbe, beide Enden verschmolzen, à kg . . .	3	25
124	156	198	Spritzflaschen 250 500 1000 ccm mit Kork . . . . à ℳ 0.60 0.80 1.25 „ Gummistopfen à ℳ 1.— 1.25 1.50 eingeschliffen . . à ℳ 1.60 1.80 2.25		
125	156	199	Wasserkessel von Kupfer	—	—
126	160	208	Heizschlange für Wasser, ohne Brenner	10	—
127	160	208	„ „ „ mit „	20	—
128	164	217	Rohr für automatische Filtration nach Aug. E. Knorr	1	—
129	164	218	Filtrier- und Dekantierapparat nach Saulmann . .	5	—
130	165	219	Heifslufttrichter nach L. Meyer, äufserer Mantel aus Eisen, die inneren konischen Cylinder aus Kupfer . . .	9	25
131	165	219	ganz aus Kupfer	12	50
132	165	219	Heizvorrichtung	4	25
133	168	226	Absaugekolben nach Walther Inhalt 125 250 500 750 1000 ccm à ℳ 0.70 0.85 1.— 1.20 1.40 Gummiringe dazu	—	25
134	168	224/27	Filtrierflaschen mit Ansatz 250 500 750 1000 ccm à ℳ 0.80 0.90 1.— 1.25		
135	169	228	Filtriervorrichtung nach O. N. Witt	12	—
136	171	229	Rückschlagventil nach Wislicenus	1	—
137	171	230	Filtrierapparat bei Abschlufs der Luft nach Bachmeyer	21	50
138	173	231	Tenakel . . . . . ℳ —.75 bis	3	—
139	174	235	Aufhänger für Schläuche	1	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
140	174	236	Schenkel-Heber mit Ansaugrohr Schenkellänge 25 50 75 100 cm ohne Hahn . à ℳ 0.75 1.15 1.50 2.30 mit „ . à ℳ 2.60 4.— 5.50 6.75		
141	174	—	Kautschuk-Schläuche, schwarz, Patent, I. Qualität, starkwandig 3, 4, 5, 6, 7, 8 mm Innen-Durchmesser à kg	27	—
142	175	239	Kautschuk-Allongen von ℳ 0.50 bis 1.—.		
143	175	—	Kautschuk-Stücke von ℳ 0.75 bis 1.50.		
144	177	240 A	Trichterröhren mit Hüttentrichter Länge . . . . . 250 300 400 500 mm Weite des Trichters . 40 50 65 80 mm à ℳ 0.25 0.30 0.40 0.50		
145	177	240 B	Trichterröhren mit Glockentrichter Länge 200 250 300 400 500 mm à ℳ 0.16 0.20 0.24 0.28 0.36		
146	177	240 C	Sicherheitsröhren	—	50
147	177	240 E	„	—	80
148	178	241	„ nach Bellamy	1	75
149	178	242	„	1	75
150	180	243	Tropftrichter nach Pollak	3	50
151	181	244	Gasentwickelungsflaschen, 250 500 1000 ccm mit Kork . . à ℳ 1.— 1.20 1.30 „ eingeschliffen à „ 1.50 1.75 2.—		
152	181	245/47	„ mit Kork . . à „ 1.25 1.35 1.45 „ eingeschliffen à „ 1.80 2.— 2.25		
153	182	249	Gasentwickelungsapparat nach Kipp, kompl. mit Hähnen Inhalt 250 500 1000 2000 ccm		
154	182	—	nichts eingeschliffen à ℳ 7.25 8.50 10.— 13.—		
155	182	—	alles „ à „ 9.— 10.50 12.50 17.25		
156	182	—	modifiziert n. Winkler mit Glashaken à „ 10.— 11.25 13.50 18.—		
157	190	259 a	Apparat für Gasentwickelung aus zwei Flüssigkeiten	—	—
158	—	—	„ „ „ nach Thiele	3	50
159	—	259	„ „ „ „ „	3	50
160	193	—	Pneumatische Wanne von Zinkblech mit beweglicher Brücke Länge 250 350 500 mm aufsen braun, innen weiss lackiert à ℳ 3.50 5.50 8.—		
161	194	263	von Spiegelglas mit Messingfassung à ℳ 17.50 20.— —		
162	—	—	Pneumatische Wanne von starkem weifsen Glase mit Brücke von Weifsblech 170 mm lang, 90 mm breit, 80 mm hoch. ℳ 2.50. 260 „ „ 130 „ „ 120 „ „ „ 5.—. 320 „ „ 160 „ „ 150 „ „ „ 7.—.		

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
163	194	265	Woulffe'sche Flaschen Inhalt 125 200 250 500 750 1000 ccm mit 2 Hälsen . à ℳ 0.60 0.70 0.75 0.95 1.10 1.40 „ 2 „ und Tubus am Boden à „ 0.70 0.80 0.90 1.20 1.35 1.55 mit 3 Hälsen . à „ 0.70 0.80 0.90 1.20 1.35 1.55		
164	194	265 d	Waschflasche nach Bunsen	1	25
165	194	265 f	„ „ Drechsel 75 150 250 500 1000 ccm à ℳ 1.40 1.60 1.80 2.25 3.—		
166	195	266	„ „ Habermann 250 500 ccm à ℳ 2.25 2.65		
167	196	267	„ „ Pollak u. Wilde à „ 4.— 5.—		
168	196	271	„ „ „ à „ 4.— 5.—		
169	197	272	„ „ Kaless	—	—
170	197	273	„ „ Walter Höhe 150 200 250 300 mm à ℳ 2.75 3.— 3.50 4.—		
171	199	274	Absorptionsröhren mit Holzfuſs (Fuſs mit Blei ausgegossen) Schenkellänge 14 16 20 22 24 cm à ℳ 3.75 4.75 5.25 6.— 7.—		
172	199	275	Absorptionstürme Höhe 20 25 30 40 45 cm ohne Stöpsel . . . à ℳ 1.— 1.10 1.25 1.75 2.50 mit „ eingeschloss. à ℳ 1.10 1.40 1.60 2.45 2.80		
173	200	276	Trockenrohr nach Harcourt	5	—
174	200	277	Absorptionsflasche nach Walter, 500 ccm Inhalt . .	5	—
175	200	278	„ „ „ 500 „ „ . .	6	50
176	202	279	Trockenrohr nach Hensgen . . . 30 oder 40 cm lang à ℳ 17.— resp. 19.—		
177	204	281	Turbine nach Rabe { kleines Modell	10	—
			{ grosses „	20	—
178	205	283	„ „ Tryller	—	—
179	206	285	„ „ neuester Konstruktion { kleines Modell .	25	—
			{ grosses „ .	32	—
180	206	286	Biegsame Welle dazu	12	—
181	207	287	Carborundumscheibe mit Metallstutzen zum Verbinden mit der Welle Figur 286	6	50
182	207	289	Rührer nach O. N. Witt	3	50
183	207	290	„ „ „	—	—
184	208	291	„ „ Priesemuth	3	—
185	209	293	„ „ Loesner { klein	3	—
			{ gross	3	25
186	209	293	„ „ Frankenstein	1	50
187	209	294	„ „ Schultze	4	—
188	210	295	Ausschleuderapparat D. R. G. M. { Gefäſs 65×85 mm	5	25
			{ „ 100×125 „	6	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
189	211	296	Schüttelwerk nach Maull	27	50
190	211	297	„ „ König, D. R. G. M. für 2 Flaschen bis à 1 Liter . . .	35	—
			„ 2 „ „ à 2 „	45	—
191	213	298	Putzstöcke	—	50
192	213	299	„	—	75
193	213	300	Bürsten mit starkem Stiel von spanischem Rohr, klein .	—	30
194	—	—	„ „ „ „ „ „ „ grofs .	—	80
195	213	—	„ mit Stiel von verzinntem Eisendraht von ℳ 0.25 bis	—	75
196	215	303	Reibschalen von Porzellan mit Pistill Durchmesser 7 8,5 10 12 14 16 18 21 23 cm ohne Ausg. à ℳ 0.60 0.70 0.75 1.20 1.35 2.15 2.40 2.75 3.35		
197	—	—	mit „ à „ 0.70 0.75 1.— 1.30 1.50 2.30 2.50 2.85 3.60		
198	215	304	Mörser von Gufseisen, innen und aufsen sauber gedreht, mit Pistill, Durchmesser 8 9 10,5 12 13 14,5 15,5 cm à ℳ 2.50 3.10 3.50 4.25 5.— 6.— 7.—		
199	215	305	Mörser von Gufseisen, innen gedreht und poliert Höhe 14,5 17 20 cm à ℳ 12.— 17.— 19.50		
200	217	310	Abdampfschalen von bestem Elgersburger Porzellan, 9 Stück im Satz	4	—
			einzeln, 65 75 85 95 110 120 130 140 150 cm à ℳ 0.25 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.70 0.80		
201	—	—	mit Rand 12 14 15,5 17 19 21 23,5 26 28,5 cm à ℳ 0.75 0.90 1.10 1.20 1.25 1.50 1.80 2.20 2.80 Gröfsere Abdampfschalen laut Spezialofferte.		
202	218	311	Tiegel von Elgersburger Porzellan mit Deckel Inhalt 8 15 30 45 60 90 ccm à ℳ 0.30 0.33 0.38 0.45 0.55 0.65		
203	218	312	Sandbäder von Eisen, halbrund, Durchmesser 10 12 15 18 20 30 cm à ℳ 0.35 0.45 0.70 0.85 1.— 1.50		
204	220	315/6	Platin-Tiegel und -Schalen je nach Cours	—	—
205	222	317a	Dreifüfse von Bandeisen, Durchm. 10 12 15 20 cm à ℳ 0.50 0.75 0.95 1.50		
			„ nach Bunsen	1	60
206	222	317c	Drahtnetz von Eisen, à qdm	—	10
207	—	—	„ „ Messing „	—	15
208	—	—	„ „ Kupfer „	—	20
209	—	—	Drahtdreiecke von Bindedraht in verschiedenen Gröfsen, von 5 Pf. bis 20 Pf.		
210	223	318a	„ mit Bisquitröhren für Platingeräte Schenkellänge 40 45 50 60 80 100 mm à ℳ 0.27 0.30 0.31 0.33 0.44 0.45		
211	223	318c			

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
212	223	319	Drahtdreiecke, Schenkel mit ringförmiger Wulst, Schenkellänge 50 60 70 80 100 mm à ℳ 0.40 0.43 0.47 0.52 0.55		
213	223	320	Drahtdreiecke mit verschiebbaren Radien	1	—
214	224	321c	Tiegelzangen von Eisen, lackiert	—	75
215	224	321c	„ „ „ poliert	1	—
216	224	321c	„ „ Stahl, vernickelt	2	25
217	224	321b	„ „ „ „ mit Platinschuhen .	13	25
218	224	321d	Pincetten mit Platinspitzen à ℳ 3.50 bis 5.50.		
219	224	321e	Pincetten . . . . . klein à ℳ 1.25, grofs à	1	50
220	224	321f	Feilen mit Heft, dreikantig 10 12 16 cm Hieb à ℳ 0.75 0.85 1.—		
221	—	—	„ dreikantig aus Caborundum	1	50
			„ mit Heft 10 12 16 cm Hieb		
222	224	321g	rund . . . à ℳ 0.45 0.55 0.75		
223	224	321h	flach . . . à „ 0.60 0.75 0.90		
224	224	321i	Glasmesser mit Heft	1	—
225	226	324d	Hornlöffel mit Spatel Länge 100 120 140 150 160 180 200 220 mm à ℳ 0.22 0.30 0.40 0.45 0.50 0.60 0.70 0.85		
226	226	324e	Mörser-Reiniger von Horn (Hornblätter) Länge 60 70 80 90 100 mm à ℳ 0.20 0.25 0.25 0.30 0.35		
227	226	324f	Pulverkapseln von Horn (Capsulaturen) Länge 80 90 100 120 mm à ℳ 0.25 0.30 0.35 0.45		
228	227	326	Blechrinnen	—	50
229	227	327	Pulvertrichter nach Pollak, 1 Satz = 4 Stück	1	25
230	228	328	Hähne von Messing . . . . . klein à ℳ 175, grofs à	3	—
231	228	329	„ „ Glas, Bohrung 1,5 2 3 5 mm à ℳ 1.60 1.80 2.15 3.50		
232	228	330/31	Glashähne mit Sicherheitsvorrichtung	—	—
233	229	332	Präzisionshahn auf Stativ	13	—
234	229	333	Hebelhahn	5	—
235	229	334	Dreiweghahn	7	50
236	230	335b	Quetschhahn nach Mohr, Länge 50 75 100 mm à ℳ 0.30 0.45 0.60		
237	230	335d	„ „ Hofmann	—	85
238	230	336	„ „ Proskauer	1	—
239	231	[1]	Vorlesungswage nach Arendt	180	—
			„ „ „ in Glaskasten	230	—
240	231	337	Aräometer als Vorlesungswage	5	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
241	232	338	Bechergläser, gangbarste Form à Satz 1—3 1—4 1—6 1—8 1—10 1—12 1—14 ohne Ausg. à ℳ 0.55 0.80 1.35 2.15 3.25 4.85 7.— mit Ausg. à ℳ 0.60 0.90 1.55 2.45 3.65 5.45 7.50		
242	—	—			
243	—	—	Bechergläser, niedrige Form (Griffin'sche Form) à Satz 1—4 1—6 1—8 1—10 1—12 ohne Ausgufs à ℳ 0.90 1.70 2.80 4.40 6.60 mit Ausgufs à ℳ 0.95 1.75 2.90 4.60 6.90		
244	—	—			
245	—	—	Kochflaschen, 50 100 150 200 250 ccm à ℳ 0.12 0.15 0.18 0.22 0.24 400 500 750 1000 ccm 1,5 2 3 4 l à ℳ 0.30 0.35 0.45 0.52 à ℳ 0.72 1.— 1.30 1.65		
246	232	339	Krystallisationsschalen aus böhm. Glas von 50 bis 160 mm Durchm., 9 Stück im Satz, ohne Ausgufs . . .	3	50
			mit „	4	50
247	233	340a	Cylinder mit Fufs und Rand, je nach Länge 25—40 mm äufserer Durchmesser, Länge 10 12 15 20 25 30 35 40 45 50 cm à ℳ 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.60 0.70 0.80 1.—		
248	233	340a	Cylinder in anderen Dimensionen, mit und ohne Stöpsel nach Hauptpreiscourant.		
249	233	340g	Kelchgläser, kegelförmig, Inhalt 25 50 75 100 150 200 250 ccm à ℳ 0.20 0.27 0.30 0.37 0.55 0.75 0.90		
250	233	340d	Kelchgläser, cylindrisch, Länge 10 12 15 18 20 25 30 cm à ℳ 0.22 0.27 0.36 0.45 0.60 0.80 1.—		
251	234	—	Flaschen für Flüssigkeiten und für Pulver können geliefert werden: ohne Stöpsel, mit Griffstöpsel oder mit Übergreifstöpsel, 5 ccm an bis 25 l Inhalt nach Hauptpreiscourant.		
252	234	—	Flaschen mit Schild in allen Dimensionen nach Angabe.		
253	234	—	Flaschen mit unterem Tubus, mit und ohne oberen eingeschliffenen Stöpsel von $^1/_2$ bis 25 l Inhalt. — Siehe Hauptpreiscourant.		
254	235	343	Flaschen für Reagentien nach Swarts (nach Gröfse).		
255	236	344	Retorten, 100 150 250 400 500 750 1000 ccm ohne Tubus à ℳ 0.22 0.27 0.40 0.45 0.55 0.70 0.80		
256	236	344	mit Tubus und eingeschl. Stöpsel à ℳ 0.40 0.45 0.65 0.72 0.90 1.10 1.25		
257	236	344	Retorten, böhmische, aus schwer schmelzbarem Glase, 30—70 100—150 200—250 300—400 ccm ohne Tubus à ℳ 1.— 1.25 1.40 1.60		
258	236	344	mit Tubus à ℳ 1.25 1.50 1.70 2.—		

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
259	236	344	Retorten, böhmische, aus schwer schmelzbarem Glase 500, 750, 1000 ccm ohne Tubus . . . . . à ℳ 1.85 2.25 2.60		
260	—	—	mit Tubus (ohne Stöpsel) . à ℳ 2.20 2.60 3.—		
261	236	344	Retorten für Steinkohlen-Destillation von Kaliglas . . .	1	20
262	236	—	Vorlagen, gleiche Preise wie Retorten unter Nr. 255 . .	1	20
263	237	345	Unterlagringe für Kolben aus Subenit, 1 Satz = 6 Stück	5	—
264	237	346	Kugelröhren von Kaliglas mit 1 2 3 Kugel à ℳ 0.50 0.60 0.70		
265	239	347	Mischcylinder, nach Mohr geteilt Inhalt 5 10 25 50 100 250 500 1000 ccm		
266	239	347	m. Stöpsel à ℳ 0.50 0.60 1.— 1.25 1.65 2.40 3.— 5.50		
267	339	347	ohne „ à ℳ 0.40 0.50 0.80 1.— 1.35 2.— 2.50 5.—		
268	239	348	Mensuren, von Porzellan, geteilt Inhalt 30 60 100 250 500 1000 ccm à ℳ 0.45 0.50 0.60 1.— 1.75 2.70		
269	239	349	Mefs-Kolben, Inhalt 50 100 250 500 1000 ccm ohne Stöpsel à ℳ 0.60 0.75 1.10 1.50 1.90 mit „ à ℳ 0.75 0.90 1.50 2.— 2.40		
270	240	350	Mefs-Kolben nach Biltz Inhalt 50 100 200 250 500 1000 ccm à ℳ 1.40 1.60 1.80 2.20 3.— 3.75		
271	240	351	Pipetten, cylindrisch oder birnförmig, mit Marke Inhalt 1 2 5 10 15 20 25 50 100 ccm à ℳ 0.40 0.40 0.50 0.60 0.75 0.80 0.90 1.10 1.25		
272	240	352	Teilpipetten, Inhalt 1 2 5 10 20 25 ccm geteilt in $^1/_{50}$ $^1/_{10}$ $^1/_{10}$ $^1/_{10}$ $^1/_{10}$ $^1/_{10}$ à ℳ 0.60 0.55 0.90 1.— 1.40 1.60		
273	241	354	Pipette zum Abmessen giftiger Flüssigkeiten nach Reid a) mit Gummiball } je nach Größe	—	—
			b) „ Dreiweghahn }	—	—
274	243	357	Büretten, geteilt 25 ccm in $^1/_{10}$, 50 ccm in $^1/_{10}$, 100 ccm in $^1/_2$ in $^1/_5$ mit Quetschhahn kompl. à ℳ 3.— 4.75 5.— 6.—		
275	—	—	mit Greiner'schem Hahn, mehr	1	75
276	243	357	Bürettenstative zum Hoch- und Tiefstellen	3	—
277	243	358	„ zum Hoch- und Tiefstellen	5	—
278	244	359	Büretten mit Emailstreifen, mehr	—	50
279	245	361	„ mit schrägem Hahn nach Hugershoff, mehr .	2	—
			„Normale“ entsprechend teurer laut Spezialliste	—	—
280	247	366	Titrierapparat nach Knöfler	17	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
281	248	368	Senkcylinder nach GAWALOWSKY	15	—
282	247	—	Aräometer mit Thermometer, Skala nach BAUMÉ und spez. Gewicht für leichte Flüssigkeiten	3	50
283	—	—	Dasselbe für schwere Flüssigkeiten	3	50
284	248	—	Alkoholometer nach Gewichtsprozenten		
			65 = 100° in 1/5°	4	25
			10 = 100° in 1/1°	3	—
				7	50
285	248	369	Aräopyknometer nach EICHHORN	3	—
286	249	370a	Röhrenträger von Holz	4	75
287	249	370b	Röhrenträger von Eisen	2	75
288	249	371	Röhrenhalter von Holz . . . . . à ℳ 2.15 und	3	50
289	249	371	Probierglashalter mit eisernem Stativ		
290	249	372a	Tischchen von Holz, zum Hoch- und Tiefstellen Durchmesser des Tellers 100 125 150 175 200 225 250 mm à ℳ 2.— 2.50 3.— 3.25 3.50 4.— 5.—		
291	249	372b	Tischchen auf eisernem Dreifufs Durchmesser des Tellers 150 200 250 mm à ℳ 3.— 3.50 5.—		
				1	75
292	250	373	Retortenhalter		
293	—	—	Universalstativ mit Zubehör . . . von ℳ 10.— bis	30	—
294	—	—	Stative auf Dreifufs, einfacher Platte oder doppelter Platte 60 cm Stablänge . . . . . von ℳ 1.75 bis	2	50
				4	—
295	—	—	Stative auf grofsem Dreifufs, 1 m Stablänge		
296	—	—	Stativ-Nebengeräte, wie Ringe, Röhrenhalter, Retortenhalter, Kühlerhalter, Brennerhalter laut Hauptpreiscourant	—	—
				1	25
297	251	375	Universalmuffe nach BECKMANN	3	—
298	252	378	Bürettenhalter für 1 Bürette, ohne Stativ	5	50
299	—	—	Bürettenhalter für 2 Büretten, ohne Stativ	5	—
300	252	379	Bürettenhalter nach NEUMANN		
301	255	381	Apparat zum Abdampfen durch Oberhitze in Schalen nach HEMPEL, nach Gröfse	—	—
302	255	282	Apparat zum Abdampfen durch Oberhitze in Tiegeln nach HEMPEL	—	—
				6	75
303	257	383	Luftbad von Kupfer, 135 mm hoch		
304	257	384	Luftbad nach FRESENIUS auf 4 Füfsen 15×15×15 cm ℳ 11.75 — 23×23×23 cm ℳ 20.—		
305	258	385/386	Luftbad nach L. MEYER, aus hartgelötetem starken Kupfer kompl. m. Heizvorrichtung, 25×20 cm	85	—
				21	50
306	—	—	„ „ „ aus Thon und Eisen		
307	—	—	„ „ „ der äufsere Doppelcylinder aus Thon, mittlerer Cylinder aus Eisen . . .	—	—
				26	—
308	—	—	„ „ „ innen aus Kupfer 13×15 cm . . .		
309	—	—	„ „ „ do. do. aus Thon und Kupfer. . .	35	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
310	260	387	Luftbad nach L. Meyer für Tiegel	18	—
311	260	388	Drahtnetzluftbad nach Muck mit Brennern	30	—
312	261	389	Thermoregulator nach Bunsen-Kemp	6	50
313	262	390	Präzisions-Thermoregulator nach Borkes	—	—
314	262	391	Thermoregulator für Trockenschränke nach Gawalowsky		
315	263	392 a	Wasserbäder von Kupfer ohne Dreifuſs		
			Durchmesser 104 120 133 145 155 167 192 mm		
			à ℳ 4.20 4.70 5.20 6.— 6.50 7.25 8.75		
316	264	393	Wasserbad mit Irisblende, ohne Ringe, für jede Gröſse einstellbar, mit Dreifuſs und constantem Niveau, von Kupfer	18	50
317	265	396	Wasserbad nach Mürrle	17	—
318	267	398	Wasserbad mit Niveauhalter . . . . je nach Grösse	—	—
319	267	399	Druckregulator für geschlossene Wasserbäder	7	50
320	270	401	Destillationsaufsatz nach Max Müller	2	—
321	271	402	„ nach de Koninck, a) einfach	1	—
322	271	403	b) für Thermometer	1	25
323	271	404	Destillationskolben mit konstantem Niveau, je nach Grösse ℳ 3.— bis	5	
324	272	405	Kühler von lackiertem Zinkblech auf Eisenstativ		
			Länge des Zinkcylinders 40 50 60 70 cm		
			à ℳ 13.50 17.50 22.— 24.—		
325	272	406	Kühler von Glas mit losem Rohr, mit Zu- und Abfluſsrohr		
			Länge des Körpers 40 50 60 70 cm		
			à ℳ 1.80 2.25 3.— 4.—		
326	272	406	Holzstative hierzu, mehr à „ 2.— 3.— und 4.50		
327	272	407	Eisenstative „ „ à „12.— 14.— und 16.—		
328	273	408	Kugelkühler	3	—
329	273	409	Verkürzter Kühler nach Zambelli . . . 200 mm lang	3	50
			300 mm lang	4	25
330	274	410	Wechselapparat für Kühler nach Bidet	4	50
331	274	411	„ „ „ „ Mangold	2	—
332	276	416	Kühlrohr mit Aufsen- und Innenkühlung nach Evers .	7	50
333	277	417	„ mit innerer Wasserzirkulation nach Bidet . .	5	—
334	277	418	„ mit innerer Kühlung und äuſserer Wasserberieselung nach Cripp. . . . . je nach Gröſse	—	—
335	278	419	Rückfluſskühler für Bechergläser nach Göckel ℳ 1.50 bis	2	50
336	279	420	Vorstöſse, gerade oder gebogen		
			obere Öffnung 20 25 30 35 mm		
			à ℳ 0.35 0.50 0.70 0.90		
337	280	422	Apparat zur Bereitung von destilliertem Wasser nach Kalecsinszki	7	50
338	283	427	Druckregulator nach Krafft	18	—
339	284	428/32	„ „ Städel u. Hahn	—	—
340	289	434	Dephlegmator nach Young u. Thomas, je nach Länge und Platinpreis . . . . . ca.	14	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	Figur	Apparate und Gerätschaften für allgemeinen Gebrauch	ℳ	₰
341	289	436	Dephlegmator nach Hempel mit Perlenfüllung	5	—
342	290	437	„ „ Norton u. Otten	3	50
343	290	438	Destillationsvorlage nach L. Meyer	11	—
344	291	439	„ „ Fuchs	7	—
345	292	440	„ „ Raikow	7	50
346	292	441	„ „ Gautier	7	50
347	294	442	„ „ Brühl . . . ℳ 14.— bis	24	—
348	294	443	„ „ H. Wislicenus	12	—
349	296	444	„ „ Schulz	18	—
350	297	446	„ „ Valenta	20	—
351	298	447/8	Apparat für fraktionierte Destillation nach G. Kolbe	30	—
352	299	450	Sublimationsapparat nach Hertkorn, je nach Ausführung	—	—

IV. Apparate für bestimmte Versuche.

Dies ist ein Verzeichnis aller derjenigen Apparate, welche **für bestimmte Versuche dienen, und welche zu diesem Zwecke ein für allemal vorrätig gehalten und, mit Nummern versehen, in einem besonderen Schranke aufbewahrt werden sollten.** Sie sind stets in gebrauchsfähigem Zustande zu erhalten, also jeder Defekt sofort zu ergänzen, so dafs der Versuch jederzeit ohne besondere Vorbereitung angestellt werden kann.

(Siehe Seite 6 und 7.)

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
353	309 bis 318	1—14	—	Metallbleche (3—5 cm breit, 12—15 cm lang): Zink, Blei, Eisen, Stahl, Kupfer, Kupfer brüniert, Kupfer patiniert, Kadmium, Nickel, Zinn, Messing, Tombak, Neusilber, Alfenid . . . . . à Satz	12	50
354	317	15	—	Metallstangen, starre Legierungen (80 mm lang, 10 mm dick): Schnelllot, Hartlot, Pewter, Lettern-metall, Schrotmetall, Messing, Tombak, Glocken-bronze, Kanonengut, Statuenbronze, Spiegelmetall, Aluminiumbronze, Neusilber . . . . . à Satz	8	50
355	317	15	—	Metallstangen, leicht schmelzbare Legierungen (80 mm lang, 10 mm dick), nach Rose, Wood, Lipowitz, Newton . . . . . à Satz	4	50
356	317	15	—	Dieselben Legierungen in Stücken zum Verbrauch à Satz	4	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
357	312	4	—	Mustersammlung verschiedener Sorten von Eisen und Stahl. a) Schmiedeeisen □, ○, ▭, ⎯, L, T, I in Stücken von 12—15 cm Länge, sehniges (gebrochen), Feinkorn (gebrochen). — b) Stahl: Flammenofenflufsstahl, Bessemerstahl, Tiegelflufsstahl, Puddelschweifsstahl □, ○, ⊏ (gebrochen), Cementstahl, ungehärtet, gehärtet, geschärft. — c) Eisen, Ferromangan, Ferrosilicium, Spiegeleisen, Hematit-Roheisen, Roheisen I grau, zäh. Roheisen halbiert . . . . . à Satz	22	50
358	309	1	452	Eiserne Schale zum Schmelzen von Zinn	—	35
359	309	2	452	Eiserne Schale zum Schmelzen von Blei	—	35
360	309	3	452	Eiserne Schale zum Schmelzen von Zink	—	35
		—	[4]	Ein drehbarer Spiegel auf Stativ	16	—
361	315	11	—	Drei Kugeln für Quecksilber	1	25
362	315	12	—	Retortenkohle zum Abtreiben von Silber	—	80
363	315	13	—	Retortenkohle zum Schmelzen von Platin	—	40
364	318	16 c	—	Starke Spiegelglasplatte, 20—25 cm im Quadrat . .	2	—
365	318	16 c	—	Dünne Spiegelglasplatte, entsprechend kleiner . . .	1	—
366	318	16 c	—	Eine weiche Bürste	1	—
367	318	17	—	Metalltafel 1. Gröfse, 70 cm lang, 40 cm breit . . .	22	50
368	—	—	—	Metalltafel 2. Gröfse, 35 cm lang, 20 cm breit . . .	12	—
369	318	18	—	Zwei Kupferbleche zum Löten; Lot	1	—
370	322	20 a	465	Ausgezogene Glasröhren mit verschieden weiter Spitze, 30—40 cm lang	1	—
371	322	20 b	—	Sortiment Röhren zur chemischen Harmonika . . .	3	—
372	322	20 d	467	Gerader Draht mit Lichthülse	—	35
373	322	20 e	[7]	Glocke mit Heberrohr zum Ausströmen von Wasserstoff	3	75
374	322	20 e	—	Ballons von Kollodium 11 18 21 cm à ℳ —.70 1.20 1.75		
375	330	23 a	473	Zwei gleich grofse graduierte Fufscylinder von 1 l Inhalt, mit Stöpsel	11	—
376	331	23 b	474	Apparat zur Demonstration der Zusammensetzung der Luft nach F. C. G. Müller	18	—
377	334	25	477	Kleiner Hufeisenmagnet zum Aufhängen	—	75
378	334	25A	478	Zweiliterkolben nach A. W. Hofmann, komplett . .	6	—
379	335	26	479	Retorte (böhmisch) 200 ccm mit Vorlage zur Darstellung von Sauerstoff aus HgO	2	15
380	336	27	481	Gebogener Draht mit Lichthülse	—	35
381	336	27	482	Gerader Draht mit Lichthülse auf flachem Fufs . .	—	75
382	337	28	483	Cylinder mit Lichthülse zur Demonstration der Gewichtszunahme beim Verbrennen eines Lichts . .	1	35
383	338	30	485	Retorte (300 ccm) böhmisch mit Gasableitungsrohr zur Sauerstoffdarstellung	1	75

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
384	338	30	486	Rohr zur Sauerstoffentwickelung	—	65
385	340	30	487	Sauerstoffentwickelungsapparat nach Göhring	15	—
386	346	31	488	Tubulierte Glasglocke mit Porzellanschale und Uhrfederspiralen	4	75
387	346	31	489	Ballon mit Korbuntersatz	4	25
388	349	32A	492	Apparat zur Entwickelung von O aus grünen Blättern	25	—
389	350	33	493	Blase mit Hahn für Seifenblasen	5	—
390	351	33	[24]	Trichter zur Entzündung der Seifenblasen	14	25
391	351	34	494	Explosionspipette	—	50
392	352	35	496	Elektrische Pistole	5	—
393	354	36	497	Daniell'scher Hahn, in Metall	7	—
394	354	36	499	Knallgasgebläse für Drummond'sches Licht	24	—
395	355	36A	500	Linnemann'sche Lampe	75	—
396	355	36A	—	Magnesiastifte dazu	—	75
397	357	37	503	Apparat für umgekehrte Flammen	2	—
398	358	37	[18]	„ „ „ „ nach Thomsen	1	25
399	359	37	505	„ „ „ „ „ Habermann	7	50
400	360	37	506	„ „ „ „ „ Hofmann	3	50
401	361	37	507	„ „ „ „ „ Heumann	5	75
402	362	38a	508	Apparat für die Synthese des Wassers	10	—
403	363	38b	509	„ (Woulfe'sche Flasche) mit Trichterrohr	2	—
404	364	38	510	„ nach Ossipoff, ohne Gasentwickler, sonst komplett	15	90
405	—	—	—	„ Wasserbildungsgefäfs m. Brennerrohr u. Kühler	3	10
406	365	38c	511	„ nach F. C. G. Müller	5	50
407	365	38d	[28]	„ „ Mixter	12	50
408	366	38e	[11]	„ „ Piccard	—	—
409	367	38f	[14]	„ „ A. W. Hofmann	—	—
410	368	39	512	Sehr dünnes Platinblech, nach Cours	—	—
411	368	39	513	Döbereiner'sche Zündmaschine	7	50
412	370	41	515	Glascylinder mit hineinpassender Kugel aus Buchsbaumkohle	1	—
413	371	42	516	Weiter Fufscylinder mit 4 Lichtern	8	—
414	372	42	520	Heber für Kohlensäure	—	50
415	373	42	521	Starkwandiges Glasrohr mit Stempel zur Absorption der CO_2 unter Druck	3	—
416	374	42	522	Ein Stahlrohr mit 4—8 kg flüssiger Kohlensäure	25	—
417	—	—	—	Ein eisernes Gestell zum Experimentieren	30	—
418	375	42B	523	Zwei poröse Thonzellen für Diffusion von CO_2 u. H	3	50
419	375	42B	524	Diffusionsapparat nach Dvorak = 2 Thonzellen	3	—
420	376	43	525	Draht mit Thonpfeifenrohr zur Verbrennung von Diamant	—	25
421	376	43	[26]	Literkolben mit Platindraht zu gleichem Zwecke	5	—
422	378	44	528	Hoher Fufscylinder mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr	3	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
423	379	44	530	Grofse Glasglocke mit Untersatz, Dreifufs und Drahtnetz	7	—
424	379	44	531	Apparat zur Kondensation der schwefligen Säure	7	50
425	379	44	532	„ nach A. W. Hofmann	14	—
426	380	44	533	„ aus Kupfer mit Hähnen	46	—
427	381	45c	—	Eisenblech, 15 cm lang, 3 cm breit, 1,5 mm dick	—	30
428	381	45a	[21]	Flasche mit Kautschukrohr und Quetschhahn nebst Glasröhren (5—7 mm breit) zum Formen des Phosphors	2	50
429	381	45a	—	Umgebogener Löffel zum Schöpfen des Phosphors	—	25
430	381	45b	—	Mehrere starkwandige Glasröhren, an einem Ende zugeschmolzen, zur Darstellung von amorphem Phosphor	1	20
431	381	45b	—	Dazu passendes eisernes Rohr	—	50
432	383	45d	534	Tubulierte Glasglocke mit Porzellanschälchen und Eisenblech zum Verbrennen von Phosphor	4	25
433	384	45e	536	Gebogenes Messingrohr, 3 mm weit, zum Verbrennen von Phosphor unter Wasser	—	80
434	385	46a	537	Mehrere Arsenröhrchen aus schwer schmelzbarem Glase	1	—
435	385	46c	538	Seitlich tubulierter Ballon (4—6 l) zur Sublimation von arseniger Säure (und Schwefel) mit Retorte	3	75
436	388	48e	543	Kochfläschchen (100 ccm) mit aufgesetztem kurzen Glasrohr	—	35
437	389	50	—	Kalium, Natrium und Kaliumnatrium in Glasröhren mit H eingeschmolzen, zu Tagespreisen	—	—
438	392	52	548	Glasrohr (12—15 mm weit) mit Draht zur langsamen Verbrennung des Phosphors	1	50
439	395	53	552	Bürettenrohr mit Halter und Krystallisierschale für Absorption von O durch Cu in Ammoniak	3	25
440	397	56	556	Rohr zur unvollkommenen Verbrennung von Holz	—	50
441	398	57a	557	Retorte zur Destillation des Schwefels	—	30
442	398	57b	558	Retorte zur Sublimation des Schwefels, in den Tubus des Ballons Nr. 71 passend	—	45
443	401	57e	562	Zugeschmolzenes Rohr mit α-Schwefel	—	—
444	402	60a	565	Einseitig zugeschmolzenes Rohr zur Darstellung von Schwefeleisen	—	85
445	403	60c	566	Mehrere Eisendrahtspiralen zum Verbrennen in Schwefeldampf	—	20
446	408	67a	573	Porzellanrohr, ca. 60 cm lang, mit Vorlage zur Darstellung von Schwefelkohlenstoff	4	65
447	410	67d	—	Bürettenrohr zur Extraktion ölhaltiger Samen	—	55
448	417	71.2a	578	Dreikolbenapparat nach Orlowski	12	—
449	421	71.2b	581	Kipp'scher Apparat zur Chlorentwickelung, 1 Liter	13	50
450	426	72b	[23]	Starkwandige Flasche (1 l) mit Kork und Glashahn zur Bereitung von Chlorwasser	3	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
451	427	72c	[23]	Glaskölbchen (50 ccm) zum Aufsetzen auf das Hahnrohr des vorigen Apparats	—	20
452	427	72c	[3]	Cylinder mit Deckel und Draht zum Einhängen von dünnen Metallblechen	2	25
453	427	72e	585	Hohe tubulierte Glasglocke mit Vorrichtung zum Einschütten von Antimonpulver	3	75
454	430	74	589	Zwei böhmische Röhren mit Vorstofs und Vorlage zur Darstellung von Zinn- und Bleichlorid . . .	3	75
455	432	75	592	Zwei böhmische Röhren mit Kugelvorlage zur Darstellung von Eisen- und Aluminiumchlorid . . .	3	85
456	433	76	593	Rohr zum Verbrennen von Magnesium in Chlor . .	—	50
457	434	77	596	Zwei Retorten mit Kugelvorlage zur Darstellung von Schwefel- und Phosphorchlorid	3	—
458	438	79	599	Bauchiges Gefäfs mit Dreifufs zur Verbrennung von Wasserstoff in Chlor	3	—
459	438	79	599	Dreihalsige Flasche dazu	1	75
460	441	80b	603	Apparat zur Entwickelung von Chlorknallgas nach ROSENFELD	8	50
461	443	81	604	Ein hoher Fufscylinder mit Stöpsel etc. zur Absorption von HCl-Gas durch Wasser	3	—
462	447	83	607	Diffusion des Bromdampfes: 1 Cylinder 40 × 15 cm .	5	—
463	450	84d	[27]	Kölbchen mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr zur Darstellung von HBr	—	45
464	453	89b	614	Böhmisches Rohr (60 cm lang) mit Vorstofs und Kugelvorlage zur Reduktion von Kupferoxyd . .	2	60
465	454	89c	[15]	Geformte Cylinder aus reduziertem Kupferpulver mit dazu passender Glasröhre und Draht	—	—
466	455	89d	[10]	Halbkugelige Glocke aus Kupferblech . . . . ca.	3	—
467	457	92	[12]	Mehrere dünnwandige böhmische Röhren zur Darstellung von pyrophorischem Eisen	2	50
468	461	96A	622	Porzellanrohr, 60 cm, mit Zu- und Ableitungsröhren	4	75
469	462	96B	623	Porzellanrohr mit eingepafster tubulierter Retorte, letztere mit kurzem Sicherheitsrohr	5	25
470	466	99	626	Dreihalsige WOULFE'sche Flasche (300 ccm) mit zwei Gaseinleitungsröhren und einem Gasableitungsrohr	2	10
471	467	100	628	Weites Bürettenrohr, 25 cm lang	—	50
472	467	100A	—	Niet von ca. 250 g mit cementierter Erwärmungsmasse umgeben . . . . . 1 Stück	5	—
473	467	100A	—	Zündkirschen . . . . . 100 „	6	50
474	467	100A	—	Entzündungsgemisch . . . . . 1 kg	4	—
475	467	100A	—	Lose Erwärmungsmasse . . Mindestabgabe 3,5 „	10	50
476	467	100A	—	Erwärmungsmasse . . . . . 1 „	3	—
477	467	100A	—	Eisenoxyd-Aluminium-Mischung zur Darstellung von schmiedbarem Eisen . . Mindestabgabe 5 kg	16	25
478	467	100A	—	Chrom, kohlefrei, ausgesuchte Stücke . . . 1 „	12	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
479	467	100A	—	Mangan, kohlefrei, ausgesuchte Stücke . . 1 kg	9	50
480	467	100A	—	Mangan-Oxyd-Aluminium zur Darstellung von kohlefreiem Mangan . . . . Mindestabgabe 5 kg	22	50
481	467	100A	—	Niet von ca. 250 g, unbekleidet . . . . 1 Stück	—	40
482	467	100A	—	„ „ „ 900 g bis 1 kg . . . . . 1 „	1	40
483	467	100A	—	Grofser Holzkonus . . . . . 1 „	1	50
484	467	100A	—	Kleiner „ . . . . . 1 „	—	80
485	467	100A	—	Schutzbrille mit dunkeln Gläsern . . . 1 „	1	50
486	467	100A	—	Tiegel mit Magnesia ausgekleidet . . . 1 „	3	50
487	470	101	629	Tubulierte Retorte (200 ccm) mit Gaseinleitungsrohr und Vorlage zur Reduktion von Zinnober durch O	2	35
488	473	103c	—	Fufscylinder (300 ccm) mit Korkscheibe (als Deckel) und daranhängendem Kartonblättchen	1	15
489	473	103c	—	Opodeldokglas mit zwei Gaseinleitungsröhren . . .	—	60
490	477	109	—	Zweihalsige Flasche (100—150 ccm) mit 8 mm weitem Gaseinleitungsrohr und engerem Gasableitungsrohr	1	25
491	478	110a	632	Zersetzungsgefäfs zur Erzeugung von elektrolytischem Knallgas mit grofsen Platinanoden, eingeschliffen .	7	—
492	479	110b	633	Hofmann'sche Röhre zur Elektrolyse des Wassers, ungraduiert	11	50
493	479	—	—	„ „ graduiert	16	50
494	—	—	—	„ „ Eisenstativ dazu, mehr . . .	10	50
495	479	111	636	„ „ zur Elektrolyse der Salzsäure .	13	—
496	—	—	—	„ „ Eisenstativ dazu, mehr . . .	10	50
497	480	110b	637	Voltameter nach Walter mit Eisenstativ	22	50
498	483	111b	638	Apparat zur Elektrolyse der Salzsäure nach L. Meyer	15	—
499	484	111c	639/40	„ „ „ „ „ „ Highley und Howard	16	—
500	485	112	641	Starkwandiges Eudiometer mit Hahn	11	—
501	485	112	642	Eudiometer nach Bunsen (500 mm)	4	50
502	486	113c	644	Kupferrohr zur unvollkommenen Verbrennung von Kohlenstoff . . . . . je nach Kupferpreis	—	—
503	494	117b	649	Böhmisches Rohr, am einen Ende zugeschmolzen und umgebogen	1	50
504	495	118a	651	Langhalsiger Glaskolben	1	—
505	495	118a	652	Porzellanrohr mit eingepafster tubulierter Retorte .	4	65
506	498	119	654	Drei böhmische Röhren mit Vorstofs und Vorlage .	5	60
507	501	121b	655	Porzellanrohr mit tubulierter Retorte und Vorlage .	4	75
508	506	—	658	Kolben mit Messingfassung und Zubehör zur Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts der Gase mit Thermometer	27	—
509	506	—	658	Manometer dazu, ungefüllt	6	25
510	512	—	659	Kolben mit eingeschliffenem Glashahnstöpsel zur Bestimmung des spezifischen Gewichts der Gase, nach Chancel, mit Tarakolben	6	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
511	512	—	660	Stativ mit Glasschale dazu	6	—
512	513	126	661	Gaswage (Patent Lux), laut Spezial-Offerte	—	—
513	521	128Aa	668	Tubulierte Retorte mit eingeschliffenem Thermometer zur Destillation von Schwefelsäure. ℳ 5.50 bis	6	—
514	521	128Aa	667	Vorlage mit Abflufsrohr	—	75
515	523	128Ab	669	Apparat zur direkten Darstellung von Schwefelsäure-Anhydrid nach F. C. G. Müller	5	—
516	524	128Ab	670	Verbesserung desselben, ohne Flaschen	4	—
517	525	128Ab	671	Apparat zu gleichem Zwecke nach Hogdkinson und Lowndes	6	75
518	527	128Ae	673	Grofse Glasglocke mit Untersatz	6	—
519	527	128Ae	673	Hygroskop (Wettermännchen)	—	—
520	527	128Ae	674	Exsikkator nach Hempel ℳ 6.50 bis	9	50
521	528	128Ae	676	Exsikkator nach Kaehler, nach Gröfse	—	—
522	531	130a	678	Kolben (1 l) mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr	—	90
523	531	130a	678	Kühlapparat dazu, ohne Dreifufs	3	25
524	539	139b	683	Einhängesieb von Kupfer	3	—
525	540	139d	—	Cylinderglas mit Holzscheibe nach Poske	2	35
526	542	141a	—	Norwegische Küche	—	—
527	545	143	—	Vorlesungsthermometer	10	—
528	549	146	—	Gufseiserne Hohlcylinder mit Schraube . . Stück	5	—
529	554	150	702	Absorption von Ammoniak nach Brandstätter mit zwei Thermometern +10 +40° C ½	25	—
530	561	156	—	Dissozioskop nach Tommasi	2	50
531	573	161c	—	Rohr zum Trocknen der Chromsäure	1	—
532	587	166a	743	Apparat zur Absorption von HCl-Gas	11	50
533	590	166b	746	Bleigefäfs zur Zersetzung von Flufsspat	3	—
534	590	166b	746	Bleiretorte mit Guttaperchaflasche zur Darstellung wässeriger Flufssäure	11	—
535	591	167b	747	Mehrere starkwandige Flaschen aus grünem Glase mit weitem Gasableitungsrohr	1	85
536	591	167b	747	Cylindrisches Gefäfs aus Schwarzblech	1	25
537	595	168	750	Apparat zur Darstellung der Ammoniaksoda	3	75
538	611	177	766	Gröfserer galvanoplastischer Apparat	30	—
539	611	177	765	Kleinerer galvanoplastischer Apparat	7	50
540	615	178a	—	V-förmiges Rohr zur Elektrolyse	6	25
541	—	—	—	Dasselbe auf Holzfufs	10	—
542	624	182	774	Retorte (200 ccm) mit in den Tubulus eingeschliffenem Sicherheitsrohr	2	10
543	624	182	774	U-förmige Kühlvorlage dazu	—	50
544	629	184d	—	Langgestielter eiserner Löffel	1	—
545	634	187g	782	Patrone zum Torpedoversuch	3	—
546	637	190a	783	Retorte mit U-förmiger Vorlage	1	50
547	642	191c	790	Hohe und enge Glasglocke, tubuliert	3	75
548	643	191c	791	Hoher Fufscylinder mit zwei Hahnröhren	8	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
549	644	193a	792	Retorte (300 ccm) mit tubulierter Kugelvorlage und Gasableitungsrohr	1	50
550	647	194	794	Ballon zur Bildung von Schwefelsäure	10	—
551	648	194	[22]	Apparat zu gleichem Zweck nach Kämmerer, ohne Maste-Brenner	35	—
552	650	194	795	Apparat zu gleichem Zweck nach Mareck	18	—
553	651	194	796	Apparat zu gleichem Zweck nach Wilbrandt, ohne Brenner	20	—
554	652	194	797	Apparat zu gleichem Zweck nach F. C. G. Müller	9	25
555	653	194	798	Apparat zur Oxydation und Reduktion von Stickoxyd nach A. W. Hofmann, mit Stativ	17	50
556	657	197a	801	Viermal rechtwinklig gebogenes Rohr	—	50
557	664	203a	804	Spirituslampe mit Asbestdocht	1	50
558	664	203a	805	Rohr mit Kugel	—	30
559	670	206	810	Dreihalsige Flasche (200 ccm) mit Glasröhren zur Chlorbereitung nach Deacon	1	25
560	673	208	805	Rohr mit Kugel (wie Nr. 558)	—	30
561	684	222a	813	Literkolben mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsrohr	—	90
562	689	225	817	Fufscylinder (50 cm hoch, 8—10 cm weit) mit dreifach durchbohrtem Kork, einem Gasableitungs- und zwei Gaseinleitungsröhren	4	50
563	693	227b	819	Ozonisationsröhre, zweischenklig, nach Krebs	7	—
564	694	227d	821	Ozonisationsröhre mit dünnen eingeschmolzenen Drähten	ca. 10	50
565	694	227d	822	Ozonisationsröhre mit Stanniolbelegungen	7	50
566	696	227e	823	Ozonisationsröhre nach Teclu, D. R. G. M.	17	50
567	696	227d	824	Ozonisationsröhre nach Teclu, D. R. G. M.	10	—
568	696	227e	825	Apparat zur Demonstration der Kontraktion bei der Ozonbildung aus Sauerstoff	10	—
569	697	227f	826	Apparat zur Ozonbildung aus Kaliumpermanganat nach Krebs	1	50
570	697	227f	827	Apparat zur Ozonbildung aus Wasserstoffsuperoxyd nach Krebs	3	20
571	699	229	—	Chamäleonbürette	5	—
572	706	232	828	Zweischenklige Röhre mit Hähnen und Stativ nach A. W. Hofmann	17	25
573	709	233b	[9]	Kolben mit Hahntrichter und zweimal rechtwinklig gebogener, 6 mm weiter Gasableitungsröhre	3	—
574	709	233b	—	Kalirohr mit Brompipette	—	50
575	711	234b	—	Tubulierte Retorte mit Hahnpipette	3	25
576	712	234c	833	Apparat zur Darstellung von HJ nach Étard	3	—
577	713	236	—	Retorte (200 ccm) aus schwer schmelzbarem Glase mit Kugelvorlage und Gasableitungsrohr (wie Nr. 23)	1	75
578	715	237	834	Eudiometer für Wassergas mit Stativ und Cylinderwanne nach A. W. Hofmann	35	—

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Laufende Nr.	Seite	§-Nr.	Figur-Nr.	Apparate für bestimmte Versuche	ℳ	₰
579	715	237	834	Dampfkessel	100	—
580	716	237A	835	Kugelrohr (250 ccm) mit Hahn nach A. W. Hofmann	3	—
581	719	241	836	Knieförmig gebogenes, einseitig geschlossenes Rohr	1	—
582	720	243	838	Zweifach tubulierter Ballon mit Einleitungsröhren nebst Dreifufs	9	—
583	724	245	841	Flaschenapparat zur Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Metallsalzlösungen	9	50
584	726	245	842	Derselbe nach Fiumi, mit 6 Gefäfsen	—	—
				mit 9 Gefäfsen	—	—
585	728	246a	843	Dreihalsige Flasche (300 ccm) mit zwei Einleitungs- und einer Ableitungsröhre	1	50
586	728	246a	843	Rohr mit zwei Kugeln	—	60
587	732	247c	845	U-Rohr mit Funkendrähten	7	50
588	732	247d	846	Langes Glasrohr mit Hahnpipette	7	50
589	734	247d	848	Zweischenkliges Rohr mit Hähnen nach A. W. Hofmann	11	—
590	737	248b	{850} {851}	Zwei gebogene Glasröhren, die eine unten mit umgebogener Spitze	—	50
591	737	248b	851	Spiralig gewundener dünner Platindraht, an einem starken Kupferdraht befestigt	2	—
592	739	249a	852	Ätherthermometer-Rohr	—	30
593	740	249b	853	Apparat für Salmiaknebel	4	50
594	742	250a	856	Tubulierte Retorte (300 ccm) mit Gaseinleitungsrohr und 8 mm weitem Gasableitungsrohr	1	—
595	745	250b	859	Windofen nebst Zubehör zur Darstellung von Phosphorcalcium, nach Gattermann und Haussknecht	—	—
596	748	252	[2]	Apparat zur Darstellung von Jodphosphonium	4	50
597	750	253	860	Arsenröhren nach Marsch mit Trockenrohr	1	—
598	754	255b	863	Kolben (600 ccm) aus schwer schmelzbarem Glase mit Gasableitungsrohr zur Darstellung von CH_4	1	50
599	757	257a	866	Retorte (200 ccm) aus schwer schmelzbarem Glase mit tubulierter Vorlage zur trockenen Destillation von Steinkohle	2	—
600	757	257b	867	Rohr mit Bimsstein zum Karburieren von Wasserstoff	—	—
601	760	258[1]	868	Eiserner Topf zur Darstellung von Steinkohlengas mit Gasbrenner und Dreifufs	35	—
602	760	258[2]	868	Vorlage und gebogenes Kühlrohr dazu, mit den nötigen Verbindungen	6	—
603	760	258[3]	868	Skrubber mit Tischstativ und zwei Glasgefäfsen	11	—
604	760	258[4]	868	Trockenreiniger dazu	28	—
605	761	258[5]	869	Hydraulische Pumpe (Exhaustor) dazu	140	—
606	761	258[6]	869	Gasometer in Zink	75	—
607	764	259[6]	874	Sicherheitslampe	8	50
608	767	260	[8]	Dreihalsige Flasche (500 ccm) mit Hahntrichter	3	50

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

V. Tabelle über die Gröfse einiger Apparate.

	Tiegel.	Porzellan-schalen.	Eiserne Schalen.	Retorten.	Bechergläser.		Krystallisations-Schalen.
Nr.	Durchm. mm	Durchm. cm	Durchm. cm	Inhalt ccm	Höhe cm	Weite cm	Durchmesser cm
1	20	6,5	5	50	5	2	5
2	25	7	7	100	6	3	6
3	30	8	9,5	200	7	4	7,5
4	35	9	11	300	8	5	9
5	40	11	12	500	9,5	6	10
6	45	12	14	750	11	6,5	11,5
7	50	13	17	1000	12,5	7	13
8	55	14	20	2000	14	8	14,5
9	60	15,5	22	—	16,5	9	16
10	65	17	24	—	18	10,5	19
11	70	18,5	—	—	20	11	23
12	—	21	—	—	22	12	25
13	—	23	—	—	24	14	30
14	—	25	—	—	—	—	35

VI. Standgefäfse.

Für die trockenen Reagentien braucht man Gläser mit weiter Öffnung (sogenannte Pulvergläser, Fig. 341) und für Lösungen und Flüssigkeiten gewöhnliche Flaschen (Stöpselgläser, Fig. 342); zu ihrer Unterbringung sind die Schränke, Fig. 1 c, d, e und Fig. 2 (S. 4 und 5) bestimmt. Die Etiketten dieser Standgefäfse sind entweder eingebrannt oder auf Papier gedruckt (geschrieben); im letzteren Falle werden sie zuerst mit dünnem Leim (Gummi) und darauf mit Kopallack überstrichen oder auch einfach mit Paraffin eingerieben und mit dem Falzbein geglättet.

Preise der Standgefäfse, pro Stück:

A. mit eingebranntem Schild, B. ohne ein solches.

Pulvergläser.		A.		B.		Flaschen.		A.		B.	
Nr.	Inhalt ca. ccm	ℳ	₰	ℳ	₰	Nr.	Inhalt ca. ccm	ℳ	₰	ℳ	₰
1	15	—	75	—	25	1	15	—	75	—	20
2	30	1	—	—	27	2	30	1	—	—	23
3	75	1	12	—	28	3	75	1	12	—	27
4	100	1	20	—	30	4	100	1	15	—	30
5	150	1	35	—	40	5	150	1	25	—	35
6	200	1	42	—	45	6	200	1	30	—	40
7	250	1	50	—	50	7	250	1	40	—	45
8	500	1	90	—	70	8	500	1	80	—	60
9	1000	2	80	—	85	9	1000	2	60	—	70

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

VII. Chemikalien.

(Über die Bedeutung der Nummern vgl. Tabelle V, Seite 800.)

A. Feste Reagentien in Pulvergläsern.

Größe		Größe		Größe	
9	Kalk, rein	8	Kaliumcarbonat, krystallisiert	6	Oxalsäure
9	— roh			6	Borsäurehydrat
9	Calciumhydrat	8	Natriumsulfid	6	Schiefspulver
9	Chlorkalk	8	Natriumnitrat, rein, krystallisiert	6	Kaliumfluorid
9	Calciumchlorid, granuliert	8	Natriumcarbonat, rein, trocken	6	Kaliumsulfit
9	Calciumchlorid, krystallisiert	8	Ammoniumcarbonat	6	Kaliumsulfat
9	Campher	8	Strontiumchlorat	6	Natriumsulfit
9	Kupferoxyd	8	Magnesiumsulfat	6	Natriumacetat
9	Kupfersulfat	8	Magnesiumcarbonat	6	Natrokaliumcarbonat
9	Rohrzucker	8	Alaun	6	Ammoniumrhodanid
9	Holzkohle	8	Chromalaun	6	Ammoniumdichromat
9	Knochenkohle	8	Lackmuspapier, blau	6	Bariumhydrat
9	Kaliumhydroxyd	8	— rot	6	Strontiumhydroxyd
9	Kaliumchlorat, gepulv.	8	— blaurot	6	Strontiumchlorid
9	Pottasche, roh	8	Curcumapapier, gelb	6	Zinkstaub
9	— gereinigt	8	— braun	6	Zinkoxyd
9	Kaliumdichromat	8	Jodkaliumstärkepapier	6	Zinkchlorid
9	Natriumhydroxyd	8	Phenolphtaleïnpapier	6	Zinksulfat
9	Natriumchlorid			6	Cuprichlorid
9	Steinsalz			6	Cuprochlorid
9	Natriumsulfat	7	Phosphor, weifs	6	Cuprinitrat
9	Chilisalpeter	7	— rot	6	Bariumchlorid
9	Natriumcarbonat, roh	7	Phosphorsäurehydrat	6	Natriumchlorid, rein
9	Borax	7	Auripigment	6	Cupricarbonat
9	Natriumdichromat	7	Realgar	6	Phosphorsalz
9	Ammoniumnitrat	7	Kaliumcyanid	6	Ultramarin
		7	Kaliumdisulfat	6	Mangansuperoxyd, rein
8	Chromalaun	7	Kaliumchromat	6	Weinsäure
8	Eisenfeile	7	Kaliumpermanganat	6	Traubenzucker
8	Ammoniumferrosulfat	7	Kaliumferricyanid	6	Mannit
8	Naphtalin	7	Kaliumferrocyanid	6	Carbolsäure
8	Milchzucker	7	Aluminiumoxyd, rein	6	Salicylsäure
8	Kartoffelstärke	7	Aluminiumchlorid	6	Curcuma
8	Weizenstärke	7	Aluminiumsulfat	6	Chininsulfat
8	Reisstärke	7	Strontiumnitrat		
8	Schiefsbaumwolle	7	Magnesiumchlorid	5	Brechweinstein
8	Schwefelblumen	7	Chromsäure	5	Natriumbromid
8	Beinschwarz	7	Ferrihydrat	5	Natriumjodid
8	Blutkohle	7	Ferrichlorid	5	Natriumhyposulfit
8	Rufs	7	Ferrosulfat	5	Natriumnitrat
8	Kalium	7	Manganchlorür	5	Natriumphosphat, normales
8	Natrium	7	Manganosulfat	5	Natriumphosphat, $^2/_3$
8	Kaliumsulfid	7	Bleioxyd	5	Natriumphosphat, $^1/_3$
8	Kaliumnitrat, krystallisiert	7	Mennige	5	Jod
8	Kaliumnitrat, Mehl	7	Massicot	5	Arsen
8	Kaliumcarbonat, rein, trocken	7	Bleinitrat	5	Arsenige Säure
		7	Bleicarbonat	5	Arsensäure
		7	Bleiacetat		

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Größe		Größe		Größe	
5	Antimonige Säure	5	Eisenstaub	4	Nickeloxyd
5	Antimonsäure	5	Kaliumchlorid	4	Nicolosulfat
5	Antimonsulfid	5	Caput mortuum	4	Nicolocarbonat
5	Borsäureanhydrid	5	Kieselsäure	4	Uranoxyd
5	Kaliumbromid	5	Uranoxyd	4	Uranchlorid
5	Kaliumrhodanid	5	Zinnoxyd	4	Uransulfid
5	Kaliumnitrit	5	Bariumsuperoxyd	4	Wismutnitrat
5	Natriumarsenit	5	Bariumnitrat	4	Goldchlorid
5	Natriumarsenat	5	Bariumchromat	4	Platinchlorid
5	Kadmiumoxyd	5	Magnesiumsulfit	4	Silbernitrat, krystallisiert
5	Kadmiumchlorid	5	Kaliumjodid		
5	Kadmiumsulfat			4	Silbernitrat, geschmolzen
5	Bleichromat				
5	Quecksilberoxydul	4	Magnesiumstaub	4	Urannitrat
5	Quecksilberoxyd	4	Pariserrot	4	Bleisuperoxyd
5	Eisen, durch H reduciert	4	Berlinerblau	4	Bleichlorid
5	Zinnober	4	Zinkchromat	4	Quecksilberrhodanid
5	Mercurinitrat	4	Kobaltoxyd	4	Silberoxyd
5	Mercuronitrat	4	Molybdänsäure	4	Selen
5	Kupferoxydul	4	Kobaltnitrat	4	Lithiumchlorid
5	Chromchlorid	4	Kobaltultramarin	4	Cäsiumrubidiumalaun

B. Flüssige Reagentien und Lösungen in Flaschen.

Größe		Größe		Größe	
9	Kalilauge	8	Chromsäure	7	Kaliumdichromat
9	Natronlauge	8	Chromchlorid	7	Kaliumpermanganat
9	Kaliumcarbonat	8	Eisenchlorid	7	Kaliumjodid
9	Natriumcarbonat	8	Quecksilber	7	Kaliumferrocyanid
9	Salpetersäure, roh	8	Eau de Labarraque	7	Kaliumferricyanid
9	Schwefelsäure, roh	8	Eau de Javelle	7	Zinksulfat
9	Salzsäure, roh	8	Salpetersäure, rot	7	Manganchlorür
9	Schwefelkohlenstoff	8	Salpetersäure, rein	7	Manganosulfat
9	Alkohol, 96%	8	Schwefelsäure, rauchend	7	Natriumchlorid
9	Absoluter Alkohol			7	Zinnchlorür
9	Benzin	8	Schwefelsäure, rein, verdünnt	7	Zinnchlorid
9	Äther			7	Bleinitrat
9	Petroleumäther	8	Salzsäure, rein	7	Bleiacetat
9	Kalkwasser	8	Ammoniak	7	Cuprichlorid
9	Wasserglas	8	Ammoniumchlorid	7	Kadmiumchlorid
		8	Essigsäure	7	Magnesiumchlorid
		8	Glycerin	7	Kaliumchlorid
8	Calciumchlorid	8	Terpentinöl	7	Olivenöl
8	Calciumnitrat	8	Cuprisulfat	7	Weinsäure
8	Barytwasser				
8	Bariumchlorid				
8	Bariumnitrat	7	Strontiumchlorid		
8	Strontiumnitrat	7	Arsenige Säure in Salzsäure	6	Bromwasserstoff
8	Magnesiumsulfat			6	Jodwasserstoff
8	Aluminiumsulfat	7	Kaliumarsenit	6	Phosphorsäure
8	Alaun	7	Kaliumchromat	6	Kobaltchlorür

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gröfse		Gröfse		Gröfse	
6	Kobaltnitrat	6	Rhodankalium	5	Phenolphtaleïn
6	Nickelchlorür	6	Brechweinstein	5	Indigotinktur
6	Nickelsulfat			5	Curcumatinktur
6	Urannitrat			5	Lackmus
6	Mercuronitrat	5	Chlorschwefel	5	Platinchlorid
6	Mercurinitrat	5	Brom	5	Goldchlorid
6	Silbernitrat	5	Jodtinktur		

VIII. Eisernes Inventar.

Apparate, welche zu mehrfacher Benutzung dienen und in der beigesetzten Anzahl stets vorrätig zu halten sind.

(Siehe Vorwort, Seite X.)

(Über die Bedeutung der Nummern vergl. Tabelle V, Seite 800.)

Bechergläser	Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Stück	2	2	2	3	4	4	4	4	3	2	2	1	1
Krystallisationsschalen	Nummer	1	2	4	6	8	10	12	14					
	Stück	1	1	1	1	1	1	2	2					
Retorten, nicht tubuliert	Nummer	1	2	3	3	5	6	7	8					
	Stück	3	3	4	4	4	4	3	2					
Retorten, tubuliert	Nummer	1	2	3	4	5	6	7	9					
	Stück	3	3	4	4	4	4	3	2					
Retorten, böhmisch	Nummer	1	2	3	4	5	6							
	Stück	2	2	2	2	2	2							
Trichter	8 Nummern von 3—12 cm. — 6 gröfsere bis 26 cm.													
	je 2 Stück									je 1 Stück				
Fufscylinder	Höhe ca.	10	15	20	25	30	35	40	45 cm					
	Stück	2	2	2	2	3	3	3	2					
Fufscylinder, abgeschliffen	Höhe	20	25	30	35	40 cm								
	Stück	1	1	1	1	1								
Porzellantiegel	Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
	Stück	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Porzellanschalen, tief	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	gröfsere
	Stück	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	je 1
Porzellanschalen, flach	Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
	Stück	2	2	2	2	1	1	1	1	1				
Kolben mit umgebogenem Rande	Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8					
	Stück	3	3	3	3	3	2	2	2					
Kolben mit umgelegtem Rande	Nummer	4	5	6	7	8								
	Stück	2	2	2	2	2								

Erlenmeyer'sche Kolben	Nummer	2	3	4	5	6	7
	Stück	2	2	2	2	2	2
Glocken mit Knopf	Höhe ca.	15	17	20	25 cm		
	Stück	1	1	1	1		
Glocken mit Tubulus	Höhe ca.	10	13	15	17	20	25 cm
	Stück	1	1	1	1	1	1
Glocken mit und ohne Tubulus und abgeschliffenem Rande	Höhe 15 und 20 cm je 1 Stück						
Cylinder, ungraduiert, mit eingeschliffenem Stöpsel	Inhalt ca.	200	500	800	1000	2000 ccm	
	Stück	1	1	2	2	1	
Cylinder, graduiert, mit Ausgufs	Inhalt	20	50	100	500	1000 ccm	
	Stück	1	1	1	1	1	
Kelchgläser, cylindrisch	Höhe ca.	15	20	25 cm			
	Stück	6	24	2			
Kelchgläser, kegelförmig	Höhe ca.	15	20 cm				
	Stück	6	24				
Vollpipetten	Inhalt	5	10	20	50	100 ccm	
	Stück	1	1	1	1	1	
Teilpipetten	Inhalt	2	5	10	20	50 cm	
	Stück	1	1	1	1	1	
Kugelröhren mit Röhren von verschiedener Weite	mit einer Kugel	10 Stück					
	mit zwei Kugeln	4 Stück					
Probiergläser	Nummer	1	2	3	4		
	Stück	12	12	12	12		
Böhmische Röhren	Länge	25	45	60 cm			
	Stück	6	10	4			

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Sachregister.

Abdampfen, Beschleunigung 253.
— über freiem Feuer 253.
— durch Oberhitze 254.
— durch Oberhitze in Schalen nach Hempel 255.
Abflufsbüretten 245.
Abflufspipetten 245.
Abgiefsen 160.
Absaugkolben von Allihn. 168; von Walther 168.
Absorptionsflaschen nach Walter 200.
Absorptionsröhren 198.
Absorptionsrohr nach C. Hensgen 201.
Absorptionstürme 199.
Abzug 11. 27.
Abzugsschrank 27.
Acidimetrie 601.
Äther, Entzündung durch Übermangansäure 669.
Ätherthermometer 526.
Ätherdampf, explosive Verbrennung 766.
Äthylen, Darstellung 754.
— Explosion mit Sauerstoff und Luft 756.
— Verbrennung 755.
— Verbrennung in Chlorgas 756.
— Zersetzung durch Wärme 757.
Ätzkali, Darstellung 567.
Ätznatron, Darstellung 567.
Akkumulator mit Strafsenstrom 67.
— mit Thermosäule 78.
Akkumulatorzelle 68.
Albocarbonbeleuchtung 758.
Alkalien, Einwirkung auf Metalle 555.
Alkalimetrie 601.
Alkalisalze, Elektrolyse 615.
Alkohol, Entzündung durch Übermangansäure 669.
Alkoholometer 247.
Aluminium 314.
— als Reduktionsmittel 467.
— Verhalten bei dem Erhitzen 314.
— Verbindung mit Chlor 432.
Aluminiumbronze 317.
Aluminiumoxyd; Umwandlung in Aluminiumchlorid 499.
Amalgame 317.
Amboís 225.
Ammoniak, Austreibung 568.
— Bildungsweisen 727.
— Bildung aus Stickoxyd u. freiem Wasserstoff 728.
— Bildung aus Salpeter-, bezw. salpetriger Säure u. nascierendem Wasserstoff 729.
— Bildung aus stickstoffhaltigen Substanzen 730.
— Darstellung u. Absorption 569.
— Demonstration der volumetrischen Zusammensetzung durch Zersetzung mittels Chlor 733.
— Einwirkung von gasförmiger und wässeriger Salzsäure 535.
— Einwirkung auf Hydrosäuren 738.
— Entzündung an gewöhnlicher Luft 738.
— Entzündung in Sauerstoff durch Berührung mit Platin 737.
— Natur 738.
— Verbrennung durch den Daniell'schen Hahn 736.
— volumetrische Zusammensetzung 731.
— Wärmeentwickelung bei der Absorption durch Wasser 554.
— Zersetzung durch Kalium 731.
Ammoniak, Zersetzung durch Natriumhypobromit 735.
Ammoniakflamme, umgekehrte 736. 737.
Ammoniakflüssigkeit, Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure 533.
— Zersetzung durch Elektrolyse 732.
Ammoniaksodaprozefs 596.
Ammonium 738.
Ammoniumamalgam 740.
Ammoniumsalze, Zersetzung durch Basen 568.
— Zersetzung durch Erhitzen 560.
Antimon, Verbrennen in Chlor 428.
— Verbindung m. Chlor 435.
— Verbindung m. Schwefel 407.
Antimonoxyd, Umwandlung in Schwefelantimon 493.
Antimonpentachlorid, Darstellung 435.
Antimontrichlorid, Darstellung 435.
Antimonwasserstoff, Bildung 750.
Apparate für Elektrizität 10.
Aräometer 247.
— als Vorlesungswage 231.
Aräopyknometer nach Eichhorn 248.
Arbeitsbretter 18.
Arsen, Verbindung m. Chlor 435.
— Verbrennen auf Kohle 385. 387.
— Verbrennung in Sauerstoff 386.
— Verbindung m. Schwefel 407.
Arsendisulfid 407.
Arsenige Säure als Reduktionsmittel 683.
— — Sublimation 387.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Arsenige Säure, Titerstellung 703.
— — Umwandlung in Schwefelarsen 493.
— — Umwandlung in Arsensulfid durch Schwefelwasserstoff 504.
Arsenkies, Umwandlung in arsenige Säure 491.
Arsenspiegel 386.
Arsentrichlorid, Darstellung 436.
— Oxydation zu Arsenpentachlorid 688.
Arsentrioxyd, Einwirkung auf Kaliumhydrat 532.
— Sublimation 387.
Arsentrisulfid 407.
Arsenwasserstoff, Bildung 750.
— Zersetzung im Marsh'schen Apparat 751.
Asphalt 301.
Aspiratoren 80.
Auripigment 407.
Ausgießen von Flüssigkeiten aus Flaschen 141.
Ausguß 7.
Ausgußcylinder 238.
Ausschalter zum Akkumulator 72.
Ausschleuderapparat 210.
Auswaschen 156.
— mit heissem Wasser nach Jewett 159.

Bariumchlorid, Zersetzung durch Schwefelsäure 581.
Bariumferrat 690.
Bariumhydrat, Darstellung durch Löschen von Baryt 519.
— Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure 533.
Bariumsalze, lösliche, Zersetzung durch starke Salz- bezw. Salpetersäure 574.
Bariumsulfat, Aufschließung durch Kaliumnatriumcarbonat 600.
— Unlöslichkeit 582.
Bariumsuperoxyd, Darstellung 662.
Baryt, gebrannter 519.
— Umwandlung in Bariumcarbonat 530.
— Unwandlung in Bariumchlorid durch Chlorwasserstoff 503.
Batterie, elektrische 58.
Batterie, galvanische 10. 29.
Batterieumschalter 69.
— zur Chromsäurebatterie 62.
Bechergläser 232.
Beil 226.
Bemerkungen, allgemeine 304.
Blattmetalle, Verbrennung in Chlor 426.
Blechschere 225.
Blei 310.
— Dehnbarkeit u. Sprödigkeit 310.
— Erhitzen in einer Wasserstoffatmosphäre 327.
— Verbindung mit Chlor 429.
— Verbindung mit Schwefel 402.
— Verhalten bei längerem Erhitzen 810.
Bleibaum 606.
Bleichen durch Chlor 428. 689.
— durch freies Chlor 688.
Bleichflüssigkeiten 659.
Bleiglätte, Umwandlung in Schwefelblei 493.
Bleiglanz, Umwandlung in Bleioxyd 491.
Bleikammerkrystalle 648.
Bleinitrat, Zersetzung durch Erhitzen 557. 623.
Bleioxyd, Oxydation z. Bleisuperoxyd durch Chlor 687.
— Reduktion durch Holzpulver oder Kohle 458.
— Umwandlung in Bleisulfid durch Schwefelwasserstoff 504.
— Umwandlung in Chlorblei durch Chlorgas 498.
Bleipapier 691.
Bleisulfat, Reduktion durch Wasserstoff 621.
Bleisuperoxyd, Darstellung 687.
— Einwirkung a. Schwefelwasserstoff 720.
— als Oxydationsmittel 673.
Bleizucker, Auflösung und Fällung durch Zink 606.
Bohrer 226.
Borate, Zersetzung 576.
Borax, Auflösen 577.
— Zersetzung durch Salzsäure 577.
Borsäure, Grünfärbung der Flamme 388.
Borsäure, krystallisierte, Darstellung 576.
— Löslichkeit und Reduktion 388.
— Schmelzung und Wassergehalt 388.
Borsäurehydrat, Wärmeentwickelung bei der Bildung 529.
Braunstein, Reduktion d. Oxalsäure 681.
— als Oxydationsmittel 666.
Brausepulver 578.
Brenner, einfache nach Bunsen 95.
Brom, Darstellung aus Bromiden u. Braunstein 669.
— Einwirkung auf Metalle und Metalloïde 448.
— Verhalten zu Kali- oder Natronlauge 662.
— Verhalten in der Wärme und gegen Lösungsmittel 446.
Bromblei, Reduktion durch Wasserstoff 475.
Bromdampf, Diffusion 447.
— hohes spezifisches Gewicht 447.
Bromide, Reduktion 474.
Bromkadmium, Reduktion durch Wasserstoff 475.
Bromsäure, Darstellung 690.
Bromwasserstoff, Darstellung 450.
Bromwasserstoffsäure, Darstellung aus Bromkalium 590.
— Darstellung 722.
— gasförmige, Darstellung 710.
— wässerige, Darstellung mittels Phosphors 708.
Bürette mit Emailstreifen 244.
Büretten 242.
Bürettenhahn nach Greiner und Friedrichs 244.
— nach Hugershoff 245.
Bürettenhalter n. Muencke 251.
— nach Neumann 252.
Bürettenschwimmer 244.
Bürettenstative 243.
Bunsenbrenner nach K. Meissner 96.
Butzkelampe 39.

Calciumcarbonat, Zersetzung durch Glühen 558.

Calciumferrat, Darstellung 688.
Calciumhydrat, Darstellung durch Löschen von Kalk 519.
— Einwirkung von Kohlensäure 530.
Carbonate, Zersetzung durch Säuren 578.
— Zersetzung in einem abgeschlossenen Raume 580.
Carborundumscheibe 206.
Caseïnkalkkitt 304.
Caseïnkitt 303.
Chamäleon, mineralisches 667.
— Titerstellung 699. 700.
— gegen Oxalsäure und Eisenoxydul 699.
Chemikalienschränke 4.
Chlor, Befreiung von beigemengter Kohlensäure 423.
— Bestimmung 702.
— Bleichen 427.
— Darstellung 414.
— Darstellung nach Deacon 670.
— Darstellung aus Salzen und Braunstein 669.
— Eigenschaften 423.
— Einwirkung auf Alkalien bei Gegenwart von Kobaltoxyd 684.
— Einwirkung auf Metalle 423.
— Entwickelung aus Braunstein und Salzsäure 415.
— Entwickelung aus Braunstein, Kochsalz u. Schwefelsäure 415.
— kontinuierliche Entwickelung aus Braunstein und Salzsäure 416.
— kontinuierliche Entwickelung aus dem Kipp'schen Apparat 419.
Chloraluminium, Reduktion durch Natrium 475.
Chlorate, Explosion mit brennbaren Körpern 654.
— Zersetzung durch bloßes Erhitzen 654.
— Zersetzung durch Erhitzen bei Gegenwart brennbarer Körper 654.
Chlorblei, Reduktion durch Wasserstoff 475.
Chloride, Natur 445.
— Reduktion 474.
Chloride, Umwandlung in Oxyde 499.
— Umwandlung in Oxyde durch Wasser 502.
Chlorierungen, partielle 618.
Chlorimetrie 703.
Chlorjod, Darstellung 452.
Chlorkadmium, Reduktion durch Wasserstoff 475.
Chlorkalk, Darstellung 659.
— Eigenschaften 660.
— Reiben u. Auflösen 661.
Chlorkalkwürfel n. Winkler 420; nach Thiele 423.
Chlorknallgas, Darstellung und Explosion 439.
Chlorkohlenstoff, Darstellung aus Schwefelkohlenstoff 501.
Chlormagnesium, Reduktion durch Natrium 475.
Chlornatrium, Zersetzung durch Ammoniumcarbonat 595.
— Zersetzung durch Borsäure in der Schmelzhitze 585.
— Zersetzung durch Schwefelsäure 570.
Chlorphosphor, Darstellung 434.
Chlorsaure Salze, Darstellung 686.
Chlorschwefel, Darstellung 434.
Chlorsilber, Auflösung und Wiederfüllung 583.
— Reduktion durch Wasserstoff 474.
— Schwärzung 583.
Chloruntersalpetersäure 630.
Chlorwasser, Bereitung 426.
— Darstellung 495.
Chlorwasserstoff, Reduktion durch Natriumamalgam 477.
Chlorwasserstoffgas, Darstellung 436. 529.
— Reduktion durch Kalium oder Natrium 476.
Chlorzinn, Flüchtigkeit und Wasserverbindung 431.
Chromchlorid, Auflösung in Wasser 676.
— Reduktion durch Zink 676.
Chromchlorür als Reduktionsmittel 679.
Chromoxyd, Modifikationen 565.
Chromsäure-Batterie 65.
Chromsäure, Darstellung 572.
— als Oxydationsmittel 664.
Chromsäureelemente nach Bunsen-Poggendorff 60.
Chromsäuremischung zur Reinigung des Quecksilbers 50.
Coaksreiniger 760.
Cuprisalze, Reduktion durch Kupfer 676.
Cyangas, Darstellung 713.
Cylinder, graduierte 239.
Cylinderbürsten 212.

Dekantieren 160. 161.
Dephlegmator von Young und Thomas 288; nach Hempel 289; nach Norton und Otten 290.
Dephlegmatoren n. Linnemann 288.
Destillation, einfachste Form 269.
— fraktionierte 287.
— fraktionierte, nach G. Kolbe 298.
— fraktionierte, im Vakuum 290.
— Regulierung des Drucks, nach L. Meyer 281.
— unter vermindertem Druck oder im Vakuum 280.
Destillationsapparat nach Chorley 271.
— nach Garzino 282.
Destillationsaufsatz nach M. Müller 270; nach de Koninck 271.
Destillationsgefäfs 268.
Destillationsvorlage nach L. Meyer 290; nach Fuchs 291; nach Raikow 292; nach Gautier 292; nach Brühl 294; n. Wislicenus 294; nach H. Schulz 295; nach Valenta 297.
Destillieren 268.
Destilliertes Wasser 8.
Diamant, Verbrennung in Sauerstoff 376.
Diamant-Metallkitt 301.
Digestorium 27.
Diffusion 375.
Diffusionsapparat nach Dvorak 376.
Diffusionsapparate 375.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dissoziation v. Ammoniumsulfat 560.
Drahtdreieck von Coleman 223; mit verschiebbaren Radien von Schmelck 223.
Drahtdreiecke 222.
Drahtklemmen 212.
Drahtnetzluftbad nach Muck 260.
Drahtzange 225.
Dreifüfse 222.
Dreiweghahn 229.
Druckregulator für Destillation nach Moschner 282; nach Krafft 283; nach Städel und Hahn 284; nach Perkin 286. 287.
Dynamomaschine 10. 67.

Eau de Javelle 659.
Eau de Labarraque 659.
Einsatzkästen für feinere Geräte 25.
Eisen 312.
— Anlauffarben 312.
— Auflösen in Salz- und Schwefelsäure 552.
— Einwirkung von Salpetersäure 627.
— Gewichtszunahme beim Verbrennen 333.
— passives 628.
— Verbindung mit Chlor 432.
— Verbindung mit Schwefel 402.
— Verbrennung in Sauerstoff 346.
— Verhalten bei längerem Erhitzen 312.
Eisenchlorid, Reduktion 674.
— Reduktion durch Wasserstoff 474.
Eisenchlorür als Reduktionsmittel 678.
Eisenkies, Umwandlung in Eisenoxyd 491.
Eisenoxyd, Reduktion durch Aluminium 468.
— Reduktion mittels Wasserstoff 457.
— Umwandlung in Eisenchlorid durch Chlorwasserstoff 503.
— Umwandlung i. Schwefeleisen 493.
Eisensäure, Bildung 688. 690.
Eisenschalen 218.
Eisenschiefspulver 632.
Eisenstaub, Verbrennen 312. 334.
Eisensulfid, Umwandlung in Eisenchlorid 501.
Eisenvitriol, Zersetzung durch Erhitzen 556.
Elektrischer Lichtbogen, Einwirkung auf gasförmige Körper 769.
Elektrolyse 478.
— von Alkalisalzen 615.
— der Salze schwerer Metalle 610.
Elemente, galvanische 58.
Entladungsstrom 72.
Exhaustor 762.
Experimentiertisch 5. 13.
Explosive Gemenge, Entzündung durch Unterchlorsäure 657.
Exsikkator nach Hempel 527; von Kaehler 528.

Fällungsanalysen 603.
Faltenfilter 153.
Federn 212.
Feilen 224.
— Schärfen 225.
Ferrisalze, Farbenreaktionen 675.
— Reduktion durch Eisen, Kupfer oder Zink 674.
Ferrisulfat, Reduktion 674.
Ferrocarbonat, Bildung und Auflösung 598.
Ferrosalze, Farbenreaktionen 675.
— Oxydation durch Chlor 677.
— als Reduktionsmittel 678.
Feuervergoldung 614.
Filter, glatte 152.
— gefaltete 153.
Filtergestelle 150.
Filtration, automatische 163.
Filtrier- und Dekantierapparat v. Saulmann 164.
Filtrierdreieck 150.
Filtrieren unter vermindertem Druck 165.
— bei Abschlufs von Luft in einem indifferenten Gase nach Bauchmeyer 171.
Filtrierpapier, festes, nach Francis 155.
Filtriertasse 150.
Filtriertrichter von v. Ponzet 155.
Filtriervorrichtung von O. N. Witt 169.
Filtriervorrichtungen 149.
Firnisse, wasserfeste, für Papier 302.
Flamme in Chlor 427.
— Natur 765.
— innerer Zustand 766.
Flammen, bengalische 656.
— umgekehrte 357.
Flasche m. Glasstöpsel nach Swarts 235.
Flaschen 234.
— Entleeren ohne Heber 137.
— Verschlufsvorrichtung nach Maull 149.
Flüssigkeiten, Ausgiefsen aus Gasflaschen 140.
Fluorsilicium, Darstellung 591.
— Einwirkung auf Wasser 591.
Fluorwasserstoffsäure, Darstellung aus Flufsspat 589.
Fufscylinder 233.
— graduierte 238.

Galvanoplastik 611.
Gasbrenner nach Bunsen 95; von A. Terquem 97; nach Gröger 98; nach A. Stutzer 100; nach Dierbach 102; von Beckmann 102.
— mehrfache 103.
Gase, Absorption 369.
— Bestimmung der Ausdehnung durch die Wärme 514.
— Bestimmung des spezifischen Gewichts 512.
— Bestimmung der Volumveränderung bei verschiedenem Drucke 515.
— Verhalten bei verschiedenem Drucke und verschiedener Temperatur 514.
Gasentwickelungsapparat von Gallenkamp 193; nach Kipp 181; nach Reinhardt 184; nach Muencke 185; von Kalecsinszky 186; von Pollak u. Wilde 187; nach Th. Breyer 189; von J. Thiele 190; von Burgemeister 191; von Seidler 192; von Gallenkamp 192.
Gasentwickelungsapparate 177.
— kontinuierlich wirkende 181.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Gasentwickelungsapparate, Prüfung 202.
Gasentwickelungsflaschen 177.
Gasgebläse 117.
Gaskoch- u. Abdampf-Ofen mit Heizschlange 106.
Gaskochlampen 109.
Gaslampe von Maste 105.
Gasleitung 12. 13.
Gasometer 7. 31. 763.
— Füllung 35.
— kleine, verschiedene Form 42.
Gasschmelzöfen 112.
Gaswage nach Lux 513.
Gebläse 80.
Gebläselampen 117.
Geräte 20.
Gerätschaften, verschiedene 215.
Gewicht, absolutes, Bestimmung 505.
— spezifisches, Bestimmung 505.
Giftfang 492.
Glas, Versilbern 607.
— Vergoldung 609.
Glasapparate 6. 232.
Glasbläsertisch 85.
Glasgasometer 43.
Glashähne 228.
— Einschmieren nach Phillips 218.
— mit Sicherheitsvorrichtung 228.
Glaskneiper 122.
Glasmesser 224.
Glasränder, Absprengen 120.
— Umschmelzen 122.
Glasröhren 4. 119.
— Ausziehen 124.
— Brechen 120.
— Biegen 123.
— Löten 126.
— Schneiden 119.
Glasröhrenstücke, gerade und gebogene 133.
Glasspiegel mit Zinnamalgam 318.
Glasstöpsel 138.
— festsitzende, Befreiung 140.
Glockenbronze 317.
Glockengasometer, grofse 40.
— kleinere 43.
Glühlampen 112.
Gold 316.
— Verhalten beim Erhitzen 316.
Goldchlorid, Reduktion durch Oxalsäure 682.
Grubengas 752.
Gummikitte 300.
Gummilösung, flüssige 300.
Guttaperchakitte 302.

Hähne 227.
— mit Füfsen 229.
— für Sauerstoff, Leuchtgas und Luft 16.
Hahn, Daniell'scher 353.
Hakenpipette 241.
Halogene, relative Stärke 452.
— als Oxydationsmittel 683.
Haloide 414.
— Umwandlung in Oxyde 499.
Haloidsalze, Darstellung auf nassem Wege 535.
— Darstellung aus unlöslichen Basen 536.
— lösliche, Zersetzung durch Basen 561.
— Zersetzung durch Säuren 570.
Hammer 226.
Harmonika, chemische 322.
Harzkitte 301.
Hausenblasen-Diamantleim 300.
Hausenblasenleim 300.
Hebelhahn 229.
Heber 134.
— für Säuren 135.
— mit Ansaugvorrichtung nach Ebert 136.
— zum Konstanthalten der Niveaus nach Bidet 137.
Heberansauger nach Bohn 137.
Heifsluftgebläse 118.
Heifslufttrichter nach L. Meyer 165.
Heifswasserschlange 160.
Heizschlange nach Lüdtke 106.
Heu, Entzündung durch konzentrierte Salpetersäure 629.
— Selbstentzündung 396.
Hörsaal 3.
Holz, unvollkommene Verbrennung 397.
Holzmeifsel 226.
Hornblätter 226.
Hornhahn 228.
Hydrosäuren, Darstellung aus Haloidsalzen 586.
Hydrosäuren, Oxydation durch Braunstein 669.
— Reaktionen 712.
Hydroschweflige Säure als Reduktionsmittel 680.
Hydrüre 705.
— der Halogengruppe 705.
— der Kohlenstoffgruppe 752.
— der Stickstoffgruppe 727.

Indigolösung, Entfärbung, Einwirkung von Salpetersäure 629.
Indigopapier 691.

Jod gegen arsenige Säure 703.
— gegen unterschwefligsaures Natrium 702.
— Darstellung aus Jodiden und Braunstein 670.
— Einwirkung auf Metalle und Metalloïde 451.
— Färbung der Stärke 452.
— Sublimation 299.
— Verbindung mit Wasserstoff 452.
— Verhalten in der Wärme und gegen Lösungsmittel 450.
— Verhalten zu Kali- oder Natronlauge 662.
Jodide, Reduktion 474.
Jodkaliumstärkepapier 691.
Jodlösung, Titerstellung 702.
Jodsäure, Bildung 690.
Jodstärke 452.
Jodwasserstoff, Darstellung 773.
Jodwasserstoffsäure, Darstellung 711. 723.

Kadmium 313.
— Biegsamkeit und Dehnbarkeit 313.
— Erhitzen in einer Wasserstoffatmosphäre 327.
— Verhalten bei längerem Erhitzen 313.
Kadmiumbaum 606.
Kadmiumoxyd, Umwandlung in Schwefelkadmium 493.
Kältemischungen 548.
Kali, Einwirkung von Chlor 685.
Kalium, Verbrennung in Sauerstoff 389.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kalium, Verbrennung mit Schwefel 406.
— Verbrennung in Schwefelwasserstoff 718.
Kaliumchlorat, Darstellung 686.
Kaliumferrat, Bildung 690.
Kaliumhydrat, Darstellung 518.
— Einwirkung von Kohlensäure 531.
— Einwirkung von H_2SO_4 532.
Kaliumhypochlorit 659.
Kaliumpermanganat, Darstellung 667.
— Reduktion 678.
— Reduktion durch schweflige Säure 680.
Kalk, gebrannter 519.
— Umwandlung in Chlorcalcium durch Erhitzen in Chlorgas 497.
— Umwandlung in Calciumcarbonat 529.
Kanäle für Wasser- und Gasleitung 10.
Kanonengut 317.
Kapsulaturen 226.
Kastenverschluſs am Experimentiertisch 26.
Kautschukallongen 175.
Kautschukbeutel f. Gase 45.
Kautschukfirnisse 302.
Kautschukkitt, farbloser 303.
Kautschukkitte 302.
Kautschuklösungen 302.
Kautschukröhren 174.
Kautschukventil, Bunsen'sches 158; v. Stroschein 159.
Kelchgläser 233.
Kerze, Gewichtszunahme beim Verbrennen 337.
Kieselfluorwasserstoffsäure, Darstellung 591.
Kieselfluſssäure, Einwirkung auf gelöste Kaliumsalze 593.
Kitt, Serbat's 301.
— zum Einkitten von Korken, Glasröhren etc. 303.
— zur Verbindung von Glas mit Metall oder von Glas mit Glas 301.
— zur Verbindung von Holz mit Metall oder Stein 300.
Kitte 300.
Klebgummi, verbessertes 300.
Klebmittel 300.
Knallgas 349.
— Darstellung durch Elektrolyse 478.
Knallgasgebläse 354.
Knallpulver 632.
Kneipzange 226.
Knochenkohle, Absorption 369.
Kochsalz, Zersetzung durch Elektrolyse 616.
Königswasser 630.
Kohle, Einwirkung heiſser konzentrierter Schwefelsäure 620.
— frisch gebrannte, Erglühen 396.
Kohlenbohrer 226.
Kohlenoxydgas, Darstellung 490.
Kohlensäge 226.
Kohlensäure, Austreibung u. Wiederabsorption 580.
— Eigenschaften 370.
— flüssige 374.
— Reduktion 486.
— Reduktion durch Kalium 465.
— Reduktion durch Magnesium 466.
— Reduktion durch Natrium 463.
— volumetrische Umwandlung in Kohlenoxyd 771.
Kohlenstoff, Absorptionsvermögen 369.
— Darstellung 369.
— unvollkommene Verbrennung 486.
— Verbrennung in Sauerstoff 370.
— Verbindung mit Schwefel 407.
Kohlenzange 226.
Kolatorium 172.
Kolben 235.
— Erlenmeyer'sche 237.
— geaichte 238.
Kolieren 172.
Kommutator 70.
Konversionssalpeter 595.
Kopalfirnis 301.
Korbuntersetzer 237.
Korkbohrer, Schärfen 145.
Korkbohrerschärfer von Schober 146; von F. Hugershoff 146; nach Lenz 147.
Korkbohrmaschine von F. Hugershoff 145.
Korke, Durchbohrung 144.
Korke, Pressen 142.
Korkpresse 142.
— von Peters u. Rost 143.
Korkstöpsel 141.
— verbinden durch Bindfaden oder Draht 148.
Korkzange 142.
Korkzieher 226.
Korkschneiden 147.
Kreuzschlitzaufsatz 102.
Krystall-Porzellankitt 301.
Krystalle, grosse, Ziehen 541.
Krystallisation 537.
Krystallisationsschalen 232.
Kühlapparate 272.
— nach Walter 275.
Kühler nach Evers 276; von Bidet 277; von Cripp 277.
— verkürzter, nach Zambelli 273.
— Wechselapparat v. Bidet 273; nach Mangold 274.
Kühlrohr 271.
Kugelblasen an Glasröhren 129.
Kugelröhren 235.
Kupfer 313.
— Anlauffarben 313.
— Auflösung in verdünnter Salpetersäure 625.
— Einwirkung heiſser konzentrierter Schwefelsäure 619.
— Einwirkung auf Schwefelwasserstoff 718.
— Erhitzen im Luftstrome 328.
— Erhitzen in Säuren 552.
— Erhitzen in einer Wasserstoffatmosphäre 325.
— Fällung durch Eisen oder Zink 604.
— Verbindung mit Chlor 429.
— Verbindung mit Schwefel 401.
— Verhalten bei längerem Erhitzen 313.
— Kupferamalgam 317.
Kupferblech, Verzinnen 606.
Kupferchlorür als Reduktionsmittel 679.
Kupferkies, Umwandlung in Kupferoxyd 491.
Kupferoxyd, Reduktion in Ätherdampf 457.
— Reduktion durch Kohle 456.
— Reduktion durch Wasserstoff 453.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Kupferoxyd als Oxydationsmittel 671.
— Umwandlung in Kupferchlorid 503.
— Umwandlung in Kupferchlorid durch Chlorgas 498.
— Umwandlung in Schwefelkupfer 493.
Kupferoxydammoniak, Darstellung 676.
Kupfersulfat, Zersetzung durch Salzsäure 572.
Kupfervitriol, Entwässern 546.
— Zersetzung durch Erhitzen 556.

Ladungsstrom 72.
Lampe, Iserlohner 105.
— Linnemann'sche 356.
Lampen 94.
Lampenofen mit Heintz'schen Brennern 108.
Leclanché-Batterie 64.
Legierung, Lipowitz'sche 317.
Legierungen, starre 317.
Leimkitte 300.
Letternmetall 317.
Leuchtgas, Carburierung 758.
— Darstellung aus Steinkohlen im kleinen 756.
— Darstellung aus Steinkohlen im grofsen 758.
— Entzündung durch Übermangansäure 669.
Leuchtgas-Sauerstofflampe, Linnemann'sche 355.
Licht, Drummond'sches 353.
— Verbrennen in Chlor 428.
Löffel 226.
Löslichkeit 537.
Lösungen, übersättigte 541.
Löten von Glasröhren 126.
Luft, Bestimmung des absoluten Gewichts 508.
— Veränderung bei ihrer Einwirkung auf Metalle 328.
— Zusammensetzung 392.
Luftbad 9. 219.
— mit Dampf zu heizen von A. J. Banks 260.
— kleines, für Tiegel nach L. Meyer 260.
— nach M. A. Adams 260; nach H. Grimshaw 260.
Luftbad mit Ringbrenner nach Lothar Meyer 258.
Luftbäder 256.
Luftpumpe 15.

Magnesium 314.
—Verbindung m. Chlor 433.
— Verhalten bei dem Erhitzen 314.
— Verbrennung im Luftstrome 332.
—Verbrennen im Schwefeldampfe 404.
Manganoxyde, Reduktion durch Aluminium 468.
Manganoxydul, Oxydation durch Chlor 687.
Marineleim 303.
Mafsanalyse 601.
Mennige, Umwandlung in Schwefelblei 493.
Mensuren 238.
Messerschärfer 224.
Messing 317.
Messinghähne 228.
Mefskolben nach Biltz 240.
Metall, Newton'sches 317.
— Bose'sches 317.
— Wood's 317.
Metallbäume 605.
Metalle, Auflösung durch wässerige Salpetersäure 625.
— Erhitzen in einer Wasserstoffatmosphäre 325.
— Fällung durch andere Metalle 604.
— Löslichkeit oder Nichtlöslichkeit in Säuren 552.
— edle, Reduktion aus ihrer Lösung durch organische Substanzen 607.
— Verhalten beim Erhitzen an der Luft 309.
— unedle, Veränderung beim Erhitzen an der Luft 318.
— Verbrennung durch Kaliumchlorat 656.
Metallhydrate, Darstellung aus Anhydriden und Wasser 518.
Metalloxyde, Reduktion durch Aluminium 467.
— Umwandlung in Chloride durch Einwirkung von Chlorgas 498.
Metalltafel 318.
Methan 752.
Mörser 215.
Motoren für Rühr- und Schüttelwerke 204.

Nadeln 226.
Nägel 226.
Natrium, Verbindung mit Chlor 433.
— Verbrennung in Sauerstoff 389.
— Verbindung mit Schwefel 406.
Natriumamalgam, Darstellung 740.
Natriumhydrat, Darstellung 518.
— Einwirkung von wässeriger Salzsäure 535.
— Einwirkung von Schwefelsäure 532.
Natriumhypochlorit 659.
Natriumnitrat, Zersetzung durch Schwefelsäure 570.
Natriumsulfat, Reduktion durch Kohle 621.
— Reduktion durch Wasserstoff 620.
Natronsalpeter, Zersetzung durch Chlorkalium 595.
Neusilber 317.
Nichtmetalle 369.
Nickel 314.
— Verhalten bei dem Erhitzen 315.
Niederschlag 160.
Nitrate, Zersetzung durch Erhitzen 557.
Niveauhalter 266.
Nutschfilter 151.

Ölbildendes Gas 754.
Ölkitte 301.
Organische Substanzen, Einwirkung von Salpetersäure 629.
Oxalsäure als Reduktionsmittel 681.
— Zersetzung in Wasser, Kohlenoxyd und Kohlensäure 489.
Oxydation durch Braunstein 668.
— durch feste Chromsäure 664.
— durch gebundene Chromsäure 665.
— durch Chromsäure in wässeriger Lösung 665.
— durch Halogene 683.
— durch Kupferoxyd 671.
— durch Übermangansäure 668.
Oxydationen, partielle 618.
Oxydationsmittel 618.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Oxyde, höhere, Bestimmungen 702.
— Natur 392.
— Umwandlung in Chloride 495.
— Umwandlung in Chloride unter Mitwirkung von Kohle 498.
— Umwandlung in Chloride durch Chlorwasserstoff 503.
— Umwandlung in Sulfide und Chloride 491.
— Umwandlung in Sulfide 493.
— Umwandlung in Sulfide durch Schwefelwasserstoff 504.
Oxysalze, Darstellung durch Einwirkung von Oxysäuren auf Oxybasen 529.
— lösliche, Zersetzung durch Basen 561.
— Zersetzung durch Säuren 570.
Ozon, Bildung durch elektrische Entladung 694.
— Bildung bei der Elektrolyse des Wassers 692.
— Bildung unter Kontraktion des Sauerstoffs 695.
— Bildung bei der langsamen Verbrennung des Phosphors 693.
— Bildung durch Zersetzung von Kaliumpermanganat mittels Schwefelsäure 697.
— Bildung durch Zersetzung v. Bariumsuperoxyd mittels Schwefelsäure 697.
— Eigenschaften 691.
— Nachweis 698.
— als Oxydationsmittel 683. 691.
— Reaktionen 691.
Ozonisationsröhre 694.
Ozonpapier 691.

Papierschere 226.
Phosphoniumjodid 748.
Phosphor, amorpher 382.
— Entzündung unter Wasser durch Unterchlorsäure 657.
— gelber 381.
— langsame Verbrennung 392. 393.
— Verbindung mit Brom 449.
— Verbindung mit Chlor 434.
Phosphor, Verbrennen auf chlorsaurem Kalium 655.
— Verbrennung in einem abgesperrten Luftvolum 334.
— Verbrennung in Sauerstoff 347. 381.
— Verbrennung unter Wasser 384.
Phosphorcalcium, Darstellung 744.
Phosphorsäure, Darstellung 381.
Phosphortrichlorid, Darstellung 435.
Phosphorwasserstoffgas, selbstentzündliches, Darstellung 741.
— nicht selbstentzündliches, Darstellung 747.
Pilzbrenner 102.
Pinzetten 224.
Pipette zum Abmessen giftiger Flüssigkeiten 241.
Pipetten 240.
— mit Saugvorrichtung 241.
Pistole, elektrische 352.
Platin 316.
— Glühen i. Wasserstoff 368.
— Verhalten beim Erhitzen 316.
Platinschalen 219.
Platintiegel 219.
Pneumatische Wanne 17. 193.
Podium 5.
Polklemmen 17.
Porzellankitt 301.
Porzellannäpfe 217.
Porzellanschalen 217.
Porzellantiegel 218.
Präzisionshahn 229.
Projektionsmikroskop 9.
Pulvergläser 234.
Pulvertrichter nach Pollak 227.
Putzstöcke 212.

Quecksilber 46. 315.
— Einwirkung von Salpetersäure 628.
— Fällung durch Kupfer oder Zink 604.
— Reinigung auf chemischem Wege 48.
— Reinigung durch Destillation nach Karsten 51; nach Nebel 52; nach Dunstan und Dymond 54; nach Smith 57.
Quecksilber, Reinigung durch Filtration 48.
— Reinigung nach Karsten 49.
— Reinigung nach Lothar Meyer 49.
— Reinigung durch einen Luftstrom nach Craft 50.
— Reinigung nach Palmaer 50.
— spezifisches Gewicht 315.
— verspritztes 57.
— Verhalten beim Erhitzen 315.
— Zusammenreiben mit Schwefel 404.
Quecksilberbrett 18.
Quecksilberchlorid, Reduktion durch Oxalsäure 682.
Quecksilbermanometer 33.
Quecksilberoxyd, Umwandlung i. Quecksilberchlorid durch Chlorgas 498.
— Umwandlung in Quecksilberchlorid durch Chlorwasserstoff 503.
— Umwandlung in Quecksilbersulfid durch Schwefelwasserstoff 504.
— Umwandlung in Schwefelquecksilber 493.
Quecksilberpipette 57.
Quecksilberwanne 46.
— mit Senkrohr 773.
Quecksilberzange 57.
Quetschhähne 229.
Quetschhahn nach Proskauer 230.

Reagenspapiere zur Erkennung des Ozons 691.
Realgar 407.
Reduktion mittels Elektrizität 478.
— durch Sauerstoff 471.
Reduktionen, partielle 618.
Reduktionsmittel 673.
Regenerativgasofen 116.
Reibschalen 215.
Reinigung der Apparate 212.
Retorten 235.
Retortenhalter 250.
— von Hugershoff 252.
Retortenofen 758.
Röhren, böhmische 237.
Röhrenhalter 249.
— von Hugershoff 252.
Röhrenheizlampe 107.
— aus Teclubrennern 108.
Röhrenkondensator 759.
Röhrenträger 249.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Röstprozefs 491.
Rückflufskühler 273.
— für Bechergläser nach Göckel 278.
— von Pollak 276.
Rückschlagventil von Haase 88.
— nach Berlemont 89.
— von H. Wislicenus 170.
Rührer von O. N. Witt 207; von Priesemuth 208; von Loesner 208; v. Frankenstein 209; von H. Schultze 209.
Rührwerke 204.
Rufs, langsame Verbrennung 396.

Säge 226.
Säureanhydride, Einwirkung auf basische Hydrate 530.
— Einwirkung auf wasserfreie Basen 529.
Säureheber nach Radiguet 135; nach Dennis 135.
Säuren, Abziehen 134.
Salmiak, Einwirkung von Natriumamalgam 740.
Salpeter, geschmolzener, Entbindung von Sauerstoff 630.
Salpetersäure, Auffindung 679.
— Einwirkung auf Metalle 627.
— Einwirkung auf organische Substanzen 629.
— konzentrierte, Zersetzung durch Hitze 623.
— Oxydation durch gebundene 630.
— Reduktion 678.
— rote, rauchende 637.
— wasserfreie, Zersetzung 622.
— Verhalten zu Gold und Platin 630.
— Zersetzung durch Kupfer 626.
— Zersetzung durch nascierenden Wasserstoff 730.
Salpeterhydrat, Darstellung 621.
Salpetersalzsäure 630.
Salpetrige Säure, Bildung durch den elektrischen Funken 636.
— — Bildung bei der Verbrennung von Wasserstoff 636.
Salpetrige Säure, Bildung bei der Verbrennung von Magnesium 636.
— — Bildung bei der Verbrennung flüssiger Brennmaterialien 636.
— — Darstellung aus Salpetersäure 635.
— — Reaktionen 635.
Salze, allgemeine Eigenschaften 537.
— Darstellung durch Einwirkung v. Säuren (bezw. Alkalien) auf Metalle 551.
— Entwässerung u. Wiederaufnahme des Krystallwassers 545.
— Fällung durch Wechselwirkung 596.
— Natur 550.
— Spaltung in Säuren und Basen 556.
— Wechselzersetzung 594.
— Wechselwirkung in der Schmelzhitze 600.
— Verhalten zu Schwefelwasserstoff 723.
— Zersetzung durch alkalische Erden 566.
— Zersetzung durch Erhitzen 556.
— Zersetzung durch feuerbeständige Säuren in der Schmelzhitze 585.
— Zersetzung bis herab zum Metall 604.
— Zersetzung durch Kali, Natron oder Ammoniak 562.
Salzlösungen, konzentrierte, Darstellung 538.
— Niedersinken in Wasser 539.
— Reduktion durch Metalle 604.
— Reduktion unter Mitwirkung des elektrischen Stroms 610.
— Siedetemperatur 545.
Salzsäure, Darstellung aus Kochsalz 586.
— direkte Synthese 438.
— Eigenschaften 442.
— Elektrolyse, nach A. W. Hofmann 481; nach L. Meyer 483; nach Higley und Howard 484.
— Einwirkung von Natriumamalgam 707.
— Oxydation durch freien Sauerstoff 670.
Salzsäure, verdünnte, Einwirkung auf Metalle 552.
Salzsäuregas, Absorption durch Wasser 442.
— volumetrische Zusammensetzung 705.
Sandbad 219.
Sauerstoff, Ausscheidung aus grünen Pflanzenteilen 349.
— Austreibung durch Chlor 684.
— Bereitung 35.
— Darstellung im grofsen 338.
— Darstellung im kleinen 338.
— Darstellung aus rotem Quecksilberoxyd 335.
— Entwickelung a. Braunstein 666.
— Entwickelung aus Chlorkalk 685.
— Entwickelung aus unterchlorigsauren Salzen 686.
— Übertragung durch Brom und Jod 689.
— Übertragung durch Chlor 686.
— Verbrauch beim Verbrennen eines Lichts 336.
— volumetrische Umwandlung in Kohlenoxyd 771.
Sauerstoffgebläselampe 348.
Saugapparat zur Hervorbringung eines gleichmäfsigen Luftstroms 94.
Schalen aus Metallblech 218.
Schaltbrett für die Ladung und Entladung des Akkumulators 70.
Schiefspulver, Auffangung d. Verbrennungsgase 633.
Schiefspulvermischung 631.
Schmierwachs 294.
Schnellflufs, Beaumé's 405. 633.
Schrauben 226.
Schraubenzieher 226.
Schrotmetall 317.
Schubkästen 19.
— Einteilung 20.
Schüttelwerk von Maull 210; von J. König 211.
Schüttelwerke 204.
Schwefel, Destillation 398.
— Eigenschaften 398.
— Explosion mit chlorsaurem Kali 655.
— Sublimation 399.
— Verbindung m. Chlor 434.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Schwefel, Verbindung auf chlorsaurem Kalium 655.
— Verbrennung in Sauerstoff 346. 378.
Schwefelantimon, Darstellung 407.
— Verbrennen in Chlor 428.
Schwefelarsen, Darstellung 407.
Schwefelblei, Darstellung 402.
— Umwandlung in Bleioxyde 491.
Schwefelbleipapier 692.
Schwefelblumen, Entzündung durch Übermangansäure 669.
Schwefelchlorid, Umwandlung in schweflige Säure 502.
Schwefelchlorür, Darstellung 434.
Schwefeldioxyd, Darstellung 580.
Schwefeleisen, Darstellung 402.
— Einwirkung v. Chlor 501.
— Umwandlung in Eisenoxyd 491.
— Umwandlung in Eisenchlorid 501.
Schwefelkalium, Darstellung 406.
Schwefelkohlenstoff, Brennbarkeit 409.
— Darstellung 408.
— Entzündung durch Übermangansäure 669.
— Lösungsvermögen 409.
— Reinigung 408.
— Umwandlung in Chlorkohlenstoff 502.
— Verdunstungskälte 410.
— Verbrennung 492.
Schwefelkupfer, Darstellung 401.
— Umwandlung in Kupferoxyd 491.
Schwefelmagnesium, Darstellung 404.
Schwefelmangan, Umwandlung in Manganoxyd 491.
Schwefelnatrium, Darstellung 406.
Schwefelquecksilber, Darstellung 405.
— Reduktion 470.
Schwefelsäure als Oxydationsmittel 618.
— englische, Darstellung 647.
Schwefelsäure, englische, Hygroskopizität 526.
— gebundene, Einwirkung auf Wasserstoff, bezw. Kohle 620.
— Reduktion durch Kohle 618.
— Reduktion durch Kupfer 619.
— verdünnte, Einwirkung auf Metalle 552.
Schwefelsäurehydrat, Destillation 521.
— Einwirkung auf alkalische Hydrate 532.
Schwefelsäureanhydrid, Darstellung nach Hodgkinson u. Lowndes 525.
— Darstellung aus rauchender Schwefelsäure 520.
— Darstellung aus schwefliger Säure und Sauerstoff nach F. C. G. Müller 522.
— käufliches 526.
— Verhalten zu Wasser 520.
Schwefelsilber, Darstellung 405.
— Reduktion 471.
Schwefelwasserstoff, Darstellung 717.
— Darstellung aus Schwefeleisen 413.
— Einwirkung auf Brom 722.
— Einwirkung auf Chlor 721.
— Einwirkung auf Jod 723.
— Einwirkung auf Kupfer 472.
— Einwirkung auf Metalle 718.
— Reduktion durch Metalle 472.
— Verbrennung 492.
— Verhalten zu Metallsalzlösungen 723.
— Verhalten zu Sauerstoff u. höheren Oxyden 719.
— Verhalten zu schwefliger Säure 721.
— Zersetzung durch Kalium 472.
Schwefelwasserstoffgas, volumetrische Zusammensetzung 718.
Schwefelwasserstoffwasser, Darstellung 717.
Schwefelzink, Darstellung 404.
Schwefelzinn, Darstellung 401.
Schwefelzinn, Umwandlung in Zinnoxyd 491.
Schweflige Säure als Reduktionsmittel 680.
— — Darstellung durch Reduktion von heifser konzentrierter Schwefelsäure 618.
— — Eigenschaften 378.
— — Kondensation 379.
— — volumetrische Umwandlung in Kohlenoxyd 772.
Schwefligsaure Salze, Zersetzung durch stärkere Säuren 580.
Schwimmer 244.
Scrubber 760.
Selen, Verbrennung in Sauerstoff 389.
Selenige Säure 389.
Senkcylinder nach Gawalowski 248.
Sicherheitsbrenner nach v. Klobukow 110; nach Raikow 111; nach Schober 111.
Sicherheitslampe 764.
— in Ätherdampf 766.
Sicherheitsröhren 177.
Sicherheitsrohr nach Bellamy 179.
Siebeinlage 151.
Siebtrichter mit Saugrohr nach Büchner 151; nach Witt 150; nach Hirsch 151.
Sieden, Verhinderung des Stofsens nach Reifsmann, Markownikow 269.
Silber 315.
— Abtreiben 316.
— Einwirkung v. Salpetersäure 628.
— Fällung durch Kupfer oder Quecksilber 604.
— Verhalten beim Erhitzen 315.
— Verbindung m. Schwefel 405.
Silberlösung, Reduktion 607.
Silberoxyd, Umwandlung in Silberchlorid durch Chlorgas 498.
— Umwandlung in Silberchlorid durch Chlorwasserstoff 503.
Silbersalze, Zersetzung durch Salzsäure 583.
Silberspiegel, Erzeugung 607.
Silbertiegel 222.
Silikate, Zersetzung 575.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Siliciumchlorid, Umwandlung in Kieselsäure 502.
Siliciumwasserstoff, Darstellung u. Eigenschaften 767.
Soda, Darstellung durch Elektrolyse 616.
— Entwässern 546.
Sodaprozefs 595.
Spatel 226.
Spiegelmetall 317.
Sprengkohle 121.
Spritzflasche 156.
— von Beutell 157; von Wendriner 157; von Kalecsinszky 157; von Browne 159.
Spritzflaschen mit Glasventil 157.
— m. Kautschukventil 158.
Stärke, blaue Färbung durch Jod 452.
Stahl, Vergoldung 614.
Standgasometer 7. 31.
Stanniol, Einwirkung von Salpetersäure 627.
Stative 250.
Statuenbronze 317.
Steinkohle, trockene Destillation 757.
Steinmeifsel 226.
Stickoxyd, Absorption durch Salpetersäure, bezw. Eisenvitriol 643.
— Aufnahme von Sauerstoff 641.
— Darstellung 639.
— Verbrennung v. Schwefelkohlenstoff 640.
— Verbrennung v. Wasserstoff 640.
— Wechselwirkung mit Sauerstoff u. Wasser 642.
— Wechselwirkung mit schwefliger Säure 647.
Stickoxydul, Darstellung aus Ammoniumnitrat 644.
— Darstellung aus Salpetersäure und Zink 646.
— Unterhaltung der Verbrennung 646.
Stickstoffdioxyd 637.
Stöpsel 138.
Strohkränze 237.
Strontian, Umwandlung in Strontiumcarbonat 530.
Sublimation 298.
Sublimierapparat nach Oddo 298; nach Hertkorn 299;
Sulfate, Zersetzung durch Erhitzen 556.
Sulfide, Natur 413.
— Reduktion 470.
— Rösten 491.
— Umwandlung i. Chloride durch Einwirkung von Chlor 500.
— Umwandlung in Oxyde 491.
Sumpfgas, Auffangen 753.
— Darstellung aus essigsauren Salzen 752.
— Versuche 752.
Sympathetische Tinte 547.

Teilpipetten 240.
Tenakel 172.
Terpentinöl, Entzündung durch Salpetersäure 630.
— Entzündung durch Übermangansäure 669.
Thermoregulator von Bunsen-Kemp 261; von Borkes 262; von Gawalowski 262.
Thermoregulatoren 260.
Thermosäule 78.
Tiegelzangen 224.
Tischblatt 18.
Tischchen 249.
Tischumschalter 62.
Titrierapparat nach Ducretet 246; nach Knöfler 247.
Titrieren 602.
Tombak 317.
Torpedowirkung, Demonstration 634.
Trichter, glatte 149.
Trichterröhren 177.
Trockenflasche nach Pollak u. Wilde 196.
Trockengestell 214.
Trockenöfen 256.
Trockenreiniger 761.
Trockenrohr nach Harcourt 200.
Trockenschränke 256.
Trockenschrank 9.
— nach A. Beudell 260.
— m. Rückflufskühler nach Raikow 260.
— säurefester, von W. Thörner 260.
Trocknen 253.
Trocknungsapparate 194.
Tropftrichter 180.
— mit konstantem Ausflufs von E. Pollak 180.
Turbine neuester Konstruktion 206.
— nach Rabe 204; von Tryller 205.
Übermangansäure, Darstellung 667. 668.
— als Oxydationsmittel 666.
— Reduktion durch Oxalsäure 681.
Umgekehrte Flammen nach Hofmann 361; nach Heumann 362; nach Thomsen 358; nach Habermann 359; nach Wartha 360; nach Himes 361.
Universalbrenner nach A. Stutzer 100; von N. Teclu 101.
Universalkitt 301.
Universalmuffe, Beckmann'sche 103. 251.
Universalretortenhalter nach Bunsen 251.
Unterchlorige Säure, Darstellung und Reaktion 658.
Unterchlorsäure 657.
Unterchlorigsaure Salze, Darstellung 659.
Unterlegringe v. Suberit 237.
Untersalpetersäure, Darstellung 637.
— oxydierende Wirkung 638.
— Verhalten zu Wasser 638.
— Wechselwirkung mit schwefliger Säure 647.
Uranchlorid, Reduktion durch Kupfer od. Zinn 677.
Uranchlorür als Reduktionsmittel 680.
Uranoxyd, Umwandlung in Schwefeluran 493.
Uranoxydsalze, Reduktion durch Oxalsäure 682.

Valenz, Demonstration 772.
Ventilation 11. 15.
Verbrennung durch Unterchlorsäure 657.
— langsame 392.
— unvollkommene 392.
Verbrennungsofen 108.
Vergolden 613.
Vergoldung von Glas 609.
Verkupfern 612.
Vernickeln 614.
Versilbern 613.
Versilberung von Glas 607.
Verstählen 615.
Vollpipetten 240.
Voltameter 480. 481.
Vorlage 278. 759.
Vorlesungswage 231.
Vorstöfse 278.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Waschapparat 7.
Waschapparate 194.
Waschbrett 8.
Waschflasche nach Habermann 195; nach Pollak u. Wilde 196; von Kaless 197; von Walter 197.
Waschflaschen 194.
Wasser, Bildung durch Verbrennung von Wasserstoff 362.
— Bildung durch Verbrennung von Wasserstoff nach Wöhler 363; nach Ossipoff 364; nach Müller 364; nach Mixter 365; nach Siccard 366; nach Hofmann 367.
— destilliertes, Bereitung nach Kalecsinszky 280.
— Reduktion durch Kalium und Natrium 459.
— Reduktion durch Elektrolyse 478.
— Synthese 485.
— Umwandlung in Chlorwasserstoff 495.
Wasserbad 31.
— von Cl. Winkler 266.
— mit Druckregulator 267.
— mit Füllflasche nach Kleinstück 265.
— mit Irisblende 264; nach Mürrle 264. 265.
— mit Niveauhalter 267.
— mit Rückflufskühler nach Raikow 265.
Wasserbäder, geschlossene 267.
— offene 263.
Wasserdampf, Reduktion durch glühendes Eisen 461.
— Reduktion durch glühende Kohle 460.
— volumetrische Verhältnisse im Vergleich mit flüssigem Wasser 716.
— volumetrische Zusammensetzung und Kondensationsverhältnisse 714.
— Zersetzung durch Magnesium 462.
Wassergas, Darstellung 460. 775.
Wasserglas, Zersetzung durch Säuren 575.
Wasserkessel 156.
Wasserleitung 12. 15.
Wasserleitungsrohr 31.
Wasserluftpumpe 86; nach Hugershoff 89.
Wasserstoff, Bestimmung des absoluten und spezifischen Gewichts 510.
— Eigenschaften 322.
— Entwickelung 39.
— Entwickelung und Auffangung 320.
— explosive Gemenge mit Luft 351.
— Leuchtendmachen 757.
— spezifisches Gewicht 323.
— Umfüllen 323.
— Verbindung mit Chlor 436.
— Verbrennen in Chlor 437.
— Verbindung m. Schwefel 413.
Wasserstoffflamme 322.
Wasserstoffsuperoxyd, Darstellung 662.
— als Oxydationsmittel 683. 691. 698.
— als Reduktionsmittel 698.
— Verhalten zu niederen und höheren Oxyden 698.
Wasserstoffverbindungen 705.
Wasserstrahlpumpe v. Max Stuhl 92.
— Verbindung mit dem Wassertrommelgebläse 92.
— nach Wetzel 90; von Greiner u. Friedrichs 91; von Berlemont 91; von Körting 91. 92.
Wassertrommelgebläse 6. 80.
— Verbindung mit der Wasserstrahlpumpe 92.
Weifsfeuer, indianisches 632.
Welle, biegsame 206.
Wendegasometer 43.
Wendegasometer-Aspirator 44. 45.
Widerstand zum Laden des Akkumulators 70.
Wismut 313.
— Krystallisation 313.
Wismut, Sprödigkeit 313.
— Verhalten bei längerem Erhitzen 313.

Zangen 224.
Zink 310.
— Sprödigkeit und Dehnbarkeit 310.
— Verhalten bei stärkerem Erhitzen 311.
— Verbindung mit Schwefel 404.
— Verbindung mit Chlor 429.
— Einwirkung von Salpetersäure 627.
Zinkamalgam 317.
Zinkblech, Überziehen mit einer farbigen Kupferschicht 607.
Zinkblende, Umwandlung in Zinkoxyd 491.
Zinkoxyd, Umwandlung in Schwefelzink 493.
— Umwandlung in Zinkchlorid durch Chlorwasserstoff 503.
— Umwandlung in Zinksulfid durch Schwefelwasserstoff 504.
Zinn 309.
— Auflösen in Salz- und Schwefelsäure 552.
— Dehnbarkeit und Sprödigkeit 309.
— Erhitzen in Säuren 552.
— Verbindung mit Chor 429.
— Verbindung mit Schwefel 402.
— Verhalten bei längerem Erhitzen 309.
Zinnamalgam 317.
Zinnasche 310.
Zinnbaum 606.
Zinnchlorür als Reduktionsmittel 679.
Zinnoxyd, Reduktion durch Holzpulver oder Kohle 458.
Zirkonlicht 356.
Zündmaschine, Döbereiner'sche 368.
Zuflufsbüretten 245.
Zuflufspipetten 245.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Namenregister.

Adams, M.A., Luftbad 260.
Allary, Reinigung von Schwefelkohlenstoff 409.
Allihn, Absaugkolben 168.
Arzberger-Zulkowsky, Luftpumpe 15. 87.
Austen, Wechselwirkung zwischen Stickoxyd, Sauerstoff u. Wasser 643.

Bachmeyer, Filtrieren bei Abschluſs von Luft in einem indifferenten Gase 171.
Ballo s. Duclaux.
Banks, A. J., Luftbad mit Dampf zu heizen 260.
Baumann, Darstellung von Sauerstoff 342.
Beckmann, Gasbrenner 102.
— Universalmuffe 251.
— Verhinderung des Siedeverzugs 270.
Bellamy, Sicherheitsrohr 179.
Berlemont, Rückschlagventil 89.
— Wasserstrahlpumpe 91.
Berthelot, Verdunstungskälte des Schwefelkohlenstoffs 411.
— s. Grotthuſs.
Beutell, A., Spritzflasche 157.
— Trockenschrank 260.
— Wassertrommelgebläse 83.
Bidet, Heber zum Konstanthalten des Niveaus 137.
— Wechselapparat für Kühler 273.
— Kühler 277.
Bigot, Regenerativgasofen 116.
Biltz, Meſskolben 240.
Blindow, Verbrennung eines Diamanten 377.
Bömer, Wassertrommelgebläse 84.
Böttger, Aluminiumamalgam 318.
— Lösung zum Versilbern von Glas 608.
— Vergoldung v. Glas 610.
— Entzündung von Leuchtgas durch Übermangansäure 669.
— Überziehen von Zinkblech mit einer farbigen Kupferschicht 607.
— Verstählen von Kupfer 615.
— Zersetzung von Ammoniumnitrat durch Zinkstaub 730.
Böttinger, Dissoziation von Ammoniumsalzen durch Erhitzen 560.
Bohn, Heberansauger 137.
— Reinigung von Quecksilber 51.
Borkes, Thermoregulator 262.
Brandstetter, Schwefelkohlenstoff-Stickoxydlicht 641.
— Entzündung von Ammoniak in Berührung mit d. Wasserstoffflamme 738.
— Salmiaknebel 739.
Breyer, T., Gasentwickelungsapparate 188. 189.
Browne, Spritzflasche 159.
Brühl, Destillationsvorlage 294.
— Reinigung von Quecksilber 50.
Büchner, Siebtrichter mit Saugrohr 151.
Bunsen, Batterie 58.
Bunsen, Gasbrenner 95.
— Kautschukventil 158.
— Rauchfang 15.
— Waschflasche 195.
— Wasserluftpumpe 86.
— Wassertrommelgebläse 80.
— Universalretortenhalter 251.
— Ventilationsaufsatz 15.
Bunsen-Kemp, Thermoregulator 261.
Bunsen-Poggendorff, Chromsäurebatterie 60.
Burgemeister, Gasentwickelung 191.
— Gasentwickelungsapparat 191.
Bussy, Erglühen von Baryt in SO_3 530.
Butzke, Kochlampe 109.

Cazeneuve, Darstellung von Stickoxydul 645.
Chancel, Kolben zur Bestimmung des spezifischen Gewichts der Gase 512.
Chorley, Destillationsapparat 271.
Christomanos, Wärmeentwickelung bei der Absorption des Salzsäuregases durch Wasser 444.
Coleman, Drahtdreieck 223.
Crafts, Reinigung von Quecksilber 50.
Cripp, Kühler 277.
Cundall, s. Shenstone.
Daniell'scher Hahn 353.

Deacon, Chlorbereitung 670.
Decharmes, Verdunstungskälte des Schwefelkohlenstoffs 411.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dennis, Säureheber 135.
Dierbach, Gasbrenner 102.
Döbereiner'sche Zündmaschine 368.
Drummond'sches Licht 353.
Duclaux und Ballo, Verdunstungskälte d. Schwefelkohlenstoffs 411.
Ducretet, Titrierapparat 246.
Dunstan und Dymond, Reinigung von Quecksilber 54.
Dvorak, Diffusionsapparat 376.
Dymond, s. Dunstan.

Ebermeyer, Vernickeln von Zinn 614.
Ebert, Heber mit Ansaugvorrichtung 136.
Eichhorn, Aräopyknometer 248.
Elkan, Th., Komprimierter Sauerstoff 338.
Engel, Ozonbildung bei niederer Temperatur 694.
Erlenmeyer'sche Kolben 237.
Étard, Darstellung von Jodwasserstoff 712.
— Modifikationen der Chromsalze 564.
Evers, Kühler 276.

Fehling'sche Lösung 672.
Fiquier, Bildung von Untersalpetersäure bei d. Verbrennung flüssiger Brennmaterialien 636.
Fiumi, Schwefelwasserstoffapparat 726.
Fletcher, Gaskochlampe 109.
Francis, festes Filtrierpapier 155.
Frankenstein, Rührer 209.
Friedrichs, s. Greiner.
Fuchs, Destillationsvorlage 291.

Gallenkamp, Gasentwickelungsapparat 192.
Garzino, Destillationsapparat 282.
Gattermann und Haussknecht, Darstellung von Phosphorcalcium 745.
Gautier, Destillationsvorlage 292.
Gawalowski, Senkcylinder 248.
— Regelmäfsig ausgebildete Krystalle 543.
— Thermoregulator 262.
Göckel, Rückflufskühler für Bechergläser 278.
Göhring, Darstellung von Sauerstoff 340.
Goldschmidt, Königswasser 630.
— H., Reduktion durch Aluminium 468.
Gramp, Verbrennung von Kadmium 313.
Greiner u. Friedrichs, Wasserstrahlpumpe 91.
— Bürettenhahn 244.
Grimshaw, H., Luftbad 260.
Gröger, Gasbrenner 98.
Grotthufs u. Berthelot, Galvanische Lösung von Gold in Schwefelsäure 554.
Gülcher, Thermosäule 78.

Haas, Entzündung von Heu durch Salpetersäure 630.
Haase, Rückschlagventil 88.
Habermann, Waschflasche 195.
— Umgekehrte Flammen 359.
Hahn, s. Staedel.
Hallok, Ammoniaksodaprozefs 596.
Handl, Überschichten von Salzlösungen 540.
Harcourt, Trockenrohr 200.
Hasselt, s. Van Hasselt.
Haussknecht, s. Gattermann.
Heeren, Verkupferungsbad 613.
Heintz, Gasbrenner 109.
Hempel, Gasschmelzofen 113.
— Abdampfen durch Oberhitze in Schalen 255.
— Dephlegmator 289.
— Exsikkator 527.
Hempel, W., Elektrolytische Darstellung von Soda aus Kochsalz 616.
Hensgen, C., Absorptionsrohr 201.
Hertkorn, Sublimierapparat 299.
Heumann, Umgekehrte Flammen 362.
— Absorption von Kohlensäure durch Wasser 374.
— Darstellung von amorphem Phosphor 382.
— Bleichen durch freies Chlor 689.
Higley u. Howard, Elektrolyse der Salzsäure 484.
Himes, Umgekehrte Flammen 361.
Hirsch, Siebtrichter 151.
Hodgkinson u. Lowndes, Darstellung v. Schwefelsäureanhydrid 525.
Hofmann, A. W., Verbrennen v. Eisenstaub 334.
— Verbrennen von Phosphor im abgesperrten Luftvolum 334.
— Umgekehrte Flammen 361.
— Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 367.
— Kondensationsapparat für schweflige Säure 380.
— Abwechselnde Oxydation u. Reduktion von Kupferblech 455.
— Elektrolyse der Salzsäure 481.
— Zersetzung der Salpetersäure durch Hitze 624.
— Eisenschiefspulver 632.
— Bleikammerprozefs 652.
— Oxydation und Reduktion des Stickoxyds 652.
— Volumetrische Zusammensetzung des Salzsäuregases 705.
— Volumetrische Zusammensetzung u. Kondensationsverhältnisse des Wasserdampfs 714.
— Volumetrische Verhältnisse zwischen Wasserdampf und flüssigem Wasser 716.
— Einwirkung von roter rauchender Salpetersäure auf Schwefelwasserstoff 720.
— Zersetzung v. Ammoniak durch Kalium 731.
— Zersetzung der Ammoniakflüssigkeit durch Elektrolyse 732.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Hofmann, A. W., Demonstration d. volumetrischen Zusammensetzung des Ammoniaks durch Zersetzung mittels Chlor 733.
— Ammoniakrohr 734.
— Entzündung von nicht selbstentzündlichen Phosphorwasserstoff durch rote rauchende Salpetersäure 748.
— Verbrennung v. Kohlenstoff in Sauerstoff zu Kohlensäure 772.
— Darstellung von nicht selbstentzündlichen Phosphorwasserstoff aus Jodphosphonium 774.
Howard, s. Higley.
Hugershoff, Rückschlagventil 89.
— Tableau zum Saugen und Blasen 93.
— Korkbohrmaschine 145.
— Korkbohrerschärfer 146.
— Bürettenhahn 245.
— Retorten-, bezw. Röhrenhalter 252.

Jehn und Henze, Aluminiumamalgam 318.
Jewett, Auswaschen mit heifsem Wasser 159.

Kaehler, Exsikkator 528.
Kämmerer, Destillation von Kadmium in Wasserstoff 327.
— Verdampfen von Kalium in Wasserstoff 391.
— Apparat zur Darstellung von Chlor 421.
— Bildung von Untersalpetersäure beim Verbrennen v. Magnesium 636.
— Apparat zur Darstellung der englischen Schwefelsäure 648.
Kalecsinszky, Wassertrommelgebläse 80.
— Spritzflasche 157.
— Gasentwickelungsapparat 186.
— Apparat zur Bereitung von destilliertem Wasser 280.
— Beschleunigung des Abdampfens 254.
Kaless, Waschflasche 197.
Karsten, Reinigung von Quecksilber 49.
— Destillation von Quecksilber 52.
Kassner, Darstellung von Sauerstoff 342. 343.
Kayser, R., Kaseïnkitt 303.
Kipp'scher Apparat 181.
— Apparat zur Chlorentwickelung 421.
Kleinstück, Wasserbad mit Füllflasche 265.
Klobukow, v., Sicherheitsbrenner 110.
Knöfler, Titrierapparat 247.
Knop, W., Zersetzung des Ammoniaks durch Natriumhypobromit 735.
König, J., Schüttelwerk 211.
Körting, Wasserstrahlpumpe 92.
Kolbe, G., Vorlage für fraktionierte Destillation 298.
Kolbe, H., Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze 337.
Koninck, de, Destillationsaufsatz 271.
Krafft, Druckregulator für Destillation 283.
Kraut, Entzündung von Heu durch Salpetersäure 629.
Krebs, Ozonapparat 692.

Leclanché, galvanische Elemente 58.
Leffmann, H., Reduktion von Wasserdampf durch Magnesium 463.
Lenz, Korkbohrerschärfer 147.
Lepsius, Einwirkung des elektrischen Lichtbogens auf gasförmige Körper 769.
Lindner, W., Darstellung von Sauerstoff 340.
Linnemann, Zirkonlampe 355.
— Dephlegmatoren 288.
Loesner, Rührer 208.
Loewel, Reduktion von Chromchlorid durch Zink 676.
— Chromchlorür als Reduktionsmittel 679.
Lowndes, s. Hodgkinson.
Lübke, Darstellung von Wassergas 461.
Lüdtke, Heizschlange 106.
Lux, Gaswage 513.
Luzi, Spritzflasche 158.

Mangold, Wechselapparat für Kühler 274.
Marangoni, s. Schiff.
Mareck, Darstellung von Stickoxydul 646.
— Apparat zur Darstellung der englischen Schwefelsäure 649.
Markownikow, Verhinderung des Stofsens beim Sieden 269.
Martin, Lösung zum Versilbern von Glas 608.
Maste, Gaslampe 105.
Maull, Verschlufsvorrichtung für Flaschen 149.
— Schüttelwerk 210.
Meissner, K., Gasbrenner 96.
Merz und Weith, Entzündung von Schwefelkohlenstoff 409.
— Verbrennung von Eisenpulver mit Schwefel 403.
— Einwirkung v. Schwefelwasserstoff auf Kupfer 473.
— Umwandlung von Jodiden in Oxyden 500.
Meyer, Lothar, Reinigung von Quecksilber 49.
— Heifslufttrichter 165.
— Kleines Luftbad für Tiegel 260.
— Luftbad mit Ringbrenner 258.
— Regulierung des Drucks bei der Destillation 281.
— Elektrolyse der Salzsäure 483.
— Destillationsvorlage 290.
— V., Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze 337.
Mixter, Bildung v. Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 365.
Molnár, Saugapparat 94.
Monckhoven, Photometer 682.
Moschner, Druckregulator für Destillation 282.
Muck, Diamant zum Schneiden von Glasröhren 121.
— Drahtnetzluftbad 260.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Müller, F. C. G., Erhitzen von Kupfer im Luftstrome 331.
—Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 364.
— Darstellung v. Schwefelsäureanhydrid 522.
— Niedersinken einer Lösung von Kaliumpermanganat in Wasser 539.
— Apparat zur Demonstration des Bleikammerprozesses 652.
— M., Destillationsaufsatz 270.
Muencke, Zweite Form des verbesserten Kipp'schen Apparats 185.
— Bürettenhalter 251.
Mürrle, Wasserbad mit konstantem Niveau 264. 265.

Nebel, Destillation von Quecksilber 52.
Neumann, G., Darstellung von Sauerstoff 343.
— S., Bürettenhalter 352.
Norton und Otten, Dephlegmator 290.

Oddo, Sublimierapparat 298.
Orlowski, Dreikolbenapparat zur Darstellung von Chlor 416.
Ossipoff, Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 364.
Otten, s. Norton.
Oxland, Oxydation von Salzsäure durch Sauerstoff 670.

Palmaer, Reinigung von Quecksilber 50.
Pepys, Gasometer 42.
Perkin, Elektrischer Druckregulator für Destillation 286. 287.
Peters und Rost, Korkpresse 143.
Phillips, Einschmieren von Glashähnen 228.
Piccard, J., Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 366.
Pollak, E., Tropftrichter mit konstantem Ausfluſs 180.
Pollak, E., Pulvertrichter 227.
— Rückflufskühler 276.
Pollak u. Wilde, Gasentwickelungsapparat 187.
— Wasch- bezw. Trockenflaschen 196.
Ponzet, v., Filtriertrichter 155.
Poske, Überschichten von Salzlösungen 540.
Potilitzin, Umwandlung alkalischer Jodide in Oxyde 499.
Pratt, Löten von Platintiegeln 221.
Priesemuth, Rührer 208.
Proskauer, Quetschhahn 230.

Rabe, Turbine 204.
Radiguet, Säureheber 135.
Raikow, Sicherheitsbrenner 111.
—Trockenschrank m. Rückflufskühler 260.
— Wasserbad mit Rückflufskühler 265.
— Destillationsvorlage 292.
Ramann, passives Eisen 628.
Raoult, F. M., Erglühen der alkalischen Erden in Kohlensäure 530.
Reichardt, E., Lösung zum Versilbern v. Glas 608.
Reinhardt, Verbesserte Form des Kipp'schen Apparats 184.
Reissmann, Verhinderung des Stofsens beim Sieden 269.
Remsen, Entzündung von Knallgas. Seifenblasen 351.
Robinson, Automatische Filtration 163.
Rössler, Gasschmelzofen 115.
Roscoe u. Schorlemmer, Verbrennen von unechtem Blattgold in Chlor 427.
— Darstellung von Phosphoniumjodid 749.
Rosenfeld, Gewichtsaräometer als Vorlesungswage 231.
— Darstellung von Chlorknallgas durch Elektrolyse 412.
—Zersetzung von Phosphorcalcium durch Wasser 746.
Rost, s. Peters.
Rüdorff, Verdrängung eines Salzes aus seiner Lösung durch ein anderes 540.
— Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren 549.

Saulmann, Filtrier- und Dekantierapparat 164.
Schiff und Marangoni, Wendegasometer 45.
Schmelck, Drahtdreieck m. verschiebbaren Radien 223.
Schmiedeberg, Darstellung der Fehling'schen Lösung 672.
Schober, Sicherheitsbrenner 111.
— Korkbohrerschärfer 146.
Schoras, Farbenveränderung beim Entwässern von Salzen 548.
— Reduktion von Quecksilberchlorid durch Oxalsäure 682.
Schorlemmer, s. Roscoe.
Schuller, Haltbare Seifenlösung 350.
Schultze, H., Rührer 209.
Schulz, H., Destillationsvorlage 295.
Schulze, H., Entzündung von Ammoniak an gewöhnlicher Luft 738.
Schwalbe, Versuche mit flüssiger Kohlensäure 375.
Seidler, Gasentwickelungsapparat 192.
Shenstone und Cundall, Kontraktion bei der Ozonbildung 695.
Sidersky, Trockenschrank 260.
Smith, F. J., Reinigung von Quecksilber 57.
Soldaini, Darstellung der Fehling'schen Lösung 672.
Staedel u. Hahn, Druckregulator für Destillation 284.
Steiner, Ersatz der Feuervergoldung 614.
Stolba, F., Reduktion von Wasserdampf d. glühendes Eisen 462.
Stroschein, Kautschukventil 159.
— Saugvorrichtung für Pipetten 242.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Stuhl, Max, Wasserstrahlpumpe 92.
Stutzer, A., Universalbrenner 100.
Swarts, Flasche mit Glasstöpsel 235.

Teclu, N., Gasbrenner 101.
— Ozonapparate 695.
Tegtmeyer, Quecksilberzange 58.
Terquem, A., Gasbrenner 97.
Thiele, J., Gasentwickelungsapparat 190.
— Chlorkalkwürfel zur Chlorentwickelung 423.
— Entwickelung von Chlorwasserstoffgas 529.
Thörner, W., Säurefester Trockenschrank 260.
Thomas, s. Young.
Thomsen, J., Umgekehrte Flammen 358.
— Abwechselnde Reduktion und Oxydation geformter Cylinder aus Kupferoxyd 454.
— Darstellung von Wasserstoffsuperoxyd 663.
Tilden, Königswasser 630.
Tommasi, Dissozioskop 561.
Topsoe, Darstellung wässeriger Bromwasserstoffsäure mittels amorphen Phosphors 709.
Tryller, Turbine 205.

Ulsch, Druckregulator für geschlossene Wasserbäder 267.

Valenta, Destillationsvorlage 297.
Van Hasselt, Erhitzen von Kupfer im Luftstrom 331.
— Auffangung der Verbrennungsgase d. Schiefspulvers 633.
— Zersetzung des Äthylens durch Erhitzen 758.
Varrentrapp und Will, Bestimmung des Stickstoffs als Ammoniak 730.
Vogel, Beschleunigung des Abdampfens 253.
— H. W., Photometer 683.
Volhard, Darstellung von Sauerstoff 343.

Walter, Waschflasche 197.
— Absorptionsflaschen 200.
— Kühlapparate 275.
— Voltameter 481.
Walther, Absaugkolben 168.
Weith, s. Merz.
Wendriner, Spritzflasche 157.
Wernicke, Vergoldung von Glas 609.
Wetzel, Wasserstrahlpumpe 90.
Wiedemann, Wasserzersetzungsapparat 480.
Wilbrandt, Apparat zur Demonstration des Bleikammerprozesses 651.
Wilde, s. Pollak.
Will, s. Varrentrapp.
Winkler, C., Wasserbad 266.
— Chlorkalkwürfel z. Chlorentwickelung 420.
— Oxydierende Wirkung 697.
— Darstellung von Jodwasserstoffsäure 723.
Wislicenus, H., Destillationsvorlage 294.
— Rückschlagsventil 170.
Witt, Siebtrichter 150.
— Filtriervorrichtung 169.
— Rührer 207.
Wöhler, Bildung v. Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff 363.
— Kondensationsapparat für schweflige Säure 380.
Woodward, C. J., Verbrennung eines Diamanten 377.

Young und Thomas, Dephlegmator 288.

Zambelli, Verkürzter Kühler 273.
Zulkowsky, s. Arzberger.

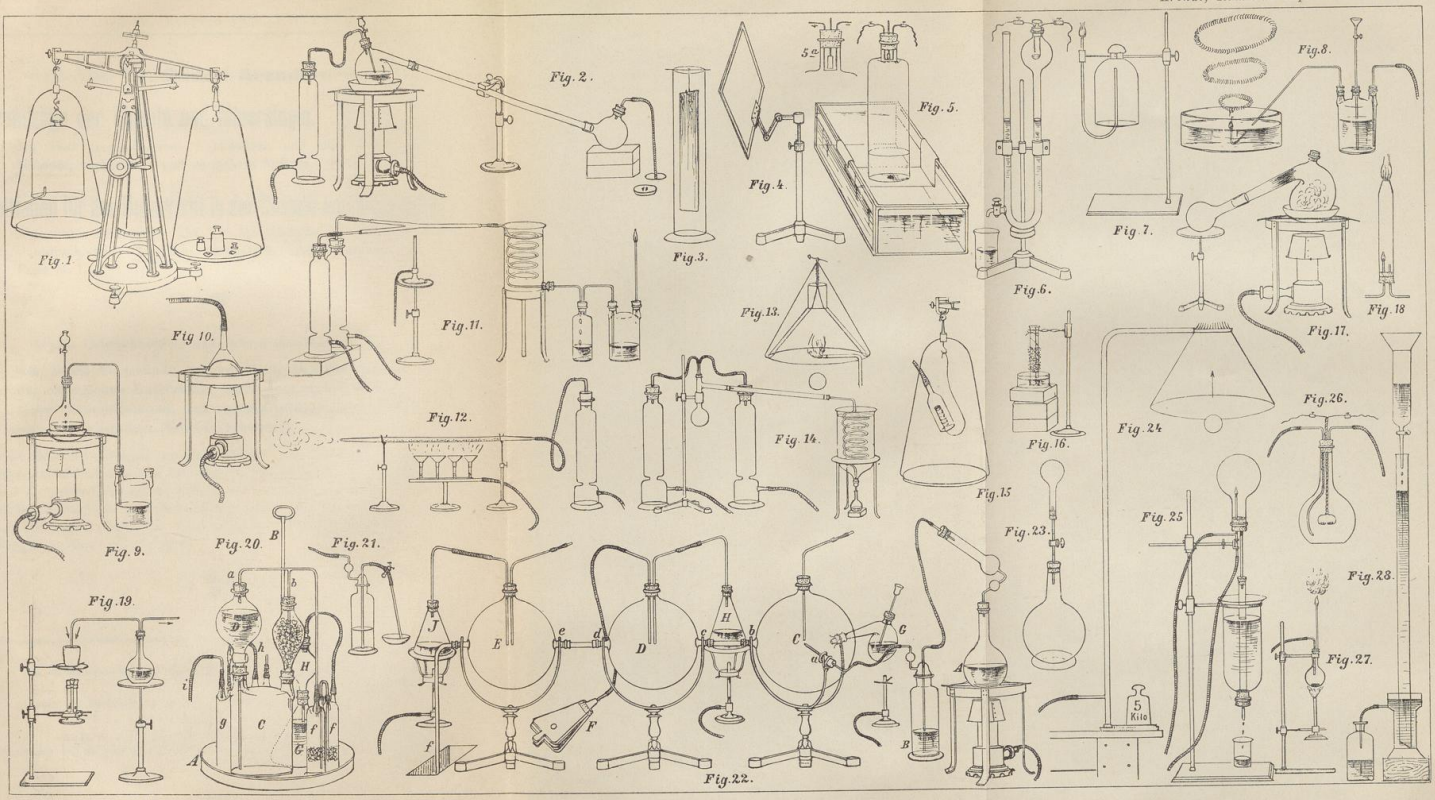
UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verzeichnis

der Abbildungen auf der Figurentafel.

1. Vorlesungswage nach R. Arendt 231.
2. Apparat zur Darstellung von Jodphosphonium nach Roscoe und Schorlemmer 748.
3. Aufhängung von Metallblechen in Chlor 427.
4. Drehbarer Siegel.
5. Apparat zur Auffangung der Verbrennungsgase des Schiefspulvers 633.
6. Vorlesungs-Eudiometer.
7. Apparat zur Demonstration des spezifischen Gewichts des Wasserstoffs 324.
8. Apparat zur Entwickelung und Verbrennung des Siciliumwasserstoffs 768.
9. Apparat zur Darstellung wässeriger Bromwasserstoffsäure 709.
10. Apparat zur Demonstration der abwechselnden Oxydation und Reduktion von Kupferblech nach A. W. Hofmann 455.
11. Apparat zur Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff in Sauerstoff nach Piccard 366.
12. Darstellung von pyrophorischem Eisen 458.
13. Trichter zur Entzündung von Knallgas-Seifenblasen 351.
14. Apparat zur Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff in Sauerstoff im grofsen Styl nach A. W. Hofmann 367.
15. Demonstration der abwechselnden Reduktion und Oxydation geformter Cylinder aus Kupferoxyd nach Thomsen 454.
16. Demonstration der Verdunstungskälte des Schwefelkohlenstoffs 412.
17. Retorte zur Sublimation von Jod 451.
18. Cylinder zur Erzeugung umgekehrter Flammen nach Thomsen 358.
19. Demonstration der Oxydation alkalischer Jodide durch Erhitzen in Luft 500.
20. Apparat zur Chlorentwickelung aus Chlorkalk nach Kämmerer 421, Note.
21. Apparat zum Formen und Verteilen von weifsem Phosphor 381.
22. Apparat zur Demonstration des Bleikammerprozesses nach Kämmerer 648.
23. Kolben zur Verbrennung von Blattmetallen in Chlor 427.
24. Trichterapparat zur Entzündung von Knallgas-Seifenblasen 351.
25. Apparat zur Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff in Sauerstoff nach Mixter 365.
26. Apparat zur Verbrennung eines Diamanten in Sauerstoff nach Woodward 376.
27. Kölbchen zur Erzeugung von Bromwasserstoffgas 450.
28. Apparat zur Reinigung des Quecksilbers nach Lothar Meyer 49.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN



Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Von Professor **Dr. Rudolf Arendt** erschienen ferner:

Grundzüge der Chemie und Mineralogie.

Methodisch bearbeitet. Mit 275 in den Text eingeschalteten Abbildungen und einer Buntdrucktafel. **Siebente, verbesserte und vermehrte Auflage.** Preis M. 3.—.

Leitfaden für den Unterricht in der Chemie und Mineralogie.

Methodisch bearbeitet. Mit 173 Abbildungen im Text und einer Buntdrucktafel. **Siebente, verbesserte und vermehrte Auflage.** Preis M. 1.—.

Arendts Unterrichtsbücher sind dadurch charakterisiert, dafs

der ihnen zu Grunde liegende Lehrgang das ganze Gebiet des chemischen Unterrichts nach einer einheitlichen, in sich selbst abgeschlossenen, auf streng pädagogischen Grundsätzen ruhenden Methode behandelt.

Es ist dabei der Übergang aus dem Einfachen zum Zusammengesetzten, aus dem Leichtverständlichen zum Schwierigeren, aus der Anschauungs- und Sprechweise des gewöhnlichen Lebens zu der in der Chemie gebräuchlichen Benennungs- und Bezeichnungsweise ganz allmählich angebahnt, und nichts wird vorausgesetzt, was der Schüler durch das Vorausgegangene nicht schon ganz zu seinem geistigen Eigentum gemacht hätte.

Die Arendtschen Lehrbücher sind unstreitig die besten der Gegenwart.

Pädagog. Warte.

Sowohl für die Schule als auch für den Selbstunterricht vorzüglich geeignet.

Schulanz. f. Unterfranken.

. . . müssen wir noch ausdrücklich auf die grofse Vortrefflichkeit der beigegebenen Holzschnitte und **die unvergleichliche Kürze wie Schärfe der Darstellung** aufmerksam machen.

Die Natur.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

Einführung in die Chemie

in leichtfasslicher Form.

Von

Dr. Lassar-Cohn,

Universitätsprofessor zu Königsberg i. Pr.

Mit 58 Abbildungen im Text. Preis M. 4.—.

Die Chemie im täglichen Leben.

Gemeinverständliche Vorträge.

Von

Dr. Lassar-Cohn,

Universitätsprofessor zu Königsberg i. Pr.

Vierte, umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 22 Abbildungen im Text. **1900.** Preis gebunden M. 4.—.

Die Praxis des Chemikers

bei Untersuchung von

Nahrungs- und Genussmitteln, Gebrauchsgegenständen und Handelsprodukten,

bei

hygienischen und bakteriologischen Untersuchungen

sowie in der gerichtlichen und Harn-Analyse.

Von

Dr. Fritz Elsner,

Gerichts- und Nahrungsmittelchemiker.

Siebente, durchaus umgearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage.

Mit 183 Abbildungen und zahlreichen Tabellen. **1900.** M. 14.—.

Repetitorium der Chemie.

Mit besonderer Berücksichtigung der für die Medizin wichtigen Verbindungen

sowie des

„Arzneibuches für das Deutsche Reich"

und anderer Pharmakopöen,

namentlich zum Gebrauche für Mediziner und Pharmazeuten.

Bearbeitet von

Dr. Carl Arnold,

Professor der Chemie an der Königl. Thierärztlichen Hochschule zu Hannover.

Neunte, verbesserte und ergänzte Auflage.

1899. Preis geb. M. 7.—.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

Handbuch

der

organischen Chemie

von

Dr. F. Beilstein,

Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg,
Ehrenmitglied der Deutschen chemischen Gesellschaft.

Dritte Auflage.

Band I Preis brosch. M. 45.—, geb. M. 49.—.
Einleitung. — Specieller Theil: Fettreihe.

Band II Preis brosch. M. 63.—, geb. M. 68.—.
Specieller Theil: Aromatische Reihe (Kohlenwasserstoffe, Phenole, Alkohole, Säuren).

Band III Preis brosch. M. 28.80, geb. M. 32.80.
Aromatische Reihe: Aldehyde, Ketone, Chinone, Campherarten, Terpene, Ätherische Öle, Harze und Balsame, Glykoside, Bitterstoffe und indifferente Stoffe, Farbstoffe, Gerbstoffe, Furanreihe (Thiophenkörper), Alkaloïde.

Band IV Preis brosch. 52.20, geb. M. 57.20.
Aromatische Reihe: Basen, Azoxy-, Azo-, Hydrazo-, Diazo-, Diazoaminoderivate, Albuminate, Phosphor-, Antimon-, Arsen-, Wismuth-Verbindungen, Bor- und Siliciumverbindungen, Metallorganische Verbindungen.

Das vollständige Werk brosch. M. 189.—, gebd. M. 207.—.

Von Januar 1900 an erscheinen **Ergänzungsbände** zum Beilstein, herausgegeben von der Deutschen chemischen Gesellschaft, bearbeitet von Professor Dr. Paul Jacobson, in Lieferungen zum Preise von M. 1.80.

Das nie versagende **General-Register** zu Beilstein's Handbuch bildet Richter's Lexikon der Kohlenstoff-Verbindungen, das alle im Beilstein beschriebenen Verbindungen (ca. 57 000) genau registrirt (s. Einleitung zu Richter's Lexikon S. 6, No. 2).

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

Lexikon

der

Kohlenstoff-Verbindungen

von

Dr. M. M. Richter.

Zweite Auflage der „Tabellen der Kohlenstoff-Verbindungen nach deren empirischer Zusammenstellung geordnet".

Preis broschiert M. 70.20, gebunden M. 78.—.

Das Lexikon der Kohlenstoff-Verbindungen bildet ein vollständiges Verzeichnis aller bekannten organischen Verbindungen, geordnet nach den empirischen Formeln. Während die erste Auflage rund 16000 aufführt und im *Beilstein* (3. Aufl.) etwa 57000 beschrieben sind, wird dieses Lexikon etwa **75000 Verbindungen** verzeichnen.

Das Werk zerfällt in folgende Abschnitte: Einleitung, System und Nomenklatur — das Verzeichnis der ca. 75000 Verbindungen und die Procentzahlen — Register der Eigennamen — Zahlentabellen zur Auffindung der procentualen Zusammensetzung.

Das Lexikon der Kohlenstoff-Verbindungen bildet gleichzeitig durch eine besondere, in der Einleitung beschriebene, Einrichtung das

General-Register zum Beilstein,

für den ein besonderes General-Register nicht erscheint.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

Anleitung

zur

Mikrochemischen Analyse.

Von

H. Behrens,

Professor an der Polytechnischen Schule in Delft.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 96 Figuren im Text. **1899.** M. 6.—.

. . . Über den Wert mikrochemischer Methoden kann kein Zweifel bestehen; hoffen wir, dafs das reichliche und sorgfältige Material, das der Verfasser bringt, die Verbreitung dieser Verfahren recht sehr beschleunigt.

Zeitschr. f. physikal. Chemie. (W. O.)

. . . Verfasser hat ein verdienstliches Werk geliefert und die Aufmerksamkeit auf ein Gebiet chemisch-analytischer Thätigkeit gelenkt, dem man in Chemikerkreisen bisher nur geringeres Interesse entgegengebracht und nur eine untergeordnete Bedeutung zuschrieb. Das Studium des Behrens'schen Buches ist geeignet, nach dieser Richtung hin Wandel zu schaffen. *Apoth.-Ztg. (Th.)*

Ende 1899 ist erschienen:

Mikrochemische Technik.

Von

H. Behrens,

Professor an der Polytechnischen Schule in Delft.

M. 2.—.

Früher erschienen:

Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Verbindungen.

Von **H. Behrens** (Delft).

I. Heft. (Anthracengruppe, Phenole, Chinone, Ketone, Aldehyde.) Mit 49 Figuren im Text. 1895. Preis M. 2.—.

II. Heft. (Die wichtigsten Faserstoffe.) Mit 18 Figuren im Text und drei Tafeln in Farbendruck. 1896. Preis M. 5.—.

III. Heft. (Aromatische Amine.) Mit 77 Figuren im Text. 1896. Preis M. 4.50.

IV. Heft. (Karbamide und Karbonsäuren.) Mit 94 Figuren im Text. 1897. M. 4.50.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Vollständiger Abriss der anorganischen Chemie. Von Dr. **Vincenz Wachter**, kgl. Reallehrer in Nördlingen. 1897. M. 2.—.

Spezielle Methoden der Analyse. Anleitung zur Anwendung physikalischer Methoden in der Chemie. Von **G. Krüss. Zweite**, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 35 Abbildungen im Text. 1893. M. 3.50.

Physikalisch-chemische Methoden. Von Dr. **J. Traube**, Privatdocent an der technischen Hochschule zu Berlin. Mit 97 Abbildungen im Text. 1893. M. 5.—.

Analytische Chemie des Vanadins. Von **Valerian von Klecki.** 1894. M. 1.50.

Die Chemie des Chlorophylls. Von Dr. **L. Marchlewski.** 1895. M. 2.—.

Phytochemische Untersuchungen. Herausgegeben von Dr. **Robert Sachsse.** 1880. M. 4.—.

Die Pyridinbasen in der chemischen Litteratur. Von Dr. **Adolf Hesekiel.** 1886. M. 4.—.

Elemente der Experimentalchemie. Geordnet nach den Grundsätzen von Prof. Dr. **Rud. Arendt.** Herausgegeben von **J. E. Herding** und **O. Hahn.** 1898. M. 1.—.

Die Chemie und Physiologie der Farbstoffe, Kohlehydrate und Proteïnsubstanzen. Ein Lehrbuch für Chemiker und Botaniker. Von Dr. **Robert Sachsse.** 1877. M. 7.20.

Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse in ihrer Anwendung in der Chemie. Von Prof. Dr. **G. Krüss** (München) und Dr. **Hugo Krüss** (Hamburg). Mit 34 Abbildungen im Text und 6 Tafeln. 1891. M. 8.—.

Moderne Chemie. Zwölf Vorträge, vor Ärzten gehalten. Von Dr. **Lassar-Cohn**, Privatdocent an der Universität Königsberg. 1891. M. 3.50.

Bildungselemente und erziehlicher Wert des Unterrichts in der Chemie an niederen und höheren Lehranstalten. Von Prof. Dr. **Rudolf Arendt. Zweiter**, unveränderter Abdruck. 1895. M. 2.—.

Die Hauptthatsachen der Chemie. Für das Bedürfnis des Mediziners, sowie als Leitfaden für den Unterricht zusammengestellt von Prof. Dr. **Erich Harnack** (Halle). Zweite, neu bearbeitete Auflage. 1897. Gebunden M. 2.50.

Die Säuren der Rindergalle und der Menschengalle. Von Prof. Dr. **Lassar-Cohn.** 1898. M. 2.—.

Praxis der Harnanalyse. Anleitung zur chemischen Untersuchung des Harns. Nebst einem Anhang: **Analyse des Mageninhalts.** Von Prof. Dr. **Lassar-Cohn. Zweite** Auflage. 1898. M. 1.—.

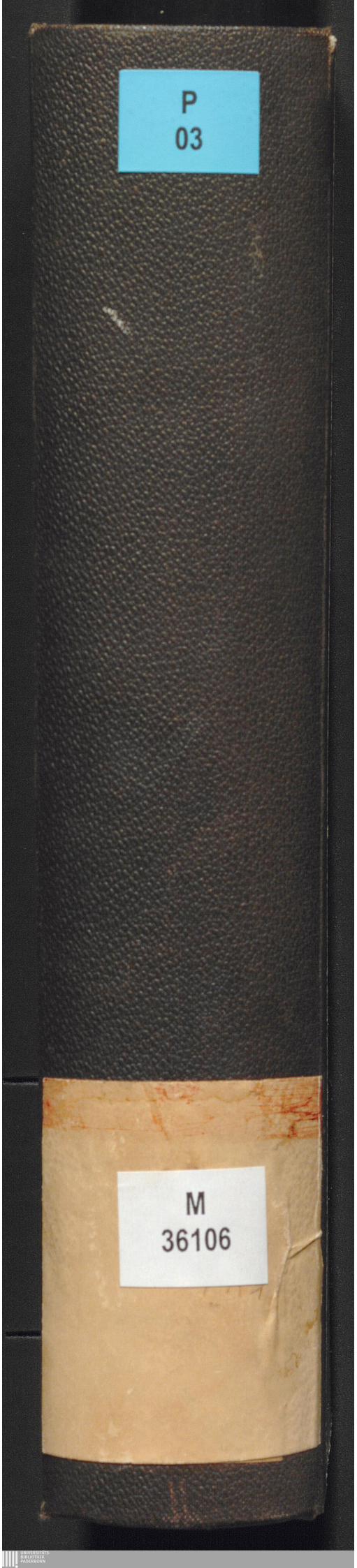
Lehrbuch der Chemie und chemischen Technologie für Real-Gymnasien, Ober-Real- und Gewerbeschulen. Zugleich ein Leitfaden bei Vorlesungen und beim Selbststudium von Dr. **Otto Haussknecht.** Mit 86 Figuren im Text. 1883. M. 4.60.

Elemente der forensisch-chemischen Analyse. Ein Hilfsbuch für Studierende und kurzes Nachschlagebuch. Von Dr. **Joseph Klein.** Mit 9 Holzschnitten. 1890. Gebunden. M. 2.—.

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

03M36106

UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN


P
03
M
36106