



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Technik der Experimentalchemie

Arendt, Rudolf

Hamburg [u.a.], 1900

Erster Abschnitt.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84031](#)

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 Schrank aufzubewahren (s. oben Seite 6 und die tabellarische Zusammenstellung am Ende des „Besonderen Teils“).

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.

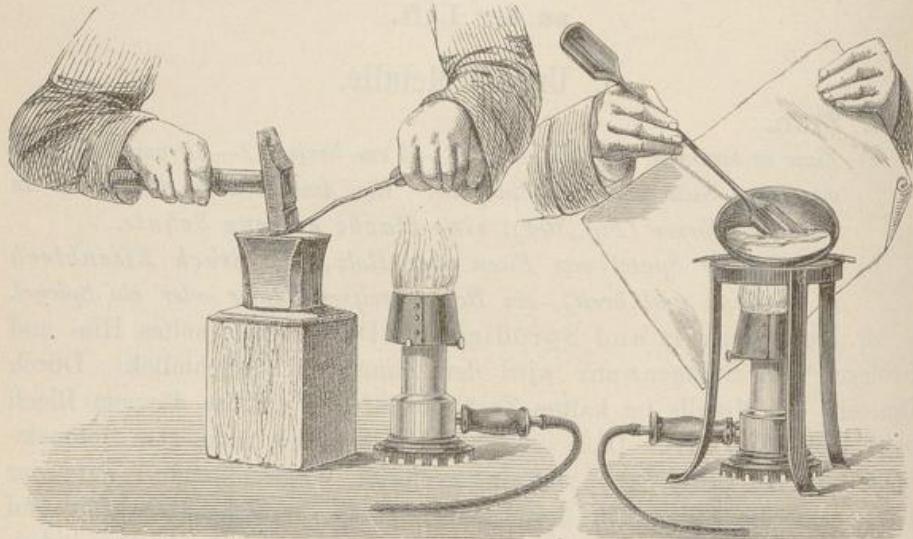


Fig. 451. Hämmern von Zinn.

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 Amboß 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, Amboß und Hammer, eine siedende Kochsalzlösung, ein Schmelziegel, ein Glühofen. Feine Zinkspäne, Zinkstaub.*
- a) *Sprödigkeit und Dehnbarkeit. Im kalten Zustande lässt sich das Zinkblech leicht brechen, die Zinkstangen auf dem Amboß leicht*

zerschlagen. Erwärmst 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. Dafs 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. Dafs es bei stärkerem Erhitzen (Rotglühhitze) mit bläulich-weißer 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 Glasstäbe umröhrt; das an letzterem haftende Metall brennt wie eine Kerze, und der aufwirbelnde Rauch lässt sich durch eine darüber gehaltene Glashölle 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 $\frac{1}{2}$ 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, I, 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 weissem, grauem und halbiertem Roh-eisen; diverse Gufstücke verschiedener Grösse; Schmiedeeisen (□, ○, ▲, △, ⊕, ⊖), sehniges Schmiedeeisen, Feinkorneisen, Flammenflusstahl, Tiegelflusstahl, Puddelschweissstahl, Cementstahl.

- a) *Ein blankes Stahlblech, Asbestpappe.*
- b) *Eisenstaub.*

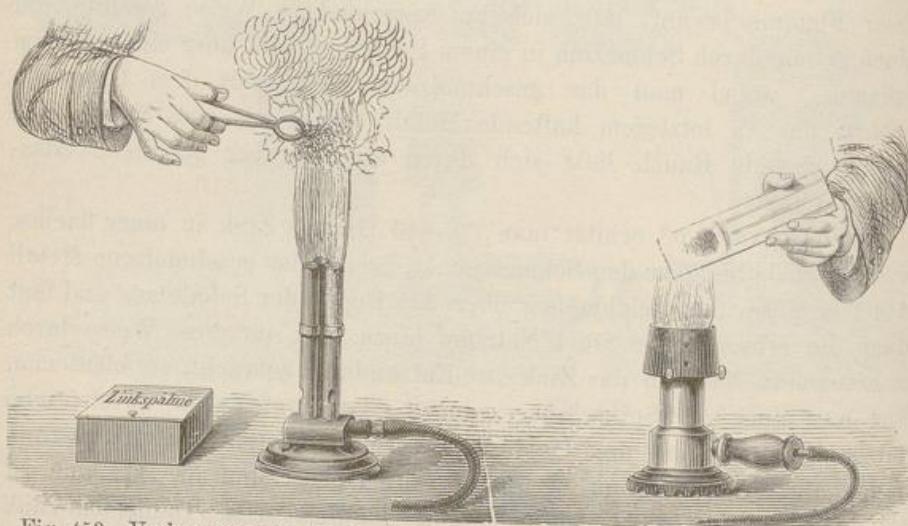


Fig. 453. Verbrennen von Zinkspänen.

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 gleichmäßig und das Blechstück nicht zu groß, 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

mit schönem Funkensprühen. Eine interessante Modifikation dieses Versuchs ist folgende: man mischt eine starke Messerspitze Schießpulver 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 Schießpulver 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 Kadmiuns 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 größerer Leichtigkeit, lässt sich das Kadmium mit Flamme verbrennen, wenn man ein wenig davon in einem kleinen Porzellantiegel (Fig. 455) über der Lampe (Iserlohner oder Gebläse-lampe) 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 Amboß nebst Hammer oder ein eiserner Mörser.*

b) *Ein Schmelztiegel, eine tiefe eiserne Schale.*

a) Sprödigkeit. Die Sprödigkeit des Wismuts lässt sich auf dem Amboß 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 größere 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

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 kühlte 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.

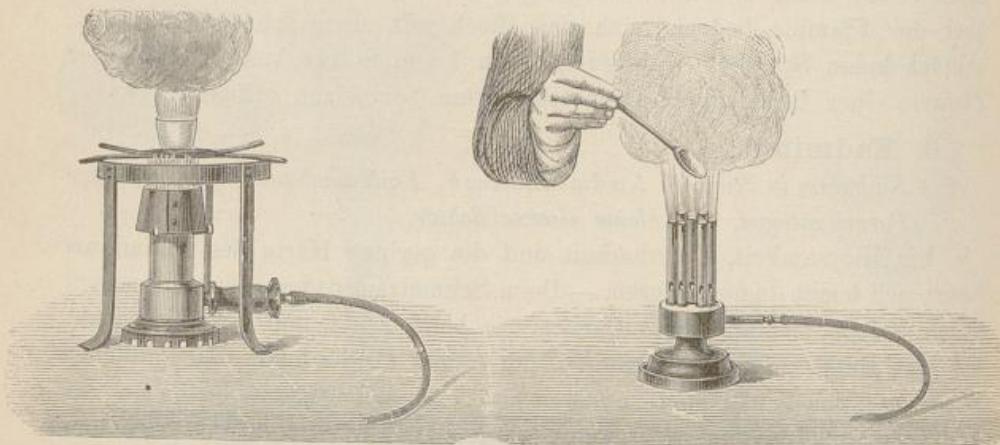


Fig. 455. Verdampfen und Schmelzen von Cadmium.

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, weifsleuchtendem 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,

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 äußerst 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 lässt.
- b) Die Destillation des Quecksilbers aus der Retorte lässt 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 größere Silbermünze.

Das Silberblech wird in der Flamme direkt erhitzt, wobei es rein weiss 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 lässt 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 Blei glätte und die schließliche Beseitigung derselben leicht darthun lässt. 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

Grube eingebohrt ist. Besonders schön lässt sich hier das Abtreiben demonstrieren; nach Zusatz von etwas Blei tritt die Glättebildung sogleich ein, und nach längerem Blasen zeigen sich die Regenbogenfarben und schließlich 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 lässt sich auch mittels des HEMPEL'schen Gasofens (S. 113) im Tiegel ausführen. Derselbe muss 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.

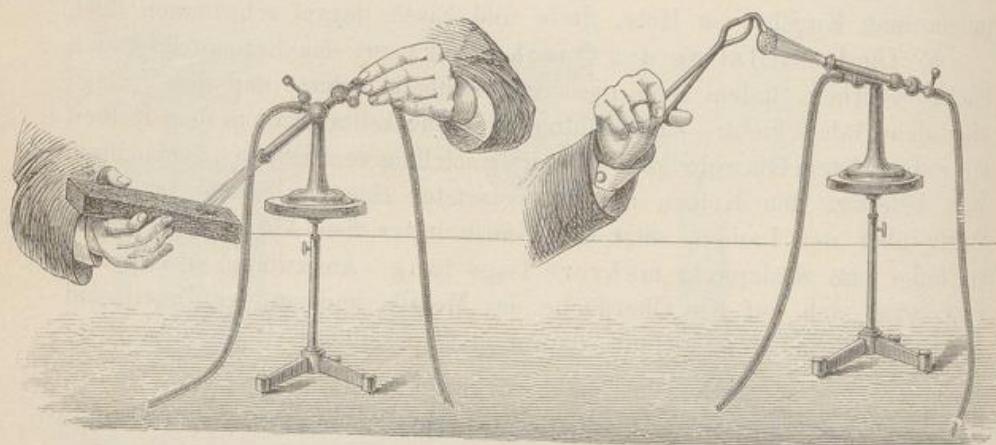


Fig. 457. Schmelzen und Abtreiben von Silber.

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 Weissglut 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.

III. Legierungen.

§ 15. Starre Legierungen.

Schnelllot, Pewter, Schriftgießer- oder Letternmetall, Schrotmetall, Messing, Tombak, Glockenbronze, Kanonen gut, Statuenbronze, Spiegelmetall, Aluminiumbronze, Neusilber — alles in Form von Blechen oder Gussstücken; außerdem 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 $94,5^{\circ}$.
- b) Rose'sches Metall: 2 Teile Wismut, 11 Teile Zinn und 1 Teil Blei; Schmelzpunkt $93,5^{\circ}$.
- 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 Kuperpulver (durch Reduktion von pulverförmigem Kuperoxyd 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 ausgießt.

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 eigenartiges 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

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 Fluss zu bringen, wirft einige Gramm Zinn hinein und setzt das Erhitzen noch längere Zeit fort (Fig. 459 und 460). Dass das Metall hierbei blank geblieben ist, lässt sich erst nach dem Erkalten zeigen, indem man den Tiegel zerschlägt und die Boraxdecke entfernt.

b) Mit Paraffin lässt sich der Versuch in gröfserem Maßstabe ausführen, indem man dasselbe zuerst in der Porzellanschale bei gelinder Wärme schmilzt, dann völlig blankes Zinn hineinbringt und bis über

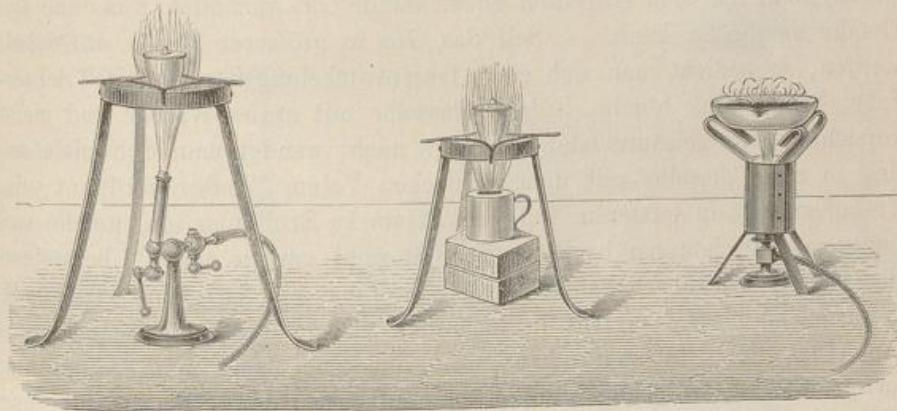


Fig. 459.

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, dass 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 dass 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

Spalt, so dass es schmilzt und beim Schmelzen zwischen die Bleche läuft. Nach dem Erkalten wird die gelötete Stelle gehämmert und geputzt.

§ 19. Entwicklung und Auffangung von Wasserstoff.

Ein Stück Zinkblech, granulierte Zink (rein), reine Salzsäure oder verdünnte reine Schwefelsäure. — Ein Kelchglas, eine Gasentwickelungsflasche mit Kautschukschlauch oder ein Kipp'scher Apparat (Seite 182), eine Krystallisierungsschale 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) granulierte 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 Gasentwicklung 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

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 muß dafür gesorgt werden, daß 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 schließt dann den Ausströmungshahn und schiebt über den Einströmungshahn das Kautschukrohr der Gasentwickelungsflasche, worauf die Glocke alsbald zu steigen beginnt. Nachdem sie völlig aufgestiegen ist, schließt 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, daß man weder beim Füllen Wasser austießen zu lassen, noch beim Arbeiten Wasser nachzugeßen braucht; dagegen ist das Umfüllen des Gases in Cylinder und Flaschen bei jenem bequemer als bei diesem. Auch läßt sich im Glockengasometer kein hoher Druck erzeugen, besonders im Anfange, wenn die Glocke hoch steht. Endlich muß 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 Chlorcalcium-trockenapparatus und saugt am Hahne Luft durch.

ARENDT, Technik. 3. Aufl.

§ 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 Fuszcylinder (Fig. 340a) mit Glasplatte.
- d) Ein gerader Draht mit Lichthülse.
- e) Zwei gleich große 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 daß es mit der Spitze senkrecht

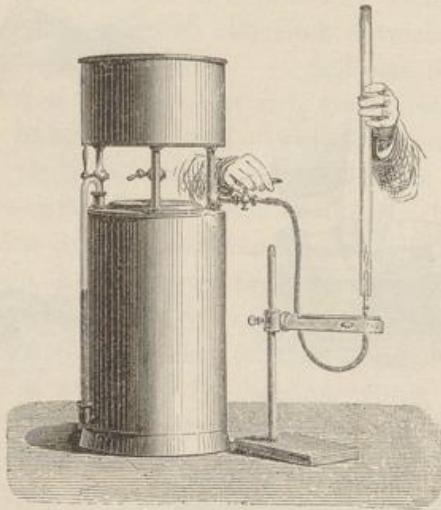


Fig. 465. Chemische Harmonika.

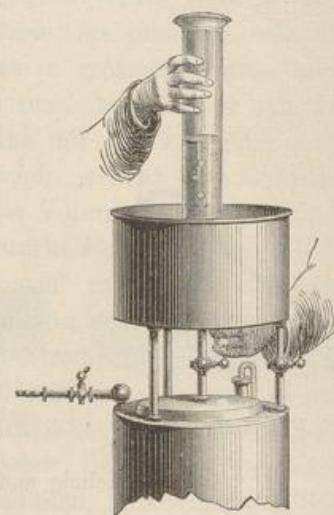


Fig. 466. Füllung eines Cylinders aus dem Gasometer.

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 Vergrößern der Flamme und durch Auf- und Abwärtsschieben der Röhre den Ton hervorzubringen (Fig. 465). Die Flamme zeigt hierbei ein deutlich wahrnehmbares Zittern, veranlaßt durch eine rasche Aufeinanderfolge kleiner Explosionen, welche sich zu einem Tone zusammensetzen. Auch weite,

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 Fußcylinder 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 Gefäß 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.

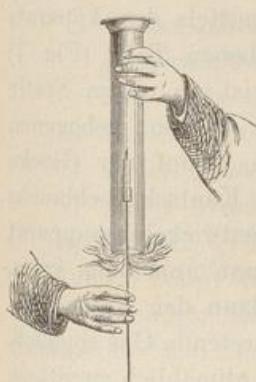


Fig. 467.
Entzündungsversuch mit
Wasserstoff.



Fig. 468.
Spezifisches Gewicht des Wasserstoffs.

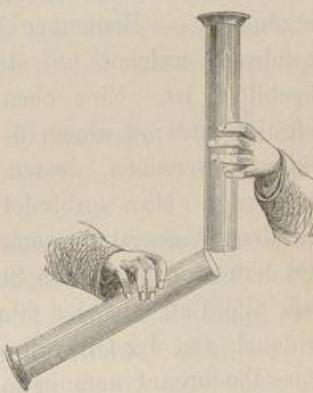


Fig. 469.

d) Wasserstoff verlöscht die Flamme. Soll nun gezeigt werden, daß 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 läßt sich dieser Versuch mittels des Apparats ausführen, welcher auf der diesem Werke beigegebenen Tafel (Fig. 7) abgebildet ist. Eine oben geschlossene Glasmutter ist an einem Stativ befestigt und mit einem 5—8 mm weiten, beiderseits offenen, gebogenen Glasrohr versehen, dessen äußeres 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, daß alle Luft aus der Glocke verdrängt ist, zieht dann den Kautschukschlauch von der Glasmutter 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 Glasmutter 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 großer Flamme anfangs ruhig und gibt schließlich eine starke gefahrlose Explosion.* — In kleinerem Maßstabe 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.

Durch den in Figur 469 dargestellten Versuch wird gezeigt, daß 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 verschließt, mit dem Apparate verbündet (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, daß alle Luft ausgetrieben ist, entzündet man das austromende Gas. Nun erst wird die Röhrenheizlampe angezündet, doch nicht gleich unter das Rohr gesetzt, sondern zuerst dicht daneben so aufgestellt, daß die Flamme seitlich am Rohre vorübergieht 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 läßt 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

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 Wasserstoffentwicklung 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

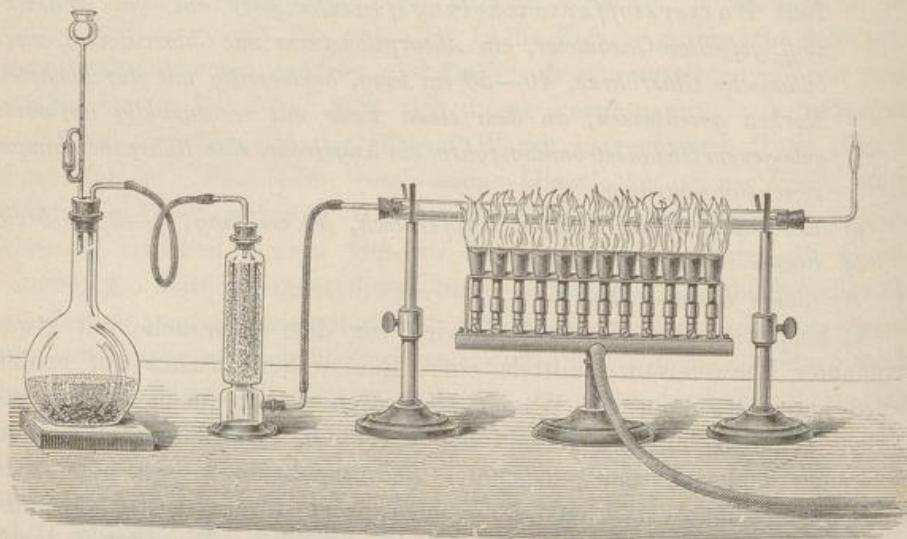


Fig. 470. Glühen von Kupfer im Wasserstoffstrom.

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 Luftstrom oberflächlich zu oxydieren und dann wieder in reinem Wasserstoff 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

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, muß man das Gas zuvor noch durch ein mit Kali gefülltes Absorptionsrohr leiten oder zur Entwicklung 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 Kadmiuns und wird dann, wenn die Schmelzung eintritt, regelmäßig zersprengt. (Man verhütet diesen Übelstand, wenn man das Metall in ein Porzellanschiffchen legt, doch muß man dann weit stärkere Hitze anwenden.) Die Flamme wird nun so verstärkt, daß 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.) erstarrten (KÄMMERER*).

c) Blei. Um Blei im Wasserstoffstrom 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.

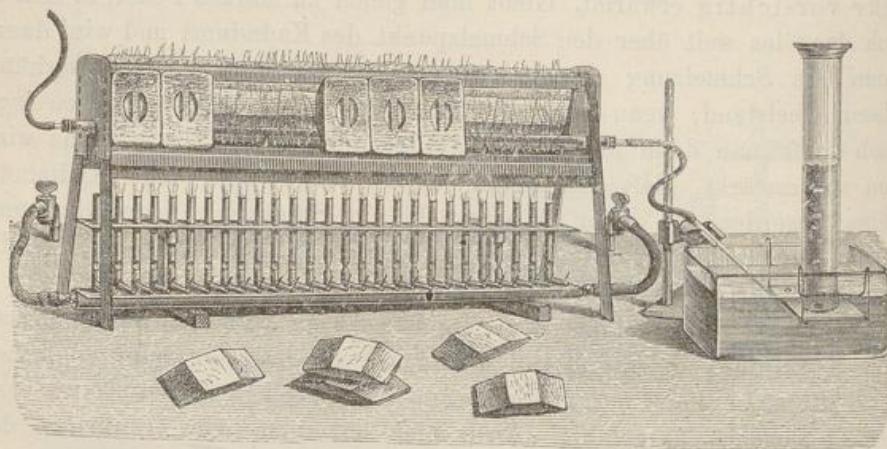


Fig. 471. Glühen von Kupfer im Luftstrom.

§ 22. Erhitzen von Kupfer im Luftstrom. (Qualitativer Versuch.)

Ein böhmisches Glasrohr, 50—60 cm lang, beiderseitig mit durchbohrten Korken verschlossen, in denen kurze Glasmäntel stecken; ein mit Luft gefüllter Gasometer oder ein anderer Luftblaseapparat (Wassertrommelgebläse); Trockenapparate; ein Gasableitungsrohr, eine pneumatische Wanne, ein hoher Fußzylinder. Ein Liebig'scher Verbrennungsöfen (für Holzhölle) 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

lässt man das aus der Glasröhre ausströmende Gas frei austreten, bis man überzeugt sein kann, daß die Oxydation des Kupfers in der Röhre in vollem Gange ist; dann schiebt man das Gasableitungsrohr unter den Fuszcylinder 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.

Muss 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

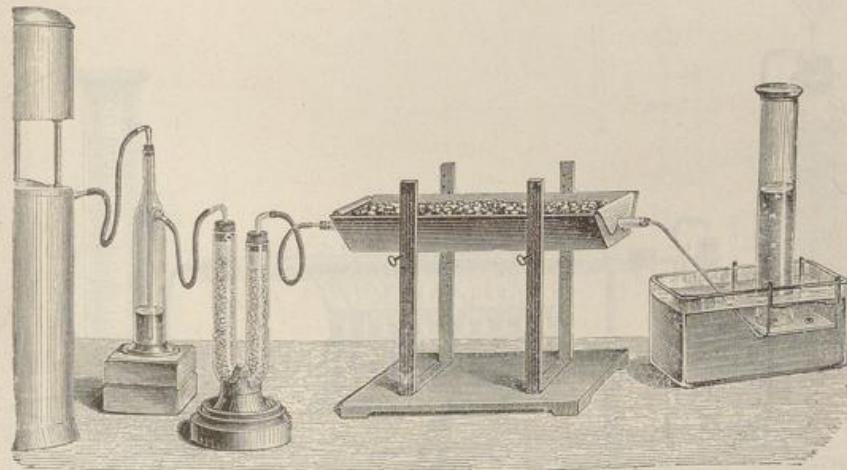


Fig. 472. Glühen von Kupfer im Luftstrom.

mittels einer gewöhnlichen Feuerzange oder Tiegelzange in den Verbrennungsofen, und zwar so, daß das böhmische Verbrennungsrohr allseitig davon umgeben ist. Da der kalte Blechofen anfangs selbst erwärmt werden muss, 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.

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 Luftstrom. (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.

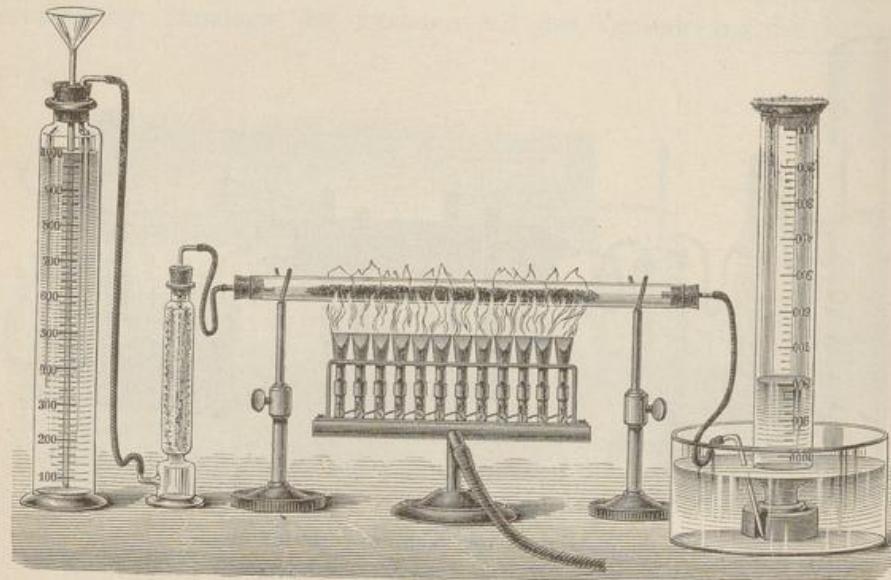


Fig. 473. Glühen von Kupfer im Luftstrom.

- 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, dass das Luftvolum unverändert geblieben ist (die Differenz, welche notwendig durch das Volum des Trichterrohrs veranlaßt 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, dass das Ableitungsrohr nicht in die pneumatische Wanne getaucht wird.

Hierauf erhitzt man das Rohr zum Glühen, bringt die Gasausströmungs-röhre, 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. $\frac{1}{5}$ des Luftvolumens 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-

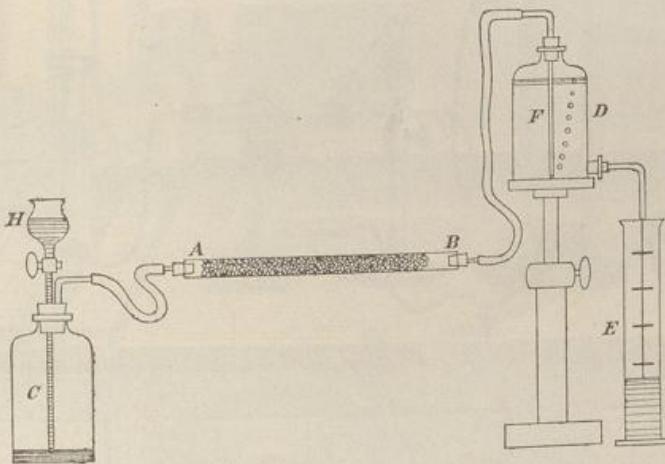


Fig. 474. Glühen von Kupfer im Luftstrom.

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 *A* 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 Füscylinder *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.

Druck im ganzen Apparat ausgeglichen hat, befinden sich im Maßzylinder etwa 395 ccm abgelaufenen Wassers. Die beiden Flaschen *C* und *D* sind durch einen Schirm so zu schützen, daß sie von der strahlenden Wärme des Ofens nicht beeinflußt 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 muß abgezogen werden, wenn man ein wissenschaftlich scharfes Resultat erhalten will.

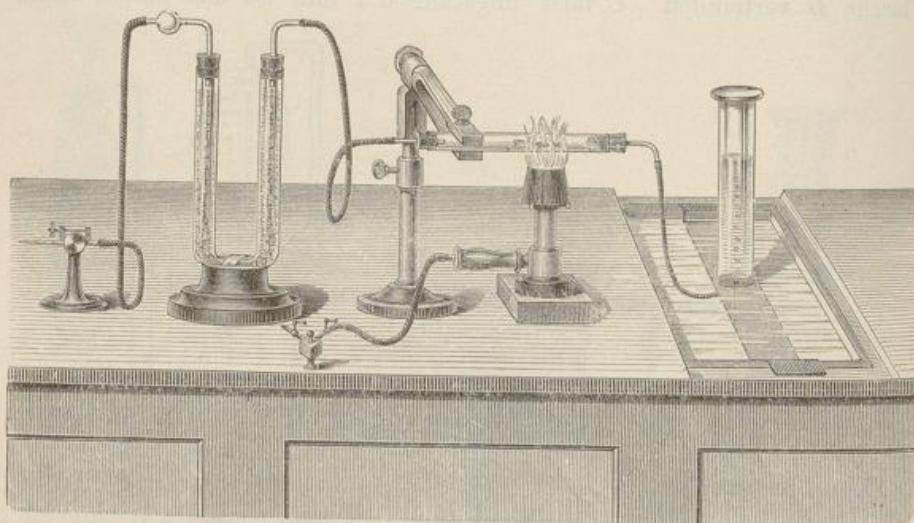


Fig. 475. Verbrennung von Magnesium im Luftstrome.

§ 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 Füllzylinder, ein Präzisionshahn, eine Vorlesungswage.

Das Rohr wird am Ausströmungsende mit dem durchbohrten Kork verschlossen, ein looser Asbestpropfen 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

noch nicht in die pneumatische Wanne getaucht werden. Durch Unter-
setzen der Lampe erhitzt man die Stelle, wo das Magnesiumband liegt,

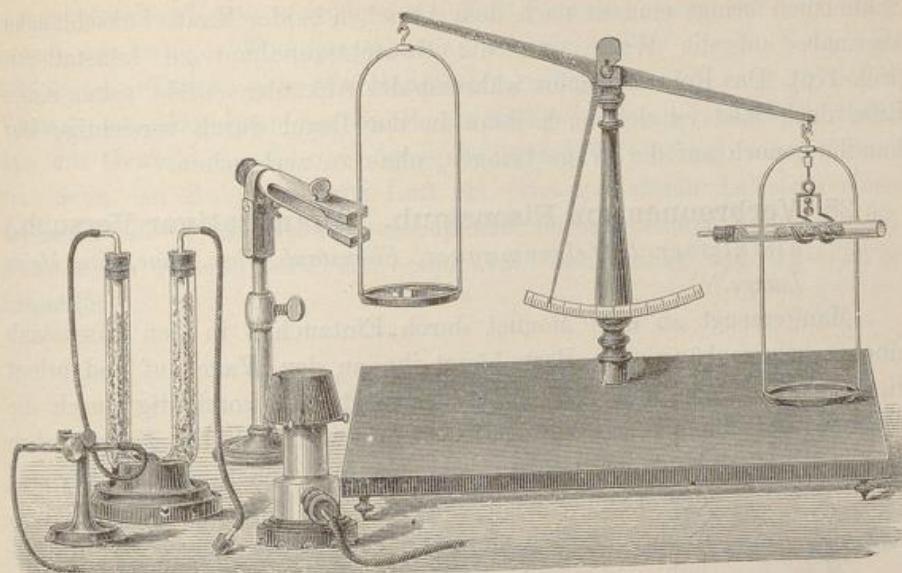


Fig. 476. Gewichtszunahme des Magnesiums beim Verbrennen.

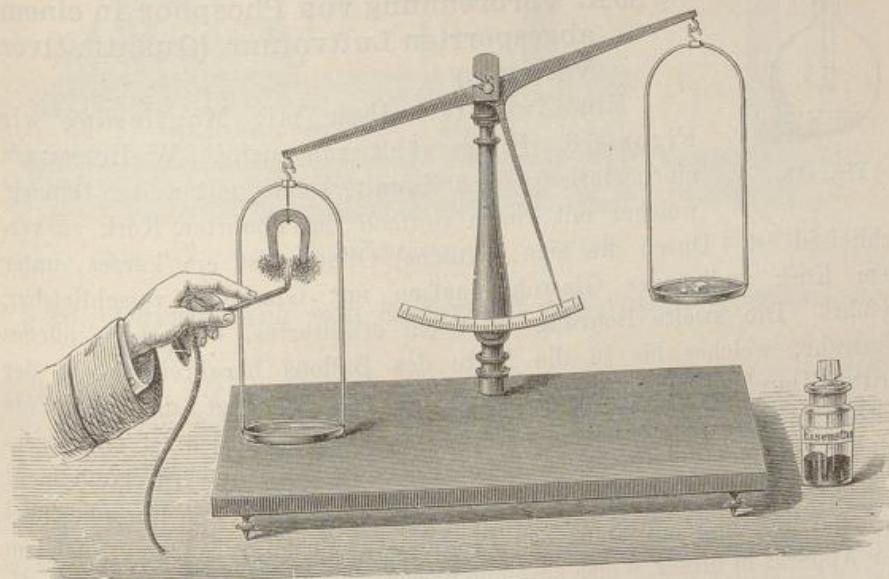


Fig. 477. Gewichtszunahme des Eisens beim Verbrennen.

anfangs schwach, dann stärker und dreht den Hahn so weit auf, daß 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 lässt nach dem vollständigen Verbrennen des Magnesiums das Rohr erkalten. Schließlich 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 Riss, doch lässt 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*).

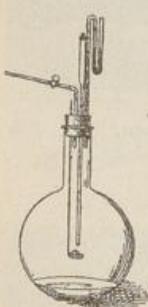


Fig. 478.

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 verschließen ist. Durch die eine (seitliche) Öffnung ist ein kurzes, unter dem Kork endigendes Glasrohr, außen mit Glashahn verschließbar, 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, dass 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 Abschluss 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.

wird der Apparat gewogen, ein kurzes Stück erhitzten Kupferdrahts (welches mit gewogen wurde) durch die mittlere Glasküvette 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, dass 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 lässt sich eine Gewichtszunahme von 0,5—0,6 g konstatieren.

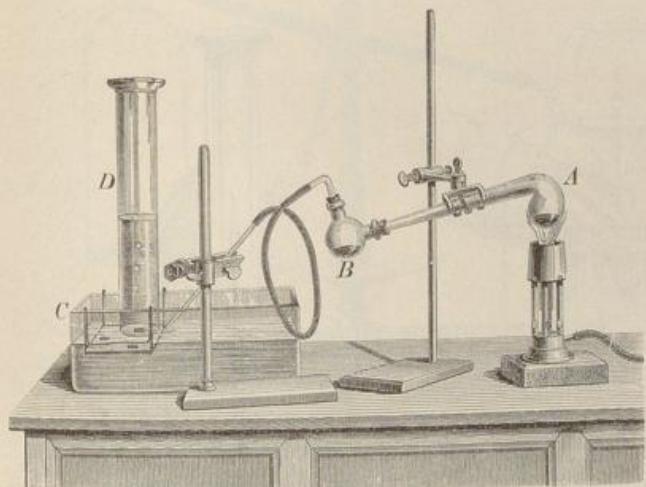


Fig. 479.

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 Fußzylinder; 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-

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 Fußcylinder.

Benutzt man den Apparat (Fig. 481), so füllt man das cylindrische Glasgefäß mit Wasser, entzündet das Licht, bringt es in die durch die

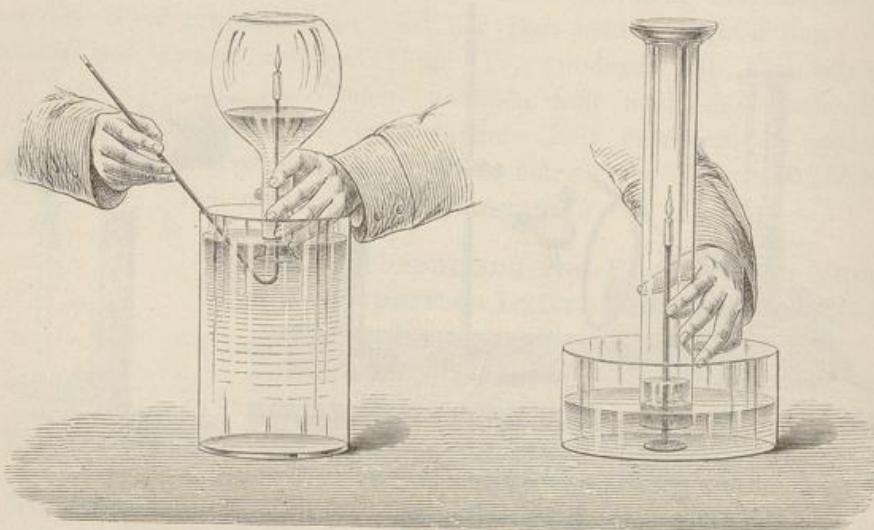


Fig. 481.
Verbrauch von Sauerstoff beim Verbrennen von Licht.

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 muß. Doch läßt sich derselbe Zweck auch hier erreichen, wenn der Fuß der Lichthülse aus einer ebenen Metallplatte besteht, welche groß genug ist, um die untere Öffnung des Cylinders zu bedecken.

§ 28. Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze.

Ein Glaszyylinder, 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 verschließt. 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

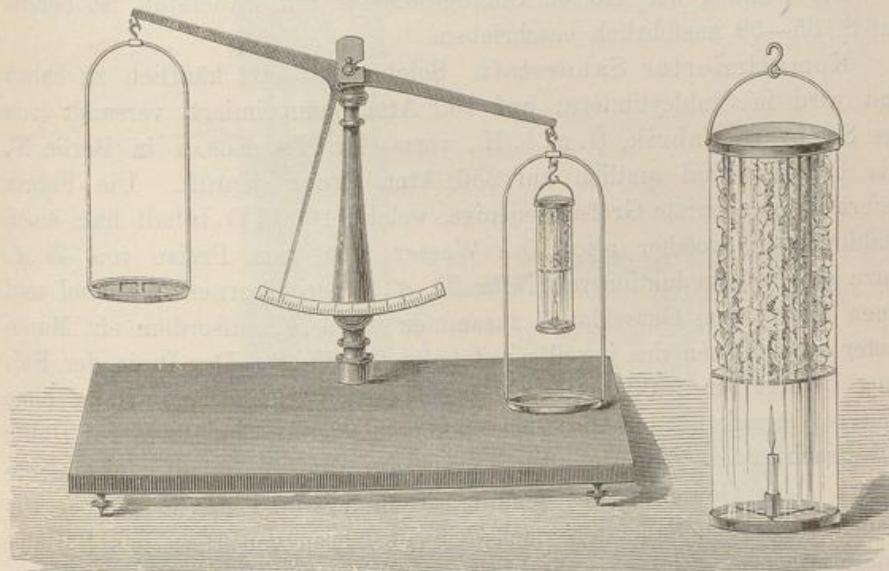


Fig. 483. Gewichtszunahme beim Verbrennen von Licht. Fig. 484.

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 $\frac{1}{3}$ seiner Höhe durch ein weitmaschiges starkes Drahtnetz in zwei Teile geteilt. Der obere Teil wird mit haselnussgroßen 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 fliesst 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 grossen.

Die Füllung der grossen Standgasometer mit Sauerstoff ist bereits auf S. 35—39 ausführlich beschrieben.

Komprimierter Sauerstoff. Solcher ist jetzt käuflich zu haben und wird in Stahlcyclindern, 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 Größe diejenige, welche 1000 l O Inhalt hat: einen Stahlcylinder, welcher also 10 l Wasser fast zum Preise von 45 M. Dazu ein Druckreduktionsventil für 25 M., einen eisernen Schlüssel und einen Nippel zum Gasschlauch zusammen für 4 M., außerdem 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. Erlemeyer'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

Versuchs zu überzeugen, dass die Schläuche und Röhren für die Gasableitung vollkommen frei und übrigens weit genug sind, um selbst großen Gasmengen bequem den Durchtritt zu gestatten. Das chlorsaure Kali wird fein gepulvert und mit zwei Dritteln 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

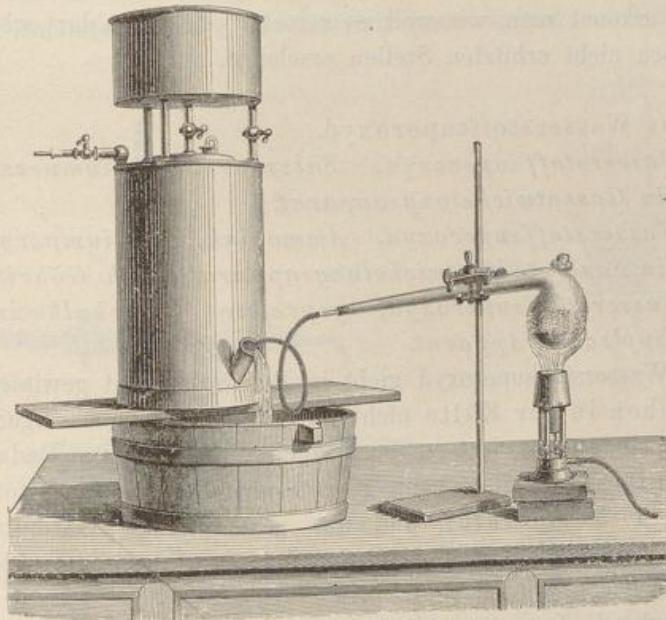


Fig. 485. Darstellung von Sauerstoff im kleinen.

mußt 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 lässt man das Gas zuerst durch eine mit Kalilauge gefüllte Flasche streichen.

Als Gasentwickelungsgefäß nimmt man entweder eine Retorte oder besser einen ERLMAYER'schen Kolben, der seines ebenen Bodens wegen eine mehr gleichmäßige Erwärmung des Gemenges gestattet. Die Entwicklung 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 Entwicklung des oben genannten Sauerstoffrohrs bedient. Dasselbe wird mit dem Gemenge zu $\frac{3}{4}$ — $\frac{4}{5}$ gefüllt, mit dem durchbohrten Korke verschlossen und dann horizontal auf dem Tische aufgeklopft, so daß 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 Entwicklung 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 Wasserstoffsperoxyd.

- a) *Wasserstoffsperoxyd, Salzsäure, Kaliumpermanganat. Ein Gasentwickelungsapparat.*
- b) *Wasserstoffsperoxyd, Ammoniak, Kaliumpermanganat. Ein Sauerstoffentwickelungsapparat nach Göhring.*
- c) *Wasserstoffsperoxyd, geprefste Chlorkalkwürfel, ein Kipp'scher Apparat.*

Das Wasserstoffsperoxyd 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 läßt man zu einer mit Salzsäure versetzten Lösung von Wasserstoffsperoxyd eine konzentrierte Lösung von Kaliumpermanganat fließen, worauf sofort die Gasentwicklung beginnt, während das Permanganat zum Manganosalz reduziert wird.

b) GÖHRING* schlägt vor, das Wasserstoffsperoxyd durch Ammoniakkzusatz alkalisch zu machen und dazu eine verdünnte Lösung von Kaliumpermanganat fließen zu lassen. Letzteres wird hierbei zu Mangansperoxyd reduziert, welches in braunen Flecken in der Flüssigkeit schwimmt. Um den Gang der Gasentwicklung 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 $2-2\frac{1}{2}$ l und ist an der Außenfläche 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 angibt.

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 Phenolphthalein. Soll der Apparat in Thätigkeit gesetzt werden, so läßt man aus der Ammoniakbürette so viel Alkali zufliessen, daß die Flüssigkeit deutlich alkalisch reagiert, und kann nun durch Zusatz weniger Tropfen Permanganatlösung die Sauerstoffentwickelung in Gang bringen,

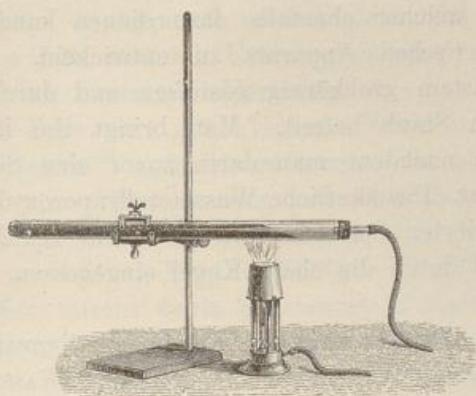
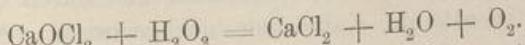


Fig. 486.

Sauerstoffentwickelungsrohr. Sauerstoffentwickelung aus Wasserstoffperoxyd.

die selbstthätig ihren Fortgang nimmt. Um sie zu unterbrechen, läßt man Phosphorsäure bis zur deutlich sauren Reaktion zufliessen; ein erneutes Alkalischmachen bringt die Entwicklung wieder in Gang. Der Sauerstoff ist ammoniakhaltig und muß durch eine Waschflasche mit Schwefelsäure geleitet werden.

c) Auch mit Chlorkalk entwickelt Wassersperoxyd Sauerstoff nach der Gleichung



Diese Reaktion benutzt VOLHARD,* um Sauerstoff aus dem KIPP'schen Apparat zu entwickeln. Der Chlorkalk wird durch starken Druck zu Würfeln geprefst (s. Darstellung von Chlor), welche man in die



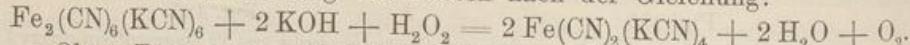
Fig. 487.

* Liebig's Annalen, Bd. 253, S. 246. — Chem. Centr.-Blatt 1889, II, S. 633.

mittlere Kugel des Apparats bringt. Als Zersetzungslösigkeit 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 zweckmäßig, einen Überschuss von Chlorkalk anzuwenden, sonst wird die Entwicklung 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 außer 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 gestoßen 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:



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 regelmäßigm 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.

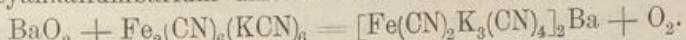
** Chemiker-Zeitung, Bd. 18, S. 1302. — Chem. Centr.-Blatt 1889, II, S. 840.

3. Aus Bariumsuperoxyd.

- a) Geprefste Würfel aus Bariumsuperoxyd und Braunstein, Salzsäure, ein Kipp'scher Apparat. — Geprefste Würfel aus Chlorkalk und Bariumsuperoxyd, Salzsäure, ein Kipp'scher Apparat.
- b) Gepulvertes Ferricyankalium, Bariumsuperoxyd, ein Gasentwickelungsapparat.

a) Schon G. NEUMANN* hat empfohlen, zur Sauerstoffentwicklung geprefste 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 Brausteins Chlorkalk, ebenfalls mit BaO_2 zu Würfeln geprefst, 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 Entwicklung 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 Ferrocyanbarium umsetzt nach der Gleichung



Man mischt beide Substanzen in Pulverform und nimmt auf 1 Teil Bariumsuperoxyd $2\frac{1}{2}$ 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 Gasentwicklung 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.

darin vornehmen, wobei noch der Vorteil erwächst, daß die sauren Verbrennungsprodukte von der alkalischen Lösung grosenteils 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 $2\frac{1}{2}$ fache Menge des Superoxyds braucht, nach. Die Entwicklung des Gases geht so ruhig und gleichförmig von statten, wie die von Kohlensäure aus Marmor.

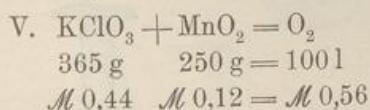
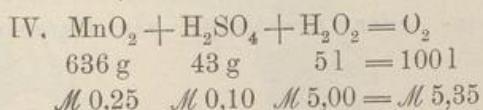
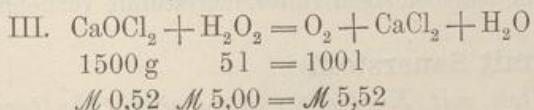
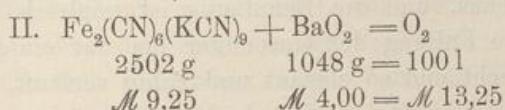
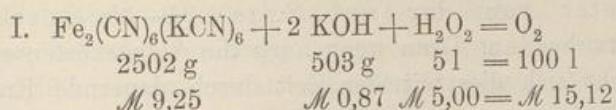
Nachdem diese zahlreichen neueren Methoden der Sauerstoffdarstellung bekannt geworden sind, kann man in Verlegenheit geraten, welche derselben im gegebenen Falle anzuwenden sei. Daher sind vielleicht folgende Bemerkungen am Platze.

Hat man keine gröfseren Vorratsgefäß 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 Entwicklung 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 KRIPP'schen Apparats. Doch ist im letzten Falle der Sauerstoff chlorhaltig und muß durch Kalilauge gewaschen werden.

Werden gröfsere 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 ergibt. Es sind dabei folgende Preise pro kg (bei H_2O_2 pro l) zu Grunde gelegt:

Braunstein (80 prozentig)	gröblich gekörnt	kg	\mathcal{M}	0,35
"	feinpulvrig	"	"	0,45
Ferricyankalium	"	"	"	3,70
Kaliumhydrat	"	"	"	1,75
Bariumsuperoxyd (75 prozentig)	"	"	"	4,00
Chlorkalk (35 prozentig)	"	"	"	0,35

Schwefelsäure kg \mathcal{M} 0,20
 Kaliumchlorat " " 1,20
 Wasserstoffsuperoxyd (3 prozentig) . . 1 l " 1,00



VI. Komprimierter Sauerstoff in 1000 l-Cylinder (ohne Anschaffungskosten für die Apparate): $100 \text{ l} = \mathcal{M} 1,00$

Hiernach schwanken die Herstellungskosten für 100 l Sauerstoff zwischen $\mathcal{M} 15,12$ und $\mathcal{M} 0,56$,

wobei noch zu bemerken ist, dass 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 $\mathcal{M} 16,56$ stellt. Hiernach sind die Preisunterschiede zwischen I—IV einerseits und V und VI andererseits zu bedeutend, als dass jene vier ersten Methoden bei der Darstellung des Sauerstoffs im groszen in Frage kommen könnten. Die Methoden I, III und IV, bei denen Wasserstoffsuperoxyd gebraucht wird, verlangen überdies so grosse Mengen Flüssigkeit, dass 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 grosser Gasometer sind, von besonderem Werte sein, da ihnen hierdurch für letztere unter Aufwand verhältnismässig geringer Anlagekosten ein guter Ersatz geboten ist. Die dazu

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 grosse 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, daß 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 passt und seitlich eingeschnitten ist, ein eiserner Draht. — Schwefel, Phosphor.

- a) Die Uhrfederspirale verbrennt man in der Glasglocke; diese wird in der pneumatischen Wanne nach Verschluß des Tubulus mit Sauerstoff gefüllt und dann mittels des Unterznapfes 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 grossen 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 erbsengroßes Stück in den Phosphorlöffel bringt, einen schmalen Streifen Zunder so unterlegt, daß 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

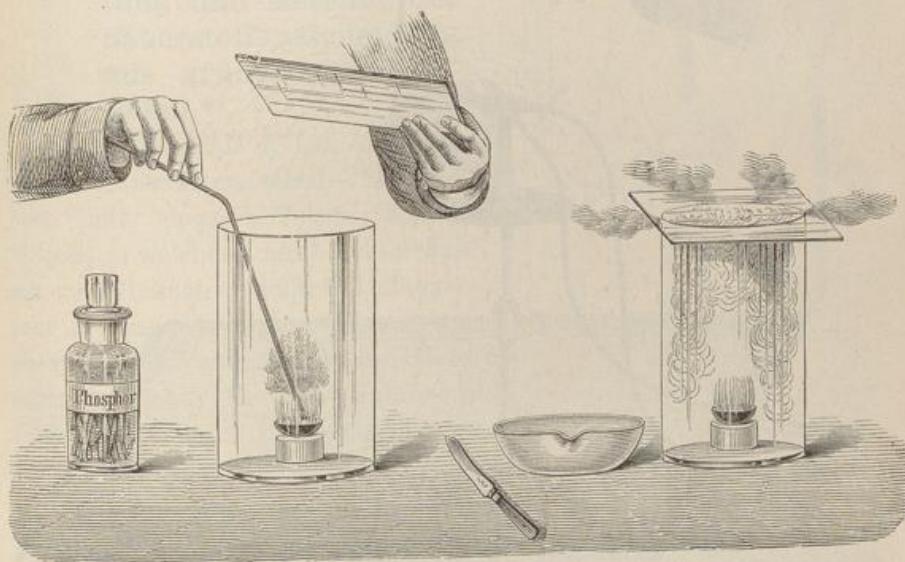


Fig. 490. Verbrennung von Phosphor in Sauerstoff.

(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 Fließpapier (nicht Reiben!) sorgfältig ab, legt es in ein kleines Thonschälchen, welches man auf einem Chamotteuntersetzer in das Cylinder Glas bringt, macht den Eisendraht warm (nicht glühend), berührt den Phosphor damit ganz leise und deckt die Glasplatte auf. Das Cylinder Glas füllt sich bald mit weißem Rauche, von welchem ein Teil unter der Glasplatte hervorgeblasen wird.

* Man fasse außer Wasser den Phosphor nur mit der Pinzette an und hüte sich beim Schneiden davor, daß nicht etwa ein Splitter unter den Fingernagel kommt. Sollte dies geschehen sein, so taucht man die Hand unter Wasser und beseitigt den Splitter.

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.

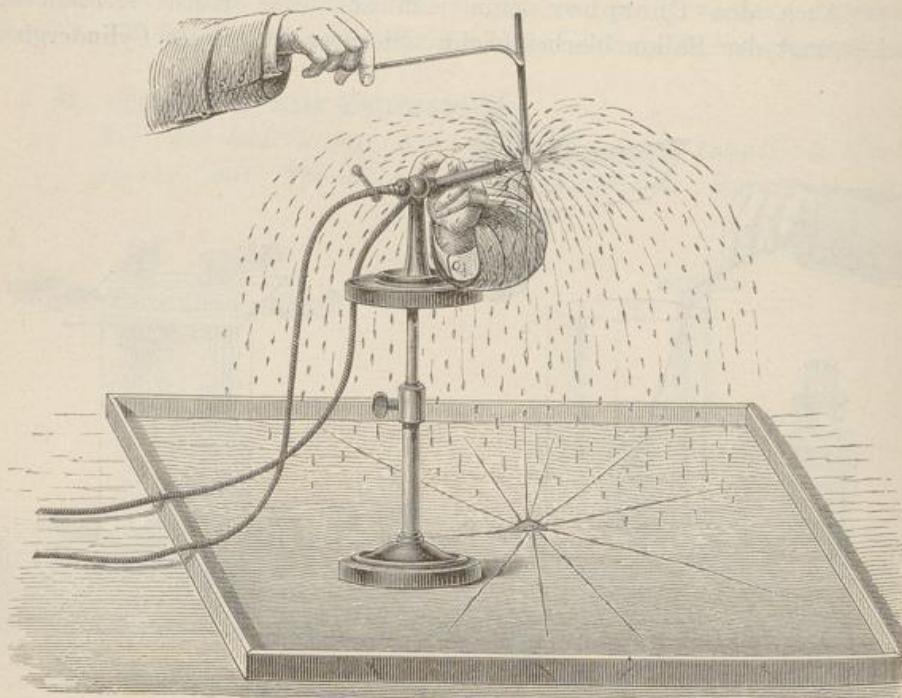


Fig. 491. Sauerstoffgebläselampe.

§ 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 Gusseisenstäbe 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 einem 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*

(a. a. O.) Sauerstoff ein und erhält eine mit blendendem Glanze leuchtende Flamme. Verstärkt man dann die Sauerstoffzufuhr unter entsprechender Ermässigung 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 lässt.

§ 32 A. Apparat zur Beobachtung und Messung der Sauerstoffausscheidung aus grünen Pflanzenteilen.*

Das Glasgefäß *K* hat die Form eines ERLENMEYER'schen Kolbens, oben mit eingeschliffenem hohlen Stöpsel, in welchem durch Schliff das mit zwei Hähnen versehene Auffangrohr *S* eingesetzt ist. *W* ist eine pneumatische Wanne, welche den Glassöpsel umgibt. 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

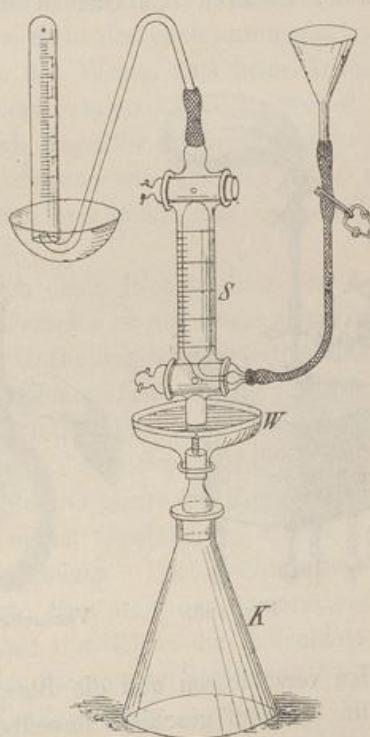


Fig. 492. Sauerstoff aus grünen Blättern.

in die Sonne, während der obere Hahn von *S* geschlossen, der untere aber so gestellt ist, daß *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 Eingießen von Wasser in das Trichterrohr verdrängt.

§ 33. Knallgas.

Eine tubulierte Glasglocke (500—800 ccm) mit aufgesetztem Kork und Rohr mit Quetschhahn, eine hinreichend große 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

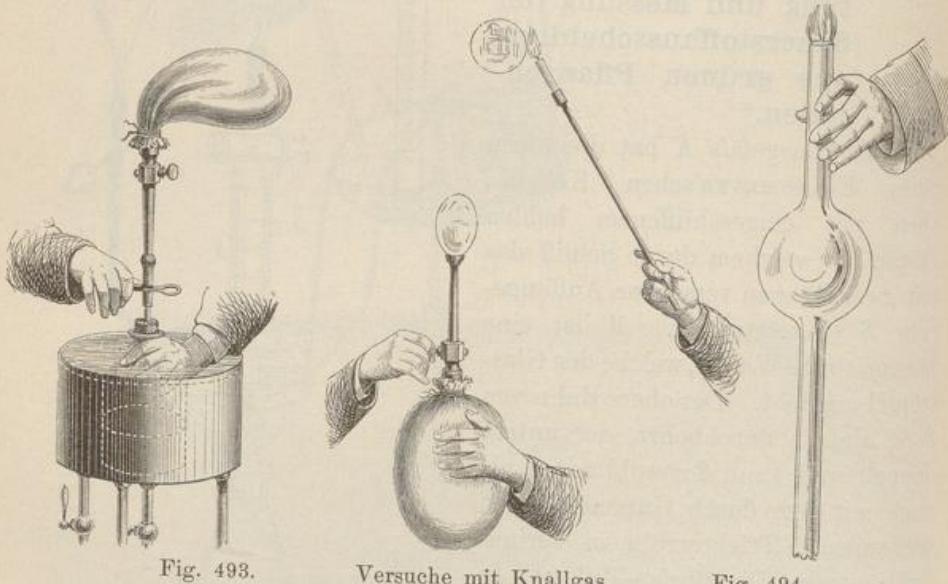


Fig. 493.

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 folgendermaßen: 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.

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 fasst. Bei einiger Übung gelingt dies fast jedes Mal.

REMSSEN* empfiehlt, die Entzündung in folgender Weise zu bewirken. Einer der größten Glastrichter wird etwa 5—6 Fuß über dem Experimentertische 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, daß 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 losreißen 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 Fuß 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 austräumt, daß 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 Experimentertisches und kann nun leicht die Seifenblasen so aufsteigen lassen, daß sie sicher mit der Flamme in Berührung kommen.

Das in der Blase rückständige Knallgas bläst man in das Seifewasser, nachdem man dasselbe in eine eiserne Schale gegossen hat, und entzündet den grossblasigen Schaum mit einem langen Spane.

§ 34. Explosive Gemenge aus Wasserstoff und Luft.

Ein hoher Fusscylinder, 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 Glasmutter, 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 lässt sich auf verschiedene Art bewirken.

a) Im Cylinder. Der Fuscyylinder wird in der pneumatischen Wanne zu $\frac{2}{7}$, 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.

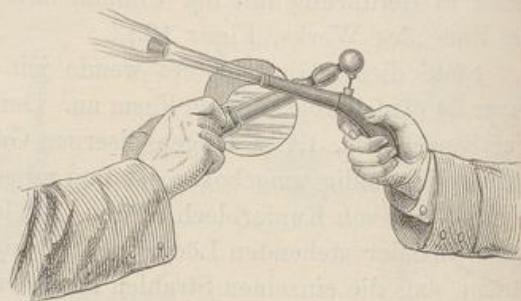


Fig. 496. Abschießen der elektrischen Pistole.

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 Körbchen mit granuliertem Zink und Säure zur Wasserstoffentwicklung. Eine kleine Elektrisiermaschine, eine Influenzmaschine oder ein Elektrophor aus Hartgummi mit Fuchsschwanz und kleiner Leydener Flasche oder ein Funkeninduktor.

* Die obere Öffnung der Explosionspipette muss verjüngt sein, damit das Wasserstoffgas nicht zu schnell ausströmt.

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, dass 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 dass 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 lässt den elektrischen Funken überschlagen, wozu man sich entweder der in Figur 496 dargestellten kleinen Elektrisiermaschine oder eines Induktionsapparats oder auch der

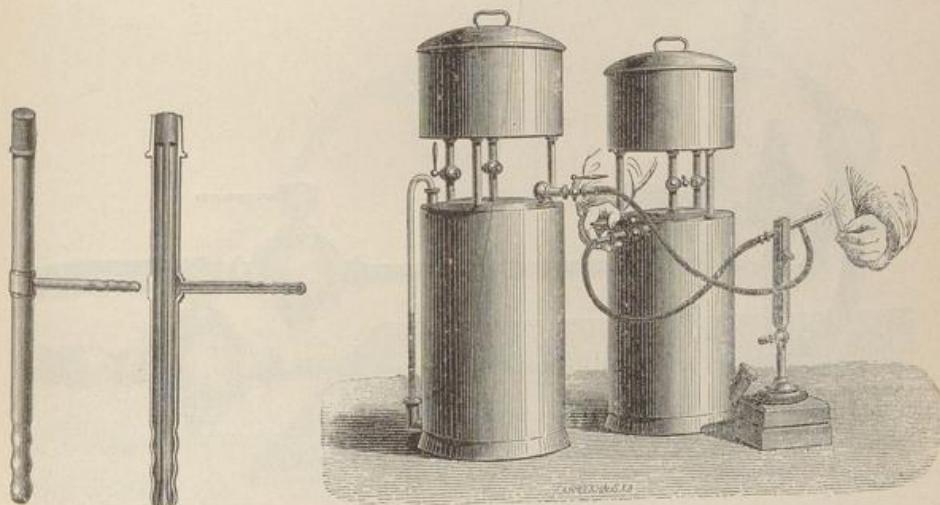


Fig. 497. DANIELL'scher Hahn.

Fig. 498. DRUMMOND'sches Licht.

Leydener Flasche bedient. Letztere stellt man sich aus einem großen Probierglase her, indem man dessen umgebogenen Rand gerade absprengt. Die äußere 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 lässt gut trocknen. Ein nicht zu dicht schließender Kork wird mittels eines Messingdrahtes, der oben eine Kugel trägt, durchbohrt, das untere Ende des Drahtes mit mehreren feinen Drähten verbunden und der Kork mit warmem Siegellack in die Öffnung des Rohrs eingesetzt, auch der äußere Rand des letzteren noch mit Siegellack überzogen. Das Abschießen der Pistole geschieht, indem man den nach außen 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 außen 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 grölsere

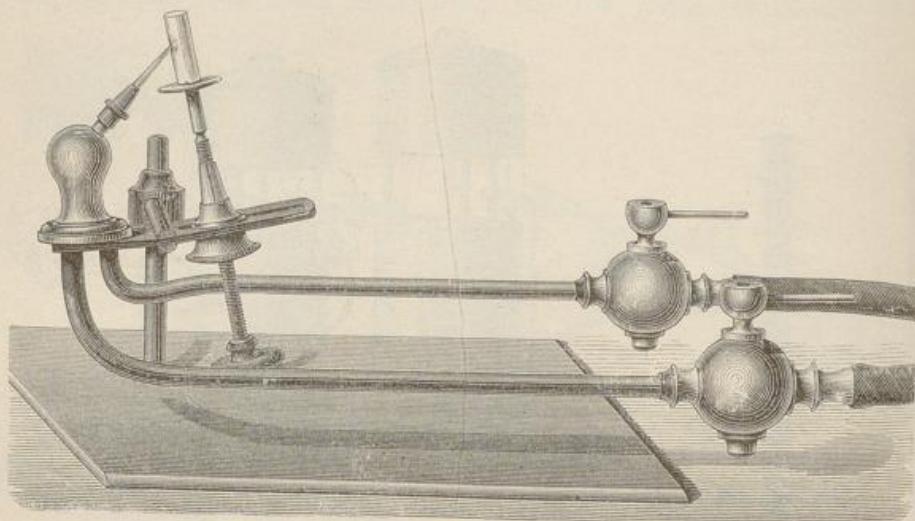


Fig. 499. Knallgasgebläse für DRUMMOND'sches Licht.

Wirkungen ist das Knallgasgebläse (Fig. 499) zu empfehlen. Beide sind nach dem gleichen Prinzip konstruiert, derart, daß Wasserstoff und Sauerstoff sich erst unmittelbar vor ihrem Austritte mischen, so daß 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 schließt. 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, dass 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 muss es deshalb zuerst in den Gasometer füllen.

Statt der Kalkcylinder, welche den Nachteil haben, dass sie sich

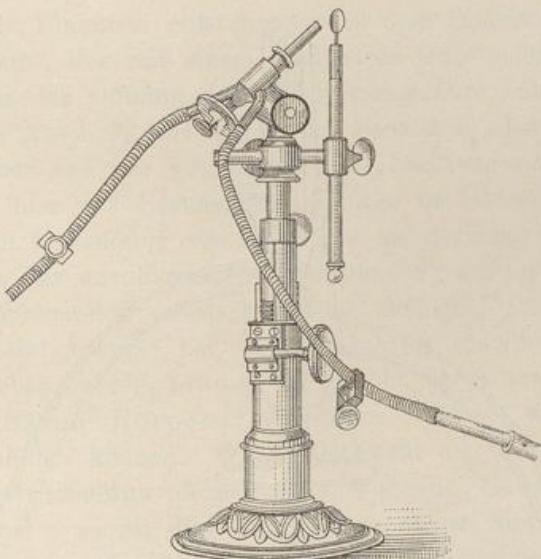


Fig. 500. LINNEMANN'sche Leuchtgas-Sauerstofflampe.

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 äusserer Ansicht und in Figur 501 in natürlicher Grösse im Durchschnitt abgebildet ist, tritt das

* Monatshefte für Chemie, Bd. 6, S. 899. — Chem. Centr.-Blatt 1886, S. 261.
23*

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 angepassten Erweiterung umgeben ist. Diese ist außen mit sechs kleinen Längsrinnen und drei Querrinnen versehen, welche das Leuchtgas passieren muss und sich dadurch im ganzen Querschnitt der Ausflussoffnung gleichmäßig verteilt. Eine solche Einrichtung ist notwendig für das richtige Funktionieren der Flamme. Das

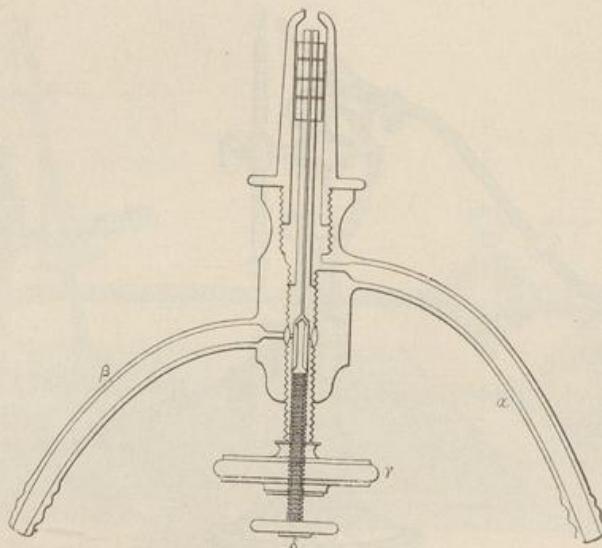


Fig. 501. LINNEMANN'sche Lampe.

untere Ende der Sauerstoffdüse ist außen mit einem Schraubengewinde versehen und kann durch den Schraubenkopf γ gegen die Ausflussoffnung 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, dass der Sauerstoff einen mindestens 10—15fachen Überdruck gegen das Leuchtgas hat, damit letzteres nicht schon innerhalb der Brennerdüse sich mit ihm mischt, sondern erst außerhalb 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 außerordentlich 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 Richtigstellung 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 Fußcylinder 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 Ausströmungsrohre 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, daß hier das Brennmaterial immer im Überschuß 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, daß sie sagen: „Sauerstoff brennt im Wasserstoff“, so ist dies nur in dem obigen Sinne zu verstehen.

Am einfachsten läßt sich die umgekehrte Flamme zeigen, wenn man den hohen Fußcylinder (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 größten 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

in mancherlei Weise modifiziert. J. THOMSEN* empfiehlt zuerst folgenden Apparat: Man fertigt zwei 1 cm lange und 1 mm weite Platinröhren durch Zusammenrollen von ganz dünnem Platinblech, schmilzt diese in enge Glasröhren ein und steckt letztere 1—1,5 cm voneinander entfernt in einen Kautschukpropfen. 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

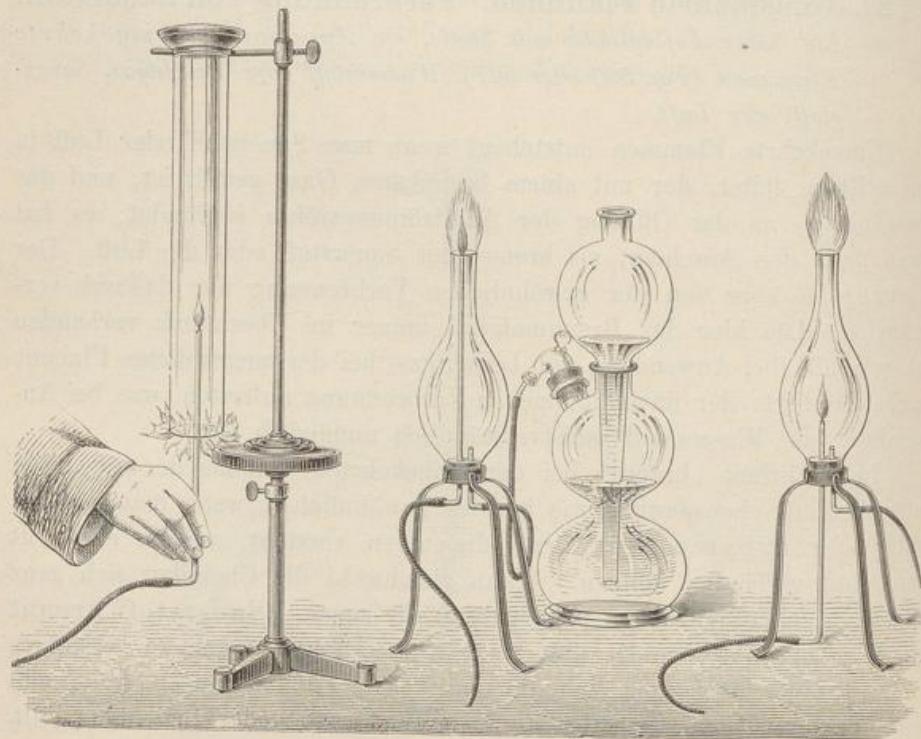


Fig. 502.

Fig. 503.
Umgekehrte Flammen.

Fig. 504.

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 läßt sich beliebig oft wiederholen. Während der Sauerstoff brennt, tritt ein Überschuß von Wasserstoff aus der oberen Mündung des Cylinders und läßt sich entzünden, so daß 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 läßt 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

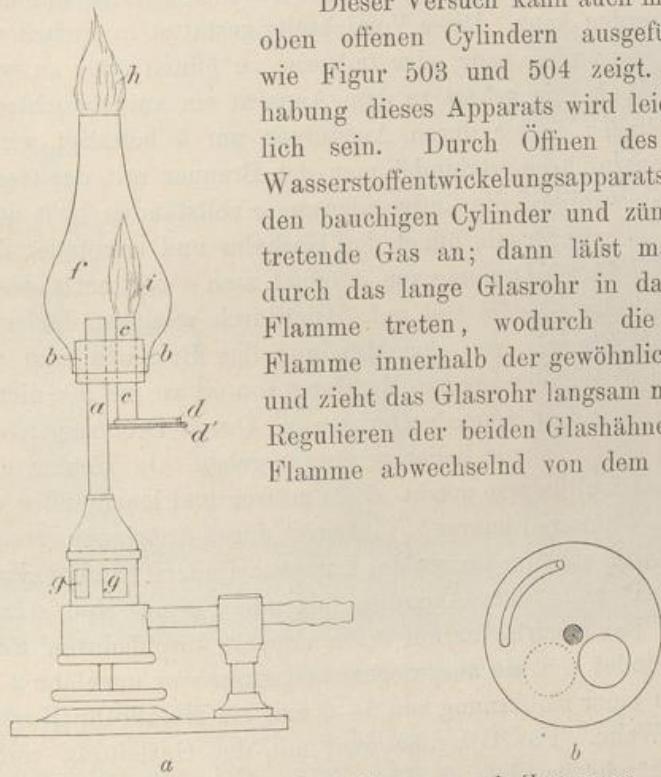


Fig. 505. Umgekehrte Flammen nach HABERMANN.

zum anderen. Die Glasmündungen 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 Korkpropf *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, daß *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 schließen (Fig. 505*b*). 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,



Fig. 506.

schließt die Luftregulierung *g* vollständig, hebt den Glasylinder 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 Größe geben. Je kleiner man die Luftflamme macht, desto größer und leuchtender wird die äußere Flamme *h*. *i* läßt sich durch Aufbringung eines Glüh-

körpers (Drahtnetz etc.) im Innern des Lampencylinders leuchtend machen.

V. WARTHA* giebt dem Apparate folgende Form: Man setzt einen weitbauchigen Lampencylinder auf einen doppelt durchbohrten Kork. In dem Kork 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 daß 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 Luftröhr kann man, wenn man den Gasstrom so geregelt hat, daß 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

* Poggendorff's Annalen, Bd. 141, S. 470. — Chem. Centr.-Blatt 1871, S. 113.

einem anderen Gasleitungshahne verbunden ist, so daß 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.

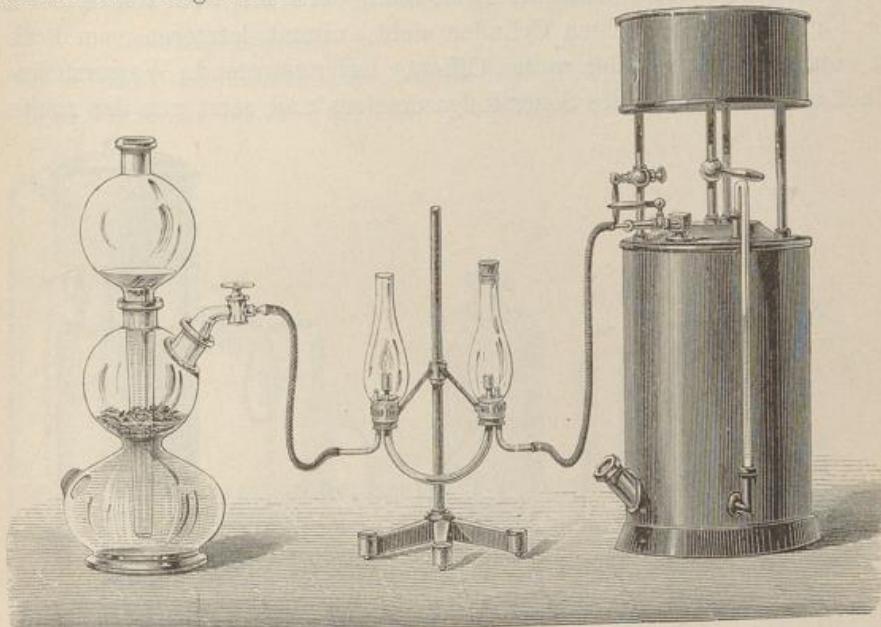


Fig. 507. Umgekehrte Flammen.

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 verschließen: In der einen Bohrung steckt das Sauerstoffzuführungsrohr, welches bis in die Kugel hineinreicht und am unteren Ende nach oben umgebogen ist, so daß die Ausströmungsöffnung etwa in der Mitte der Kugel steht; außerdem 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 verschließt die Öffnung mit einem Kork. Die Verbrennung des Sauerstoffs geht in dieser Weise ganz gefahrlos und ruhig von statt.

* *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.

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, lässt alle Luft aus dem Cylinder zur Linken austreiben, verschließt ihn dann oben mit dem Kork, der in der Figur auf dem rechten Cylinder steht, nimmt letzteren vom Kork ab, entzündet das aus der weiten Öffnung frei austretende Wasserstoffgas, öffnet auch den Hahn des Sauerstoffgasometers und setzt nun den zweiten

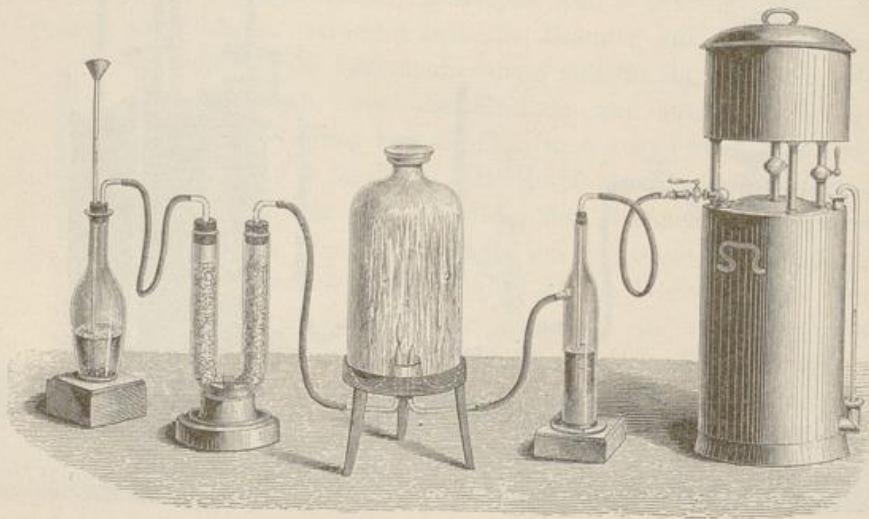


Fig. 508. Bildung von Wasser.

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 hindurchschlüpf't und nun im anderen Cylinder erscheint; doch brennt jetzt der Sauerstoff im Wasserstoff. Durch abwechselndes Verschließen 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, daß die Flammen auf größere Entfernung hin sichtbar sind.

§ 38. Bildung von Wasser durch Verbrennung von Wasserstoff.

- Eine tubulierte Glocke mit Stöpsel und Gaseinströmungs-röhren, auf Dreifuss (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

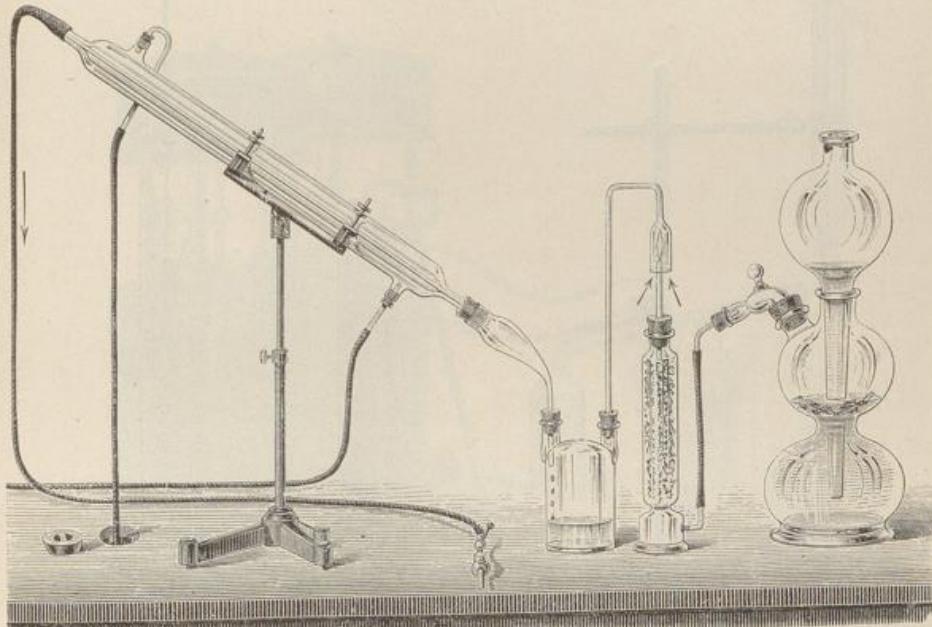


Fig. 509. Bildung von Wasser.

dem Dreifuß, 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 heiß, dass der Versuch unterbrochen werden muss.

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.

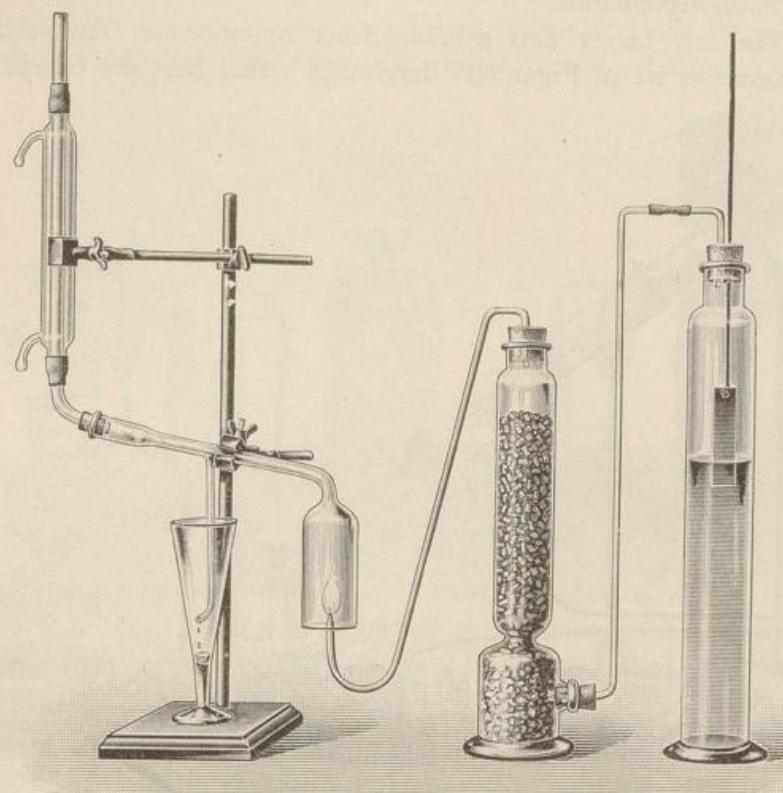


Fig. 510. Bildung von Wasser.

d) Nach F. C. G. MÜLLER* läfst man das Gas aus einem DANIELL'schen Hahne brennen, welcher in einen Glasvorstoß 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 Überschuß ist,

* Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 9, S. 1629.

und man kann hiernach die Gasströme so regulieren, daß 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 Kork verschlossen, durch dessen Bohrung der Brenner des DANIELL'schen Hahns und ein Glasrohr von 5 mm äußerer Weite und 15 cm Länge geführt sind. Letzteres endigt dicht am Kork. Dieser Ballon wird an einem hohen eisernen Stativ verkehrt aufgehängt, so daß der Brenner des DANIELL'schen Hahns nach oben, das Glasrohr nach unten gerichtet ist.

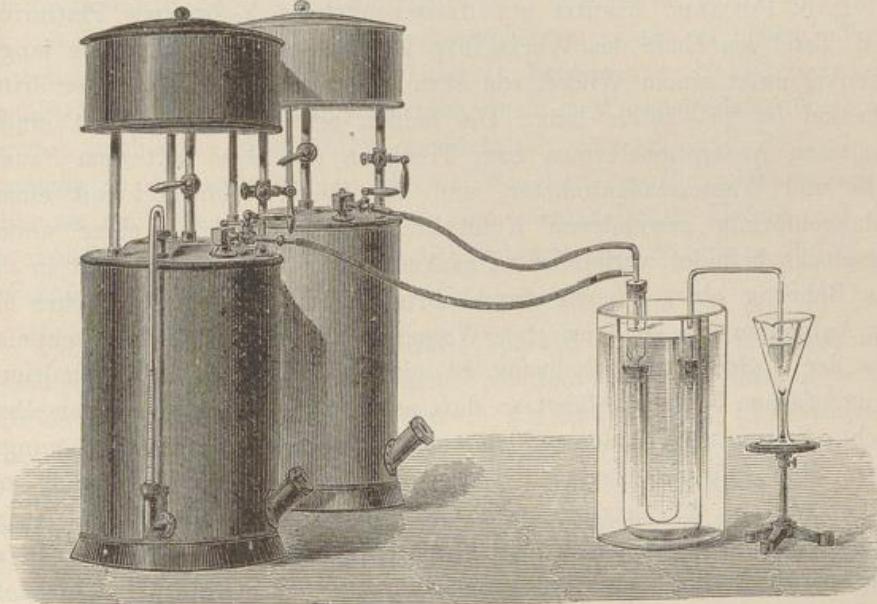


Fig. 511. Bildung von Wasser.

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 Kühlrohre mit einem etwa 6 cm langen, offenen Glasrohre durch Kork verbunden. Um den Versuch zu beginnen, nimmt man den Ballon vom Kork, zündet das

* *American Chemical Journal*, Bd. 2, S. 246. — *Chem. Centr.-Blatt* 1881, S. 259.

Wasserstoffgas an und öffnet den Sauerstoffhahn, darauf setzt man den Kolben wieder auf. Die Wasserdämpfe werden im Kühlrohre kondensiert und das Wasser fließt in ein untergesetztes Becherglas. Sobald sich eine hinreichende Menge Wasser angesammelt hat, stellt man das Glas so, daß das untere Ende des Kühlrohrs ins Wasser eintaucht, und kann nun durch Stellung der beiden Gashähne die Flamme so regulieren, daß weder Sauerstoff, noch Wasserstoff austritt. Bei der Ausführung ist keine weitere Vorsicht nötig, als etwa in dem Falle, daß die Flamme während des Versuchs durch Zufall verlöscht. Dann muß 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 ersten 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 Ausflussende des letzteren ist in die eine Bohrung eines doppelt durchbohrten Korks eingesetzt, welcher ein zur Aufnahme des kondensierten Wassers bestimmtes Gläschen schließt. Aus der anderen Durchbohrung ist ein Rohr nach einer zweihalsigen WOULFE'schen Flasche geführt, so daß 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 Wasserstoff ein und entfernt hierauf die Lampe. Das Platinrohr gerät hierdurch an der Vereinigungsstelle der beiden Gase in lebhaftes Weißglühen und leuchtet weithin. Durch Regulierung der Gasströme gelingt es auch hier wieder leicht, den Versuch so zu leiten, daß 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, daß ein mehr

* Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft, Bd. 10, S. 180. — Chem. Centr.-Bl. 1877, S. 242.

oder weniger großer Anteil des Gases (je nach der Stärke des Stroms) auch in den für die Zuleitung des Sauerstoffs bestimmten Schenkel ein-dringt, von hier aus in den Trockenturm diffundiert und sich mit dem darin enthaltenden Sauerstoff zu Knallgas mischt. Die Folge wäre, daß 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 muß man sich vorher überzeugt haben, daß im Sauerstoffgasometer genügender Druck vorhanden ist, um das Gas sicher in den Wasserstoffstrom hinein zu blasen. Wohl zu beachten ist auch, daß bei längerer Fortsetzung des Versuchs der Gasdruck weder im Sauerstoffgasometer, noch im Wasserstoffentwickelungsapparat nachlässe, damit nicht nachträglich dennoch eine Bildung von Knallgas im Apparate erfolge. (Es sind das dieselben Vorsichtsmaßregeln, 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 großem 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 läßt unter Anwendung derselben Vorsichtsmaßregeln, 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, daß im Sauerstoffgasometer ein genügender Druck vorhanden ist, den Quetschhahn. Das Ausströmungsrohr wird mit der Kühlslange verbunden.

Beide Versuche sind im höchsten Grade effektvoll und dadurch besonders anschaulich, daß man das vollständige Verschwinden der beiden

* Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft, Bd. 12, S. 1122. — Chem. Centr.-Bl. 1879, S. 496.

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 lässt 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.

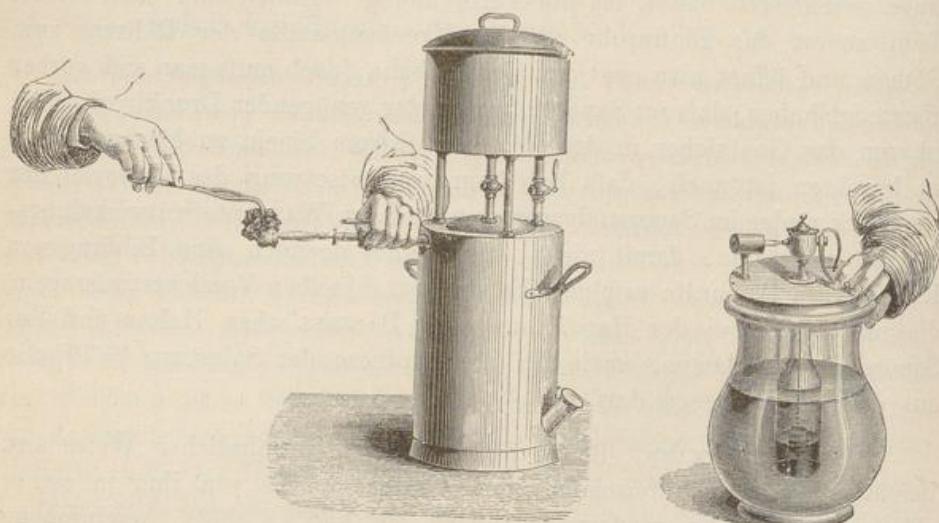


Fig. 512.
Erglühen von Platinblech in Wasserstoff.

Fig. 513.
DÖBEREINER'sche Zündmaschine.

Wenn ein Platinblech in einem feinen Strahle ausströmenden Wasserstoffs erglühen soll, muss es äußerst dünn gewalzt sein. Man braucht es dann nur bauschig zusammenzudrücken, und mittels der Zange dem austretenden Gase entgegenzuhalten (Fig. 512). Sicherer gelingt der Versuch mit Platinschwamm in der DÖBEREINER'schen Zündmaschine (Fig. 513).

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, daß 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 $\frac{1}{2}$ —3 cm weit, 15 cm hoch. Ein Kolben zur Entwicklung 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 läßt es in dem mit Quecksilber gefüllten Rohre aufsteigen, bis dasselbe damit gefüllt ist. Hierauf glüht man ein Stück zuvor zurechtgeschnittene Holzkohle (Buchsbaumkohle) im be-

deckten Platintiegel stark, nimmt es glühend heraus, taucht es sogleich unter das Quecksilber und bringt es in das mit Gas gefüllte Rohr. Als bald beginnt die Absorption unter Aufsteigen des Quecksilbers (Fig. 516). Die Kohle muss rundlich geschnitten sein, so dass 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) absorbiert 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 stößt, muss Sauerstoff, Stickstoff oder Wasserstoff nehmen, welche indes in viel

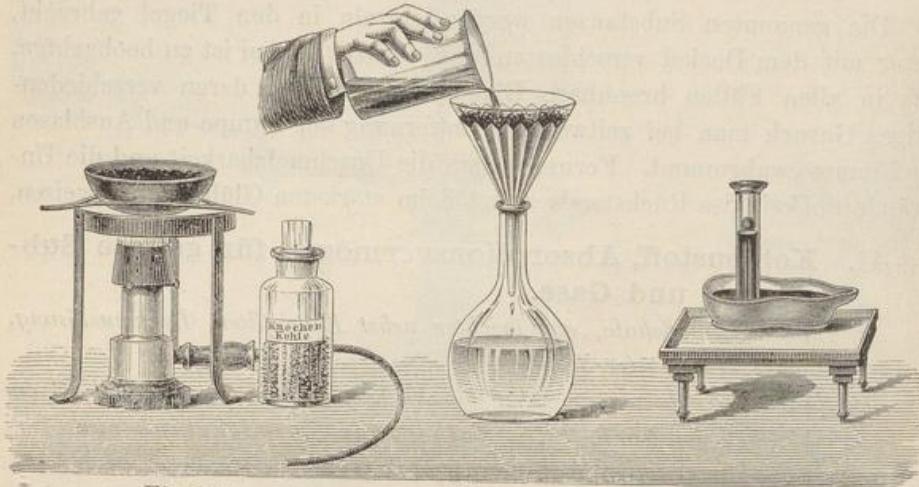


Fig. 514.
Absorption von Farbstoffen durch Kohle.
Fig. 515.
Absorption von Gasen durch Kohle.
Fig. 516.

geringerem Masse 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 Fußzylinder, ein weiter Fußzylinder, dazu ein Gestell mit 4 Lichern, eine Gasausströmungsrohre, 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 Fußzylinder gesteckt. Hierauf

erhitzt man die Holzkohle von außen her zum Glühen und leitet Sauerstoff in nicht zu raschem Strome ein, wobei man nach einiger Zeit mit einem brennenden Holzspäne 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, daß der Kork durch fortspringende glühende Kohlenteilchen in Brand gerät, was zu vermeiden ist. Man schiebt deshalb zwischen Kork und Kohle beiderseitig einen lockeren Asbestpropfen ein. Ferner kommt das Glasrohr durch die intensive Hitze

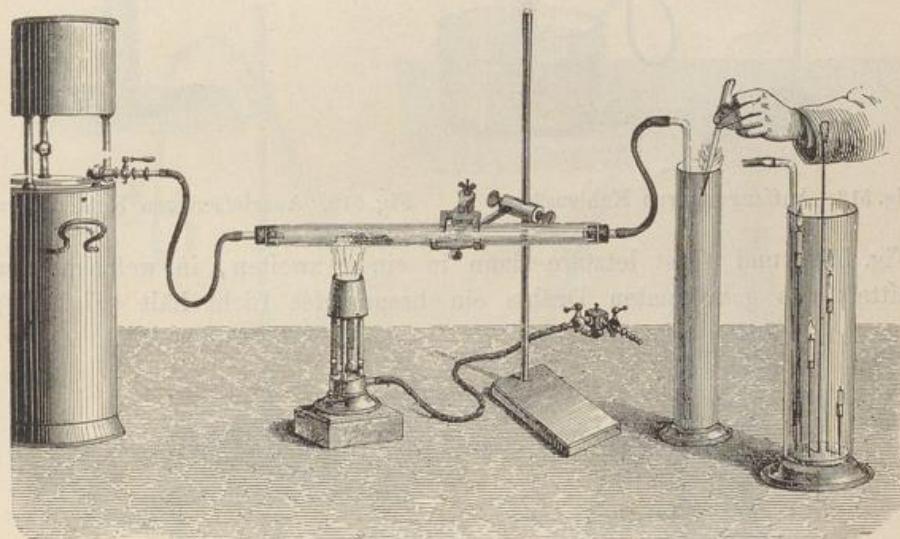


Fig. 517. Verbrennung von Kohlenstoff.

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 Verbrennungsrohre, daß es sich dicht an die innere Wand derselben legt und diese ganz auskleidet. Man richtet es dann bei dem Versuche so ein, daß die Kohle nur innerhalb des Platinblechs zum Verbrennen kommt. Will man größere 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 Asbestpropfen 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.

a) Das hohe spezifische Gewicht der Kohlensäure lässt sich auch durch Ausgießen derselben zeigen. Man füllt einen Cylinder in der pneumatischen Wanne über warmem Wasser mit Kohlensäure

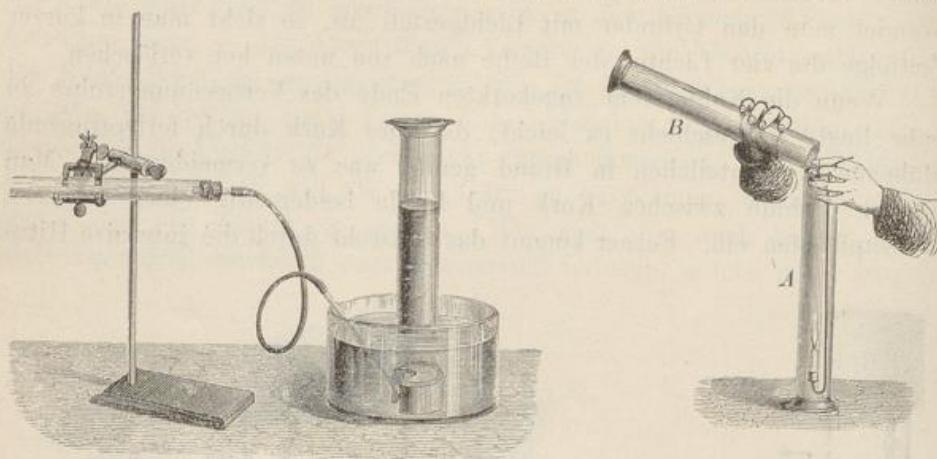


Fig. 518. Auffangung von Kohlensäure.

Fig. 519. Ausgießen von Kohlensäure.

(Fig. 518) und gießt letztere dann in einen zweiten, in welchen man mittels des gekrümmten Drahts ein brennendes Licht hält (Fig. 519).

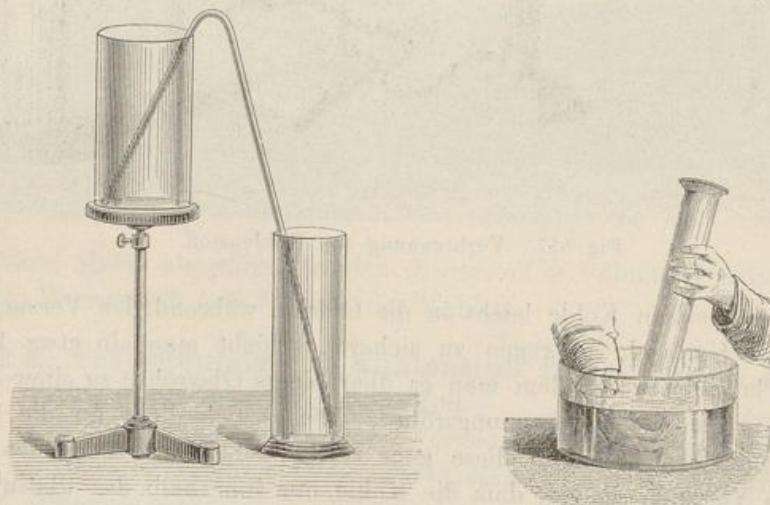


Fig. 520. Ausgießen von Kohlensäure durch den Heber.

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 Fließpapier auf den Cylinder

und auf dieses wiederum die Glasplatte; hierauf halte man ihn einige Zeit verkehrt, bis sich das Wasser in das Fließpapier gezogen hat. — Wie man die Kohlensäure mittels eines Hebers aus einem Glase in ein anderes fließen lassen kann (BÖTTGER), zeigt Figur 520. Das obere Glas wird gefüllt, indem man das äußere 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, daß die Kohlensäure in letzterem immer höher steigt.

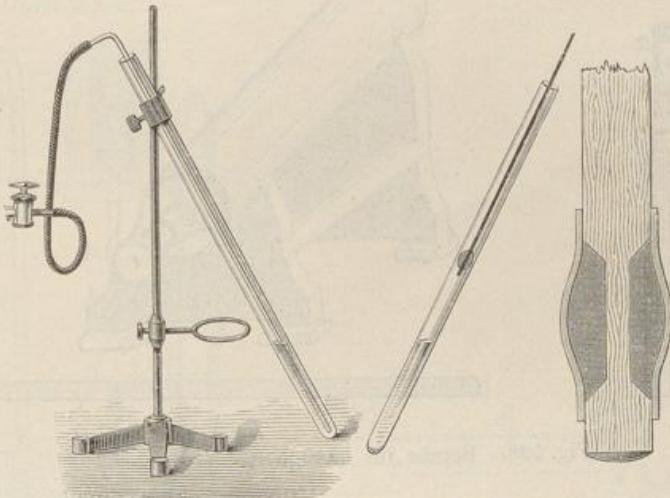


Fig. 522. Einpressen von Kohlensäure in Wasser.

Seifenblasen schwimmen auf Kohlensäure, wenn man sie in einen großen, senkrecht aufgestellten Trichter fallen läßt, den man von unten her bis zum Überfließen mit Kohlensäure füllt (KESSLER).

b) Die Absorption durch Wasser wird demonstriert, indem man einen mit Stöpsel verschließbaren Cylinder ganz mit Kohlensäure füllt, dann in kaltes Wasser taucht, etwas von diesem eintreten läßt, unter Wasser den Stöpsel aufsetzt (Fig. 521), tüchtig schüttelt, abermals unter Wasser taucht u. s. f. — Dass durch starken Druck mehrere Volume Kohlensäure in das Wasser eingeprefst 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 daß sich ein Bauch bildet. Über diesen schiebt man ein

weiches Kautschukrohr, so dass sich der Stempel mit gelinder Reibung luftdicht in das Glasrohr einschieben lässt. Hierauf füllt man das Rohr etwa 20 cm hoch mit Wasser und leitet Kohlensäure ein, bis dieselbe oben überfließt, worauf man das Rohr langsam herauszieht, während die Kohlensäureentwicklung 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).

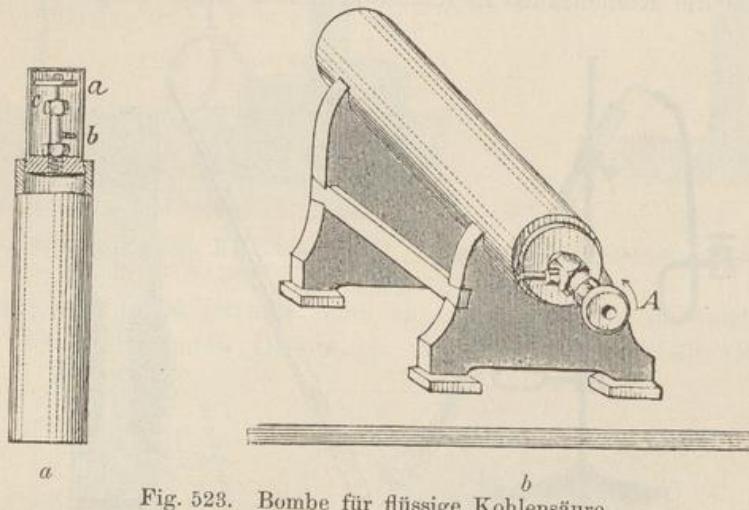


Fig. 523. Bombe für flüssige Kohlensäure.

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. 523a). Man braucht dazu als Hilfsapparate noch einen Nippel (Schlauchansatz), einen Schlüssel, einen Tuchbeutel mit Holzring und einen Hornlöffel zum Entleeren des Tuchbeutels in eine grölsere Porzellanschale. Die Flasche ist in eine solche Lage zu bringen, dass das mit dem Ventil versehene Ende ungefähr 2 dm tiefer liegt als der Boden der Flasche (Fig. 523b). 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.

§ 42B. Diffusion.

Zwei poröse Thonzellen mit aufgekitteten Deckeln und gebogenen Glasröhren.

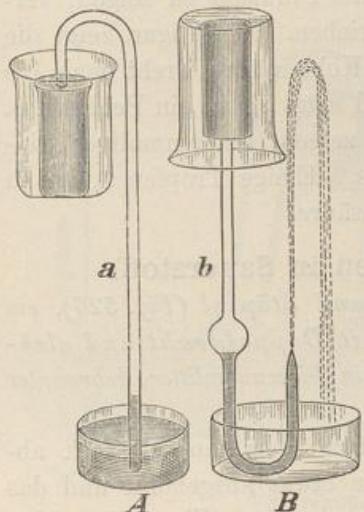
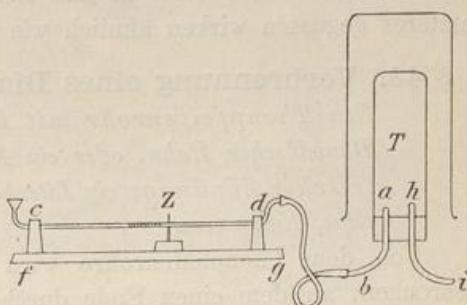


Fig. 524.



Diffusionsapparate.

Fig. 525.

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 außen in das Innere der Zelle. Das Becherglas wird mit Kohlensäure gefüllt; da diese langsamer nach innen als die Luft nach außen 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 Glasküvette *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 Glasküvette *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 Daniellscher 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, lässt etwas trocknen und drückt mittels der Pincette den Diamantsplitter ein, so dass er mindestens zur Hälfte hervorragt. Dann schiebt man das andere Ende des Drahts in den Kork und lässt 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:

- 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 äusseren (oberen) Enden können mit den Polen einer galvanischen Batterie in Verbindung gesetzt werden, die inneren (unteren) sind etwas auseinander gebogen 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 außerdem 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

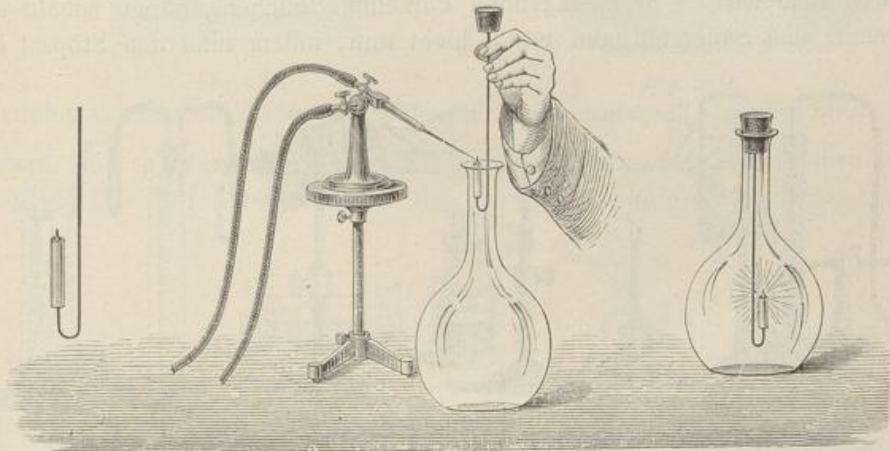


Fig. 526.

Fig. 527.

Fig. 528.

Verbrennen von Diamant in Sauerstoff.

Sauerstoff füllt und dann den elektrischen Strom schliesst. 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 Verbrennungsrohre geschoben, welche mit einem Sauerstoffgasometer in Verbindung steht. Nach Austreibung der Luft aus der Röhre durch Sauerstoff wird jener von außen 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.

§ 44. Schwefel. Eigenschaften der schwefligen Säure.

Ein weites Verbrennungsrohr, mehrere Porzellanschiffchen, ein Sauerstoffgasometer, ein Präzisionshahn, ein Trockenrohr, eine kleine Glühlampe, ein Fusscylinder mit Gaseinleitungs- und Gasableitungsvorrichtung, ein zweiter Fusscylinder mit Wasser, eine grössere Krystallisationsschale. Schwefel.

Zwei oder drei Porzellanschiffchen mit Schwefel werden in der Weise in die Röhre gebracht, daß man das letzte vorerst noch halb herausragen lässt; der Stöpsel, welcher diese Seite des Rohrs zu verschließen 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

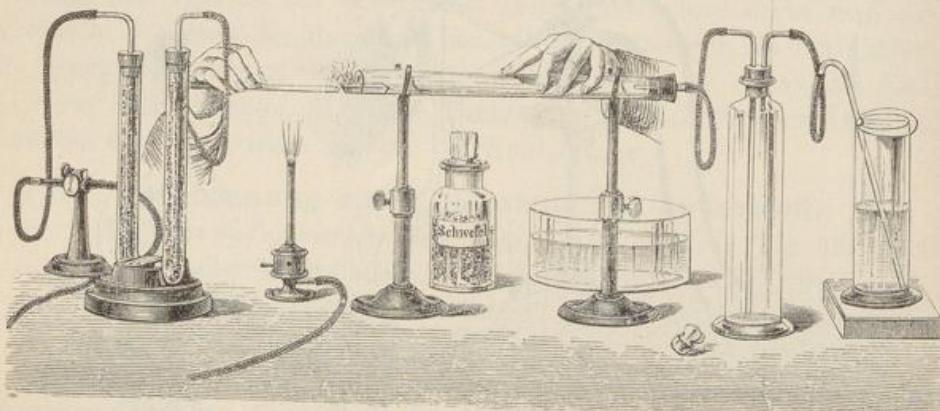


Fig. 529. Verbrennung von Schwefel in Sauerstoff.

die Hand nimmt, mit dem Gaseinströmungsrohre selbst das Schiffchen ganz in die Röhre (Fig. 529), worauf man den Stöpsel fest einsetzt. Der Schwefel muß vor der Einführung des Sauerstoffs bereits brennen und darf nicht erst im Rohre durch Erhitzen von außen 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, daß die Schwefelblumen den Asbestpfropfen luftdicht überziehen. Man achte deshalb darauf, daß aus dem Rohre im Wassergefäß 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, schließt man den Sauerstoffhahn.

Die Eigenschaften der schwefligen Säure (hohes spezifisches Gewicht, Verlöschen von Flammen, Absorption durch Wasser, Fig. 530)

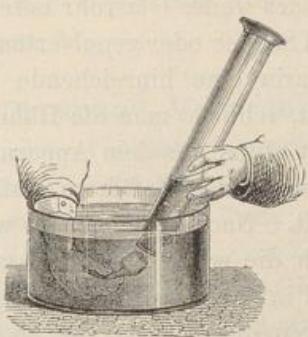


Fig. 530.

Absorption von schwefliger Säure durch Wasser. Bleichen durch schweflige Säure.

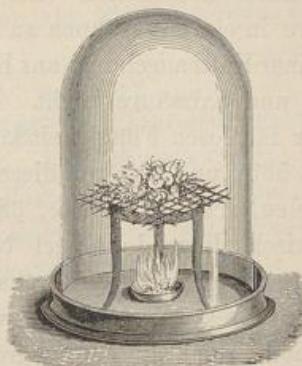


Fig. 531.

lassen sich in derselben Weise, wie bei der Kohlensäure beschrieben ist, zeigen. Das Bleichungsvermögen des schwefligsauren Gases erkennt man

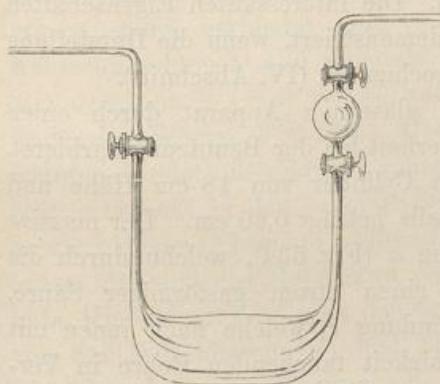


Fig. 532.

Apparate zur Kondensation von schwefliger Säure.

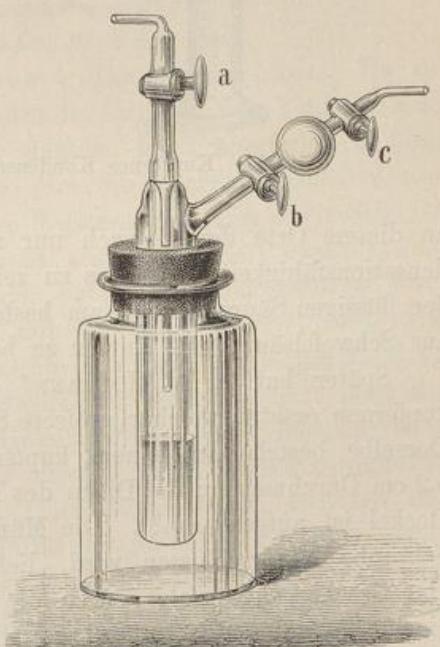


Fig. 533.

durch Einwirkung desselben auf bunte Blumen unterhalb einer Glasglocke, in welcher Schwefel brennt (Fig. 531).

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 geeignete Methode zur Darstellung größerer Mengen dieses Gases ist, so wird man

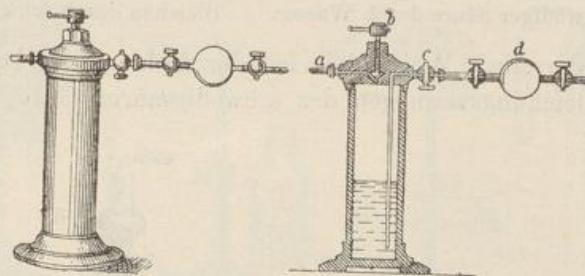


Fig. 534. Kupfernes Kondensationsgefäß für schweflige Säure.

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 grosse 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 schließt man den Quetschhahn, zieht den Kautschukschlauch von der Waschflasche ab und bringt das Rohr vorsichtig (so daß kein Phosphor herauströpf, 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 herausstößt. Man wiederholt den Versuch, bis der Phosphor verbraucht ist. Will man kleine Stücke Phosphor

herstellen, ohne denselben zu schneiden, so schöpft man von dem unter Wasser geschmolzenen Phosphor mittels eines Löffelchens mit gebogenem Stiel etwas heraus, jedoch so, dass noch eine Schicht Wasser im Löffel darüber steht, und lässt ihn in dem kalten Wasser erstarren.

Es ist bereits oben (S. 347) gesagt, dass man den Phosphor außer Wasser niemals mit der Hand, sondern nur mittels einer Pincette oder eines Stücks feuchten Fließpapiers 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, dass die Wand der abgezogenen Spitze nicht zu dünn wird. Durch nachträgliches Einhalten in die Gasflamme zieht sich die Spitze noch etwas zusammen. Man beruft das glühende Ende sofort, indem man es nach Abdrehung des Luftstroms in die Gasflamme hält. Hiernach lässt 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 lässt erkalten. Der Apparat ist so aufzustellen, dass, 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 weißen Phosphor, legt das Blech in horizontaler Lage auf den Ring eines Stativs und setzt genau unter die Mitte einen einfachen BUNSEN'schen Brenner, so dass dessen Flamme das Blech gerade berührt. Es wird sich dann der weiße Phosphor sehr bald, der rote aber erst nach längerer Zeit entzünden. Man arbeite unter dem Abzug.

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, daß 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, daß 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, daß 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

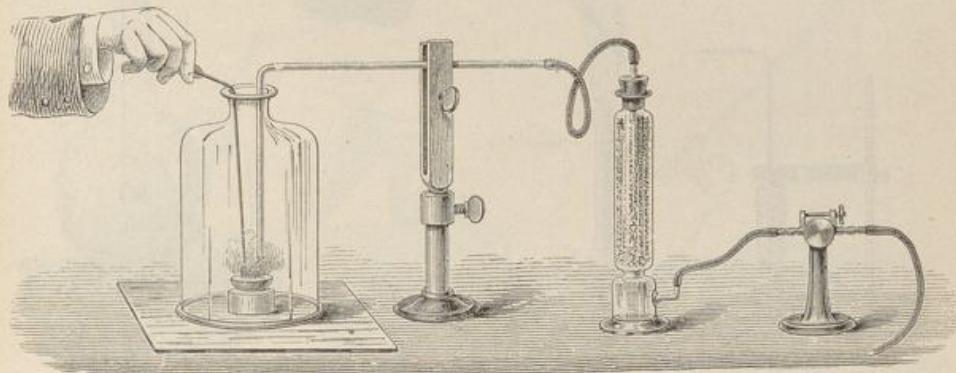


Fig. 535. Darstellung von Phosphorsäure.

ausgeschnittenen Stücke Asbestpappe, welches man durch ein Gewicht beschwert. Man reguliert den Sauerstoffstrom so, daß die Verbrennung mit nicht zu großer Intensität verläuft, andernfalls geht leicht ein Teil des Phosphors in den armophen Zustand über, wodurch die an sich schneeweisse 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 Glassplatte und die innere Wand der Glocke ab, wobei ein starkes Zischen hörbar wird.

e) Die Verbrennung von Phosphor unter Wasser wird in der Weise ausgeführt, dass man ein Kelchglas zu zwei Dritteln mit heißem 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.

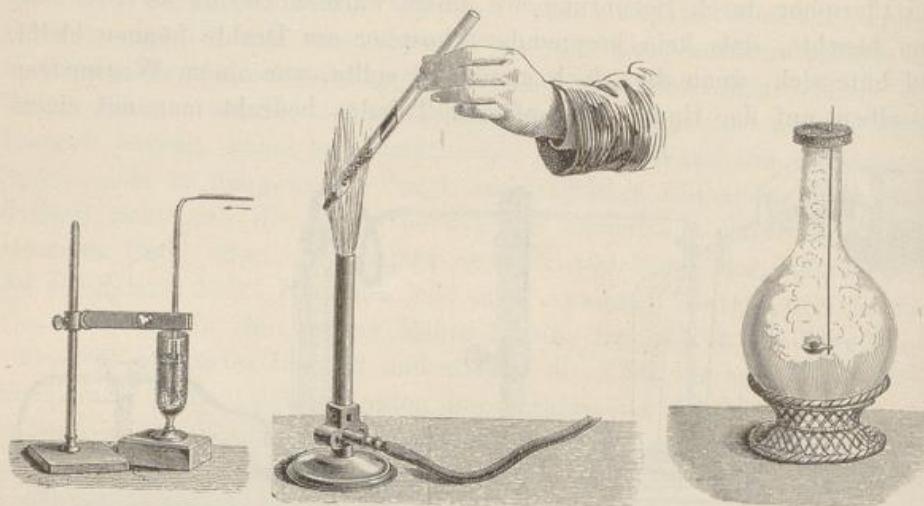


Fig. 536. Verbrennen von Phosphor in Wasser. Fig. 537. Verdampfen und Sublimieren von Arsen. Fig. 538. Verbrennen von Arsen in Sauerstoff.

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 schliessenden 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, dass 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 dass dessen inneres Ende gerade über den Rand der Porzellanschale reicht; das äußere 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 eingepaßt 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, daß man ein erbsengroßes 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 schließt. 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, daß 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.

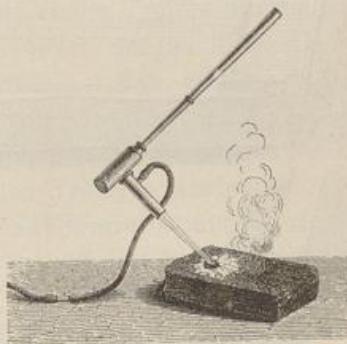


Fig. 540. Verbrennen von Antimon auf Kohle.

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, daß 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 großer, 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, schliesflich mit Äther ab und schmilzt es zur Aufbewahrung in ein Glasrörchen ein.

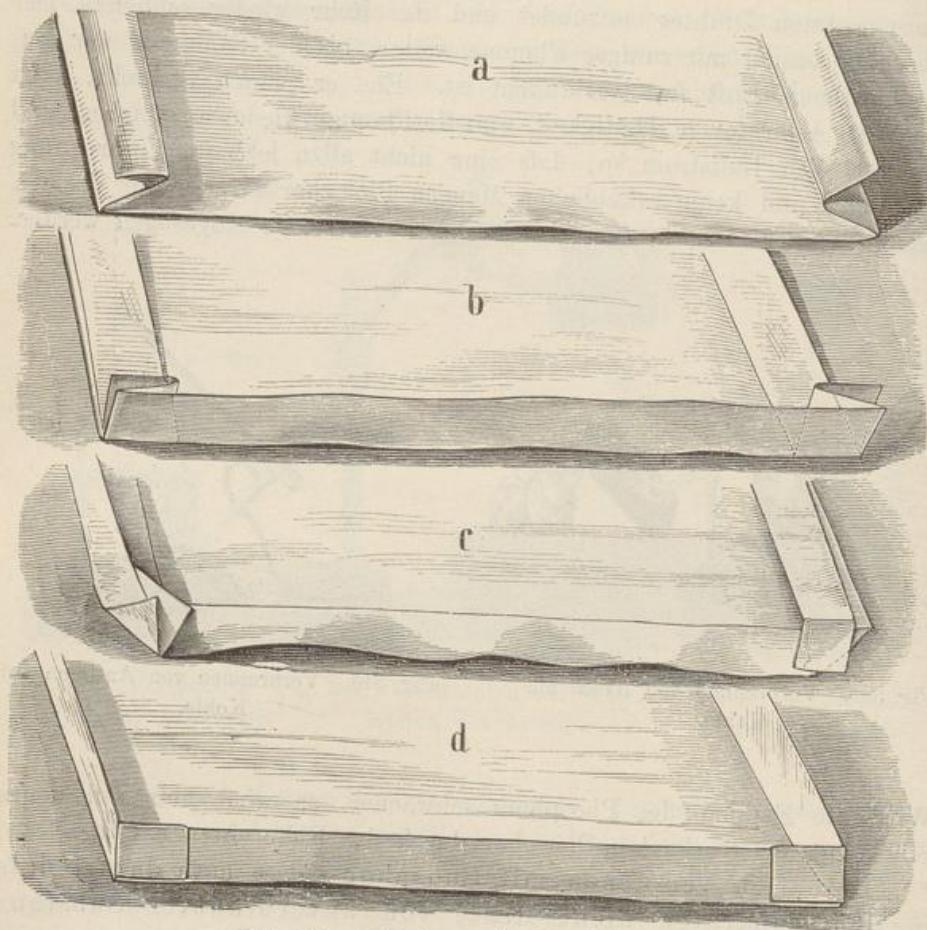


Fig. 541. Anfertigung der Papierkapsel.

- 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 Entwicklung eines wellig geringelten weissen Rauches erfolgt die Verbrennung.

c) Um zugleich die Verbrennung des Arsen 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 weisser 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. Größere 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 heiß in ein anderes Reagensglas; aus dem Filtrat scheiden sich beim Erkalten reichliche Mengen festen Trioxys wieder aus.

e) Um das Arsen auf Kohle zu verbrennen und dabei gleich den knoblauchartigen Geruch des Arsen zu 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 Kohlengrubchen 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 herum hüpfen und ihre Spuren durch Verkohlen des Papiers zurücklassen (Fig. 542).

§ 48. Bor; Borsäure.

a) *Krystallisierte reine Borsäure, ein Becherglas (6), ein Schutzblech, ein Hornlöffel.*

- b) Ein Platintiegel, ein großer 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 heißem leicht löslich. Man füllt das Becherglas bis zu $\frac{3}{4}$ 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 größte Teil der Borsäure wieder aus. Die Mutterlauge rötet blaues Lackmus- und bräunt gelbes Curcumapapier.

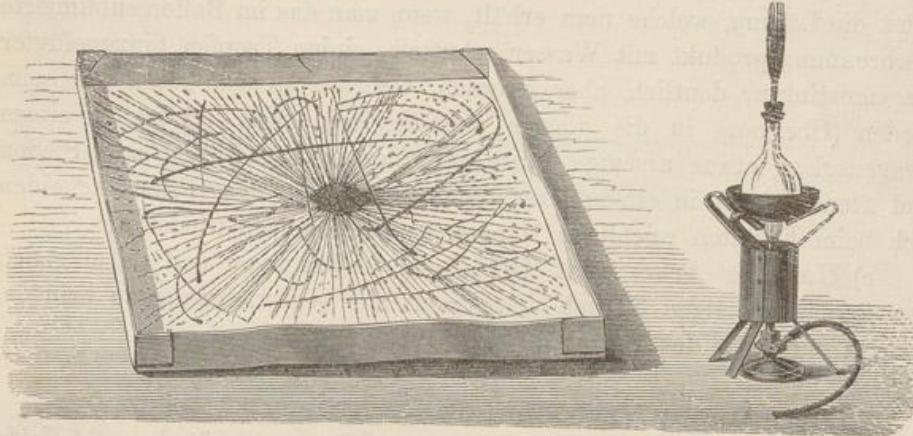


Fig. 542. Ausgießen des geschmolzenen Antimons.

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 Fluss. 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 verschließenden 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 des selben 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

glänzende Fläche des Metalls zu zeigen, schmilzt man in einem Probiergläschen ein etwa haselnussgroßes Stück unter Petroleum im Sandbade. — Um die Metalle längere Zeit blank zu erhalten, mußt 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 größeres, von der Rinde befreites Stück Metall hineingebracht, wobei man sich möglichst beeilt, damit sich so wenig als möglich

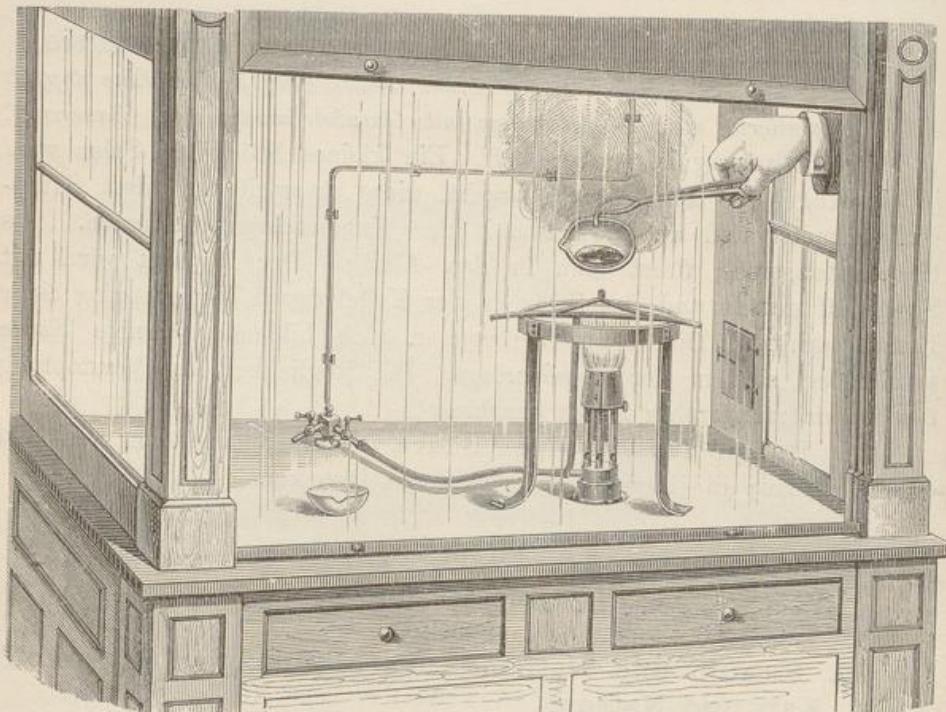


Fig. 544. Verbrennen von Kalium durch Hitze.

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.)

b) Der Dampf des Kaliums ist grün; man bringt einige erbsengroße Stücke in ein böhmisches (oder in ein Kugel-) Rohr, leitet trockenen Wasserstoff darüber, bis alle Luft verjagt ist, und erhitzt die Röhre von außen, 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 haselnussgroßes Stück davon in der Porzellanschale direkt über der Lampe unter dem Abzuge und bewegt, sobald Schmelzung eingetreten ist,

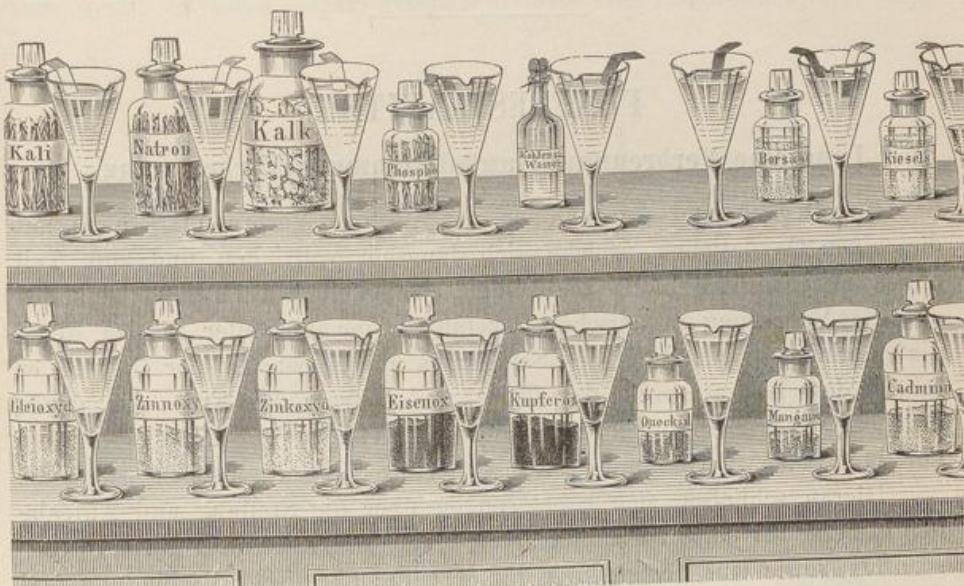


Fig. 545. Natur der Oxyde.

die Schale derart, dass 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 grössere 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 lässt.

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° .

* Berichte d. Deutsch. chem. Gesellschaft, Bd. 7, S. 170. — Chem. Centr.-Bl. 1874, S. 274.

§ 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, bzw. Unlöslichkeit und Reaktion zu zeigen und sie nochmals miteinander zu vergleichen (Fig. 545).

FÜNTES 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 Wärmeentwicklung verlaufen. Ausblick auf die Verwesung organischer Substanzen (ihr Vorläufer in der Regel die Fäulnis). Bedeutung des Sauerstoffs im Haushalte der Natur: er erhält den Lebensprozess der Tiere und befreit die Erde von deren Leichen. (Mitwirkung niederer Organismen.) Verzögerung (nicht Verhütung) der langsamen Verbrennung, Konservierung der organischen Substanz.

Hieran schliesen 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 muß, 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 Fusscylinder 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.

Eine frisch geschmolzene Phosphorstange wird in der Krystallisationsschale so mit Wasser begossen, daß 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 Fußcylinder gelegt (Fig. 547), wobei man ein dünnes Stückchen Holz unterschiebt, so daß 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 muß; es kann sogar geschehen, daß die Entzündung von einer

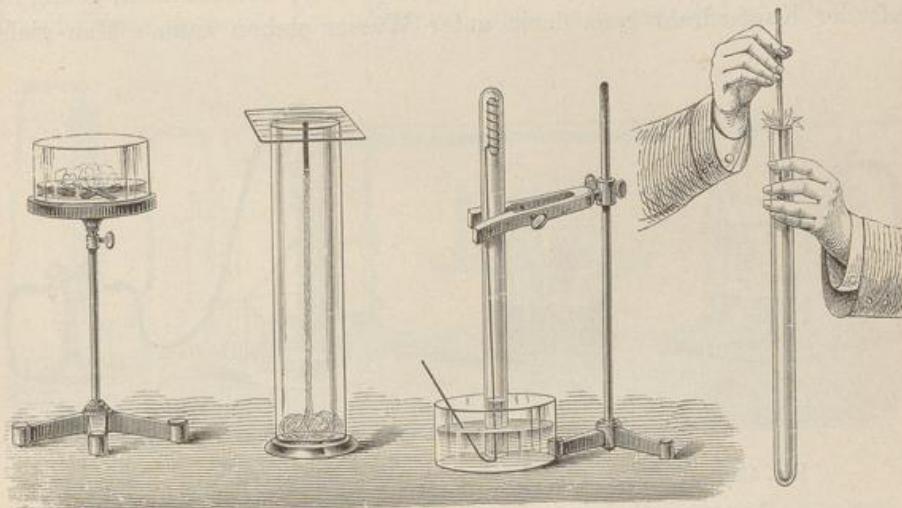


Fig. 546.

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 bloß 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 spiralförmig 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

gefüllt ist, umgekehrt, so dass das Wasser fast ganz ausläuft, und nun, nach Gleichstellung des inneren Niveaus mit dem äusseren, der Apparat sich selbst überlassen. Die langsame Verbrennung beginnt alsbald und ist nach einigen Stunden vollendet. Das Sperrwasser ist alsdann rot gefärbt und zu $\frac{1}{5}$ in der Röhre aufgestiegen. Man schliesst hierauf die Röhre mit dem Daumen, kehrt sie um und zeigt durch Eintauchen eines brennenden Spans, dass 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 grössere Genauigkeit erreichen, so nimmt man eine graduierte Röhre und benutzt statt der Krystallisationsschale einen Fußcylinder, welcher hoch genug ist, dass der Kupferdraht ganz darin unter Wasser stehen kann. Man gießt

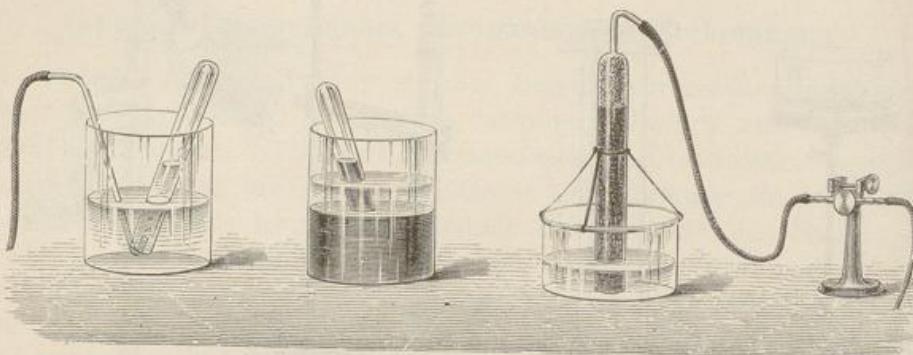


Fig. 550.

Fig. 551.

Fig. 552.

Langsame Verbrennung von Pyrogallussäure und Kupfer.

dann in die leere Röhre einige Kubikcentimeter Wasser, taucht sie nach Schließung mit dem Daumen verkehrt in das Wasser des Cylinders, so dass 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.

- 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 daß es außer dem Phosphor noch verschiedene andere Substanzen gibt, welche den Sauerstoff mit verhältnismäßig großer 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 Glasmöhre 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

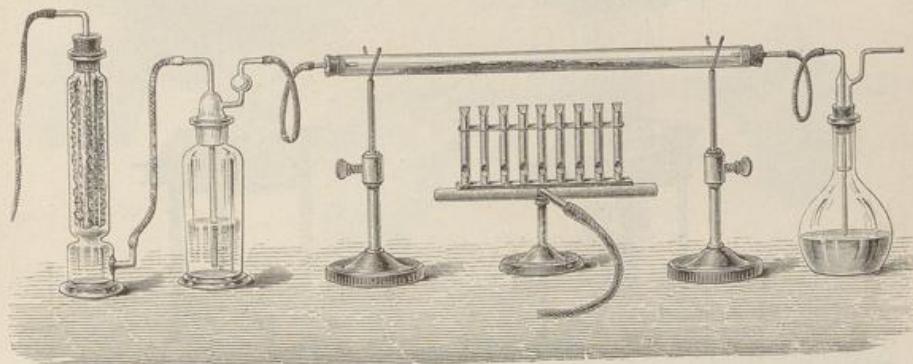


Fig. 553. Langsame Verbrennung von Ruß.

über und leitet mittels der Gaszuleitungsrohre Sauerstoff in die Röhre (Fig. 550), so daß diese ganz damit gefüllt wird. Man röhrt mit der Röhre um, so daß die Pyrogallussäure in der Kalilauge sich löst, und überläßt 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).

§ 54. Langsame Verbrennung von Russ.

Ein böhmisches Rohr, 50—60 cm lang, beiderseitig mit durchbohrten Korken verschlossen, ein mit Kalistücken gefüllter, weiter Absorptions-turm, 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.

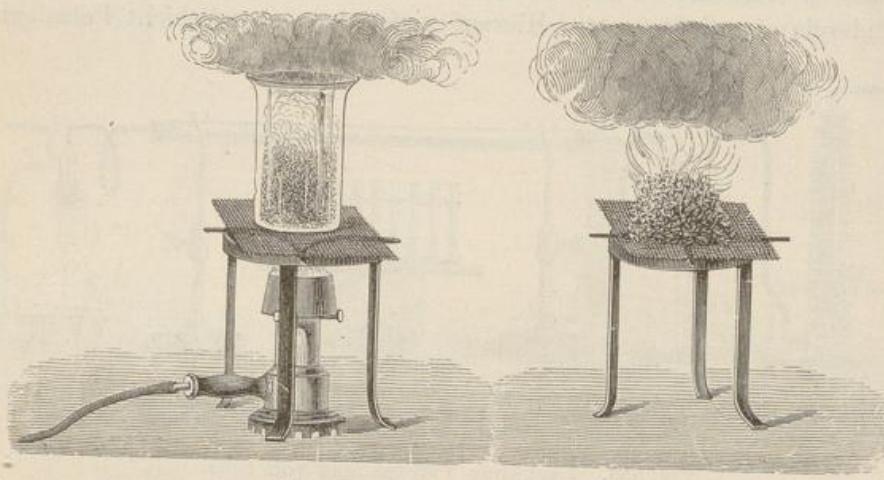


Fig. 554. Verkohlung und Selbstentzündung von Heu.

§ 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 hirsekorngrößen 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.

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, läßt das Glas so lange stehen, bis es gut mit der Hand angefaßt werden kann, und stürzt es über dem Drahtnetze um, so daß 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, daß die inneren Teile des Haufens zu glühen beginnen. Nach einiger Zeit verbreitert sich die Glut durch den ganzen Haufen, und die noch unverkohlten Teile fangen Flamme (Fig. 554b).



Fig. 555.

Unvollkommene Verbrennung von Holz.

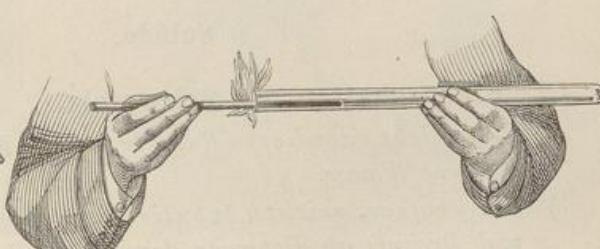


Fig. 556.

§ 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 daß die Flamme zwar nicht erlischt, das Holz aber nur verkohlt, ohne vollkommen zu verbrennen (Fig. 556). Das Auftreten der sich dabei entwickelnden brenzlichen Produkte ergibt sich aus der Rauchbildung und aus dem teerigen Beschlag an der Glaswand.