



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1866

Dritter Abschnitt. Von der Wärme.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-73841](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-73841)

Lichtstrahlen nicht eine gleiche chemisch wirkende Kraft haben, so ist auf die Wahl der Farben zu den Bekleidungen für solche, welche sich photographiren lassen, Rücksicht zu nehmen.

Die Ausführung der Lichtbilder ist bereits auf die verschiedensten Stoffe mit Erfolg versucht worden: auf metallisches Silber, auf Glas mittelst Kollodium oder Albumin, negative Bilder auf Papier (Kalotypie), Bilder auf Wachstuch (Panotypie), auf Porzellan, auf gewebte Zeuge, auf Stein, Stahl, Kupfer, Messing zur Herstellung von Druckplatten. Weiteres darüber anzuführen, liegt außerhalb der Zwecke dieses Werkes.

Dritter Abschnitt.

Von der Wärme.

Ausdehnung durch Wärme.

Nachdem wir der Ausdehnung der Körper durch die Wärme früher nur eine einzelne, praktisch wichtige Seite abgewonnen, nämlich die Mittel aufgefunden haben, durch welche wir den Grad der Wärme verschiedener Körper anzugeben und dadurch bei Festhaltung eines bestimmten Stoffes von bestimmter Ausdehnung ein absolutes Wärmemaß aufzufinden vermochten, müssen wir mit Benutzung der gewonnenen Resultate noch weitere Untersuchungen über die Ausdehnung der Körper durch Wärme anstellen und wollen dieselben hauptsächlich auf die drei Aggregatzustände beziehen.

1. Ausdehnung fester Körper. Wenn feste Körper ein gleichmäßiges Gefüge in ihrem Inneren haben, so ist die Ausdehnung derselben bei Erhöhung ihrer Temperatur nach allen Richtungen gleichmäßig; zeigen sie aber, wie z. B. die Krystalle und die Holzarten nach verschiedenen Richtungen einen verschiedenen Grad des Zusammenhanges der Massentheile, so dehnen sie sich auch nach verschiedenen Seiten verschieden stark aus. Je größer die Kohäsion, desto geringer die Ausdehnung. Ist durch die Zunahme der Temperatur eines Körpers seine Kohäsion schon etwas gelockert, so wird er bei einer gleichen Wärmezunahme sich mehr ausdehnen, als es früher der Fall war, denn die ihm jetzt zugeführte Wärme findet einen geringeren Widerstand. Bei festen Körpern findet indeß die Ausdehnung bei einer gleichmäßigen Zunahme der Temperatur von 0° bis 100° C. noch ziemlich gleichmäßig statt. Von praktischem Interesse sind die Ausdehnungen stabförmiger Körper oder die lineare Ausdehnung und die Ausdehnung rücksichtlich des ganzen Rauminhaltes oder die kubische Ausdehnung.

a) Die lineare Ausdehnung. Wenn ein Eisenstab bei 0° C. eine Länge von 1 Fuß hat, nach einer Erwärmung auf 100° C. aber 1,0012 Fuß lang ist, so hat sich seine Länge bei dieser Wärmezunahme um 0,0012' vergrößert. Bei einer zwischen 0° und 100° gleichmäßigen Zunahme der Länge käme also auf einen Grad nur der hundertste Theil von 0,0012 oder 0,000012. Die Zahl, welche anzeigt, um den wievielten Theil seiner Länge sich der feste Körper ausgedehnt hat, wenn er von 0° auf 1° C. erwärmt worden ist, heißt sein Ausdehnungskoeffizient.

Folgende Tabelle gibt für einige der wichtigsten Körper die Ausdehnungskoeffizienten an:

Platin	0,00000856	Kupfer	0,00001717
Glas, weißes . .	0,00000862	Messing	0,00001892
Eisen, Guß . .	0,00001110	Silber	0,00001909
Eisen, Stab . .	0,00001167	Zinn	0,00002173
Stahl, weicher .	0,00001079	Blei	0,00002848
Stahl, harter . .	0,00001225	Zink, gewalzt . .	0,00003331
Gold	0,00001552	Eis	0,00005080

Die Berücksichtigung der Ausdehnung der Körper bei der Zunahme und der Zusammenziehung bei der Abnahme ihrer Temperatur ist in außerordentlich vielen Fällen des praktischen Lebens wichtig. Bewunderungswürdig ist die hierbei sich häufig entwickelnde außerordentliche Kraft. Bei der Zunahme der Temperatur ist es die Summirung der wachsenden Schwingungskräfte der einzelnen Molekel, bei der Abnahme die gleichmäßig wachsende Kohäsionskraft derselben. Die Summen sind hier in ähnlicher Weise groß wie bei der Kapillarattraktion (Vd. I. S. 113).

Gelegentliche Anwendung von der durch die Wärme veränderten Ausdehnung der Metalle haben wir beim Metallthermometer (Vd. II. S. 114), beim Rostpendel (Vd. I. S. 387) und bei der Unruhe der Uhren (Vd. I. S. 546) schon gemacht. Wir wollen noch eine Reihe anderer Fälle mittheilen.

Auf Metallmaßstäben, welche in den Mischungsämtern als Richtschnur für die Anfertigung anderer dienen sollen, muß die Temperatur angeführt sein, bei welcher sie das Normalmaß angeben. — Die Radeisen schlägt man glühend heiß um die hölzernen Radfelgen, damit sie beim Erkalten das Holz recht fest umschließen. — Beim Legen der metallenen Röhren zu Gas-, Dampf- und Wasserleitungen wendet man sog. Ausgleichungsröhren an, welche eine Veränderung der Ausdehnung von jenen gestatten, ohne daß sie aufhören hinreichend dicht zu sein. Man windet zu diesem Zwecke Bleistreifen um das Ende eines Röhrenstückes, welches in ein nächstfolgendes gepaßt werden soll und verkeilt dieselben, wobei noch andere Dichtungsmittel, wie in Theer, Pech und Fette getränkter Hanf, angewendet werden. — Werden Eisenbahnschienen bei großer Wärme

auch ziemlich dicht aneinander gelegt, so haben sie bei der Winterkälte doch so auffallende Zwischenräume, daß man beim Fahren lauter kleine Stöße während des Ueberganges von einer Schiene zur anderen bemerkt, zumal wenn die Schwellen etwas nachgiebig sind. Bei großer Kälte dürfen sie nicht allzu nahe, bei großer Hitze nicht allzu entfernt gelegt werden. — Ebenso dürfen bei Metalldächern die einzelnen Platten nicht fest aufeinander genagelt, sondern müssen nachgiebig ineinander gefalzt werden. — Sind die Nägel bei Schindeldächern recht fest in die Latten und Schindeln eingerostet, so zerreißen sie dazwischen bei großer Winterkälte. — Beim Metallgusse füllt das erkaltete Metall die Form nicht mehr vollständig aus; kann es sich also beim Erkalten nicht gehörig zusammenziehen, so zerrißt es. — Ebenso zerreißen bisweilen eiserne Klammern und Anker. — Starke gewichene Mauern hat man dadurch in ihre alte Richtung gebracht, daß man durch sie ziemlich dicke eiserne Stangen steckte, dieselben mittelst Kohlenbecken zwischen den beiden Mauern glühend heiß machte und während der Zeit an ihren Enden lange Anker befestigte. Bei dem Erkalten der Stange zogen die Anker die Mauern grade. — Die Eisenstangen zu Umfriedungen dürfen in die Ständer auch nicht ohne einen kleinen Spielraum befestigt werden. — Metallene Pfannen und Kessel müssen ebenfalls sich ausdehnen können. — Haften zwei Körper, deren Ausdehnung bei derselben Temperaturzunahme verschieden ist, z. B. Metall und Siegellack, bei einer gewissen Temperatur gut aneinander, so trennen sie sich bei abnehmender Temperatur von einander. — Werden von Körpern, welche entweder sehr gute oder sehr schlechte Wärmeleiter sind, nur einzelne Theile einer sehr raschen Abkühlung oder Erwärmung ausgesetzt, so lösen sie sich leicht von den anderen ab oder sie zerplatzen. Dieses kann man leicht an einer heißen eisernen Herdplatte erfahren, auf welche man kaltes Wasser gießt oder an kaltem dickem Glase, welches auf eine heiße Platte gesetzt wird oder in welches man eine heiße Flüssigkeit gießt. — Das Absprengen des Glases mit fogen. Sprengkohlen beruht auch darauf. — Wird ein kalter Glasstößel in eine ganz warme Glasflasche genau eingepaßt und gesteckt, so läßt er sich nach dem Erkalten der Flasche nicht mehr herausziehen. Dieses ermöglicht man dadurch, daß man den Hals der Flasche allein möglichst schnell stark erwärmt, indem man ihn zweimal mit einem festen Bindfaden umschlingt und diesen möglichst rasch hin und her schleift, indem man abwechselnd an seinen beiden stramm gehaltenen Enden zieht. — Hat man in kaltes Nageleisen heiße Nägel festgeschlagen, so lassen dieselben nach dem Erkalten sich leicht herausziehen. — Sollen aus einem Geschütze glühende Kugeln geschossen werden, so müssen die kalten Kugeln in ihm einen angemessenen Spielraum haben. — Manche Körper, wie Thon und Holz, scheinen eine Ausnahme davon zu machen, daß Erhöhung der Temperatur sie ausdehnt, denn sie ziehen sich in diesem Falle zusammen, was man schwinden nennt. Aber dies geschieht

nur, weil sie hierbei das früher festgehaltene Wasser verlieren. Beim Holze wenden die Schiffbauer, Böttcher und Stockfabrikanten Wasser und Feuer an, um dadurch den Planken, Dauben und Stäben eine andere und zwar bleibende Gestalt zu geben, namentlich um sie zu krümmen. Das Holz wird an der Seite, welche die hohle (konkave) werden soll, heiß gemacht, indem man die Nachgibigkeit der Holzfasern durch Anfeuchten zu befördern sucht, und auf der anderen Seite, welche die erhabene (konvexe) bilden soll, nur feucht gehalten.

b) Die kubische Ausdehnung. Wenn man einen Würfel oder Kubus hat und man kennt die Länge von einer seiner Kanten, so braucht man diese nur dreimal als Faktor zu setzen oder zweimal mit sich selbst zu multiplizieren, um den Rauminhalt oder den kubischen Inhalt des Körpers in derselben Maßsorte, welche für die Kante angenommen war, zu erhalten. Ist die Kante eines Würfels z. B. 2 Zoll lang, so ist sein Inhalt $2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$ Kubizolle.

Kennt man also bei einem bestimmten Stoffe die durch Wärmezunahme bewirkte Vergrößerung seiner Länge, so läßt sich die kubische Ausdehnung berechnen. Der Ausdehnungskoeffizient für den Rauminhalt ist nahe dreimal so groß, als der für die Längenausdehnung desselben Körpers.

Der lineare Koeffizient (also für 1° C. Temperaturerhöhung) des Glases ist 0,00000862, der kubische 0,00002586 und für 100° C. Temperaturerhöhung ist die kubische Ausdehnung 100 mal größer, also 0,002586. Wenn nun ein Glasgefäß bei 0° Temperatur 1 Quart aufnimmt, so enthält es bei 100° C. $1 + 0,002586 = 1,002586$ und bei 1000 Quart ursprünglichen Inhaltes 1000 mal mehr oder 1002,586 Quart.

2. Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten. Da man die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch die Wärme nur untersuchen kann, während sie in Gefäßen sich befinden, da aber diese selbst auch eine Volumenänderung erleiden, so hat es einige Schwierigkeiten, die absolute Ausdehnung, d. h. die von der Ausdehnung der einschließenden Gefäße unabhängige zu bestimmen.

Die einfachste Methode besteht darin, daß man die Flüssigkeiten in eine Glasugel thut, an welcher sich eine bis zu einem bestimmten Punkte sehr verengende, dann aber in einen kleinen Trichter ausgehende Röhre befindet. Man füllt die Kugel mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, bringt sie in Wasser mit Eis, bis das Ganze 0° Temperatur angenommen hat und bis zum Merkzeichen an der Röhre reicht; hierauf bestimmt man das Gewicht der eingeschlossenen Flüssigkeit, indem man von dem Gewichte des Ganzen das des Glases abzieht; nun bringt man das Gefäß mit der Flüssigkeit in Wasser oder Del von einer bestimmten Temperatur, z. B. 50° C., beseitigt die über die Marke tretende Flüssigkeit, bis eine Ausdehnung derselben nicht mehr stattfindet;

endlich wird das Gewicht der jetzt noch darin befindlichen Flüssigkeit aufgesucht, woraus sich mit Rücksicht auf den bestimmten Rauminhalt der Kugel der Ausdehnungskoeffizient der Flüssigkeit berechnen läßt.

Unter allen Flüssigkeiten spielt das Wasser eine ganz besonders hervorragende Rolle, welche für den Haushalt der Natur äußerst wichtig ist; denn es dehnt sich nicht nur weniger aus, als die übrigen Flüssigkeiten, sondern es zieht sich bei seiner allmählichen Erwärmung von 0° an zuerst mehr und mehr zusammen, hat bei 4° C. (eigentlich $3,94^{\circ}$ C.) seine größte Dichtigkeit oder nimmt das kleinste Volumen ein und erst bei weiterer Erwärmung dehnt es sich fortwährend aus, so daß es, wenn es bei 4° C. den Raum 1 hat, bei 100° C. den Raum 1,04315 einnimmt. Diese wichtige Eigenschaft des Wassers läßt sich auch, ohne die obige Messung vorzunehmen, aus folgender Beobachtung leicht erkennen.

Man nehme ein etwa 8 Zoll hohes Zylinderglas, fülle es mit Wasser von 0° , bringe ein Thermometer mitten an den Boden des Glases, ein zweites übereinstimmendes oben unter dem Niveau an und setze das Gefäß in ein warmes Zimmer. Das Quecksilber in beiden Thermometern steigt zwar, aber anfänglich das im unteren schneller, als im oberen, bis es 4° zeigt, und nun erst steigt das obere Thermometer schneller. — Hat man im Gefäße anfänglich wärmeres Wasser, etwa zu $+15^{\circ}$ C., und läßt man es in einem kalten Zimmer stehen; so steht anfänglich bei der von beiden angezeigten Abkühlung das untere Thermometer tiefer, als das obere; hat das untere $+4^{\circ}$ erreicht, so steht das obere tiefer, als das untere. — Streut man in das Wasser etwas Bernsteinpulver, so kann man die Verschiedenheit der Wasserströmung beobachten. Ehe das Wasser sich soweit abgekühlt hat, daß es am Boden 4° hat, fällt das obere und an den Gefäßwänden befindliche kälter werdende Wasser; geht aber die Abkühlung unter 4° , so fängt das Wasser vom Boden an zu steigen. Das Wasser von 4° ist also am schwersten.

Folgende Tabelle zeigt das Volumen bei verschiedenen Temperaturen, wenn das bei 0° gleich 1 angenommen wird.

Temper.	Volumen.	Temper.	Volumen.	Temper.	Volumen.
0	1,000000	14	1,000556	40	1,007531
1	0,999947	15	1,000695	45	1,009541
2	0,999908	16	1,000846	50	1,011766
3	0,999885	17	1,001010	55	1,014100
4	0,999877	18	1,001184	60	1,016590
5	0,999883	19	1,001370	65	1,019320
6	0,999903	20	1,001567	70	1,022246
7	0,999938	21	1,001776	75	1,025440
8	0,999986	22	1,001995	80	1,028581
9	1,000048	23	1,002224	85	1,031894
10	1,000124	24	1,002465	90	1,035397
11	1,000213	25	1,002715	95	1,039094
12	1,000314	30	1,004064	100	1,042986
13	1,000429	35	1,005697		

Das Wasser von 0° hat also fast genau dasselbe Volumen und somit dieselbe Dichtigkeit wie das von 9°. — Das Meerwasser befolgt wegen seines Salzgehaltes eine andere Ausdehnung und hat auch einen tiefer liegenden Gefrierpunkt und höher liegenden Kochpunkt. Ueberhaupt verliert das Wasser durch Zusatz von Salzen und Säuren an Ausdehnbarkeit durch die Wärme.

Eisbildung auf Gewässern im Freien. Wir müssen hierbei die stehenden Gewässer von den fließenden unterscheiden, denn bei jenen beginnt die Eisbildung an der Oberfläche, bei diesen am Boden oder auf dem Grunde und wir haben zunächst Grundeis.

Kühlt sich beim Beginne des Winters die Luft mehr und mehr ab, so nimmt auch die Oberfläche der stehenden Gewässer an dieser Abkühlung Theil. Das kälter gewordene Wasser sinkt zu Boden und das wärmere kommt herauf, um sich auch abkühlen zu lassen und ist dieses bis zu einer niedrigeren Temperatur, als sie das untere Wasser besitzt, geschehen; so sinkt es auch hinab. Das hinabsinkende Wasser wird bei der Berührung mit dem heraufkommenden freilich auch wieder etwas erwärmt. Dieser Wechsel findet so lange statt, bis das abgekühlte Wasser 4° Wärme hat und nun bleibt es auf dem Boden liegen; darüber lagert sich dann nach oben hin das allmählig kälter gewordene, bis endlich die Abkühlung oben 0° erreicht hat und sich die Eisdecke bildet. Bei weiter abnehmender Lufttemperatur nimmt die Dicke der Eisdecke zwar zu, aber je dicker sie wird, desto mehr schlägt sie das Wasser unter

ihr vor dem weiteren Gefrieren, welches selbst als ein schlechter Wärmeleiter und wegen seines spezifischen Gewichtes dazu beiträgt, daß ihm von dem Eise an die Temperatur von 0° , nach der Tiefe bis zu 4° wachsend, erhalten bleibt. Außerdem wirkt noch die innere Wärme des Erdbodens und somit haben die in mäßig tiefen Gewässern lebenden Geschöpfe die Bedingungen zu ihrer Existenz. Sie suchen sich hierbei in der Regel das wärmste Wasser auf, leben also auf dem Boden.

Anders ist es bei fließenden Gewässern. Hier wälzt das Wasser sich nach und nach so untereinander, daß bei einer Lufttemperatur von etwa -8° die ganze Wassermasse bis auf den Grund 0° zeigt. Da nun die Krystallbildung an den in der Flüssigkeit befindlichen festen Körpern besonders begünstigt wird, so setzen sich Eiskrystalle an alle am Boden des Flusses befindlichen Körper und an ihn selbst. Weil aber das Eis leichter ist, als Wasser, so kann es sich dort in großen Massen nicht bilden, sondern löst sich in losen, aus Eisnadeln zusammengesetzten Schollen ab, welche die fremden Körper, selbst schwere Unterketten, mit sich in die Höhe führen. Wenn dann diese in großer Zahl sich bildenden Schollen, das sogen. Grundeis, sich an den Brückenpfeilern und anderen Hindernissen ansammeln, so bilden sie bei der herrschenden größeren Kälte bald eine feste Eisdecke, welche das tiefere Eindringen des Frostes wehrt.

Es ist ermittelt, daß Grundeis sich auch an den seichteren Stellen der Meeresufer bildet, wozu aber eine tiefere Temperatur gehört, als bei süßen Gewässern.

Wasserheizung. Wenn das Wasser in einem Behälter an irgend einer Stelle von 4° an erwärmt wird, so steigt das wärmere Wasser in die Höhe und sein Abgang wird durch kälteres ersetzt. Wenn nun letzteres wieder und noch mehr erwärmt wird und das emporgestiegene, wenn auch nur theilweise sich abgekühlt hat, so entsteht so lange ein Kreislauf des Wassers, als noch die Bedingung für eine größere Wärme des unten befindlichen Wassers, und eine Abkühlung des oberen gegeben ist.

Gehen also von der Decke eines abgeschlossenen Kessels Röhren nach höheren Orten und von da, wo sie mannigfaltige Krümmungen haben können, wieder zurück nach dem unteren Raume dieses Kessels, so kann man durch Erheizen des Wassers im Kessel einen fortwährenden Kreislauf desselben in diesem Röhrensysteme hervorbringen. Es ist nun natürlich, daß das Wasser in den Röhren, welche durch kalte Räume geleitet sind, seine Wärme mittelst der Röhren diesen Räumen abgibt und sie dadurch erwärmt. Dabei ist die Einrichtung zu treffen, daß die Leitung von jedem einzelnen Raume abgesperrt werden kann, wenn eine hinreichende Erwärmung bereits stattgefunden hat, oder gar keine vorgenommen werden soll. Da das Wasser die größte Wärmekapazität unter allen Stoffen hat (Bd. II., S. 117), so ist es für diesen Zweck außer-

ordentlich gut geeignet. Man erspart die Defen, den Bau und das Reinigen der Schornsteine bis auf den einen zur Feuerung, hat nicht die Mühe des Aufsehens und Beobachtens vieler Defen, die Gefahr vor dem Ersticken durch Kohlendampf ist nicht vorhanden, man kann für die eine Feuerung die Anlage zur möglichsten Ersparung von Brennmaterial, z. B. durch Verbrennung des Rauches, durch Speisung des Feuers mit warmer Luft, viel leichter herstellen, als bei einzelnen Defen. Daß die Zuleitungsröhren mit ganz schlechten Wärmeleitern umgeben sein müssen, ist selbstverständlich. — Der allgemeinen Einführung dieser vortrefflichen Beheizungsart in vielbewohnten Privathäusern stehen die so vielfach bestehenden Privatinteressen leider hemmend entgegen und wir werden hier auf eine andere Abhilfe der Uebelstände der bisherigen Beheizungsart zu denken haben.

Das Kühlwasser, welches in Brennereien, Destillationen und Laboratorien dazu bestimmt ist, Dämpfe abzukühlen, so daß aus ihnen eine tropfbare Flüssigkeit wird, leitet man in den unteren Theil des Kühlgefäßes, worin das gewundene Rohr mit den Dämpfen sich befindet, und sorgt für den Abfluß des erwärmten Wassers von oben. Wollte man das kalte Wasser oben einführen, so würde es beim Fallen durch das oben sich haltende leichte warme Wasser sich schon erwärmen und der beabsichtigte Zweck weniger gut erreicht werden.

In Badehäusern werden die höher gelegenen Röhren wärmeres Zuleitungswasser enthalten, als die tiefer liegenden und das kalte Wasser wird von unten weggeführt.

Auch in den Meeren zeigen sich die Folgen der Wärme auf das Wasser. In den heißen und gemäßigten Zonen nimmt die Temperatur nach der Tiefe ab, in den kalten Zonen, wo die Oberfläche unter 0° abgekühlt ist, nimmt die Wärme nach unten zu. Die Strömungen des Meeres werden vorzüglich durch Wärmeunterschiede hervorgebracht, aber die Aendrehung der Erde und die Beschaffenheit des Meeresgrundes bringen darin freilich manche Abänderungen hervor.

3. Ausdehnung luftiger Körper. Die Wärme findet bei den luftigen Körpern einen noch geringeren Widerstand, als bei den tropfbaren, dehnt sie also bei einer gewissen Zunahme am meisten aus. Da die Kohäsion der luftigen Körper als verschwindend klein angesehen werden muß, so werden sie am sichersten die in der Wärme liegende Kraft bestimmen lassen.

Die große Raumerweiterung der atmosphärischen Luft durch Wärme erkennt man u. a., wenn man in einer thierischen weichen Blase nur wenig kalte Luft absperret und sie in die Nähe eines geheizten Ofens oder eines offenen Herdfeuers bringt; denn die Blase wird aufgebläht und oft ganz erfüllt. Wir erkennen hierbei zugleich, daß die Luft mit zunehmender Wärme auch eine zunehmende Druckkraft auf die inneren Wände der Blase erlangt. Wenn die Blase sich ungehindert erweitern

kann, so wird diese Druckkraft eben nur zur Vergrößerung des inneren Raumes verwendet, ohne daß ein gewisser Flächentheil der Blase bei größerem Volumen der Luft mehr gedrückt würde, als bei kleinerem, denn in jedem Falle hält dem inneren Drucke der äußere, für diesen Fall als sich gleichbleibend anzusehende, Atmosphärendruck das Gleichgewicht; wenn aber die Blase sich nicht mehr erweitern kann und die Temperatur der eingeschlossenen Luft dennoch zunimmt, so wächst die Druckkraft auf jeden bestimmten Flächentheil.

Von den beiden so wichtigen Thatsachen, daß Erwärmung der Luft theils ihren Raum vergrößert und sie dadurch leichter macht, theils ihre Druckkraft vermehrt, wenn man die Raumerweiterung verhindert, kann man sich leicht auch eine Ueberzeugung verschaffen, wenn man ein röhrenförmiges Gläschen (Reagenzglas) umgekehrt ins Wasser taucht, nur theilweise mit Wasser füllt und die Luft über demselben durch eine Spiritusflamme erwärmt. Vor der Erwärmung halten die kleine Wasserfäule über dem Niveau und die abgesperrte Luft das Gleichgewicht dem Drucke der freien Atmosphäre auf den äußeren Wasserspiegel. Wird die Luft erwärmt, indem man das Gläschen festhält, so wird die innere Wasserfäule mit steigender Erwärmung mehr und mehr herabgedrückt; wird aber das Gläschen nicht festgehalten, so wird es durch die Expansivkraft der Luft gehoben.

Um genauere Bestimmungen über die Ausdehnung der Luftarten durch die Wärme zu erhalten, nimmt man eine Glasugel, an welche sich eine Röhre von überall genau gleicher Weite schließt, bestimmt das Verhältniß der Rauminhalte der Röhre und der Kugel, indem man beide und eine allein nach einander mit Quecksilber füllt und dasselbe abwägt, dann theilt man die Röhre in gleiche Theile so, daß 1 Theil $\frac{1}{1000}$ von dem Rauminhalte der Kugel ist. Wird nun die Kugel mit der zu untersuchenden und durch Chlor völlig getrockneten Luftart gefüllt, so daß das Quecksilber in der Röhre bis zu dem an der Kugel liegenden Nullpunkte der Eintheilung reicht, wenn das Glas 0° Temperatur hat, und setzt man nun die Kugel und den Röhrentheil bis zu Anfange der Quecksilberfäule in einem Wasserbade einer steigenden Temperatur aus; so läßt sich für jeden Wärmegrad die Ausdehnung der Luft bis auf Tausendtel ihres Rauminhaltes genau bestimmen.

Die Röhre hat bei diesen Versuchen eine horizontale Lage, indem sie durch einen Korkpfropfen verschiebbar aus dem Metallgefäße mit Wasser hervorragt. Schließt sich an die Röhre ein lothrecht aufsteigendes Barometerrohr, so kann man beobachten, eine wie hohe Quecksilberfäule die Luft bei jeder Temperatur zu tragen fähig, welches also die Spannkraft oder der Druck ist, den sie auf eine Fläche von gewisser Ausdehnung ausübt.

Die Zunahme der Expansivkraft der Luftarten unter gleichem Drucke bei ihrer Erwärmung von 0° bis 100° C., ausgedrückt als Bruchtheil

von der Druckkraft bei 0°, ist ihr Ausdehnungskoeffizient. Temperatur und Expansivkraft wachsen innerhalb dieser Gränze in gleichem Verhältnisse und das Mariottesche Gesetz (Bd. I. S. 220) behält überall seine Geltung.

Man nimmt als Koeffizient auch die Ausdehnung bei 1° Wärmezunahme und dann müssen die folgenden Zahlen noch mit 100 dividirt werden.

Die Ausdehnungskoeffizienten von 0° bis 100° C. sind für

atmosphärische Luft . .	0,3665	Kohlensäure	0,3709
Wasserstoffgas	0,3661	Stickstoffoxydgas . . .	0,3720
Kohlenoxydgas	0,3669	Cyngas	0,3877
Schweflige Säure	0,3867		

Es ist nun leicht möglich die Zunahme des Volumens der Luft bei einer gewissen Temperaturerhöhung zu bestimmen. 1 Liter atmosphärische Luft wiegt bei 0° Temperatur und dem mittleren Barometerstande von 760 Millimetern 1,2932 Gramme oder 21,23621 preuß. Gran. 1 Pfund Luft nimmt bei 0° den Raum von 386638 Kubikzentimetern ein. Da dieselbe sich nun für jeden Grad Temperaturerhöhung um 0,003665 (oder $\frac{1}{273}$) ihres Volumens ausdehnt, so wird 1 Pfund bei 1° Erhöhung $386638 \cdot 0,003665 = 1417,01363$ Kubikzentimeter und bei Erwärmung bis 20° schon $20 \cdot 1417,01363 = 28340,2726$ Kubikzentimeter mehr Raum einnehmen, als bei 0°. Daher ist jetzt ihr Volumen $386638 + 28340,2726 = 414978,27$ Kubikzentimeter.

Es wiegt von der atmosphärischen Luft bei 0° und 760 Millimtr. Barometerstand:

1 Kubikzoll			1 Kubikfuß			Benennung.
pariser	rheintl.	engl.	pariser	rheintl.	engl.	
0,02565	0,02313	0,02118	44,327	39,980	36,605	Gramme oder preuß. Gran.
0,42121	0,37990	0,34784	727,84	656,47	601,07	

Luft ist bei 0° 773mal leichter, als Wasser und 105135mal leichter, als Quecksilber.

Die Spannkraft der Luft wächst unter zwei Bedingungen: 1) mit Vermehrung des auf sie ausgeübten Druckes, 2) mit der Zunahme ihrer Wärme. Es ist demnach möglich, daß kalte dichte Luft der erwärmten dünneren das Gleichgewicht hält. In einem abgesperrten hohen Zimmer, welches geheizt worden ist, befindet sich oben warme leichte und unten kalte schwere Luft. In der freien Atmosphäre tritt

zwar auch das Bestreben der warmen Luft auf, sich über die kalte zu erheben, aber die an der Erdoberfläche erwärmte Luft kann durch eine wenn auch nur sehr mäßige horizontale Strömung verhindert werden, nach oben zu strömen und ihre Expansivkraft wird durch den Druck und die Strömung der kälteren Luft darüber im Gleichgewichte erhalten.

Aus den angeführten Thatsachen der durch Vermehrung der Wärme vergrößerten Ausdehnung, Leichtigkeit und Spannkraft der Luft beruhen sehr viele gewöhnliche, aber auch praktisch wichtige Erscheinungen.

Erwärmt man die Luft in einem Gefäße mit sehr enger Oeffnung, so wird dadurch ein Theil derselben herausgetrieben; steckt man, nachdem dies geschehen ist, die Mündung unter das Niveau einer Flüssigkeit, so dringt beim Erkalten der Luft von dieser Flüssigkeit in das Gefäß ein, weil die darin gebliebene warme Luft beim Erkalten einen kleineren Raum mit verminderter Druckkraft einnimmt, und somit der Druck der freien Atmosphäre die Flüssigkeit hineinpreßt.

Wird in einem Heronsballe die abgesperrte Luft erwärmt, so treibt die vermehrte Spannkraft die Flüssigkeit heraus.

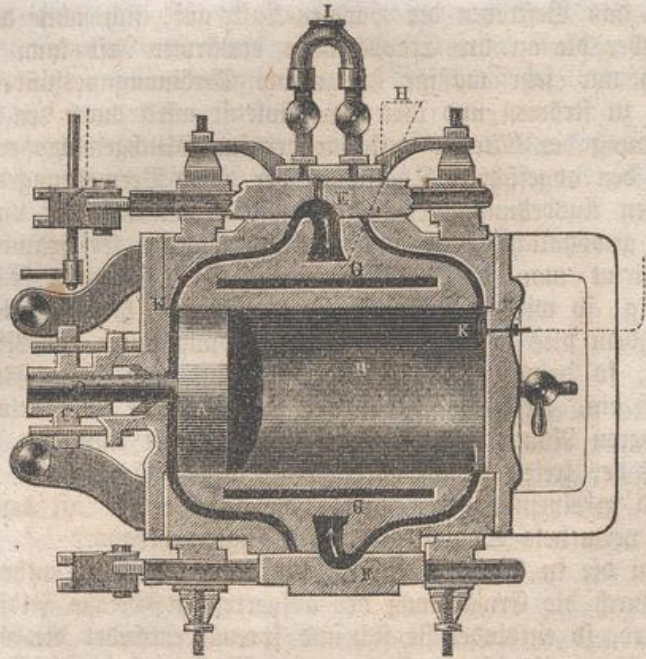
Wenn die in Weinen, Bierem, künstlichen Wassern enthaltene Kohlensäure durch die Erwärmung der absperrenden Gefäße selbst auch erwärmt wird, so entbindet sie sich und sprengt entweder die Gefäße auseinander oder treibt die Korke heraus. Man muß dergleichen Getränke also möglichst kalt halten.

Wie die warme Luft nach oben steigt, kann man an dem warmen Ofen durch eine nebenan gehaltene Flaumfeder erkennen, welche mit in die Höhe geführt wird, oder durch die auf dem Knopfe einer Stecknadel sich drehenden Papierschlängen. — Scheint die Sonne auf Dächer oder im Sommer auf das freie Feld und sieht man parallel über diese Flächen hin, so erkennt man ein fortwährendes Flimmern; denn durch das fortwährende Aufsteigen der warmen und Herabsinken der kalten Luft erscheinen die dahinter befindlichen ruhenden Gegenstände in einer fortwährend zitternden Bewegung.

In den Küchen hat man neuerdings die heiße Zugluft benutzt, um Bratenwender in Bewegung zu setzen.

Die Gaskraftmaschine. (Fig. 351). Wenn aus dem Schießpulver die Pulvergase sich entwickeln, so werden dieselben durch die dabei gleichzeitig entstehende bedeutende Wärme sehr ausgedehnt und zeigen eine sehr bedeutende Druckkraft, wie dies die neuere Kriegskunst ja lehrt. Es ist bisher noch nicht gelungen, diese Kraft zum Betriebe von Maschinen anzuwenden, wohl aber eine ähnliche beim Anzünden des Leuchtgases aus der dabei plötzlich entstehenden großen Hitze sich entwickelnde Kraft. Die Maschinen nennt man Gaskraftmaschinen, obwohl nur Leuchtgas dazu verwendet wird.

Die Figur zeigt einen Zylinderdurchschnitt. Da die Einrichtungen im Einzelnen sehr verschieden sind und wir in diesem Werke auf das



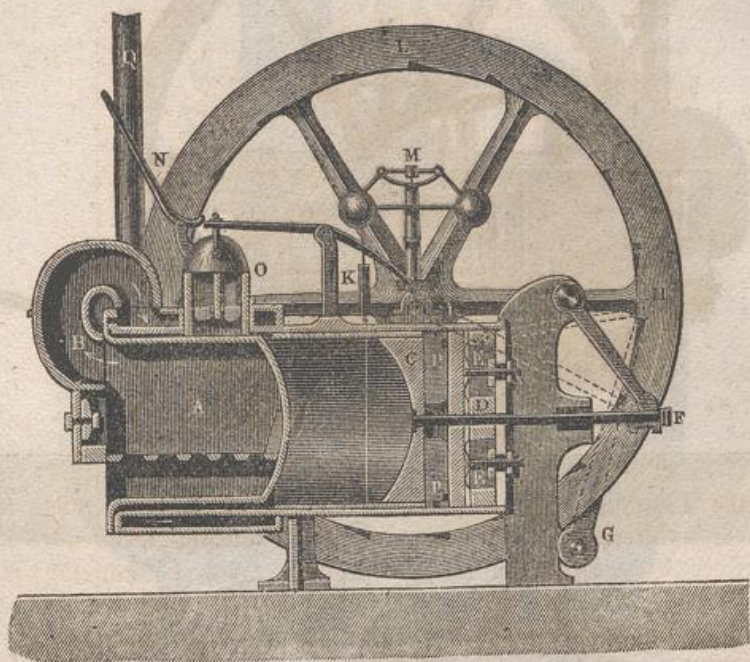
(Fig. 351.)

eigentliche Maschinenwesen nicht näher eingehen können, so möge es genügen, anzuführen, daß das unter dem gewöhnlichen Drucke des Gasometers der Beleuchtungsanstalten befindliche Gas abwechselnd in die beiden durch den Kolben gebildeten Räume des Stiefels geleitet, daß es nach seinem Eintritte dort durch einen kleinen elektrischen Funken entzündet wird, welcher beim Schließen einer galvanischen Kette entsteht und daß der Zylinder, worin der Arbeitskolben sich befindet, durch ihn fortwährend umfließendes Kühlwasser möglichst kalt erhalten werden muß, damit der Unterschied der Temperatur in den beiden Abtheilungen des Stiefels möglichst verschieden sei.

Diese Maschinen gewähren den Vortheil, daß man sie ohne eine besondere Feuerung anlegen zu müssen, überall da aufstellen kann, wo Gas- und Wasserleitungen sind, daß sie wenig Platz einnehmen und einen sehr ruhigen Gang haben. Einer großen Kraftsteigerung sind sie allerdings nicht fähig.

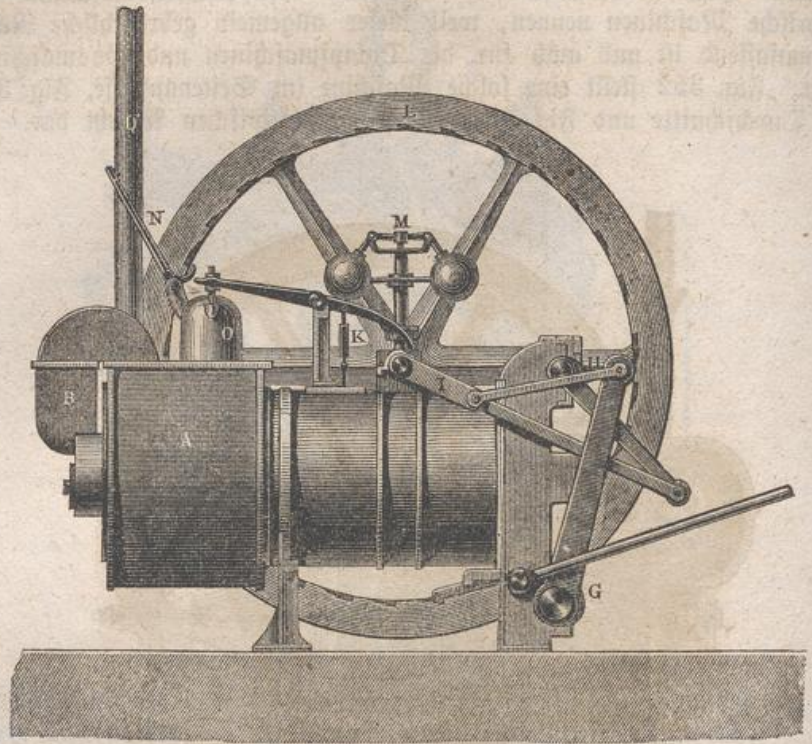
Die kalorischen Maschinen. Auch der Druck, welchen die atmosphärische Luft bei ihrer Erwärmung auf die sie abschließenden Körper ausübt, kann zur Bewegung eines Kolbens in einem Zylinder verwendet werden. Es findet hierbei eine Uebertragung der in den Molekeln der Luft liegenden Schwingungskraft auf die Masse eines Körpers, nämlich des Kolbens, statt: Molekularbewegung wird zu einer Massenbewegung. Man würde die dazu eingerichteten Maschinen ange-

messener Heißluftmaschinen oder allenfalls Lusterpansionsmaschinen als kalorische Maschinen nennen, weil dieser allgemein gebräuchliche Name zu umfassend ist und auch für die Dampfmaschinen und Gasmaschinen paßt. Fig. 352 stellt eine solche Maschine im Seitenaufriß, Fig. 353 im Durchschnitte und Fig. 354 in der perspektivischen Ansicht dar.



(Fig. 352.)

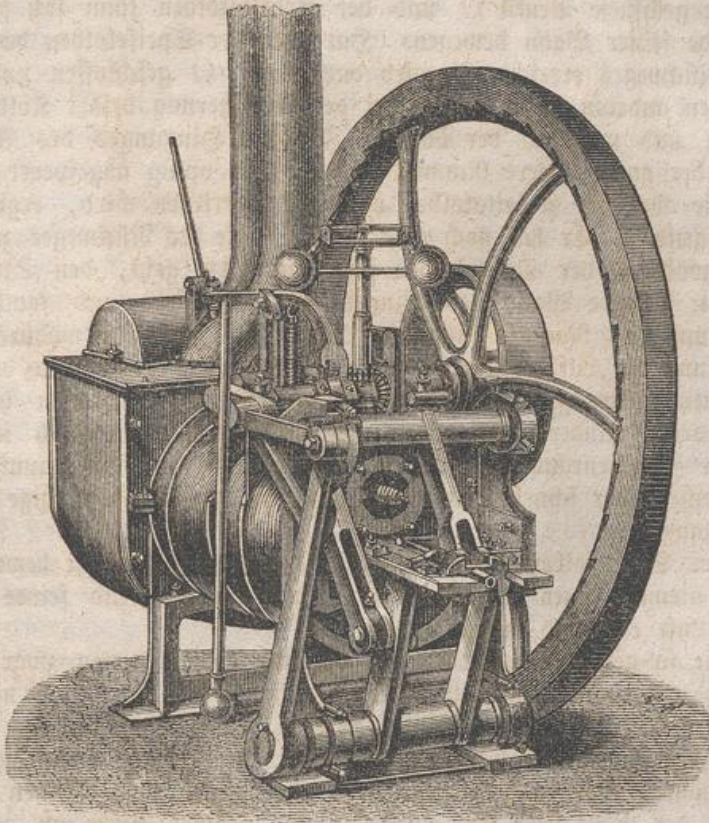
An der hinteren (linken) Seite des Zylinders ist ein Verschluß A von der Form eines in ihm mit dem Boden hineingesteckten Topfes, dessen umgebogener Rand fest mit dem hinteren Rande des Zylinders verbunden ist; in ihm ist die Feuerungsanlage. Die Wärme durchläuft in der Richtung der Pfeile von B aus den hohlzylindrischen Raum und zieht durch die Esse Q ab. Bei O ist ein Ventil, welches beim Niederdrücken des Hebels darüber die äußere Luft mit dem Zylinder in Verbindung bringt; eine Feder bei K erhält durch Herabziehen den Verschluß und ein Daumen an der Axe des Schwungrades L bewirkt die rechtzeitige Hebung des Hebelarmes und somit das Öffnen des Ventils. An der anderen (rechten) Seite des Zylinders bewegen sich in ihm zwei Kolben hin und her: der äußere EE (Fig. 352) oder der Arbeitskolben schließt sich dicht an die inneren Wände des Zylinders; der innere PP oder der Speisekolben läßt zwischen seinem Umfange und der Zylinder-



(Fig. 353.)

wand einen Zwischenraum. EE hat zwei Ventile, die sich nach innen öffnen, in der Mitte eine Stopfbüchse D, durch welche die Stange des Speisefolbens luftdicht geht. An dem hölzernen von Metall umgebenen Speisefolben, dessen Vordertheil C mit einem möglichst schlechten Leiter ausgefüllt und so gewölbt ist, daß er sich an das gewölbte Ende des Feuerraumes anlegt, schließt sich nach hinten ein Blechmantel, der sich in eine am hinteren Ende des Zylinders befestigte und den Heizraum umgebende Blechröhre schieben läßt. Der Speisefolben trägt einen Stahlring, welcher in einem ringförmigen Einschnitte sich hin und her schieben läßt und dabei an die Innenfläche des Zylinders sich anschließt, wodurch die Verbindung vor und hinter diesem Kolben abgeschnitten oder hergestellt wird, jenachdem er vorn oder hinten sich anlegt, weil für den ersten Fall der Vordertheil des Kolbens am Umfange mehre vertiefte Furchen hat. Geht der Speisefolben vorwärts, so legt der Ring sich hinten an und die Verbindung ist hergestellt; geht er rückwärts, so legt der Ring sich vorn an und die Verbindung ist abgeschnitten. — Die Stange des Speisefolbens wird durch einen Schlitten bei F horizontal geführt; ein ziemlich zusammengesetztes Hebelsystem bringt einen ungleich-

mäßigen Gang der beiden Kolben hervor. — Der Hingang des Arbeitskolbens (nach rechts) findet nur durch den Ueberdruck der heißen Luft über den Atmosphärendruck statt und enthält die Kraftleistung. Ist er soeben am Ende seiner Bahn rechts angekommen, wie es Fig. 354 dar-



(Fig. 354.)

stellt, so würde er stehen bleiben, wenn nicht das schwere Schwungrad, welches noch einseitig etwas vor seinem höchsten Punkte mit einem Uebergewichte belastet ist, die Maschine über den todten Punkt und somit den Arbeitskolben zurück (nach links) führte. Vor dem Beginne des Rückweges hat der Speisekolben sich schon auf den Rückweg begeben und zwischen E und P einen luftverdünnten Raum erzeugt, wodurch die Ventile des Arbeitskolbens sich öffnen und die äußere Luft in den Raum dringt. Aber sowie der Speisekolben seinen Rücklauf beginnt, drückt er den Stahlring gegen die Oeffnungen vorn an seinem Umfange und hebt so die Verbindung vor und hinter sich auf. Hat aber der Speise-

kolben das Ende seiner rückgängigen Bewegung erlangt, bis zu welcher Zeit die Ventile des Arbeitskolbens geöffnet bleiben; so hat der Arbeitskolben noch einen Theil seines Rückweges zu vollenden. Der Speisekolben treibt auf seinem Rückwege die Luft zwischen seiner hohlen Innenfläche, dem Blechmantel und der Außenfläche des Feuerraumes durch das nun geöffnete Ventil O und der Arbeitskolben kann sich frei bis ans Ende seiner Bahn bewegen. Hat aber der Speisekolben das Ende seines Rückweges erreicht, so wird das Ventil O geschlossen und auch die beiden anderen schließen sich bei der Annäherung beider Kolben, so daß nun und während der übrigen Zeit des Hinganges des Arbeitskolbens der ganze innere Raum des Zylinders völlig abgesperret ist.

Wie aber der Arbeitskolben vorwärts getrieben wird, ergibt sich aus Folgendem. Er hat noch eine kurze Strecke des Rückweges zu vollenden, während der Speisekolben schon vorwärts geht, den Stahring gegen die hintere Wand des Ringeinschnittes schiebt und somit eine Verbindung des Raumes vor und hinter sich herstellt, wodurch eine Verdichtung der Luft vermieden wird. Die durch die Ventile des Arbeitskolbens gedrungene äußere Luft kann sich also in dem hinteren Theile des Zylinders verbreiten und wird dort, namentlich in dem schmalen Zwischenraume zwischen der Außenfläche des Feuerraumes und dem Blechzylinder schnell und stark erhitzt, so daß sie die nöthige Druckkraft erlangt.

Der Speisekolben wird nur durch die Maschine selbst bewegt, er erleidet niemals einen Luftdruck und dient dazu während seines Rückganges Luft ein- und auszupumpen.

Die so geistreich konstruirten Heizluftmaschinen bieten zwar einige erhebliche Vorteile gegen die Dampfmaschinen dar, sind aber nicht im Stande, sie in ihren Leistungen zu ersetzen. Die Gefahr einer Explosion ist bei ihnen nicht vorhanden, da nur eine geringe Luftmenge eine etwas höhere Spannung hat, sie lassen sich wegen ihres kleinen Feuers leicht in der Nähe jeder Esse aufstellen und nehmen einen nur geringen Raum ein; sie lassen sich in sehr kurzer Zeit ohne lange Vorheizung in Thätigkeit setzen und ohne viel Brennmaterial unnütz zu verwenden auch außer Thätigkeit bringen; die Wärme braucht nicht erst dazu verwendet zu werden, einen tropfbaren Körper (Wasser) in einen luftigen (Dampf) zu verwandeln und diesen noch auszudehnen, sondern die Wärmezuführung vollbringt sofort die mechanische Leistung, so daß gegen 50 Prozent an Feuermaterial erspart wird gegen eine Dampfmaschine von gleicher Leistung. Außerdem arbeiten sie sehr ruhig und die abziehende Wärme läßt sich noch anderweitig benutzen.

Die Leistung dieser Maschinen hängt theils von dem Durchmesser des Arbeitskolbens, theils von dem Grade der Ausdehnung der eingeschlossenen Luft durch die Temperaturerhöhung ab. Da der Ausdehnungskoeffizient der atmosphärischen Luft 0,003665 ist, so nimmt ihr

Volumen bei einer Erwärmung von 0° bis 100° C. nur etwas mehr als $\frac{1}{3}$ zu und in demselben Verhältnisse auch ihre Druckkraft; das 2fache Volumen erhält sie erst bei 273° C. und das 3fache bei 545° C., so daß in diesen drei Fällen nur ein innerer Ueberdruck von $\frac{1}{3}$, 1 und 2 Atmosphären über den von außen ausgeübten einfachen Atmosphärendruck auf den Arbeitskolben bleibt. Die Vergrößerung seines Durchmessers hat aber auch ihre Grenzen und somit bleibt die Kraftleistung gegen die Dampfmaschinen sehr zurück; denn Dampf von 100° C. hat den Druck von 1 Atmosphäre, zu 121° C. gehören 2, zu 135° schon 3 Atmosphären und so steigt die Kraft bei 190° zu 12, bei 265° zu 50 Atmosphären, weil sich bei wachsender Temperatur aus dem Wasser mehr Dämpfe entwickeln und deren Schwingungskraft theils wegen größerer Masse, theils wegen wachsender Geschwindigkeit eine größere ist. Für Leistungen von 1 bis 2 Pferdekraften sind diese Maschinen sehr zu empfehlen und wenn statt der gewöhnlichen Luft durch eine Hilfsmaschine oder auf andere Weise verdichtete Luft erwärmt würde, so ließe der Erfolg sich bedeutend steigern. Hätte die atmosphärische Luft ohne Verdichtung bei ihrer Erwärmung eine Spannung von 2 Atmosphären, so würde sie bei dreifacher Verdichtung eine Spannung von $3 \cdot 2 = 6$ Atmosphären, in jenem Falle also einen Ueberdruck von nur 1, in diesem von 5 Atmosphären haben.

Schornsteine oder Essen. Wenn man abgeschlossene Räume nicht etwa durch Leuchtgas, sondern durch eine Feuerung erwärmen will, so bedarf man eine mit dem Feuer in Verbindung stehende und die aus der Verbrennung entstandenen Produkte nach außen ableitende Vorrichtung. Man legt zu diesem Zwecke entweder vom Feuer oder von den Abzugröhren der Döfen aus in den Mauern Kanäle mit quadratischem oder kreisförmigem Durchschnitte an und führt dieselben bis über die Forsten der Gebäude in lothrechter Richtung fort. Sind sie 16 bis 20 Zoll weit, damit ein Mensch in dieselben steigen und sie reinigen kann, so heißen sie deutsche, haben sie einen Durchmesser von 6 bis 12 Zoll, so sind es russische, welche man durch Kugeln mit Besen reinigt. Erfahrungsmäßig genügen 6 Zoll Durchmesser zu 2, 7" zu 3, 8" zu 4, 9" zu 5 bis 6 Döfenfeuerungen. Besser aber ist es, für jede Döfenfeuerung einen besonderen Kanal anzulegen. Für ein Küchenfeuer genügen 8 bis 9" Weite. Die Beschaffenheit und Menge des zu verbrauchenden Brennmaterials ist hierbei zu berücksichtigen.

Brennt ein Feuer offen, so erwärmt es die Luft ringsum und dehnt sie aus. Dadurch wird zwar ein Steigen veranlaßt, aber da sehr bald eine ziemlich bedeutende Abkühlung eintritt, so wird die Geschwindigkeit bald bedeutend geringer und daher ist auch der Zufluß frischer Luft an der Feuerstätte ein ziemlich schwacher. Ist aber über dem Feuer eine Röhre aus schlecht leitendem Materiale, so wird dadurch die aufsteigende Wärme zusammengehalten und es erfolgt in derselben

Höhe noch ein schnelleres Steigen, also muß unten auch ein schnellerer Zufluß stattfinden, welcher eine lebhaftere Verbrennung erzeugt. Da dessen ungeachtet im Rohre nach oben eine Abkühlung eintritt, welche mit einer Raumverminderung verbunden ist, so muß der Schornstein nach oben sich angemessen verengen, weil bei gleichmäßiger Weite die äußere Luft in den Schornstein fallen würde, um die Raumverminderung auszugleichen. Durch die herabfallende Luft würde der Zug vermindert oder aufgehoben.

Der Zug wird in einem Schornsteine um so lebhafter sein, je wärmer, höher und enger er ist, weil die Luftströmung in ihm von dem Unterschiede des Gewichtes oder Druckes der äußeren Luft über den der inneren an der Mündung des Rohres abhängt. Warm werden die Essen erhalten, wenn sie aus einem schlecht leitenden Materiale bestehen (in eisernen setzt sich überdies leicht Glanzruß an), wenn sie nicht in den äußeren der Abkühlung leicht ausgesetzten Umfassungsmauern eines Gebäudes, sondern im Inneren angelegt und nicht sehr weit sind; daß aber die vergrößerte Höhe das Ziehen befördert, ist leicht einzusehen. Wenn die Luft in einer bestimmten Röhre 1 Pfund wiegt und die Temperatur der äußeren Luft hat, so ist Gleichgewicht vorhanden. Würde die Luft im Rohre durch das Feuer um das Doppelte ausgedehnt, so wiegt die in ihm noch befindliche nur noch $\frac{1}{2}$ Pfund und die äußere drückt an der unteren Mündung mit dem Ueberschusse von einem halben Pfunde. Wäre die Röhre doppelt so lang und die Luft darin in gleichem Grade ausgedehnt, so wäre ihr Gewicht 1 Pfund, das der ebenso langen äußeren Luftsäule aber 2 Pfund, folglich der Ueberdruck an der unteren Mündung jetzt ein ganzes Pfund und somit die Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes eine größere. Da nun zum lebhaften Brennen eine gewisse, weder allzugroße noch allzugeringe Geschwindigkeit der Luftströmung gehört, so läßt sich für einen gewissen Temperaturunterschied die nöthige Höhe des Schornsteines berechnen. Je niedriger die Temperatur der äußeren Luft ist, desto lebhafter ziehen die Schornsteine, welche übrigens zur Verminderung der Reibung im Inneren möglichst glatt, wenn auch nur schwach gepuzt sein müssen.

Da die Luft bei 100° C. Wärme nur 0,727 von der bei 0° wiegt, so gehört zur Herstellung des Gleichgewichtes mit der äußeren Luft von 0° für einen Schornstein von 100 Fuß Höhe eine äußere Luftsäule von 72,7 Fuß. Ist also der Schornstein um $100 - 72,7 = 27,3'$ kürzer, so ist die Ausflußgeschwindigkeit noch 44 Fuß.

Die folgende Tabelle gibt die für jeden Fall passende Weite und Höhe eines gut ziehenden Schornsteines an.

Stündlich verbrannt.		D ö b e	Weite, obere.		Weite, untere.		Mauerdicke.	
Stein- kohlen.	Holz.		quadr.	rund.	quadr.	rund.	untere.	obere.
Kilogramm.			Meter.				Zentimeter.	
10	20	10	0,24	0,27	0,36	0,40	33	
20	40	13	0,32	0,36	0,48	0,54	38	
30	60	15	0,38	0,43	0,57	0,63	41	
40	80	17	0,43	0,48	0,64	0,72	44	
50	100	18	0,47	0,53	0,70	0,80	45	
75	150	20	0,55	0,62	0,82	0,91	48	
100	200	22	0,62	0,70	0,93	1,05	51	
150	300	26	0,73	0,83	1,00	1,24	57	
200	400	28	0,83	0,93	1,25	1,39	60	18
250	500	30	0,91	1,03	1,36	1,54	63	
300	600	31	0,98	1,11	1,47	1,67	65	
350	700	32	1,05	1,19	1,57	1,78	66	
400	800	33	1,11	1,26	1,66	1,89	68	
450	900	34	1,17	1,33	1,75	2,00	69	
500	1000	34	1,23	1,39	1,84	2,09	69	
550	1100	35	1,29	1,45	1,93	2,18	71	
600	1200	35	1,34	1,51	2,01	2,27	71	

Jedenfalls sind die Schornsteine höher anzulegen, als die Forsten der zugehörigen oder unmittelbar daran gränzenden Häuser; denn ist dieses nicht der Fall, so schlägt die Luft bei solchen Winden, welche sich an die höheren Gegenstände stoßen und einen zurückgehenden Wirbel bilden, in die Schornsteine und verhindert das Aufsteigen des Luftstromes oder gibt ihm sogar eine abwärts gehende Bewegung, so daß das Feuer nicht brennt oder einen zurückdringenden Rauch erzeugt. Die Essenköpfe oder Hauben schützen dagegen nicht immer und nur dann, wenn der Rauch in einer beweglichen Haube mit Windfahne nach der Richtung abziehen kann, in welcher der Wind, selbst auch der zurückgeworfene, geht.

Luftheizung. Man hat die Wärme, welche in der durch eine Feuerstätte ausgedehnten und leichter gewordenen Luft vorhanden ist und beim Aufwärtssteigen derselben mit fortgeführt wird, benutzt, um bewohnte und überhaupt abgeschlossene Räume zu beheizen, ohne daß in ihnen besondere Feuerungen eingerichtet werden. Man hat nämlich in

dem Keller des Gebäudes einen einzigen Ofen, welcher zur Ersparung des Feuerungsmateriales eine möglichst vollkommene Einrichtung haben muß. Dieser ist mit einem starken gemauerten Mantel umgeben, welcher ganz unten einige Oeffnungen und oben Abzugskanäle hat, welche in dem Mauerwerke des Gebäudes bis unmittelbar über die Fußböden der einzelnen Räume führen und dort durch drehbare Scheiben oder Schieber abgesperrt werden können.

Beim Feuern wird die Luft zwischen dem Ofen und Mantel erwärmt und ausgedehnt und steigt daher durch die Abzugsröhren in die oberen Räume, welche sie erwärmt; der Abgang der Luft aus dem Mantelraume wird ersetzt durch den Zufluß kalter Luft von unten, welche auch erwärmt wird, um dann dasselbe zu leisten. Dieser Zu- und Abfluß währet so lange, als noch ein Unterschied in der Temperatur der abgesperrten und der äußeren Luft stattfindet und die Spannkraft der oberen durch den Druck der unteren übertroffen wird. Sind die oberen Räume hinreichend warm, so werden die Mündungen der Zufuhrrohren abgesperrt. Man kann auch die Wärme in dem Heizapparate durch Schließung der Zufuhröffnungen zusammenhalten. Die Abzugsröhren müssen gegen Abkühlung möglichst geschützt sein.

So vortheilhaft diese Art der Luftheizung in vielen Beziehungen auch ist, so treten doch erhebliche Bedenken gegen sie auf. Die Erfahrung hat nämlich gelehrt, daß das Einathmen der Luft, welche bei der Bewegung an glühenden Körpern erwärmt worden ist, der Gesundheit selbst dann noch nachtheilig wird, wenn sie auch kühler geworden ist; denn sie befördert Lungenkrankheiten, Schwindsucht und erzeugt Nerven- aufregung. Man hat dieses von ihrer Trockenheit herleiten wollen; nämlich die in den Mantel strömende kalte Luft enthält verhältnißig wenige Feuchtigkeit und da diese Luft nach ihrer Erwärmung fähig ist, weit mehr Wasser in Dampfgestalt in sich zu führen, eine Vermehrung desselben aber nicht stattgefunden hat, so ist sie relativ trocken und die trockene Luft schadet namentlich den Brustkranken. Diesem Uebelstande wird durch das Aufstellen oder Aufhängen von Gefäßen mit Wasser in nur sehr unvollkommener Weise abgeholfen, weil die Verdunstung langsam vor sich geht und weil die warmen Dünste in der oberen warmen Luft bleiben. Weit besser wäre es, die warme Luft an der Mündung der Kanäle oder schon früher mit Wasser getränkte Schwämme u. dergl. durchstreichen zu lassen. Es scheint aber überhaupt die warme Luft, welche sich nach einer bedeutenden Reibung an festen Gegenständen in die Wohnungen begibt, in einem elektrischen Zustande zu sein, welcher auf die Nerven nachtheilig einwirkt. Man hat in dieser Beziehung in Nordamerika, namentlich in New-York, wo die Luftheizung einen hohen Grad der Ausbildung erreicht hat, die auffallendsten Beobachtungen gemacht. Geht man durch Stuben, welche durch Luft erwärmt sind, die an gußeisernen Heizapparaten sich hinbewegt hat, mit schleifenden Füßen auf den

Teppichen hin und her, so wird der Körper so elektrisch, daß aus allen Theilen desselben elektrische Funken gezogen werden können. Wie sehr erregend aber Elektrizität auf die Nerven wirkt, ist eine bekannte Sache.

Luftheizung durch Zirkulation. Sowohl bei der Heizung durch die gewöhnlichen Stubenöfen, als auch durch Wasser, Luft und, wie wir später angeben werden, durch Dampf, ist ein bisher viel zu wenig gewürdigter Uebelstand vorhanden, auf dessen Beseitigung man dringend bedachtnehmen sollte; nämlich, wir genießen von der hervorgebrachten Wärme in unseren Stuben nur einen ziemlich kleinen Antheil, weil die höchste Temperatur stets an der Decke der Zimmer, während es an dem Fußboden am kältesten ist. Der Unterschied der Wärme an beiden Orten ist im Winter oft sehr bedeutend, nämlich meistens über 10° R., vorzüglich wenn unterhalb gar nicht geheizt wird. Man müßte also darauf denken, diese Wärme herabzubringen und nutzbar zu machen.

Ich habe einen Stubenofen konstruirt, welcher außer anderen Vortheilen (Rauchverbrennung, vollkommene Ausnutzung des Brennmaterials, Vermeidung der Lebensgefahr durch Erstickten, Erzeugung der gewünschten gleichmäßigen Feuchtigkeit) vermittelst eines durchgehenden Zirkulationsrohres in einem 25 Fuß hohen Raume von etwa 5000 Kubikfuß Inhalt die Temperatur bis auf $\frac{1}{2}^{\circ}$ R. Unterschied an der Decke und Diele ausglich.

Eine Luftabkühlung durch Zirkulation läßt sich dann hervorbringen, wenn man von einem kalten Raume, z. B. einem benachbarten Eiskeller eine unten liegende Verbindung, welche für entfernte Räume mit schlechten Leitern umgeben sein muß, herstellt und einen Abzug der warmen Luft, z. B. aus einem Bierkeller, von oben bewirkt. Dann füllt sich der warme Raum nach und nach mit kalter Luft. — Dasselbe Prinzip sollte bei den Eisschränken angewendet werden. Man müßte in ihnen zwei gesonderte Abtheilungen nebeneinander, die eine für die Speisen, die andere für das Eis und in der Zwischenwand unten und oben kleine Oeffnungen anbringen. Ist die Abkühlung hinreichend, so verschließt man von außen durch einen Schieber die oberen Oeffnungen und spart so an Eis.

Ventilation. Soll die Luft in Räumen, worin viele Menschen (auch Thiere) eine längere Zeit oder dauernd ihren Aufenthalt haben, zum Athmen tauglich bleiben, so muß stets für den Zufluß gesunder und den Abfluß der verunreinigten Luft gesorgt werden. Weil die atmosphärische Luft und auch die entstehende Ausdünstung des Körpers stets wärmer sind, als die umgebende Luft, so steigen sie in die Höhe und müssen aus den oberen Theilen des Raumes durch Röhren, welche auch abgesperrt werden können, ins Freie oder in Schornsteinanäle gelassen, oder auch zur Speisung eines Feuers verwendet werden, was wegen ihrer Wärme vortheilhaft ist. Bei den Luftheizungen sorgt man dafür, daß die einströmende Luft selbst rein ist, bei den anderen Beheizungs-

methoden muß man auf besondere Zuleitung gesunder Luft bedacht sein. Gewöhnlich ist es hinreichend, den Zufluß bloß durch die Ritzen der Thüren und Fenster stattfinden zu lassen.

W i n d e.

Wenn von zwei nebeneinander liegenden Zimmern nur das eine geheizt worden ist und man öffnet die Verbindungsthüre, so entsteht in derselben eine doppelte Luftströmung: unten geht die kalte Luft in die warme Stube, oben die warme Luft in die kalte Stube, wie man an den Flammen zweier dahin gebrachten Richter leicht erkennen kann, bis endlich in beiden Räumen das Gleichgewicht hergestellt ist. Solche Luftströmungen finden unter allen Umständen statt, wenn irgendwie an einem Orte eines zusammenhängenden Raumes das Wärme-gleichgewicht gestört oder ein Temperaturunterschied hervorgebracht worden ist; finden sie in der freien Atmosphäre statt, so nennt man sie Winde und ist ihre Geschwindigkeit bedeutend (40—60'), so heißen sie Stürme und bei noch größerer Orkane.

Wenn eine große Feuerbrunst entsteht, so bildet sich über ihr und zunächst um sie ein aufsteigender warmer Luftstrom und daher muß selbst nach vorangegangener Windstille rings um das Feuer ein nach demselben wehender Wind entstehen, theils um das Brennen zu unterhalten, theils um die verzehrte und die in die Höhe gestiegene Luft wieder zu ersetzen.

Auf ähnliche Weise findet sich, namentlich im Sommer bei Sonnenschein, Wind in großen Städten und eine damit verbundene Staubaufregung ein. Die Temperatur ist in volkreichen großen Städten theils wegen der vielen Menschen und Thiere, theils wegen der vielen Feuerstätten der verschiedensten Art, theils wegen der Entwicklung der Wärme durch die Sonne an den Gebäuden oft eine namhaft höhere, als in etwas größerer Entfernung von ihnen; es muß also über ihnen ein aufsteigender Luftstrom entstehen (wenn nicht etwa durch anhaltend trübe regnerische Witterung die Temperatur auf weite Strecken eine gleichmäßige ist) und daher rings umher ein nach ihnen wehender Wind.

Auch wenn irgendwo eine plötzliche Abkühlung der Luft eintritt, muß ein Wind entstehen, wie wenn im heißen Sommer vor die Sonne eine dichte Wolke tritt, in deren Schatten die Luft sich abkühlt. Die kälter gewordene Luft nimmt einen kleineren Raum ein und daher muß von allen Seiten eine Strömung nach der beschatteten Stelle eintreten.

Hierher gehören auch die Gewitterstürme. Wenn wie gewöhnlich vor dem Ausbruche eines Gewitters eine sehr hohe Temperatur stattfindet, so tritt theils durch die häufig sehr rasch sich bildenden dichten Gewitterwolken, theils durch die elektrischen Entladungen eine recht bedeutende örtliche Abkühlung und deshalb ein heftiges Zuströmen der Luft von allen Seiten ein, wodurch sich aufwärts gerichtete Wirbel bilden, welche den Staub oft in bedeutender Menge mit sich fortführen.

Horizontal fortschreitende Wirbel nennt man Windhosen, welche durch seitliche Gegenströme entstehen und bei ihrer oft sehr großen Drehungsgeschwindigkeit bedeutende Verheerungen anrichten. Sind sie, wie häufig, mit elektrischen Entladungen verbunden, so nennt man sie Wetterfäulen; bilden sie sich über Gewässern, so nehmen sie Wasser und darin lebende Thiere (kleine Fische, Frösche) in sich auf, führen bisweilen Alles bis weit über das Land mit sich fort und heißen dann Wasserhosen, welche bei ihrem Vergehen einen sogen. Fischregen, Froschregen u. dergl. geben

Land- und Seewinde. Verschiedene gleichzeitig von der Sonne unter demselben Winkel beschienene Gegenstände erlangen je nach ihrer Beschaffenheit in derselben Zeit eine ungleiche Temperatur: der schwarze Basalt wird wärmer, als der weiße Marmor, das Festland wärmer, als das Wasser. Denken wir uns eine einzeln liegende Insel, so wird sie am Tage und namentlich bei Sonnenschein wärmer sein, als das sie umgebende Meerwasser, welches die Sonnenstrahlen von seinem Spiegel theilweise zurückwirft und an sich ein schlechter Wärmeleiter ist; die Luft über der Insel wird daher mehr ausgedehnt, als über dem Wasser, sie steigt also dort wegen ihrer größeren Leichtigkeit aufwärts und der Abgang wird durch einen Zufluß vom Meere aus ersetzt: es entsteht am Tage ein Seewind, welcher abkühlend auf das Inselland wirkt — Nach Sonnenuntergang kühlt das Land, namentlich bei heiterem Himmel, durch Wärmeausstrahlung schneller ab, als das schlechter leitende Wasser, bei welchem überdies die an der Oberfläche abgekühlte Theilchen herabsinken, um aufsteigenden wärmeren Platz zu machen; die Luft über dem Wasser ist also in der Nacht wärmer, als die über dem Lande und muß dort aufwärts steigen, was einen vom Lande nach dem Wasser wehenden Wind, einen Landwind, zur Folge hat. — Dieselben Umstände treten auch an den Meeresküsten jedes Festlandes ein, aber diese Winde sind in größeren Entfernungen von der Küste nicht mehr wahrzunehmen; auch sie tragen zur Erzeugung des Seeklimas (Bd. II., S. 118) bei.

Passatwinde. Die großartigsten Luftströmungen werden aber durch den Stand der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten in Beziehung auf den ganzen Erdkörper erzeugt. Der Erdäquator wird während eines Jahres mittags um 12 Uhr zweimal lothrecht beschienen (zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche) und während der übrigen Zeit des Jahres entfernt sich die Sonne höchstens $22\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Scheitelpunkte des Aequatorialbewohners und zwar wenn sie in den Wendekreisen steht. Die ganze Zone zwischen den beiden Wendekreisen ist also fortwährend einer bedeutenden Erwärmung ausgesetzt und heißt deshalb die heiße. Die Luft über ihr ist stets aufgelockert und steigt aufwärts, und zwar da am meisten, wo die Sonne am höchsten über dem Horizonte steht. Nach der Gegend des aufsteigenden Stromes muß die Luft an der Erd-

oberfläche von beiden Seiten, also von den beiden Polen her, zuströmen. Zum Erfasse dieser von beiden Halbkugeln nach der heißen Region unten abfließenden Luft, wandert der aufgestiegene warme Strom in zwei Zweigen oben nach den beiden Halbkugeln, indem er beim Steigen und bei seiner Wanderung über kältere Zonen der Erde sich abkühlt und sich dann herabsenkt. — Auf diese Weise entstehen zwei großartige Wirbel in der Atmosphäre mit horizontalen Bewegungen in dem größten Theile ihrer Bahn. Die Stellen, in denen die Ströme aufsteigen und herabfallen, also die Grenzen der Wirbel, wandern mit dem Stande der Sonne von dem Aequator weg nach den beiden Seiten desselben; der aufsteigende bleibt ziemlich in den Grenzen der heißen Zone. In unserm Winter kommt der obere Strom der nördlichen Halbkugel bei einer geringeren geographischen Breite (z. B. an der Nordküste Afrikas) herab, als im Sommer (in Deutschland).

Es ist schon Bd. I., S. 363, entwickelt worden, daß diese Winde wegen der Axendrehung der Erde nicht reine Nord- und Südwinde bleiben können, die sie ohne die Drehung wären, sondern daß in der nördlichen Halbkugel aus dem unten strömenden Nord- ein Nordostwind, aus dem oben wehenden Süd- ein Südwestwind und daß in der südlichen Halbkugel aus dem unten vorhandenen Süd- ein Südostwind, aus dem oben gehenden Nord- (vom Aequator kommend) ein Nordwestwind wird. Diese Umwandlung der Windrichtung ist ein offener Beweis für die Axendrehung der Erde. Je schneller die unteren Winde wehen, desto mehr werden sie zu östlichen, weil sie um so eher über Orte der Erdoberfläche kommen, welche eine schnellere Drehungsgeschwindigkeit nach Osten haben, so daß die Winde um so mehr nach Westen zurückbleiben und von Osten her wehen.

Da die Erdoberfläche nicht eine überall gleiche Beschaffenheit besitzt, indem nicht nur Land und Wasser in oft sehr zerrissenen Formen abwechseln, sondern auch das Festland theils wegen seiner verschiedenen Erhebung über den Meerespiegel, theils wegen der Bodennatur die Wärme in einem sehr verschiedenen Grade entwickelt; so kann die Richtung der Passate nicht überall in der angegebenen Reinheit hervortreten. Am meisten geschieht dies über dem stillen Ozeane etwa 50 Meilen vom Festlande entfernt. Wo ausgedehnte Sandwüsten sind, wie die Sahara, findet ein fast fortwährend aufsteigender Strom und deshalb westlich davon an der Küste Afrikas meist ein Westwind statt.

Die Moussoons oder Monsune sind zwar auch regelmäßige Winde wie die Passate, sind aber nur zum Theil den Land- und Seewinden zu vergleichen. Es weht nämlich in Ostindien während des Sommers der nördlichen Halbkugel ein Seewind, während des Winters ein Landwind. Dies rührt davon her, daß dort Land und Wasser nach Parallellinien vertheilt und im Sommer jenes, im Winter dieses wärmere Luft über sich hat. Da aber der Seewind vom Aequator aus

nach Norden geht und somit in Breiten mit geringerer Drehungsgeschwindigkeit kommt, also den Orten, über welche er weht, nach Osten vorausseilt oder von Westen zu kommen scheint; so wird er nicht ein Südwind bleiben, sondern ein Südwestwind werden. Der Landwind ist ein nordöstlicher. Der Wechsel dieser Winde ist also so ziemlich ein halbjähriger.

Die Auflockerung der Luft Inner-Asiens im Sommer erzeugt den Europa abkühlenden Nordwest-, in Sibirien den Nord-, an der Ostküste der alten Welt den Ostwind. — In der Nähe der Kältepole der Erde sind die Winde aus allen Richtungen wärmere und Windstille gibt die größte Kälte.

Unregelmäßige Winde. Die außerordentlich mannigfaltige Vertheilung von Land und Wasser und die verschiedene Richtung und Höhe der Gebirgsstöcke und Züge, in Verbindung mit der Erzeugung und Vernichtung der in der Luft vorhandenen Wasserdünste bringt in den Richtungen der Winde, namentlich in den gemäßigten Zonen, große Abwechslungen hervor. In Europa und dem westlichen Asien werden die Passate, weil westlich Meere liegen, durch die Landseewinde, welche für sich unten in den kälteren Monaten östliche, in den wärmeren westliche und oben die entgegengesetzten sein müßten, in der Art abgeändert, daß im Winter der untere Polarstrom mehr nach Osten, der obere Südstrom mehr nach Westen, im Sommer aber der erstere mehr nach Westen, der letztere mehr nach Osten abgelenkt wird. Für Deutschland liegt die überwiegende Anzahl von mittleren Windrichtungen zwischen Süd und West, was sich aus der Axendrehung der Erde und dem Herabsinken des oberen etwa 2,4 Fuß für die Sekunde schnelleren Passates erklärt.

Ungeachtet aller scheinbaren Unregelmäßigkeiten, zeigt sich doch ein allgemeines Drehungsgesetz des Windes: wird in der nördlichen Halbkugel der Südstrom durch den Nordstrom verdrängt, so geht der Wind von Süd durch West nach Nord; weicht dagegen der Nordstrom dem Südströme, so geht der Wind von Nord durch Ost nach Süd. In der südlichen Halbkugel ist die Drehungsrichtung umgekehrt.

Die Kalmen. Unter etwa 30° nördlicher und südlicher Breite ist der Luftdruck am größten und von da nach dem Aequator hin die Doppelströmung der Passate am lebhaftesten; je näher die Luft aber dem Aequator kommt, desto mehr wird sie aufgelockert, zu steigen veranlaßt und dadurch ihre Geschwindigkeit vermindert. Es bildet sich daher eine Zone von etwa 6° Breite, in welcher aus dem Nordost- und Südost-Passate ein Ostwind wird, welcher in eine Windstille übergeht und dieses ist die Region der Kalmen, worin sich die heftigsten Gewitter mit Stürmen fast täglich nachmittags bilden. Diese Region der größten Auflockerung bewegt sich im Laufe eines Jahres pendelartig zu beiden Seiten des Aequators hin und her.

Die Aequinoctialstürme. Da um die Zeit der Aequinoctien oder Tag- und Nachtgleiche die größte Auflockerung der Atmosphäre in der Nähe des Aequators stattfindet und weil dort die aus der Umdrehung der Erde entstehende Schwingkraft am größten ist, so muß der aufsteigende Luftstrom seine größte Geschwindigkeit erlangen. Je schneller aber an der Erdoberfläche der Abfluß nach oben stattfindet, desto schneller muß der Zufluß von beiden Halbkugeln nach dem Aequator und der Ersatz dieses Zuflusses durch den herabfallenden Strom geschehen. Der letztere Umstand ist es, welcher in den gemäßigten Zonen die stürmischen Aequinoctialwinde erzeugt.

Schädliche Winde. So wie die Bewegungen des Wassermeeres, so sind auch die des Luftmeeres von unendlichem Vortheile, denn ohne dieselben würden die Zersetzungsprodukte der abgestorbenen zahllosen organischen Körper Wasser und Luft verpesten und alles noch vorhandene Leben vernichten. Die aus Gewässern durch die Wärme entwickelten Dünste würden nur über diesen Gewässern bleiben, ohne daß sich weder hier noch anderwärts die zum organischen Leben der Erde so unbedingt nothwendigen Niederschläge bilden könnten, da eine Mischung kalter und warmer Luft nicht stattfinden würde. Die Winde sind also im Allgemeinen zu einem gedeihlichen Leben unbedingt erforderlich.

Es gibt aber auch örtliche Verhältnisse, welche die Luft ganzer Länderstriche in einen für die Gesundheit nachtheiligen Zustand versetzen, so daß die aus solchen Gegenden wehenden Winde auf weite Strecken hin ungesund sind. Dahin gehören die Winde, welche aus Gegenden mit weit ausgedehnten stehenden Gewässern wehen, worin faulende organische Körper sich befinden und schädliche Luftarten sich entwickeln. In Italien waren vonjeher die Pontinischen Sümpfe in dieser Beziehung berüchtigt. Eine andere und viel umfangreichere Veranlassung zu schädlichen Winden geben weit ausgedehnte, wasser- und baumarne Sandwüsten in der heißen Zone oder deren Nähe. Hier entwickelt die Sonne im Sande eine furchtbare Gluth, die Luft darüber wird heiß, steigt zu bedeutenden Höhen empor, nimmt von dem feinen Staube eine große Menge mit und ist wegen des Mangels aller Gewässer auf weite Strecken außerordentlich trocken.

Wohin nun diese Winde wehen und wo sie sich auf die Erdoberfläche herabsenken, bringen sie nachtheilige Wirkungen hervor. Die lebende Pflanzenwelt vertrocknet, indem die Hitze oft bis zu 50° C. steigt, sehr bald, das Athmen der glühend heißen Luft wird den Menschen und Thieren höchst lästig, man hat bald das Gefühl eines brennenden Durstes und obwohl man in der ungemein trockenen Luft stark ausdünstet, hat man doch eine ganz unangenehm trockene Haut, weil hervordringende Feuchtigkeit bei ihrem Entstehen sofort verschwindet. Diese Winde wehen nicht bis dicht an den Erdboden, weshalb sich Wüstenreisende auf die Erde werfen, indem sie den Körper möglichst

bedecken. Man hört schon vonweitem ein Brausen, der in die Höhe geführte Staub gibt der Luft ein gelbliches oder röthliches Ansehen und er ist bisweilen so dicht, daß man kaum einige Schritte vor sich sehen kann und die Sonne verdunkelt wird.

Der Wüstenstaub wird sehr weit in der Atmosphäre fortgeführt. Schiffe, mitten auf dem Atlantischen Ozeane, sind bei Regenwetter von ihm überzogen worden und ich selbst habe einmal im Januar bei völlig schneebedeckter Gegend im Regenmesser afrikanischen Wüstenstaub in Menge gefunden. Die ägyptische Augenkrankheit rührt von dem Wüstenstaube her.

In der alten Welt sind es die Wüsten Zentralasiens, des steinigten Arabiens und die Sahara im Innern Afrikas, welche diese Winde erzeugen. An der Westküste Afrikas, namentlich in Senegambien, heißt der Wind Harmattan, welcher einen bräunlichen Staub mit sich führt; in Spanien macht er sich als Salano bemerklich; in Sizilien und Italien, wo er weniger gemäßigt auftritt, als Sirocco, wovon der in manche Schweizerthäler sich herabstürzende Föhn eine Fortsetzung ist; in Aegypten wird er Chamsin genannt und weht mit Unterbrechungen etwa 50 Tage von der Zeit der Nachtgleiche an. Im steinigten Arabien weht nach der Zeit unseres längsten Tages der von Vielen als sehr gefährlich geschilderte Samum oder Samiel.

Außer den heißen Winden gibt es auch kalte, welche weniger durch ihre Temperatur, als vielmehr wegen ihres sehr geringen Gehaltes an Feuchtigkeit schädlich sind und namentlich die Haut aufspringen machen. Solche Winde (Winga) suchen die russischen Steppenländer in Asien heim und stürzen sich von Hochasien in die Thäler. Bemerkenswerth sind noch die in einigen Gegenden, wie in Neufundland zu Zeiten herrschenden Schneestürme, nach denen ungeheure Schneemassen das Land bedecken.

Windrichtung und Barometerstand. Obwohl der genauere Zusammenhang des Barometerstandes mit den Windrichtungen erst dann erkannt werden kann, wenn man den Einfluß der in der Luft enthaltenen Dünste auf das Barometer und die Abhängigkeit ihrer Menge von den Richtungen des Windes in Beziehung auf eine gewisse Gegend erkannt hat; so wollen wir doch schon hier einige allgemeine und namentlich für Deutschland passende Bemerkungen anschließen.

Der Nordoststrom in der nördlichen Halbkugel hat wegen seiner niedrigen Temperatur eine geringere räumliche Ausdehnung, als der warme Südstrom und jener erscheint daher für einen bestimmten Beobachtungsort weniger oft, als dieser und die zwischen Süd und West liegenden Winde sind daher vorherrschend. Ferner nimmt die nördliche kalte Strömung, auf ihrem Wege nach Süden bei wachsender Temperatur mehr Dünste in sich auf, während die dunstreichere und warme Südströmung während ihrer Abkühlung dieselben verliert. Aus beiden

Bedingungen ergibt sich, daß die nördlichen Winde einen höheren, die südlichen Winde aber einen niedrigeren Barometerstand mit sich bringen, als er das Mittel des Beobachtungsortes anzeigt. — Das Barometer muß, wenn der Wind von Süd durch West nach Nord geht, bei abnehmender Wärme und erfolgenden Niederschlägen steigen. Geht der Wind von Nord in West über, so erfolgt bei hohem Barometerstande und trockener Luft ein klarer Himmel; schreitet er aber über Ost nach Südost, so muß das Barometer bei zunehmender Wärme und beginnenden Niederschlägen fallen. — Die gegenseitige Verdrängung der beiden Hauptströme kann eine dreifache sein:

1) der obere Strom sinkt bei steigendem Barometer herab und dann tritt eine plötzliche Trübung der Atmosphäre ein, welche ebenso plötzlich verschwindet, wenn der Nordstrom siegt;

2) die Ströme stauen einander, wobei das Barometer sehr steigt und beim schnellen Fallen einen Sturm des siegenden Südstromes anzeigt;

3) die Ströme gehen seitlich aneinander vorüber, was größere oder kleinere gefährliche Wirbel verursacht, von denen die Windfahne die Tangente angibt. — Liegt hierbei der Nordoststrom westlich von dem Südweststrom und befindet man sich an der Ostseite des Wirbels, so geht die Windfahne bei fallendem Barometer von Südwest über Süd und Ost nach Nordost; an der Westseite geht sie von Nordwest über West und Süd nach Südost. — Liegt aber der Nordoststrom östlich von dem Südweststrom, so ist die Erscheinung umgekehrt. Bei stark fallendem Barometer kommt das Zentrum des fortschreitenden Wirbels näher und mit beginnender Windstille ist die Gefahr eines entgegengesetzt hereinbrechenden Sturmes am größten; bei steigendem Barometer nimmt die Gefahr aber ab.

Wenn der südliche Seitenstrom im Winter lange andauert, so liegen bedeutende Differenzen der Temperatur und Barometerstände im Osten (Europa) und Westen (Amerika) nebeneinander in derselben geographischen Breite. Dann erfolgt im Frühlinge in der Regel ein Kälterückschlag (Pankrätius und Servatius) mit nördlichen Winden. Im Winter geht Regen bei steigendem Barometer und Westwinden in Schnee und dieser bei fallendem und Ostwinden in jenen über. Nimmt im Winter die Wärme zu, so steht das Barometer tiefer, als bei Kälte.

Die seit dem Jahre 1848 auf der meteorologischen Station Posen von mir angestellten Beobachtungen hatten mir bald die Ueberzeugung verschafft, daß ein plötzliches und tiefes Fallen des Barometers mit den Stürmen auf den Europa begränzenden Meeren in genauem Zusammenhange stehe und ich machte deshalb zuerst in der Posener Zeitung darauf aufmerksam, daß man die Telegraphen benutzen möge, um die Schiffer zu warnen. Gegenwärtig sind telegraphische Sturmsignale nicht

nur an der englischen Küste vorhanden, sondern auch Frankreich, Preußen und andere Staaten richten dergleichen ein.

Verwandlung des Aggregatzustandes durch Wärme.

Von ganz besonderem Interesse sind diejenigen Erscheinungen, welche dann an den Körpern sich zeigen, wenn sie bei der fortgesetzten Aufnahme oder Entziehung von Wärme ihren Aggregatzustand verändern.

Befindet sich in einem Glaskolben Eis, welches eine Temperatur z. B. von -10° besitzt und bringt man denselben in eine warme Stube, so steigt die Temperatur bis 0° und dann fängt das Eis an zu schmelzen; wenn zur Beschleunigung der Beobachtung eine Spiritusflamme unter den Kolben gebracht wird, so bleibt die Temperatur von 0° so lange, als noch nicht alles Eis geschmolzen wird; ist dieses aber geschehen, so steigt die Temperatur des Wassers allmählig bis 80° R., um wieder so lange stehen zu bleiben, bis alles Wasser in Dampf verwandelt worden ist. Hat man die entstandenen Dämpfe, wenn auch nur theilweise in einem Gefäße aufgefangen und schließt man dieselben ab, so erhöht sich bei fortwährender Zuführung von Wärme ihre Temperatur.

Wie lange also ein Körper seinen Aggregatzustand behält, so lange ist die ihm zugeführte oder entzogene Wärme an ihm auch als Wärme erkennbar und meßbar; wie lange er aber nur seinen Aggregatzustand in aufsteigender Stufenfolge vom festen zum tropfbaren und luftigen verändert, so lange verschwindet die Wärme als solche. — Wenn umgekehrt ein Körper seinen Zustand in absteigender Stufenfolge vom luftigen zum tropfbaren und festen durch Entziehung von Wärme verändert, so muß in dem Augenblicke der Veränderung des Aggregatzustandes die Wärme, welche früher scheinbar spurlos schwand (gebunden wurde), wieder hervortreten (frei werden). Was bei diesem aus zwei Raumtheilen Wasserstoff und einem Raumtheile Sauerstoff chemisch zusammengesetzten Körper, er mag nun Eis, Wasser oder Wasserdampf heißen, stattfindet, ist auch bei anderen zusammengesetzten und einfachen Stoffen der Fall. Nur wie lange ein Körper seinen Aggregatzustand nicht ändert, ist seine Temperatur fühlbaren und durch das Thermometer meßbaren Veränderungen ausgesetzt.

Bei einer bestimmten Lufttemperatur erscheinen verschiedene Stoffe in allen drei Aggregatzuständen, jeder in einem bestimmten; bei verschiedenen Temperaturen können die meisten Körper in allen drei Zuständen erscheinen, manche nur in zweien, indem ihnen der tropfbare fehlt. Der Uebergang eines bestimmten Stoffes aus dem einen Zustande in den anderen findet aber stets bei derselben Temperatur statt, wenn nicht eine Veränderung des auf sie ringsum ausgeübten Druckes vorgenommen wird.

Die Verwandlung des Aggregatzustandes in aufsteigender Folge kann auf drei Fälle zurückgeführt werden: auf das Verdunsten, Schmelzen und Kochen, und die in absteigender Folge auch und zwar auf die Sublimation, das Gefrieren und die Destillation im weiteren Sinne.

1) Das Verdunsten. Alle festen und tropfbaren Körper verwandeln sich bei jeder Temperatur in einen gasähnlichen oder gasigen Zustand, aber bei einer höheren Temperatur leichter, als bei einer niedrigeren; denn die Molekel eines jeden Körpers sind stets in einer gewissen Schwingung begriffen und daher werden die an der Oberfläche befindlichen sich dahin entfernen, wo sie den geringsten Widerstand finden, nämlich vom Körper weg, wenn die Schwingungskraft das Bestreben der Kohäsion übertrifft. Da die Schwingungskraft mit wachsender Temperatur wächst, so wächst auch die Verdunstung. Bei festen Körpern sagt man: sie schwinden.

Der Kampher, Moschus und andere stark riechende Körper schwinden sehr schnell, ziemlich schnell auch Schnee und Eis in trockener Luft. Wenn man eine Eisenstange sehr heiß macht, so raucht sie, weil sich so viele Theile an ihrer Oberfläche ablösen, daß sie sogar sichtbar werden. Selbst bei der gewöhnlichen Lufttemperatur verbreiten sich Metalle nicht nur in die Luft, sondern auch in alle damit in Berührung kommenden Sachen, ja selbst in Leichen, wie man es mit dem Arsenik bei solchen Gegenständen (Tapeten, Zeugen, Blumen), welche mit Arsenikgrün gefärbt waren, thatsächlich gefunden hat. Die dendritischen Gebilde von Schwefelkupfer hat man in dem vergilbten Papiere alter Bücher aus dem 16ten Jahrhunderte gefunden, indem die Bücher in Schweineleder mit Messingspangen gebunden waren.

Flüssige Körper verdunsten im Allgemeinen leichter oder bei noch niedrigeren Temperaturen, als feste: die Wassermenge in einem offenen Gefäße nimmt ab, nasse Wäsche wird trocken; das Meerwasser läßt man in flache, offene Behälter ab, um durch Verdunstung des Wassers das Seesalz zu gewinnen. Weingeist, Aether und ätherische Oele verdunsten sehr leicht; das Quecksilber selbst noch bei -10° C., wenn auch nicht sehr. — Ist eine Flüssigkeit aus zwei oder mehreren ungleich stark verdunstenden anderen zusammengesetzt, so bleibt schließlich die am schwersten verdunstende zurück.

Die Verdunstung wird befördert durch Vergrößerung der Oberfläche des Körpers, welcher verdunsten soll; durch Erhöhung seiner Temperatur, durch Verminderung des auf ihn ausgeübten Luftdruckes, durch Beseitigung der bereits gebildeten Dünste und durch Austrocknung der Luft, welche die Dünste aufnehmen soll. In allen diesen Fällen wird den an der Gränze des Körpers schwingenden Molekeln die Abtrennung von dem Körper erleichtert, theils durch Vermehrung der Schwingungskraft, theils durch Verminderung des äußeren Widerstandes gegen sie.

Da die Wäsche um so schneller trocknet, je mehr sie sich in der Luft bewegt, also die bereits gebildeten Dünste beseitigt werden; so haben die in jeder Beziehung so praktischen Amerikaner eine ganz einfache Wäschetrocknenmaschine erfunden. Auf einem lothrechten Ständer ist oben ein leicht drehbares Kreuz aus Latten, die Leine zur Wäsche wird nun von Latte zu Latte wiederholt ringsum gezogen. Jeder mäßige Luftzug bringt das Lattenkreuz mit der hängenden Wäsche in Bewegung.

Wenn man über einer Flüssigkeit die Luft verdünnt, sie z. B. unter den Rezipienten einer Luftpumpe gebracht hat und dann die Luft auspumpt, so wird die Verdunstung sehr beschleunigt. In den Zuckerraffinerien hat das sogen. Vakuum diesen Zweck. Soll die stärkere Verdunstung auf längere Zeit stattfinden, so müssen die erhaltenen Dünste stets weggeschafft werden, damit sie durch ihren Druck das weitere Aufsteigen anderer nicht hindern.

Abkühlung durch Verdunstung. Wenn von der Oberfläche eines Körpers schwingende Theilchen als Dunst sich ablösen, so verliert er dadurch an seiner Wärmekraft, die ein Produkt aus seiner Masse und Temperatur ist und wird kälter. Wir können diesen Verlust fühlen und messen.

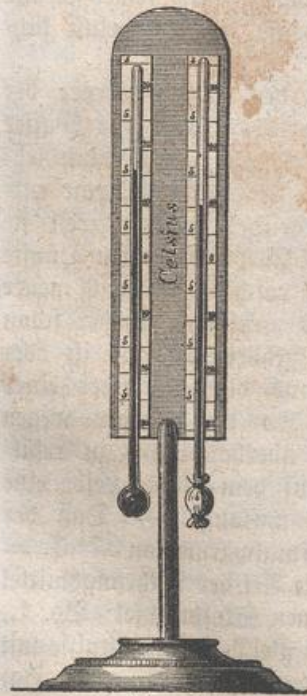
Wenn man aus einem Bade steigt und den bloßen Körper der freien Luft aussetzt, so hat man das Gefühl der Kälte, weil das Wasser auf der Oberfläche des Körpers wegen dessen Wärme sich ziemlich lebhaft in Dünste verwandelt und dazu ihm einen Theil der Wärme entzieht. — Die Zugluft ist nicht an sich nachtheilig, sondern weil sie die Ausdünstung beschleunigt, indem sie die am Körper erzeugten Dünste hindert, sich um ihn zu lagern, und dadurch zur rascheren Bildung neuer beiträgt, wodurch man sich erkältet, besonders wenn der Körper schon mit Schweiß bedeckt und durch Kleidung nicht gehörig geschützt ist oder wenn die Kleider feucht sind. Die Seelente und die Bewohner eines großen Theiles des östlichen Nordamerikas, wo der Körper wegen Trockenheit der Luft sehr rasch ausdünstet, und überhaupt alle zu Erkältung leicht geeigneten Personen tragen daher auf dem bloßen Leibe eine wollene Bekleidung, welche den Schweiß sofort aufsaugt. — Daß der menschliche Körper unter allen Zonen eine Normalwärme von $37^{\circ} \text{C.} = 29,6^{\circ} \text{R.}$ hat, liegt nicht bloß in dem durch die Art der Nahrungsmittel bedingten und mit Wärmeentwicklung verbundenen Stoffwechsel (Bd. I., S. 246), sondern weil die Ausdünstung stets in gleichem Verhältnisse mit der Temperatur stattfindet, welcher der Körper ausgesetzt ist. — Hat man in feuchte Erde Flaschen mit einer Flüssigkeit gegraben und macht man während kurzer Zeit ein Feuer darüber, so kühlt die Flüssigkeit ab. — Wollen die Schiffer bei sehr sanftem Winde die Richtung desselben bestimmen, so strecken sie die naßgemachte Hand empor. Der Wind kommt von der Seite, an welcher die Hand am kältesten wird.

Das Abkühlen heißer Speisen durch das Blasen. — Die Kühltische in Brennereien und Brauereien müssen flach und dem Luftzuge ausgelegt sein. — Die nach dem Besprengen der Stuben und Straßen und nach einem Regen stärker werdende Verdunstung kühlt ab; ebenso Springbrunnen, namentlich die mit sehr getheilten Strahlen und die Nähe von Gewässern überhaupt.

Die atmosphärische Luft ist bei einer bestimmten Temperatur und bei einer bestimmten Dichtigkeit, welche durch das Barometer bestimmt wird, fähig nur eine bestimmte Menge von Wasserdünsten als höchstes Maß in sich zu tragen, und dann ist die Luft mit Dünsten gesättigt; würden ihr mehr Dünste zugeführt, so entstände aus ihnen sofort Wasser, denn die Luft wäre übersättigt und kann die neuen Dünste als solche nicht mehr in sich tragen; ist aber die Luft fähig, noch Dünste in sich aufzunehmen, so ist sie um so trockener, je mehr sie dieses thut. In den beiden ersten Fällen ist die Luft feucht.

Es gibt ein einfaches Instrument, das Psychrometer, welches alle drei Fälle nicht nur anzeigt, sondern für den dritten auch die Menge der in der Luft bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Barometerstande vorhandenen Dünste, also auch den Druck, welchen sie auf das Quecksilber des Barometers ausüben, bestimmen läßt. Es besteht, wie Fig. 355 zeigt, aus zwei sehr genau mit einander übereinstimmenden Thermometern, welche noch Zehntelgrade ablesen lassen und von denen die Quecksilberkugel des einen mit feinem Musselin, dem man die Apertur durch Regenwasser genommen hat, recht gleichmäßig umhüllt ist.

Vor der Beobachtung wird die umhüllte Kugel des im Freien angebrachten Instrumentes mit destillirtem oder Regenwasser so angefeuchtet, daß ein Tropfen nicht daran hängt. Nun kann Dreierlei eintreten: 1) das angefeuchtete Thermometer bleibt mit dem trockenen auf demselben Punkte stehen. Dies ist ein Zeichen, daß die Luft nicht im Stande ist, Dünste noch aufzunehmen; sie ist gesättigt. 2) Das angefeuchtete sinkt bis zu einem gewissen Punkte als dem tiefsten für die betreffenden Umstände. Je größer der Unterschied der beiden Temperaturen ist, desto trockener ist die Luft. 3) Das angefeuchtete steigt höher zum Zeichen, daß die Luft bereits übersättigt ist, indem überschüssige Dünste sich an die feuchte Kugel ansetzen und ihr die



(Fig. 355.)

Wärme abgeben, welche sie bei der Verwandlung in Wasser verlieren. Hier zeigt sich zugleich die Wirkung der Anziehungskraft gleichartiger Stoffe, nämlich des Wassers an der Kugel zu dem Wasserdampfe in der Luft.

Hätte man die umhüllte Kugel mit einer rascher verdunstenden Flüssigkeit benetzt, so würde das Quecksilber noch mehr fallen, besonders wenn man das Thermometer bewegt und den Sonnenstrahlen aussetzt. Bei der Befeuchtung mit flüssiger schwefliger Säure, deren Siedepunkt schon bei -10° ist, gefriert durch die rasche Verdunstung sogar das Quecksilber, also wird eine Kälte von -39° C. erzeugt. — Da die zu tropfbaren Flüssigkeiten verdichteten Gase sehr schnell verdunsten, so erzeugen sie in ihrer Umgebung auch eine sehr große Kälte. Die größte bis jetzt beobachtete beträgt -140° C. — Die Verdunstungskälte ist um so größer, je niedriger der Siedepunkt der angewendeten Flüssigkeit ist.

Vorläufig mag es genügen, mit diesem Instrumente die Verdunstungskälte nachgewiesen zu haben.

Durch das schnelle Verdunsten unter dem entleerten Rezipienten der Luftpumpe kann Wasser zum Gefrieren gebracht werden. Setzt man konzentrirte (rauchende) Schwefelsäure noch nebenbei, welche die erzeugten Dünste aufnimmt, so kann eine Kälte bis -40° erzeugt werden. — Bringt man statt des Wassers Aether unter den Rezipienten, so geht die Kälte bis 51° . — Um eine allzusehrige Erwärmung der Geschüßröhren bei ihrem Gebrauche zu verhindern, werden dieselben mit einem nassen Wischer ausgewischt.

Die Verdunstungskälte wird in heißen Gegenden und auf Seereisen mittelst Kühlgefäßen zur Abkühlung der Nahrungsmittel angewendet. Wenn man in porösen Thongefäßen (Alcarazzas) Flüssigkeiten, namentlich Wasser, der Zugluft aussetzt, oder die Gefäße mit angefeuchteten Lappen umhüllt, so halten sich dieselben kühl. Bei den Butterkühlern ist die Butter ringsum durch die Verdunstung vor allzugroßer Erweichung im Sommer geschützt, weil nicht nur Wasser unter ihr, sondern auch in der porösen Glocke über ihr und um sie verdunstet. In Haushaltungen kann man ohne besondere Vorrichtungen sich damit behelfen, daß man den Teller mit Butter auf einen Dreifuß setzt, diesen in eine Schüssel mit einer flachen Wasserschicht stellt und über die Butter einen neuen unglasurten Blumentopf stürzt, dessen Rand unter Wasser steht und dessen Bodenöffnungen zugestopft werden. Man braucht dann nur zeitweise etwas Wasser über den Topf zu gießen.

Große Verdunstungskälte würde bei niedriger Lufttemperatur auf unseren Körper furchtbar zerstörend wirken. Hat man doch bei einer Nordpolarpedition die durch Verdunstung des Alkohol von -40° R. erzeugte Kälte noch durch doppelte Pelzhandschuhe gefühlt. Wenn auch einerseits anhaltende bedeutende Kälte den lebenden Organismus völlig

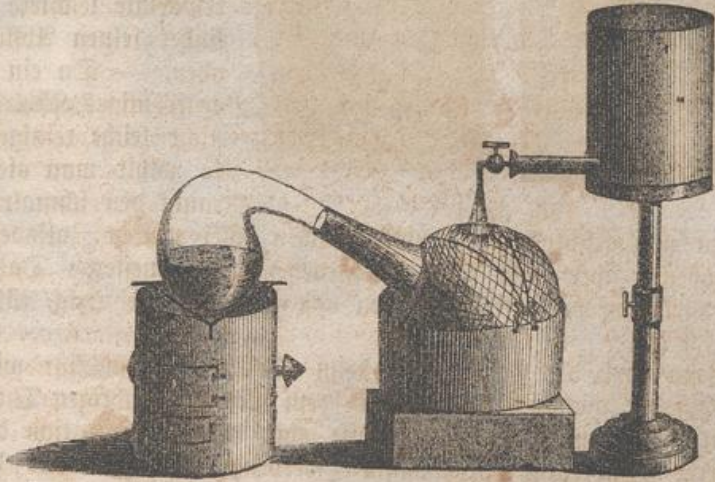
zum Stillstande bringt und zerstört, so dient doch andererseits mäßige Kälte als Heilmittel; denn sie zieht zusammen, stimmt die Thätigkeit der Nerven herab und macht sie unempfindlicher, sie kann also krankhafte Vorgänge, wie Entzündungen, Krampf, Schmerz herabsetzen, sie vermag aber auch bei kurzer Dauer der Einwirkung zufolge einer Reaction des Körpers eine erhöhte Lebensthätigkeit (Wärme) hervorzubringen, die mangelnde Hautthätigkeit und Schlassheit zu heben und trägen Stoffwechsel zu beleben.

Wenn Menschen, namentlich bei mangelhafter Ernährung längere Zeit der Kälte ausgesetzt sind, so erfrieren sie: die Blutgefäße an der Haut ziehen sich zusammen, das Blut tritt von der Oberhaut zurück, der Körper wird blaß, Empfindung und Beweglichkeit nehmen ab, die Erneuerung des Blutes wird mangelhaft und der Druck desselben auf Herz und Gehirn bewirkt den Tod, wobei die Glieder aufgetrieben, hart, ja zerbrechlich werden und bei der Verwundung kein Blut geben. — Wollte man den Erfrorenen mit Wärme behandeln, so würde bei der zuschnellen Ausdehnung eine Zerreißung der Gewebe, Entzündung und Brand eintreten. Man muß den Verunglückten in ein Gemach von 0° Wärme bringen, ihn mit Schnee und Tüchern bedecken, welche man in Eiswasser getaucht hat und alles Reiben des Körpers vermeiden. Derselbe bedeckt sich hierbei wiederholt mit Eiskrusten. Treten Lebenszeichen ein, so flößt man etwas Ungarwein ein und nimmt erst später und vorsichtig zu warmen Mitteln seine Zuflucht.

2) Die Sublimation und Destillation sind dem Verdunsten entgegengesetzt. Wird den erhaltenen Dünsten die Wärme entzogen, indem sie mit kälteren Gegenständen in Berührung kommen; so nehmen sie den früheren festen oder tropfbaren Zustand wieder an, aus dem sie entstanden waren und die kälter gewordenen Körper erlangen dadurch eine höhere Temperatur. Man nennt die Verwandlung der Dünste und Dämpfe in tropfbare oder feste Körper im Allgemeinen die Condensation oder Verdichtung derselben, weil der Stoff in dem neuen Zustande einen geringeren Raum einnimmt und beschränkt die Sublimation auf den Fall, daß aus den Dämpfen sogleich ein fester Körper wird. Hat der Schwefel durch Erhöhung seiner Temperatur sich verflüchtigt und man hält den Dünsten einen kalten Gegenstand vor, so setzt sich der Schwefel als ein feines gelbes Pulver (Schwefelblume) an ihn. — In ähnlicher Weise wird aus dem Galmei oder Zinkerze der Zink gewonnen; so gibt es Quecksilbersublimat, Arseniksublimat u. a.

Die Destillation. Verschiedene Flüssigkeiten verwandeln sich bei derselben Temperatur in verschiedenem Maße in Dünste und Dämpfe, oder die einen verdampfen bei einer niedrigen Temperatur ebenso leicht, wie die anderen bei einer höheren. Wenn daher ein Gemisch von verschiedenen Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Weingeist, einer wachsenden Temperatur ausgesetzt wird, so verdunstet der Weingeist früher, als das

Wasser, da der Kochpunkt von jenem 78° C, von diesem 100° C. ist. Man kann demnach durch geeignete Vorrichtungen den flüchtigeren Stoff von dem anderen absondern, indem man die sich früher bildenden Dämpfe desselben kondensirt.

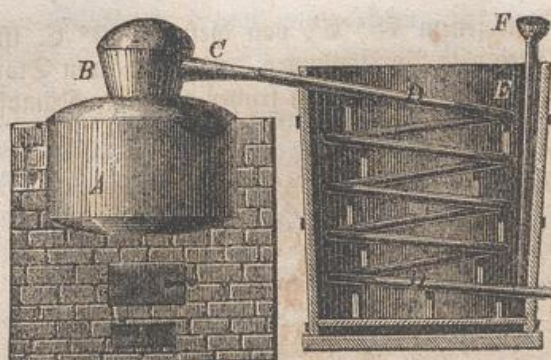


(Fig. 356.)

In Fig. 356 ist ein Apparat für beschränktere Zwecke dargestellt. Auf einer Kohlenfeuerung, welche durch eine Spiritusflamme oder für flüchtige Stoffe, wie Aether, dessen Siedepunkt schon bei 35° C. ist, nur durch warmes Wasser ersetzt wird, befindet sich eine Retorte von Glas, Thon oder Eisen; ihr Hals mündet in eine Vorlage, welche ein weiterer Kolben ist, den man in ein Gefäß stellt. Die Hälse beider werden luftdicht verbunden oder verschmiert und der Kolben mit Musselin oder anderem dünnem Zeuge überzogen. Daneben steht ein Gefäß mit kaltem Wasser, aus welchem durch eine mit einem Hahne versehene Röhre dasselbe auf den Kolben geleitet werden kann, um ihn stets feucht zu erhalten.

Es ist klar, daß die Dünste oder Dämpfe in der kalten Vorlage ihre Wärme abgeben und tropfbar flüssig werden. Je weniger flüchtig der zu destillirende Stoff ist, desto kälter muß die Vorlage sein.

Fig. 357 zeigt eine Vorrichtung zur Destillation im Großen. A ist ein in eine Feuerung gemauertes Gefäß aus Kupfer, Eisen oder zu besonderen Zwecken aus Blei und heißt die Blase; obenauf läßt sich der kegelförmig gestaltete Helm B schrauben, von ihm aus geht das Dampfableitungsrohr C zunächst grade, dann schließt sich daran das schlangenförmig gewundene Kühlrohr DD, welches sich in dem Kühlfasse E befindet und am Boden desselben nach außen geführt wird, um dort das Destillat aufzufangen. Das Kühlwasser wird durch ein



(Fig. 357.)

förmigen und geschlossenen Raum zwischen zwei weiten Zylinderrohren von großem, aber nicht sehr verschiedenem Durchmesser. Das Kühlwasser wirkt auf beide Röhrenflächen von großer Ausdehnung, kühlt also sehr rasch ab.

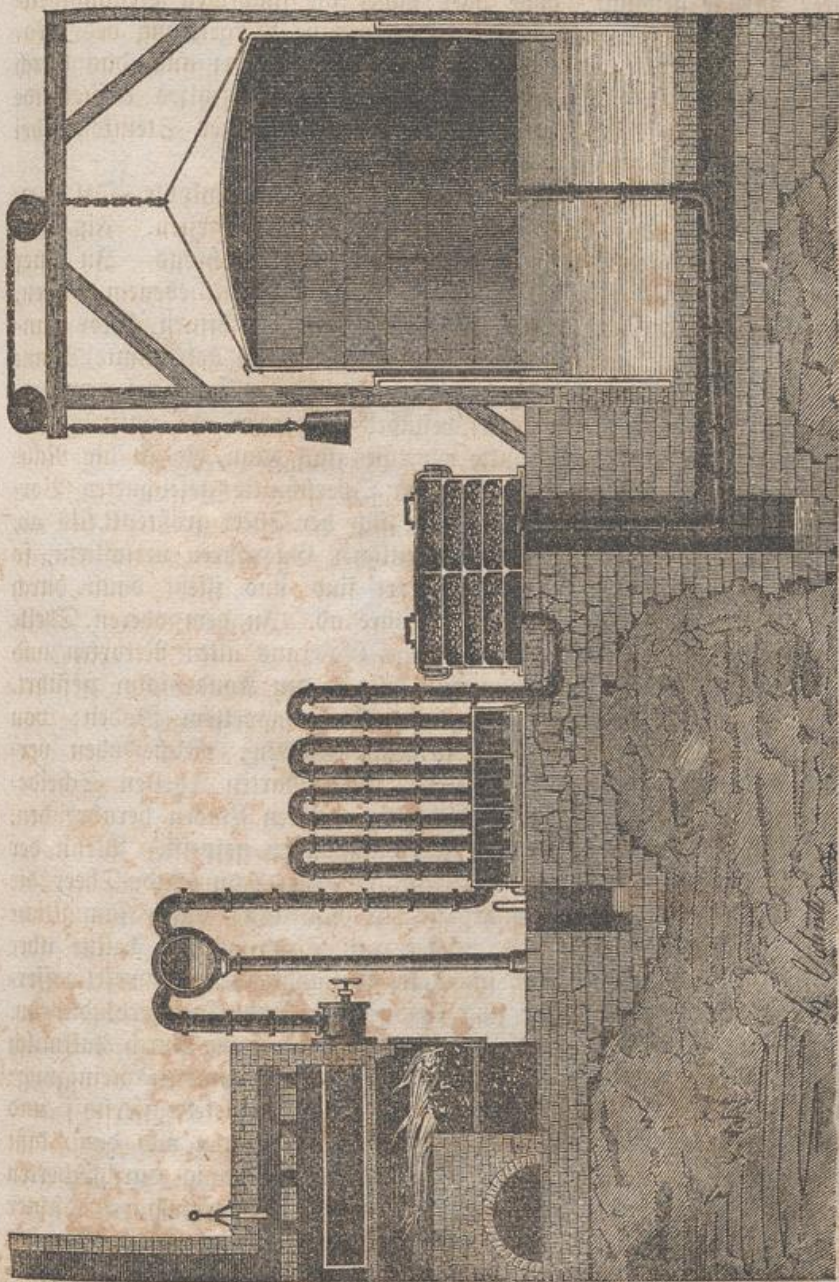
Wenn auch die Temperatur beim Destilliren gemäßiget wird, so führt doch der flüchtigere Körper von dem weniger flüchtigen Theile mit sich fort und es muß noch eine zweite oder dritte Destillation bei noch niedrigerer Temperatur vorgenommen werden, was man das Ueberdestilliren nennt.

Die trockene Destillation. Viele organische Körper, welche einer höheren Temperatur ausgesetzt werden, übergehen den tropfbareren Zustand und zersetzen sich in mehr oder weniger flüchtige Stoffe. Die trockene Destillation hat zum Zwecke, dieselben aufzufangen, wobei zugleich verschiedenartige von einander gesondert und in ihrer Reinheit dargestellt werden.

Wenn Holz, dessen Hauptbestandtheil, die Holzfaser, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, in der freien Luft stark genug erhitzt wird, so verbrennt es unter Zurücklassung von nur wenig Asche mit Flamme, indem sich die aus ihm aufsteigenden Gase mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre verbinden, wobei sich glühende Kohlenstofftheilchen ausscheiden, die allmählig in Kohlensäure verwandelt werden. Wenn aber ringsum eingeschlossenes Holz einer großen Hitze ausgesetzt wird, so entwickeln sich zwar die brennbaren Gase, aber sie verbrennen nicht, weil ihnen der Sauerstoff fehlt. Kühlt man die flüchtig gewordenen Stoffe ab, so werden nur einige von ihnen tropfbar, wie der Holzessig, das Kreosot und verschiedene ärtartige Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff; die meisten bleiben luftig und geben das Leuchtgas, welches ein Gemenge aus ülbildendem Gase, leichtem Kohlenwasserstoffe (Sumpfgas), Kohlenoxyd u. a. ist.

Das Holz kann bei der trockenen Destillation nicht ganz in Gase verwandelt werden, weil der Kohlenstoff in ihm überwiegt und Wasserstoff nicht in hinreichender Menge vorhanden ist, um mit ihm verbunden

besonderes Rohr F bis an den Boden des Kühlfassess geleitet und das durch die Kondensirung der Dämpfe im Kühlrohre erwärmte leichtere Wasser findet seinen Abfluß von oben. — Da ein schlangenförmiges Kühlrohre sich nicht leicht reinigen läßt, so wählt man als Kühlraum den schmalen ring-



(Fig. 358.)

bis
 thl-
 das
 ung
 ohre
 ffer
 von
 lan-
 sich
 äßt,
 üht-
 ung-
 jren
 üht-
 also

so
 mit
 noch
 er-

elche
 aren
 Die
 zu-
 hett

len-
 enug
 lfche
 mer-
 lchen
 Benn
 ord,
 icht,
 enen
 ffig,
 und
 a s,
 toffe

Gase
 ffer-
 nden

zu entweichen; daher ist auch die zurückbleibende Kohle ziemlich reiner Kohlenstoff, wie bei der Holzkohle, welche man in den Meilern in nicht größerer Menge gewinnt, ohne aber dabei die flüchtigen Bestandtheile des Holzes aufzufangen, was eine tadelnswerthe Vergendung des Materiales ist. Zu diesen flüchtigen Bestandtheilen gehört auch das durch die Zersetzung der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Holzes entstehende so äußerst wichtige Ammoniak, von welchem 1 Zentner Steinkohle bei der Gewinnung des Leuchtgases $\frac{1}{4}$ Pfund gibt.

Man kann Leuchtgas zwar aus Holz, Torf, Braunkohle, Del u. a. Körpern erzeugen, aber Steinkohlen sind am vortheilhaftesten. Fig. 358 gibt eine skizzirte Uebersicht des dazu nöthigen Verfahrens. In einer Feuerung liegen lange zylindrische, thönerne Retorten mit ebenem Boden, welche etwas hervorragen und durch einen Deckel sich öffnen, ihrer ganzen Länge nach auf einmal durch eine ebenso lange gekrümmte Rinne mit Kohlen sich speisen und schnell wieder schließen lassen; auf dem hervorragenden Theile jeder Retorte befindet sich oben ein aufsteigendes Rohr für die Destillationsprodukte, welches sich dann bis in die Nähe des Bodens einer zylindrischen, hier im Querschnitte gezeichneten Vorlage herabbiegt. In dieser Vorlage setzt sich der Theer größtentheils ab, wobei er die unteren Mündungen sämtlicher Gasröhren verschließt, so daß die Retorten von einander abgesperrt sind und fließt dann durch eine etwas höher in ihm angebrachte Röhre ab. In dem oberen Theile der Vorlage sammelt und mischt sich das Gas aus allen Retorten und wird dann zu weiterer Reinigung zunächst in den Kondensator geführt. Dieser besteht aus einem eisernen Kasten mit doppeltem Boden; von dem oberen aus gehen auf- und absteigende Röhren, welche oben verbunden sind und unten zwischen je zwei benachbarten Theilen Scheidewände haben, welche nicht ganz bis zum unteren Boden herabreichen. Der Kasten wird von unten her mit Kühlwasser gespeist. Wenn der durch Abkühlung auf dem unteren Boden sich noch sammelnde Theer die Scheidewände untertauchen macht, so ist das Gas durch sämtliche Röhren zu gehen genöthigt und verliert den Theer völlig, besitzt aber noch flüchtige und dem Zwecke schädliche Bestandtheile: Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Kohlen säure, schweflige Säure und Cyanverbindungen.

Früher ließ man die Gase behufs ihrer Reinigung durch Kalkmilch gehen, jetzt unterwirft man sie meist noch einer doppelten Reinigung: man wäscht sie mit Wasser, wodurch sie den Schwefelwasserstoff und Ammoniak, so wie einen Theil der Kohlen säure verlieren und dann läßt man sie durch einen Kalkreiniger mit mehren siebförmig durchlöchernten Böden und Abtheilungen gehen. In sie kommt pulverförmig gelöschter Aetzkalk und Eisenvitriol. Hier bleibt die letzte Spur von Schwefelwasserstoff, denn das Eisen verbindet sich mit dem Schwefel zu Schwefel eisen, die Schwefel säure des Eisenvitriols mit Ammoniak und der Kalk mit der Kohlen säure.

Durch ein Abzugsrohr wird dann das Gas in den Gasometer (Bd. I. S. 318) zu weiterem Gebrauche geleitet.

3) Das Schmelzen. Jeder einfache, so wie jeder nach bestimmten Verhältnissen zusammengesetzte feste Körper verwandelt sich, wenn er dauernd einer Wärmequelle ausgesetzt wird, welche seine Temperatur erhöht, unter sonst sich gleichbleibenden Verhältnissen stets bei einer ganz bestimmten Temperatur in einen tropfbar flüssigen Körper; sein ganzes festes Gebäude zerfällt, die Molekel geben ihren Zusammenhang auf und folgen der Schwere. Diesen Uebergang nennt man das Schmelzen und die Temperatur, bei welcher er stattfindet, den Schmelzpunkt des Körpers. Manche Körper haben keinen Schmelzpunkt, theils weil sie niemals, selbst nicht bei sehr niedriger Temperatur, fest werden, wie der absolute Alkohol, theils weil sie niemals flüssig werden, wie der Diamant, welcher bei einer sehr hohen Hitze sich sogleich verflüchtigt, und andere feste Körper, die sogleich zersetzt werden, wie Holz, Papier, Wolle.

Die folgende Tabelle gibt die Schmelzpunkte einiger Körper an:

Quecksilber	— 39 ° C.	Zinn	230 ° C.
Milch	— 11 "	Wismuth	256 "
Terpentinöl	— 10 "	Blei	334 "
Wein	— 5 "	Zink	360 "
Seife	+ 33 "	Messing	900 "
Talg	— 40 "	Silber	1000 "
Phosphor	43 "	Kupfer	1100 "
Wachs, gelbes	61 "	Guß Eisen, weißes	1100 "
weisses	68 "	graues	1200 "
Metallgemisch v. Lippowitz	62 "	Gold	1250 "
— Rose	93,7 "	Stahl	1360—1400 "
Schwefel	109 "	Eisen, gehämm.	1500—1600 "

Da verschiedene Stoffe einen verschiedenen Schmelzpunkt haben, so wird auch die in dem erhaltenen flüssigen Körper, so wie er aus dem festen von derselben Temperatur entstanden ist, vorhandene unmeßbare (gebundene) Wärme in einem verschiedenen Grade in ihm enthalten sein. Es läßt sich nach den bei der Wärmekapazität angeführten Untersuchungen leicht ermitteln, wie viele Wärmeeinheiten jeder Körper beim Schmelzen verbraucht, wobei unter Wärmeeinheit diejenige Wärme verstanden wird, welche erforderlich ist, um eine Gewichtseinheit (Gramm, Pfund) Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen.

Wenn man 1 Pfund Eis von 0° in ein Gefäß mit $45\frac{1}{2}$ Pfund Wasser von 14° bringt, so ist die Temperatur des Wassers auf 12° gesunken, nachdem alles Eis geschmolzen ist. Um also Eis von 0° in Wasser von 12° zu verwandeln, sind 2° Wärme in $45\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser oder 91° Wärme in 1 Pfd. Wasser nöthig; um daher Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, sind $91 - 12 = 79$ ° Wärmeeinheiten erforderlich.

Es bedürfen, um zu schmelzen: Blei 5,37, Wismuth 12,64, Zinn 14,25, Zink 28,13, krystallisirtes Chlorkalzium 46, Kalisalpeter 47, Natronsalpeter 63 Wärmeeinheiten.

Löst man 59 Theile Zinn, 103,5 Blei und 182 Theile Wismuth in 808 Theilen Quecksilber auf, so entziehen jene Metalle diesem beim Schmelzen so viele Wärme, daß seine Temperatur von $17,5^{\circ}$ bis auf -10° sinkt.

Gefrorne Früchte würde man dem Verderben preisgeben, wenn man sie in die warme Luft oder in warmes Wasser bringen wollte; man legt dieselben vielmehr in kaltes Wasser, dem sie ganz allmählich die Wärme entziehen, wodurch das sie umgebende Wasser zu Eis wird, während sie selbst aufthauen und wieder brauchbar sind.

Weiche Butter u. dergl. wird dadurch bald steif, daß man auf sie kleine Stücke Eis legt, welches zum Schmelzen bedeutende Wärme verbraucht. — Laues Trinkwasser wird durch wenig Eis trinkbar: Eiswasser. Da dieses schwimmt, so erfolgt die Abkühlung des Wassers von oben nach unten: das kälter gemachte Wasser sinkt zu Boden und kühlt zugleich das aufsteigende etwas ab, bis es an der Oberfläche 0° Wärme erlangt. Das Wasser am Boden wird niemals unter 4° C. abgekühlt sein.

Eine Veränderlichkeit des Schmelzpunktes und zwar eine Herabsetzung desselben zeigt ein Körper, wenn er einem vergrößerten Luftdrucke ausgesetzt oder mit anderen Stoffen versetzt wird, wie das Eis mit geeigneten Salzen und Säuren, was bereits bei den Kältemischungen angegeben ist. 3 Theile Eis mit 1 Theil Kochsalz geben ja -21° bis -22° und Chlorkalzium mit Schnee -58° .

4) Das Gefrieren oder Erstarren ist dem Schmelzen entgegengesetzt. Wird einem tropfbaren Körper nach und nach Wärme entzogen, so tritt für jeden bestimmten unter übrigens gleichen Umständen bei einer bestimmten Temperatur der Fall ein, daß der Körper seinen flüssigen Zustand aufgibt und fest wird, wobei er sein Volumen mit einer ungeheuren Kraft (Bd. I. S. 96) vergrößert (bei Wasser um etwa $\frac{1}{9}$), zumal wenn er eine krystallinische Gestalt annimmt.

Diejenige Wärme, welche der Körper verbraucht, um aus dem festen in den tropfbaren Zustand überzugehen, wird er auch wieder abgeben, wenn er den tropfbaren mit dem festen vertauscht. Da 1 Pfd. Wasser von 79° (bis 80°) mit 1 Pfunde Eis von 0° gemischt, 2 Pfd. Wasser von 0° gibt; so muß das Wasser bei seiner Verwandlung in Eis diese Wärme abgeben. Da aber diese Verwandlung meist ganz allmählich geschieht und von Theilchen zu Theilchen langsam fortschreitet, so entzieht diese Wärme sich der Wahrnehmung, indem sie ebenso allmählich auf die umgebenden Körper übergeht und das Gefrieren oder Erstarren findet daher bei derselben Temperatur statt, bei welcher aus dem festen Körper der flüssige wurde.

Ist man aber im Stande, ein plötzliches Erstarren zu erzeugen, so erkennt man die im Augenblicke der Umwandlung entstehende Wärme sehr deutlich. Wenn man destillirtes luftfreies Wasser in einer Glasröhre mit enger Mündung kocht und letztere während des Kochens zuschmilzt, so kann das Wasser an einem ganz ruhigen Orte bis zu -14° C. abkühlen, ohne zu gefrieren; sowie man aber dasselbe erschüttert, entsteht plötzlich ein Gemenge von $\frac{12}{100}$ Eis und $\frac{87}{100}$ Wasser, welches eine Temperatur von 0° zeigt. Die sich entwickelnde Wärme gestattet nämlich nicht, daß alles Wasser zu Eis wird. — Wenn man bei größerer Winterkälte luftfreies Wasser in einem offenen Gefäße mit etwas Del übergossen ganz ruhig stehen läßt, so kühlt es auch bis -12° ab, es reicht aber das Hineinhalten eines Stückchen Eises hin, das Wasser sofort in Eis von 0° zu verwandeln. — Löst man 3 Thle. Glaubersalz (schwefelsaures Natron) in 2 Theilen heißen Wassers auf, gießt über die Auflösung etwas Del und hält man dann in die allmählich erkaltete Flüssigkeit einen festen Körper, so steigt die Temperatur um $15-20^{\circ}$, indem sich plötzlich Krystalle bilden. Man bekommt auch bei steigender Temperatur solche Krystalle, wenn man starken Weingeist in die Auflösung gießt, weil dieser mit einem Theile des Wassers sich verbindet.

Dieselbe Erscheinung findet in allen ähnlichen Fällen statt. Sie ist uns in der Natur bei plötzlich eintretender Winterkälte dadurch von Nutzen, daß nur ein ganz allmähliges Einfrieren des Wassers mit seiner großen Wärmekapazität stattfindet, wobei freilich noch die Bd. II. S. 118 angeführten Umstände eine wesentliche Rolle spielen. Ebenso tritt glücklicherweise im Frühlinge bei plötzlicher Wärme auch nur ein allmähliges Aufthauen ein.

Wenn kaltes Wasser mit ungelöschtem Kalk sich verbindet, also seinen tropfbaren Zustand verliert, so entsteht eine sehr bedeutende Wärme.

Wenn man in Tibet, China und einem Theile Ostindiens, namentlich in der Gegend von Benares, selbst bei 8° Lufttemperatur im Freien Eis gewinnt und zwar nur bei Windstille und ganz heiterem Himmel, so liegt der Grund davon vorzüglich in der unter diesen Bedingungen sehr bedeutenden Ausstrahlung der im Wasser enthaltenen Wärme. Man gräbt auf offenen Feldern 1 Fuß tiefe und 4 bis 5 Fuß lange Gruben, bedeckt den Boden derselben mit Stroh, um durch diesen schlechten Leiter die Wärme des Erdbodens abzuhalten, stellt die Nacht über flache poröse Gefäße mit Wasser auf und findet früh auf dem Wasser eine Eisschicht. Die Verdunstung des Wassers durch das poröse Gefäß trägt auch etwas zur Abkühlung des Wassers bei.

Da die Temperatur, bei welcher verschiedene Körper erstarren oder gefrieren, verschieden ist, so kann man aus Gemengen oder Mischungen verschiedener Flüssigkeiten die eine von der anderen absondern, wenn

man die nöthige Abkühlung vornimmt. So sondert man in den Seifensiedereien die Seife von der Lauge; setzt man eine Mischung von Wasser und Spiritus dem Froste aus, so kann man das Wasser in der Gestalt des Eises absondern; ebenso das Wasser aus Wein und Bier wenigstens theilweise entfernen.

Wird zu Wasser Salz gethan, so gefriert es noch nicht bei 0° , sondern muß noch mehr abgekühlt werden, weil jetzt die Molekularanziehung beider Stoffe, des Wassers und des Salzes, überwunden werden muß. Es ist also klar, daß das Meerwasser mehre Grade unter 0° zeigt, ehe es gefriert, was für die Polarländer natürlich von einem ähnlichen Nutzen ist, wie wir ihn bei Erwähnung des Seeklimas bereits angeführt haben.

5) Das Sieden oder Kochen. Wenn eine Flüssigkeit einer Wärmequelle fortwährend ausgesetzt ist, verdunstet sie zunächst nicht nur an ihrer Oberfläche mehr und mehr, sondern es zeigt sich in ihrem Inneren die unsichtbar vorhanden gewesene Luft in kleinen aufsteigenden Blasen, während sie selbst in Bewegung geräth. Ist die Wärmequelle seitwärts, so bildet sich ein an dieser Seite aufwärts und an der entgegengesetzten abwärts gehender Wirbel; ist sie unter dem Gefäße, so steigen überall die warmen Theile aufwärts, indem sie ihre Wärme theilweise den kälteren abgeben, während diese herabkommen. In diesem Falle geschieht die Erwärmung schneller, besonders bei breiter Bodenfläche, welche überdies die Wärme leichter aufnimmt, als die lothrechte Seitenwand. Die Luftblasen steigen bis ans Niveau und verschwinden erst dort in der äußeren Luft; bald aber steigen noch andere Bläschen auf, welche in der Flüssigkeit selbst verschwinden, sowie sie an kältere Stellen derselben kommen und dieses sind Dampfbläschen, welche wieder zu Wasser werden, wodurch ein eigenthümliches Summen, das sogen. Singen, entsteht, indem sich Wasser an Wasser in den leer gewordenen Räumen schlägt. Endlich geräth die ganze Flüssigkeit in wallende Bewegung, indem sich überall in ihrem Innern Dampf entwickelt, welcher nun nicht mehr verschwindet, sondern durch sie in die Luft steigt und nun erst kocht oder siedet die Flüssigkeit, wobei die Zuführung von Wärme gemäßigt und Brennmaterial gespart werden kann, ohne das Kochen zu unterbrechen, denn eine noch größere Erwärmung der Flüssigkeit kann nicht mehr stattfinden; eine vermehrte Beschickung des Feuers mit Brennmaterial kann nur die Dampfmenge vermehren, nicht das Kochen und den Zweck desselben fördern.

Nur wenn eine Flüssigkeit absolut rein und luftfrei und der auf ihre Oberfläche ausgeübte Luft- und Dampfdruck ein bestimmter ist, siedet sie bei einer ganz bestimmten Temperatur. Im Wasser vorhandene Luft lockert den inneren Zusammenhang und daher siedet völlig luftfreies Wasser erst bei einer nicht unbedeutend höheren Temperatur (135° C.). So wie Salzwasser einen tieferen Gefrierpunkt hatte, als reines, aus

demselben Grunde ist sein Siedepunkt ein höherer; die Dämpfe aber haben in beiden Fällen dieselbe Temperatur.

Sind Flüssigkeiten übereinander gelagert und hat die untere einen tieferen Kochpunkt, als die obere, so können sich die Dämpfe wegen des auf die Flüssigkeit ausgeübten größeren Druckes nicht so leicht entwickeln, sondern sammeln sich in größeren Blasen an, welche stoßweise die obere Flüssigkeit durchbrechen. Hineingelegte Metalldrähte bewirken ein ruhiges Kochen, weil sie durch Ableitung der Wärme die Ansammlung größerer Blasen verhindern. Es ist auch natürlich, daß es in hohen Gefäßen wegen des größeren Druckes der Flüssigkeit schwerer kocht, als in niedrigen.

Verbinden sich Flüssigkeiten chemisch, so ist der Siedepunkt der Mischung je nach ihrem Verhältnisse verschieden.

Je geringer der Luftdruck auf das Niveau der Flüssigkeit ist, welcher sich ungeschwächt durch sie ins Innere fortpflanzt, desto leichter kocht sie, weil die schwingenden Wassertheilchen dann nach oben einen verminderten Widerstand finden. Je höher man also in der Atmosphäre steigt, desto leichter kocht das Wasser: in dem Hospiz auf dem St. Bernhard bei 7700 Fuß absoluter Höhe schon bei 92° C., auf dem Montblanc bei 14800' Höhe bei 85° C. Stellt man lauwarmes Wasser unter den Rezipienten der Luftpumpe, so kocht es schon bei mäßiger Luftverdünnung und im luftleeren Raume bei jeder Temperatur, wenn nur die entstandenen Dämpfe bald weggeschafft werden.

Sind zwei Kugeln von Glas durch eine Röhre verbunden und luftleer, so ist die Wärme der Hand imstande, das in der einen Kugel befindliche Wasser zum Kochen zu bringen (der Pulshammer) und wenn man, ohne die Hand anzulegen, die andere Kugel in eine Kältemischung bringt, so gefriert das Wasser wegen heftiger Verdunstung (der Arzophorus).

Bringt man etwas Wasser in einem Glaskolben zum Kochen, verschließt man während der Dampfbildung die Mündung der Röhre mit einem Kork und nimmt man den Kolben gleichzeitig vom Feuer weg, so hört das Kochen sofort auf. Dreht man den Kolben um und gießt man auf die Kugel etwas kaltes Wasser, so werden die Dämpfe zu Wasser, und weil der Druck nun vermindert ist, so kocht es wieder, bis die sich sammelnden Dämpfe durch ihren Druck das Kochen wieder verhindern. Auf diese Weise kann man ein wiederholtes Kochen bewirken.

Die Verminderung des auf das Niveau einer Flüssigkeit ausgeübten Luft- oder Dampfdruckes setzt also den Siedepunkt herab; also wird die Vermehrung desselben ihn höher setzen. Wenn man demnach die Dämpfe hindert, sich in die freie Luft zu begeben, was dadurch geschieht, daß man das Gefäß oben abschließt; so wird das Wasser eine höhere Temperatur annehmen, ohne zu kochen und seine kleinsten Theilchen werden wegen des vermehrten Druckes, welchen sie zu erleiden

haben, in die Poren derjenigen Körper dringen, welche sich in ihm befinden. Es ist also klar, daß die Körper nicht nur in weit kürzerer Zeit gar kochen, sondern, daß auch solche, welche beim Kochen in der freien Luft ganz bleiben, wie z. B. Knochen, unter solchen Umständen zerfocht werden können.



(Fig. 359.)

In dieser Beziehung sind die Papin'schen Töpfe zu erwähnen, wovon Fig. 359 eine Abbildung zeigt. Der metallene flache Topf A hat an seinem oberen Theile einen Bügel C, durch dessen Mitte eine Schraube d geht, vermittelt welcher er an den Deckel B und dadurch dieser an den Topf so festgeschraubt werden kann, daß beim Kochen Dämpfe nicht entweichen können. Um Explosionsgefahr zu vermeiden, hat der Deckel bei a ein Sicherheitsventil, welches bei einem

gewissen Dampfdrucke, wie ihn das Gefäß eben noch verträgt, geöffnet wird; bei b ist noch eine Röhre mit einem Hahne, um den Dampf vorher abzulassen, wenn man den Deckel abnehmen will. In einem solchen Topfe können Knochen größtentheils zu Brei gekocht und die Nahrungsbestandtheile in ihnen noch verwerthet werden.

Beim Kochen mit Wasser unterscheidet man in den Haushaltungen weiches Wasser von hartem. Zu jenem gehört das Regenwasser, das von Flüssen, Teichen, vielen Landseen und das destillierte Wasser; dieses findet sich in den meisten Brunnen und auch in solchen stehenden Gewässern, welche durch unterirdische Quellen gespeist werden. In dem harten Wasser werden die Speisen weniger leicht oder überhaupt nicht gar, weil es fremdartige, namentlich Kalkbestandtheile enthält, welche sich in die Poren der Speisen setzen und das Eindringen des Wassers verhindern. In dem harten Wasser löst sich auch Seife nicht ganz auf. Durch Soda kann es etwas verbessert werden; ist es trübe und sogar übelriechend, so wird es vorher durch Kohle filtrirt.

Wenn sich beim Kochen einer Flüssigkeit eine zusammenhängende Haut an der Oberfläche absondert, so können die sich entwickelnden Dämpfe nicht an die Luft durchdringen, sondern heben die Haut oder die Häute und es kocht über, wenn auch das Gefäß nicht sehr gefüllt ist. Wenn man aber in dasselbe einen den Boden des Kochgefäßes bedeckenden Trichter umgekehrt stellt und seine Spitze ragt über die Flüssigkeit, so dringt dieselbe beim Kochen zwar durch und läuft über sie, aber das Ueberlaufende geht in das Gefäß zurück. Dies ist der sogen. Milchschützer.

Folgende Tabelle weist die Siedepunkte einiger Flüssigkeiten bei mittlerem Luftdrucke nach:

Schweflige Säure	- 10° C.	Alkohol	78° C.
Salzäther	+ 12 =	Salpetersäure	86 =
Salzsäure, concentrirte	20 =	Meerwasser	104 =
Salpetrige Säure	28 =	Leinöl	315 =
Schwefeläther	36 =	Schwefelsäure, concentrirte	327 =
Bitriolöl	45 =	Quecksilber	360 =

Wenn die verschiedenen Flüssigkeiten während eines bestimmten äußeren Luftdruckes auch bei verschiedenen Temperaturen kochen, so haben ihre Dämpfe doch dieselbe Druckkraft, welche sie befähigt, aus den Flüssigkeiten aufzusteigen und den grade nur stattfindenden Luftdruck zu überwinden. Dieses läßt sich durch den Versuch auch unmittelbar bestätigen, wenn man die Dämpfe in dem kürzeren geschlossenen und luftleeren Schenkel eines Barometers entwickelt. Das Dampfbarometer. Je tiefer der Siedepunkt einer Flüssigkeit liegt, desto dichter und elastischer sind ihre Dämpfe bei einer höheren Temperatur.

Lösungen (Salz in Wasser) oder Mischungen (Wasser und Weingeist) haben bei einem bestimmten Verhältnisse der Bestandtheile einen bestimmten Siedepunkt, aber bei der Verflüchtigung des einen ändert sich der Siedepunkt des Ganzen. So läßt sich der Salzgehalt aus der Temperatur des Siedepunktes des Salzwassers angeben.

6) Die Kondensation der Dämpfe. Unter der Kondensation verstehen wir hier nicht nach der Wortbedeutung das bloße Verdichten der Dämpfe, sondern die Verwandlung derselben in den tropfbareren Zustand; denn Dämpfe, welche sich in einem abgesperrten Raume entweder allein oder vermischt mit atmosphärischer oder anderer Luft befinden, können dann durch Zusammendrückung verdichtet werden, ohne daß sie einen tropfbareren Körper geben, wenn sie bei der betreffenden Temperatur den kleineren Raum nur höchstens grade noch bis zum Sättigungsgrade erfüllen. Diese Verwandlung tritt allerdings dann ein, wenn die Raumverengung noch weiter getrieben, aber auch dann, wenn die Dämpfe bis unter die Temperatur, bei welcher sie den Raum sättigen würden, abgekühlt werden. Wird der mit Dämpfen gesättigte Raum aber erweitert oder erwärmt, so ist er befähigt, mehr Dämpfe aufzunehmen.

Die Richtigkeit dieser Betrachtung läßt sich durch einen Versuch leicht erkennen. Läßt man bei einer einfachen etwas längeren Barometeröhre in die torizellische Leere (Vd. I. S. 208) durch das Quecksilber etwas Wasser steigen, indem man die untere Mündung der Röhre in einen etwas langen Zylinder mit Quecksilber taucht (wie in Fig. 89, Vd. I., S. 221), so verdunstet ein Theil des Wassers und das Quecksilber fällt; zieht man die Röhre aufwärts, so verdunstet mehr Wasser, aber das Quecksilber behält seinen tieferen Rand zum Zeichen, daß die Dämpfe einen größeren Druck nicht ausüben, und ist nicht zu viel

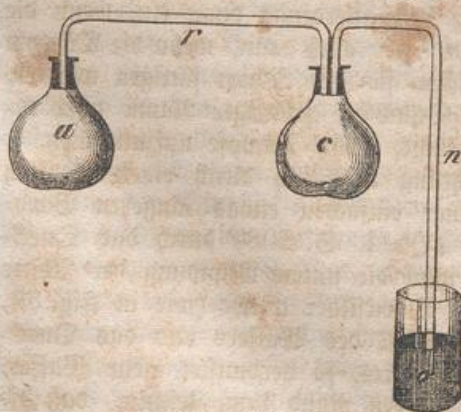
Wasser darin oder die Röhre lang genug, so kann man es dahin bringen, daß alles Wasser verdunstet ist. Zieht man dann die Röhre noch weiter aufwärts, so steigt das Quecksilber, zum Zeichen, daß der Dampfdruck auf dasselbe geringer geworden ist. Wie lange also der Quecksilberstand sich nicht ändert, so lange ist der Raum über ihm mit Dämpfen gesättigt, im anderen Falle ist der Sättigungsgrad nicht erreicht. — Läßt man dann die Röhre in das Quecksilbergefäß wieder herab, so fällt der Quecksilberstand, so wie aber der obere Raum kleiner wird, als er zum Sättigungsgrade gehört, bildet sich durch das Zusammendrücken der Dämpfe Wasser oder die Dämpfe werden kondensirt.

Wenn der Raum, welchen die Dämpfe sättigen, abgekühlt wird, indem man z. B. Schnee außerhalb anhält, so wird auch ein Theil der Dämpfe verdichtet und das Quecksilber steigt; würde er aber erwärmt, z. B. durch ein daran gehaltenes glühendes Metallstück, so fällt das Quecksilber und es würden sich noch mehr Dämpfe bilden, wenn noch Wasser vorhanden wäre.

Ganz dieselben Erscheinungen treten ein, wenn über dem Quecksilber etwas Luft vorhanden ist, nur daß dann der Barometerstand auch ohne Wasserdämpfe nicht erreicht wird.

Wie die zur Kondensation der Dämpfe erforderliche Kälte erzeugt wird, ist ganz gleichgiltig: es kann u. a. durch Verdünnung der Luft geschehen. Wenn eine Flasche mit engem Halse mit Wasserdämpfen gesättigt worden ist, indem man etwas Wasser darin geschüttelt hat und man saugt dann schnell etwas Luft aus, so entsteht ein Nebel. Oder hat man in die Flasche kräftig geblasen, indem man die Mündung mit dem Munde schließt, und es ist dabei die Luft klar geblieben, so entsteht beim Aufhören und Ausströmen eines Theiles der Luft auch ein Nebel.

Außerst wichtig ist für die Kondensation der Dämpfe zu praktischen Zwecken noch die Beantwortung der Frage nach dem Verhalten der



(Fig. 360.)

Druck- oder Spannkraft der Dämpfe in einem an verschiedenen Stellen ungleich erwärmten Raume. Verbindet man zwei Glaskolben a und c (Fig. 360), welche etwas Schwefeläther enthalten, mit einer luftdicht durch die Hälse gehenden Röhre r und läßt man von dem einen c noch eine ebenso durchgehende längere Röhre n herabgehen; so läßt sich durch das Kochen des Aethers leicht alle Luft aus dem Appa-

rate entfernen. Schließt man, während nur noch Aetherdämpfe aus o entweichen, diese Oeffnung, indem man sie in Quecksilber taucht und entfernt man gleichzeitig die Flamme, welche die Dämpfe erzeugt; so befinden sich nur noch Aetherdämpfe im Apparate und das Quecksilber steigt in der Röhre n während seiner Abkühlung, ohne aber die Barometerhöhe zu erreichen, und bleibt endlich auf einem bestimmten Punkte stehen, wenn der Apparat die Temperatur der umgebenden Luft angenommen hat. Kühlt man nun auch nur einen der beiden Kolben, gleichgiltig welchen, oder beide durch kälteres Wasser ab, so steigt das Quecksilber sofort noch und um so mehr, je größer die Abkühlung ist. Daraus ergibt sich das wichtige Gesetz:

die Spannung des Dampfes in einem ihm zugänglichen Raume ist stets die an seiner kältesten Stelle.

Die an der kältesten Stelle bewirkte Kondensation der Aetherdämpfe vermindert dort die Druckkraft, so daß der Dampf an den wärmeren Stellen mit der größeren Druckkraft sofort dorthin strömen und sich verdichten muß, bis überall das Gleichgewicht hergestellt ist.

Benutzung der Wasserdämpfe.

1) Dampfbäder. Je wärmer die Luft in einer Stube ist, desto mehr kann sie Wasser in Dampfgestalt in sich tragen. Feuchtwarme Luft ist aber nicht nur dem Gedeihen der Pflanzen sehr förderlich, sondern in vielen Fällen auch dem menschlichen Körper sehr dienlich. Daher richtet man Räume ein, welche bei hoher Temperatur mit Dämpfen gesättigt: sogen. russische oder Dampfbäder. Die Wärme lockert die Haut auf, wodurch sie nicht nur zu einer gründlicheren Reinigung geeignet, sondern auch zu einer erhöhten Thätigkeit angeregt wird. Es wird dadurch die Blutbewegung theils unmittelbar, theils durch die Reaction bei den kalten Begießungen hervorgebracht und die Haut zugleich gegen den nachtheiligen Einfluß schneller Temperaturwechsel abgehärtet.

2) Dampfdestillation. Will man aus Pflanzen die riechenden Bestandtheile ausziehen und sogen. ätherisches Wasser bereiten, wie Rosenwasser, Fenchelwasser, so nimmt man eine Destillirblase mit doppeltem Boden, wovon der obere siebartig durchbrochen ist. Auf diesen kommen die Pflanzen in verkleinertem Zustande und in den Zwischenraum darunter werden die Dämpfe geleitet. Diese nehmen die Riechstoffe in sich auf und in der Vorlage sammelt sich das Wasser, von welchem sich der größere Theil der ätherischen Oele absondert und oben auf lagert. Man wendet dazu häufig überhitzten Dampf an, d. h. Dampf, welcher eine höhere Temperatur hat, als sie zum Sättigungsgrade des Dampfes gehört.

Der überhitzte Dampf dient auch zur Erweichung mancher Stoffe, welche im Wasser nicht zerflocht werden können, z. B. der Knorpel zu

Leim; ferner wird er zum Rösten verschiedener Gegenstände angewendet, dann auch, um aus dem Theer die brennbaren Gase abzufondern.

3) Dampfkocherei. Wenn man 1 Pfund Wasser von 100° in Dampf von 100° verwandelt und die erhaltenen Dämpfe behufs ihrer Kondensation durch ein metallenes Schlangenrohr leitet, welches sich in 10 Pfunden Wasser von 0° befindet, so wird dieses dadurch auf 54° erwärmt und nur 1 Pfund Wasser würde von 0° auf 540° steigen. Obwohl also die Dämpfe blos die Temperatur des kochenden Wassers zeigen, so enthalten sie doch eine bedeutend höhere Wärme, als dieses. Das eine Pfund Dampf von 100° , welches aus 1 Pfund Wasser von 100° entstanden ist, würde beim Abgeben seiner Wärme während der Verwandlung zu Wasser, wenn es in Wasser von 0° geleitet würde und es auf 100° erwärmen sollte, 5,40 Pfunde so erwärmen und überhaupt: eine bestimmte Dampfmenge von 100° C. erwärmt eine 5,4 mal größere Wassermenge von 0° auf 100° .

Man braucht also das Wasser, in welchem man einen Gegenstand in der freien Luft gar kochen will, nicht durch ein Feuer zum Kochen zu bringen, sondern man kann dies erreichen, wenn man Wasserdämpfe von kochendem Wasser hineinleitet. — Bisweilen will man, wie in Brennerereien oder bei Dampfmaschinen das Speisewasser für den Kessel (im Tender an der Lokomotive) nur vorwärmen. Die in das kalte Wasser geleiteten Dampfblasen bringen bei ihrer Kondensation, namentlich anfänglich, ein bedeutendes Gepolter hervor durch den Schlag des Wassers auf Wasser in dem leer gewordenen Raume.

Man kann aber auch die Dämpfe allein und unmittelbar zum Kochen verwenden, ohne daß man sie erst in Kochwasser leitet, sondern von unten an einen siebförmig durchlöcherten Boden, über welchem der abzukochende Gegenstand, z. B. Kartoffeln, in einem hölzernen, gut zugedeckten Gefäße sich befindet. Dadurch wird an Heizmaterial gespart.

Haben die Dämpfe eine höhere Temperatur, so wird der Zweck schneller erreicht.

4) Dampfheizung. Die in den Dämpfen vorhandene gebundene Wärme wird auch zur Erwärmung der Luft in geschlossenen Räumen benutzt. Von dem geschlossenen Dampfkessel gehen zunächst die Zuleitungsröhren aus und daran schließen sich die Wärmeröhren. Bei beiden sind Ausgleichungsstücke erforderlich, welche das Ausdehnen und Zusammenziehen der Röhren gestatten, ohne daß sie undicht werden. Jene Röhren müssen die Wärme gut zusammenhalten, also schlecht leiten, diese aber sie schnell verbreiten, weil sie sich in dem zu beheizenden Raume befinden. Sind die Leitungsröhren einfache Metallröhren, so müssen sie wenigstens polirt sein; besser ist es, eine zweite umschließende und abgesperrte Luft enthaltende Röhre anzuwenden und am besten sie mit ganz schlecht leitenden Stoffen zu umhüllen, denen man eine glatte Oberfläche gibt, oder in dickes Mauerwerk einzuschließen. Die Wärme-

röhren müssen ziemlich dünn und, damit sie die Wärme gut ausstrahlen, nicht glatt sein; sie haben eine solche Neigung, daß das Kondensationswasser in ihnen nicht zurückläuft, sondern sich am Ende der Leitung ansammelt, von wo es durch besondere Röhren in den Kessel zurückgeführt wird. Damit Röhren mit dünnen Wänden durch den äußeren Luftdruck nach der Verwandlung der Dämpfe in Wasser nicht leiden, sind Luftventile in ihnen angebracht, welche der Dampf geschlossen erhält.

Die Wirksamkeit der Dampfheizung läßt sich aus Folgendem beurtheilen: 1 Pfund Wasserdampf von 100° erwärmt 1 Pfund Wasser von 0° auf 540° . Nun ist die Wärmekapazität der atmosphärischen Luft nur 0,2669 von der des Wassers, also würde 1 Pfund Wasserdampf von 100° fähig sein, 1 Pfund Luft von 0° um so viele Grade zu erwärmen, als wie oft 0,2669 in 540 enthalten ist, also auf $2023,2^{\circ}$. Ein Pfund Luft nimmt bei 0° den Raum von 13,6 Kubikfuß ein, also erwärmt 1 Pfd. Wasserdampf von 100° 13,6 Kubikfuß Luft von 0° auf $2023,2^{\circ}$ und 1 Kubikfuß Luft auf $13,6 \cdot 2023,2 = 27515,52^{\circ}$. Um 1 Kubikfuß Luft blos von 0° auf 1° zu bringen, wird der $\frac{1}{27515}$ Theil dieser im Wasserdampfe enthaltenen Wärme erforderlich sein, und nun kann man leicht berechnen, welche Dampfmenge, also auch wie viel Wasser und Feuerungsmaterial von einer gewissen Güte erforderlich sein wird, um einen Raum von gegebenem Kubikinhalte von einer gewissen Temperatur an zu einer bestimmten höheren zu erwärmen, wobei vorausgesetzt ist, daß für jede um 1° höhere Temperatur dieselbe Wärme erforderlich ist, was freilich, ganz strenge genommen, nicht stattfindet.

Auf vielen der Dampfschiffe der nordamerikanischen Union werden die Steinkohlen nach allen Richtungen ausgebeutet: nicht nur, daß man beim Feuern den Rauch verbrennt, was für die Fahrenden sehr angenehm ist, sondern man bereitet auch das Gas zur Erleuchtung und benutzt den Dampf zur Beheizung.

Von der Wärme des Dampfes wird übrigens zu vielen technischen Zwecken noch ein wichtiger Gebrauch gemacht, z. B. in Dekartiranstalten, in Brauereien und Brennereien zum Trocknen des Malzes, dann auch zum Trocknen des Schießpulvers, des Tabaks, verschiedener Stoffe in Apotheken, Papier- und anderen Fabriken, auch in Essig- und Salzsiedereien, Färbereien, Druckereien, Badeanstalten, zum Rösten des Kaffees u. s. w.

Die Dämpfe anderer Flüssigkeiten enthalten weniger Wärme: Weingeist 245, Aether 168 Wärmeeinheiten auf 100 Theile; sie sind also zum Erwärmen weniger geeignet, werden aber in der Technik anderweitig benutzt; die von Weingeist z. B. lösen alle harzigen Stoffe auf.

5) Dampfmaschinen. Die bei weitem folgenreichste Anwendung findet der Dampf zum Betriebe von Maschinen der verschiedensten Art. Es wird hierbei seine Expansivkraft, d. h. sein Bestreben, einen größeren Raum einzunehmen, als bewegende Kraft in ähnlicher Weise benutzt, wie

bei den Luftexpansionsmaschinen. Bei der Vergleichung beider Kräfte scheint der Dampf im Nachtheile zu stehen; denn es genügt nicht blos, das Wasser bis auf 100° zu erwärmen, sondern es muß dieses soweit erwärmte Wasser durch weitere Wärme noch in Dampf von 100° verwandelt werden. Letztere Wärme ist fast $5\frac{1}{2}$ mal so groß, als die, welche Wasser von 0° auf 100° brachte. Aber dieser Dampf hat noch nicht eine höhere Druckkraft, als die atmosphärische Luft; er muß also noch mehr erwärmt werden, um ihren Druck zu überwinden. Bei den kalorischen Maschinen wird die Wärme sofort auf den bereits vorhandenen luftigen Körper übertragen, ohne erst eine Aggregatsumwandlung vorzunehmen und da die Dämpfe nach geschiederer Arbeitsleistung in die Luft geblasen oder in einem besonderen Raume kondensirt werden, so geht jene gebundene Wärme verloren, ohne mechanische Leistung vollführt zu haben. Dagegen ist festzuhalten, daß der Dampf bei gleicher Temperatur mit erwärmter Luft mehr leistet, als diese, weil bei jenem die größere Masse das Bewegungsmoment größer macht. Ueberdies aber sind die Dämpfe durch Steigerung ihrer Temperatur und ihres Sättigungsgrades einer fast unbegrenzten Kraftentwicklung fähig. Es wäre wohl vollkommen überflüssig, heutzutage noch auf die enorme Wichtigkeit der Dampfindustrie in sozialer und kulturgeschichtlicher Beziehung hinzuweisen und wir gehen daher bald zur Sache.

Die Kraft, mit welcher Dämpfe drücken, oder die Druckkraft, ist von drei Bedingungen in gradem Verhältnisse abhängig:

- 1) von dem Drucke, welchem sie selbst ausgesetzt sind, wie lange sie dabei sich noch nicht kondensiren;
- 2) von der Menge, in welcher sie in einem gewissen Raume von bestimmter Temperatur vorhanden sind, d. i. von der Dichtigkeit oder vom Sättigungsgrade;
- 3) von der Temperatur, welche sie in einem bestimmten Raume besitzen, worin sie in einer bestimmten Menge vorhanden sind.

Wachsen Druck, Sättigungsgrad und Temperatur, so muß auch das Kraftmoment wachsen, weil sich theils die zu einer bestimmten Raumeinheit gehörige Menge von Stofftheilen vermehrt, theils weil ihre Geschwindigkeit wächst. Der Dampf dehnt sich aus, wenn er Raum dazu hat, und wird weniger dicht, er kann aber seine Druckkraft behalten, wenn nur seine Temperatur wächst; ist er abgesperrt, so behält er seine Dichtigkeit und die Spannkraft wächst mit seiner Temperatur; wird ein vorhandener mit ihm in Verbindung stehender Wasservorrath gleichzeitig mit ihm in einem Raume erwärmt, so wächst die Dichtigkeit und er ist dabei stets gesättigt.

Die Größe der Spannkraft läßt sich mittelst des Dampfbarometers finden und wird entweder auf den mittleren Druck der Atmosphäre bezogen, so daß man z. B. sagt: der Dampf hat einen Druck von einer, von zwei u. s. w. Atmosphären oder wird durch Gewichte angegeben, wobei

man den Druck desselben auf einen Quadrat Zoll als Richtschnur annimmt und z. B. sagt: der Dampfdruck beträgt 15,30 u. s. w. Pfunde. Die zweite Angabe ist natürlich in der ersten enthalten (vergl. Bd. I., S. 209). Die ganze Arbeitsleistung wird durch Pferdekräfte ausgedrückt.

Wie die Dämpfe überhaupt bewegend wirken, kann man leicht mittelst einer Dampfugel, Windugel oder Aeolipile beobachten. Es ist dieses eine hohle Metallugel von 2 bis 3 Zoll Durchmesser, oberhalb mit einer in eine feine Spitze auslaufenden Röhre und einem kleinen Sicherheitsventile versehen. Wird etwas hineingebrachter Spiritus zum Kochen gebracht, so können die ausströmenden Dämpfe ein kleines Rad mit Flügeln, auf welche sie geleitet werden, in Bewegung setzen. Gewöhnlich wird die Aeolipile zum Löthen und zum Erweichen oder Schmelzen des Glases gebraucht. Ist der Dampfentwicklungsapparat drehbar und geht der Dampf durch einseitig gekrümmte Röhren, wie beim segnerschen Wasserrade (Bd. I. S. 434), so dreht sich der Apparat zufolge der Reaktion.



Diese Stoß- oder Druckkraft der Dämpfe läßt sich in höchst einfacher Weise auch zur Bewegung eines Stempels in einer Röhre benutzen. Ist (Fig. 361) *c* eine Glasugel mit etwas Wasser, schließt sich an sie eine grade Glasröhre (Stiefel) *rr* und paßt in sie luftdicht, aber noch leicht beweglich, ein Stempel (Kolben) *ss* an einem Stäbchen; so kann man es durch eine darunter gehaltene Spiritusflamme leicht dahin bringen, daß der Stempel durch die Ausdehnung der Luft und der gebildeten Dämpfe unter ihm herauf und ganz heraus gedrängt wird. Läßt man nun die im Innern vorhandene Luft durch die Wasserdämpfe heraustreiben und bringt man dann den Stempel wieder in die Röhre, indem man sie gleichzeitig der Flamme entzieht, so wird bei der allmählichen Abkühlung der abgesperrten Dämpfe der äußere jetzt überwiegende Luftdruck den Stempel allmählig in die Röhre treiben. Wenn man die Dämpfe in der Kugel und in der Röhre plötzlich durch kaltes Wasser abkühlt, so daß ein fast leerer Raum entsteht, so wird der Stempel so plötzlich herabgedrückt, daß dadurch der Apparat leicht zertrümmert werden kann. — So könnte man allerdings durch abwechselnd wiederholtes Entwickeln und Kondensiren der Dämpfe ein fortwährendes Spiel des Kolbens und durch die Kolbenstange mittelst der geeigneten Vorrichtungen mancherlei Zwecke erreichen, z. B. Wasser pumpen; aber die Handhabung einer solchen Vorrichtung ist allzu umständlich, kostspielig und unwirksam, als daß man von ihr jetzt noch Gebrauch machen sollte und wir gehen daher sofort zu den wesentlichsten Bestandtheilen einer Dampfmaschine über.

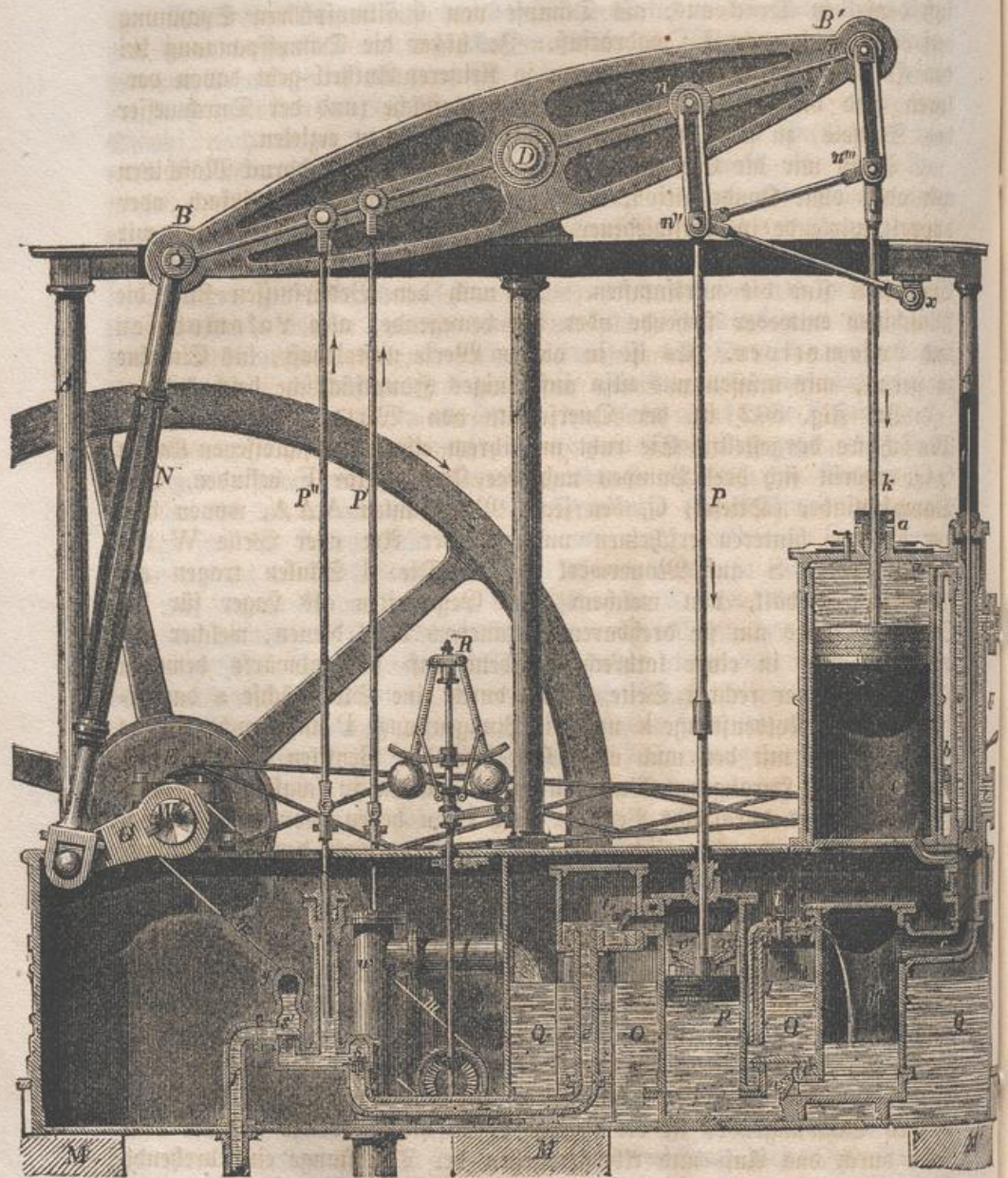
Wird der Dampf nur auf der einen Seite des Kolbens entwickelt und dann kondensirt, um dem Kolben durch den Druck der Atmosphäre die entgegengesetzte Bewegung zu geben, so heißt die Maschine eine einfach wirkende Niederdruck-Maschine; läßt man aber den Dampf, nachdem er seine Wirkung vollbracht hat, ins Freie und bewirkt die rückgängige Bewegung durch eine andere Kraft, wie durch Gewichte oder die Schwere und den Druck von Wasser (Wasserhaltungsmaschinen), so werden sie einfach wirkende Hochdruck-Maschinen genannt. — Werden die Dämpfe abwechselnd nach den beiden Seiten des Kolbens geleitet und auf der Seite, nach welcher hin der Kolben sich bewegt, verdichtet; so ist dies eine doppelt wirkende Niederdruck-Maschine, wird aber für diesen Fall der Dampf, nachdem er seine Wirkung vollbracht hat, ins Freie gelassen, um dem Kolben die Bewegung zu gestatten, so ist es eine doppelt wirkende Hochdruck-Maschine, wobei der Dampf eine höhere Spannung als die einer Atmosphäre haben muß, um den Gegendruck derselben zu überwinden. Hat er auf der treibenden Seite die Druckkraft von 2 Atmosphären, so bewegt sich der Kolben mit der Kraft nur einer, also geht die Hälfte verloren; hat er die Spannung von 3 Atmosphären, so geht der Kolben nur mit der Kraft von zweien, also geht ein Drittel verloren und so geht ein immer um so kleinerer Theil der Druckkraft der Dämpfe verloren, je höher ihre Spannung ist und daher rührt der Name: Hochdruckmaschine. — Endlich hat man noch Expansionsmaschinen, bei welchen der Dampf nicht so, wie er aus dem Kessel kommt, zur Wirksamkeit gelangt, sondern durch zeitweise Absperrung gezwungen wird, sich zu verdichten, um dann bei seiner Ausdehnung in kürzerer Zeit ebenso wirksam zu sein, als in längerer Zeit, wenn er nicht verdichtet worden wäre. Es ist nämlich für den Gesamterfolg einerlei, ob auf den Kolben Dämpfe mit z. B. 6 Atmosphären Spannung während des ersten Drittels seines Weges im Stiefel drücken oder Dämpfe von 2 Atmosphären Spannung während des ganzen Weges. Im ersten Falle ist aber der Druck auf den Kolben am Anfange seiner Bewegung energischer und nimmt nach und nach mit der Ausdehnung der Dämpfe bis zu 2 Atmosphären ab, während er im zweiten Falle mit der schwächeren Kraft von nur 2 Atmosphären vom Anfange bis zu Ende drückt und somit nicht eine so große Geschwindigkeit erzeugen kann. Im ersten Falle ist also der in den letzten zwei Dritteln des Weges erlangte Erfolg als Gewinn anzusehen. — Man muß zur Erreichung dieses Zweckes die Dämpfe in einem Borgemache, der Dampfbüchse, mittelst eines Schieberventiles (Expansionschiebers) für jede Kolbenbewegung hin und her während der letzten zwei Drittel des Weges von dem Stiefel absperrern.

Die Hochdruckmaschinen gewähren den Vortheil, daß sie weniger Raum einnehmen, als die Niederdruckmaschinen; denn Dämpfe von der Spannkraft 1 Atmosphäre üben auf eine Fläche von z. B. 6 Quadrat-

fuß denselben Druck aus, als Dämpfe von 6 Atmosphären Spannung auf eine Fläche von 1 Quadratfuß. Je höher die Dampfspannung bei den Hochdruckmaschinen ist, ein um so kleinerer Antheil geht davon verloren und desto kleiner braucht die Kolbenfläche (und der Durchmesser des Stiefels) zu sein, um einen gewissen Erfolg zu erzielen.

Wenn wir die Eigenschaften der Nieder- und Hochdruck-Maschinen mit oder ohne Kondensation, mit oder ohne Expansion, einfach oder doppelt wirkende in verschiedener Weise kombiniren, so bekommen wir sehr verschiedene Systeme von Dampfmaschinen. Hochdruckmaschinen mit Expansion sind die wirksamsten. Je nach den Bedürfnissen sind die Maschinen entweder stehende oder sich bewegende, also Lokomobilen und Lokomotiven. Es ist in diesem Werke unstatthaft, ins Einzelne zu gehen, wir müssen uns also auf einiges Hauptfächliche beschränken.

In Fig. 362 ist der Querschnitt von Watts Niederdruck-Maschine dargestellt. Sie ruht mit ihrem eisernen geschlossenen Kasten QQ, worin sich drei Pumpen und der Kondensator F befinden, dem Dampfzylinder (Stiefel) C, den sechs Metallsäulen AAA, wovon hier nur die drei hinteren erscheinen und mit der Axe oder Welle W des Schwungrades S auf Mauerwerk MM. Die 6 Säulen tragen ein rechteckiges Gebälk, von welchem zwei Gegenseiten als Lager für die Queraxe D des um sie drehbaren Balanciers BB' dienen, welcher sich um diese Axe in einer lothrechten Ebene auf- und abwärts bewegen läßt. An seiner rechten Seite ist die durch eine Stopfbüchse a dampfdicht gehende Kolbenstange k und die Pumpenstange P angebracht, welche den Kolben p mit den nach oben sich öffnenden Ventilen in Bewegung setzt, um beim Herabgehen Wasser über den Kolben zu schaffen und beim Hinaufgehen es durch das Ventil r nach L zu heben, von wo es durch z und das nach oben sich öffnende Ventil s nach der Druckpumpe geht; an seiner linken Seite sind zwei Pumpenstangen P' und P'' und die Triebstange N an seinem Ende. Die Stange P' bewegt eine Saughelepumpe w und schöpft kaltes Wasser nach Q, um dann durch das Öffnen des Hahnes i in nothwendiger Menge nach dem Kondensator gelassen zu werden; die Stange P'' bewegt eine Druckpumpe und preßt beim Herabgehen das durch z und das Ventil s aus L geflossene Wasser durch das Ventil s' nach dem Windkessel g, von wo es dann durch f zur Speisung des Dampfessels verwendet wird. An der Welle W des Schwungrades ist die Kurbel G befestigt, welche sammt dem Rade durch das Auf- und Abwärtsgehen der Triebstange eine drehende Bewegung erhält. Die Bewegung bei der Drehung des Schwungrades wird durch einen um die Welle gelegten Riemen mm auf eine Scheibe übertragen, durch welche mittelst eines Getriebes die Axe des Regulators R in drehende Bewegung gesetzt wird, so daß dieser die Schnelligkeit des Schwungrades wiedergibt. Der Regulator selbst aber steht durch ein hier nicht gezeichnetes Hebelsystem mit der Klappe d am

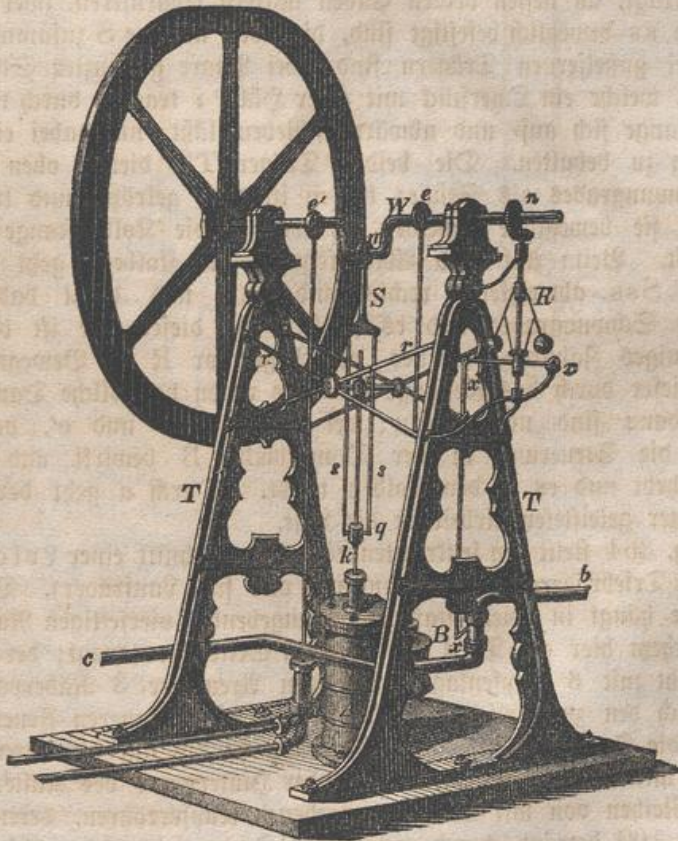


(Fig. 362.)

Dampfzuflussrohre e' in Verbindung, um bei zu schnellem Gange der Maschine die Klappe etwas zu schließen und weniger Dampf und bei zu langsamem (wenn etwa Feuerungsmaterial zugelegt wird und die Dampferzeugung nicht recht stattfindet) mehr Dampf zuzulassen. Der

Dampf geht aus dem Zuleitungsröhre nicht unmittelbar in den Zylinder, sondern in ein Vorgemach, die Dampfbüchse U, worin sich ein Schieberventil befindet, dessen Stange t ist, und welches bei seiner Bewegung gestattet, daß der Dampf abwechselnd durch α und β über und unter den Kolben gelangt und daß gleichzeitig und beziehungsweise der untere und obere Raum des Dampfzylinders mit dem Kondensator F in Verbindung gebracht werde. Um diese Verbindungen und Absperrungen in dem richtigen Augenblicke eintreten zu lassen, ist an der Ase des Schwungrades eine exzentrische Scheibe (Exzentrik) E mit dem dazu nöthigen und dem Schieberventile in Verbindung stehenden Gestänge befestigt.

Die senkrechte Bewegung der Kolbenstangen k und P wird durch das Watt'sche Parallelogramm $nn'n''n'''$ erzielt, dessen untere drei Seiten verschiebbar sind, wobei n'' durch den drehbaren Stab $n''x$ genöthigt wird, einen Kreisbogen zu beschreiben. Während der Punkt n am Balancier bei dessen Bewegung einen Bogen beschreibt, und bei seiner horizontalen Lage, welche mit der horizontalen von $n''x$ zusammenfällt, am weitesten nach rechts liegt, werden die Punkte n'' und n'''



(Fig. 363.)

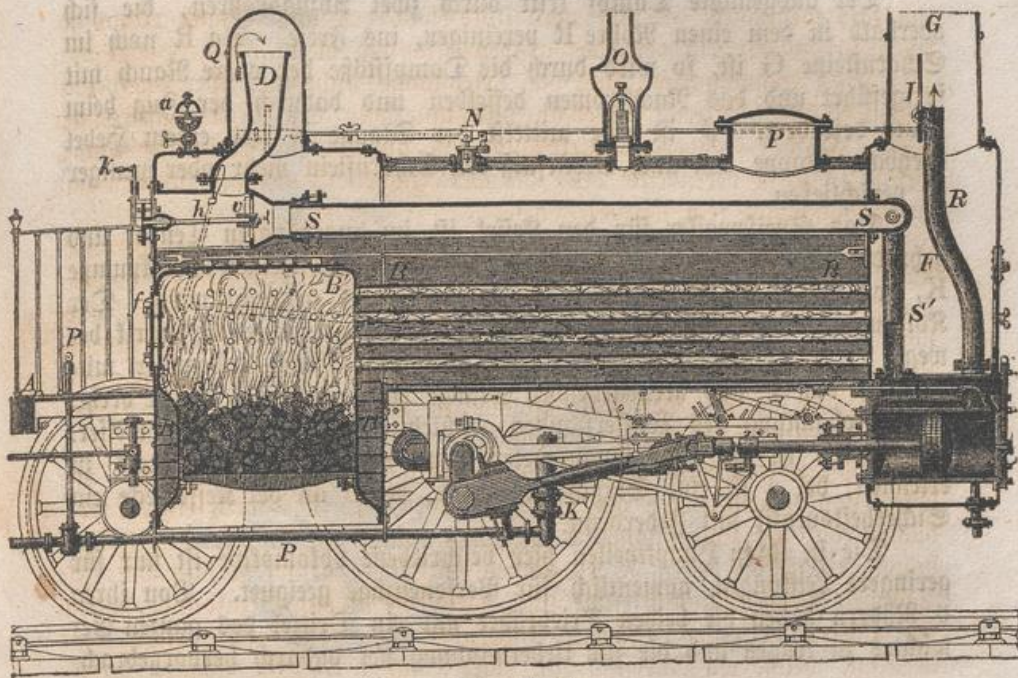
um fast ebensoviel, der eine nach links und der andere nach rechts gerückt, so daß n''' in derselben graden Richtung bleibt.

Das Schwungrad führt die Triebstange nicht nur über die beiden toten Punkte senkrecht oberhalb und unterhalb des Mittelpunktes der Welle W weg, sondern bewirkt auch eine gleichmäßige Kolbenbewegung, welche sonst in der Mitte des Zylinders schneller, als zu Anfange und gegen das Ende sein würde.

In Fig. 363 ist die perspektivische Ansicht einer Hochdruck-Maschine für kleinere Leistungen gegeben. Die Konstruktion und Bedienung der Maschine ist eine einfachere. Da die Pumpen hier nicht vorkommen, so ist der Balancier entbehrlich und die hin und her gehende Bewegung des Kolbens läßt sich einfacher in eine rotirende verwandeln, indem man die mit der Kolbenstange in Verbindung stehende Kurbelstange unmittelbar auf das Schwungrad wirken läßt.

Von b aus wird der Dampf zunächst in die Dampfbüchse B geleitet, von hieraus wird der Dampfzylinder gespeist; durch eine Stopfbüchse ragt die Kolbenstange k hervor, welche ein Querstück q (Querhaupt) trägt, an dessen beiden Enden mittelst Charnieren zwei parallele Stangen ss beweglich befestigt sind, die oben in eine S zusammenlaufen. An zwei gußeisernen Trägern sind zwei Paare gekreuzter Stangen rr befestigt, welche ein Querstück mit einer Hülse i tragen, durch welche die Kolbenstange sich auf- und abwärts schieben läßt, um dabei eine grade Richtung zu behalten. Die beiden Träger TT dienen oben der Ase des Schwungrades als Stütze; bei m ist diese gekröpft und trägt dort eine um sie bewegliche Scheibe, an welcher die Kolbenstange Sk befestigt ist. Beim Auf- und Abwärtsgehen des Kolbens geht die Vorrichtung Sss abwechselnd rechts und links und dreht dadurch die Ase des Schwungrades und es selbst. An dieser Ase ist bei n ein kegelförmiges Zahnrad, welches den Regulator R in Bewegung setzt, damit dieser durch das Gestänge xxx die unten befindliche Dampfklappe drehe; dann sind noch daran zwei Exzentriks e und e' , von denen ersteres die Steuerung in der Dampfbüchse B bewirkt und letzteres Wasser hebt und es in den Kolben treibt. Durch c geht der Dampf nach seiner geleisteten Arbeit in die Luft.

Fig. 364 stellt den senkrechten Längendurchschnitt einer Lokomotive mit zwei Triebrädern dar (die anderen vier sind Laufräder). Die ganze Maschine hängt in einem starken sie umgebenden vierseitigen Rahmen A , von welchem hier ein Theil der hinteren Seite hervorragt; der Rahmen selbst ruht mit 6 Zapfenlagern auf den Axen der 3 Räderpaare und trägt noch den zylindrischen Kessel B mit seiner inneren Feuerung B' , wozu f die Feuerthür ist. Die Feuerung ist bis auf die untere Wand allseitig mit Wasser umgeben. Von der Hinterwand des Kastens gehen hier 4 Reihen von mit Wasser umgebenen Kupferröhren, deren Anzahl oft über 100 beträgt, durch welche das Feuer zieht und welche alle in



(Fig. 364.)

den Raum F münden, der mit dem Schornsteine G in Verbindung steht. Ueber dem Dampfraume des Kessels steht die 2 bis 3 Fuß hohe Kuppel Q, in welcher ein Rohr D unterhalb der Decke mündet, dieses steht mittelst des durch die Kurbel k drehbaren Ventiles v mit dem durch die ganze Länge des Dampfraumes gehenden Rohre SS in Verbindung. Nach vorn verzweigt sich S in zwei herabgehende Röhren S', welche den Dampf in die beiden oberhalb der Zylinder liegenden Dampfbüchsen und durch diese in die Dampfzylinder selbst führen. Durch den Hebel h kann man bei beliebiger Kolbenstellung, also auch beim Stillstehen der Maschine, mittelst eines Hebelsystems und exzentrischer Scheiben den Dampf entweder nach vorn oder nach hinten zuerst einlassen und dadurch beziehungsweise die Maschine zurück oder vorwärts bewegen oder ihn auch ganz absperren.

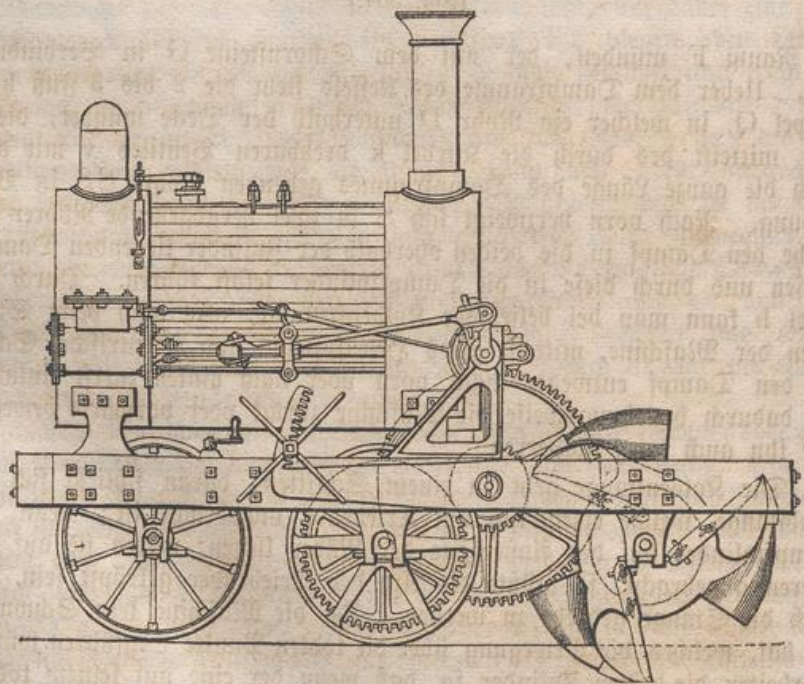
Die Kolbenstange geht in einem Schlitten, daran schließt sich die Triebstange, welche exzentrisch am Triebrade angebracht ist, wenn die Dampfzylinder auf der Außenseite der Räder liegen; wären sie auf der inneren angebracht, so müßte die Nabe der Triebräder gekröpft sein, um durch die Stange gedreht zu werden. Da die Maschine kein Schwungrad hat, welches die Bewegung über die toten Punkte wegführen würde, so arbeiten die beiden Zylinder so, daß wenn der eine auf seinem toten Punkte angekommen, der andere in voller Bewegung ist.

Der ausgenutzte Dampf tritt durch zwei Abzugsröhren, die sich oberhalb in dem einen Rohre R vereinigen, ins Freie. Da R noch im Schornsteine G ist, so wird durch die Dampfstöße der obere Rauch mit fortgeführt und das Nachströmen desselben und dadurch der Zug beim Feuer befördert. J ist eine mittelst der Stange N und einem Hebel drehbare Klappe, um nach Bedürfnis den Schornstein mehr oder weniger zu verschließen.

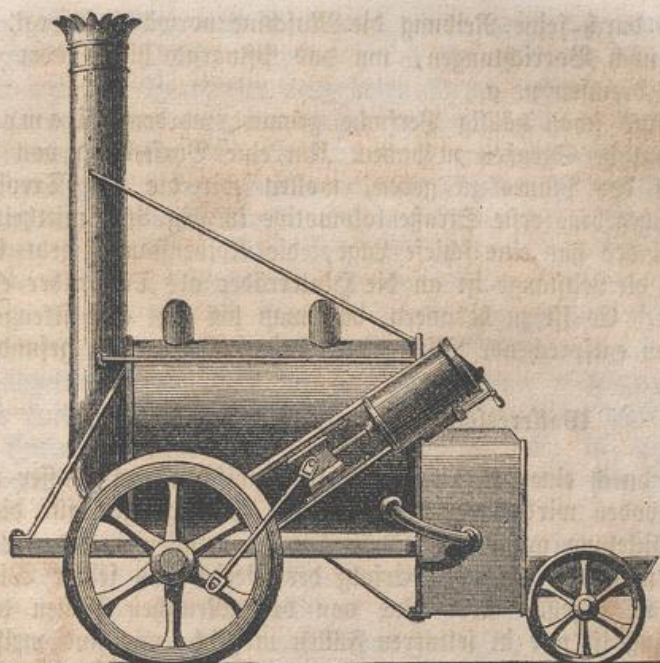
Das Speisewasser für den Kessel ist im angehängten Tender und geht durch die unten mit P bezeichnete Röhre zu der kleinen Druckpumpe K, von wo es in den heißesten Theil des Kessels gebracht wird. Der Kolben wird durch ein kleines an der Radaxe angebrachtes Exzentrik bewegt. Den Wasserzufluß bewirkt der Lokomotivführer, indem er mittelst der von P aus herabgehenden Stange einen Hahn im Rohre dreht. Die Beobachtung des Wasserstandes geschieht durch einen Standmesser.

Bei f ist ein Metallmanometer, um den Dampfdruck stets zu erkennen; bei a ist eine Signaldampfpfeife, bei O an der Kesseldecke ein Sicherheitsventil mit Federdruck.

Die in ihren Haupttheilen hier beschriebene Lokomotive ist nur für geringere Leistungen, namentlich für Personenzüge geeignet. Von ihren 6 Rädern haben die beiden Triebräder nur ein Drittel des ganzen Gewichtes zu tragen und die zur Ueberwindung der dadurch hervorgebrach-



(Fig. 365.)



(Fig. 366.)

ten Reibung erforderliche Kraft ist die Leistung der Maschine. Kann man bei demselben Gewichte der Maschine die Reibung vergrößern, so ist auch die Leistung eine größere. Dies geschieht, wenn von den 6 Rädern viere zu Triebrädern gemacht werden, indem man sie paarweise auf jeder Seite kuppelt, damit sie eine gleiche gemeinschaftliche Drehung annehmen. In diesem Falle ist die auf die Triebräder kommende Reibung zwei Drittel der ganzen. Die Reibung und somit die Leistungsfähigkeit der Maschine wird vergrößert durch Vermehrung ihres eigenen Gewichtes. Während man bei stehenden Dampfmaschinen die Leistung auf 4 bis 5 Tausend Pferdekraft gesteigert hat, wird sie bei Lokomotiven immer nur eine unbedeutende sein können.

Es würde zu weit führen, wenn wir auch nur den geringeren Theil der außerordentlich mannigfaltigen und sinnreichen Anwendungen der Dampfkraft anführen wollten. Wir begnügen uns mit noch zwei Fällen.

Fig. 365 stellt einen Dampfflug dar. Der Dampf muß hierbei zweierlei leisten, nämlich pflügen und der Maschine zugleich eine fortschreitende Bewegung geben. Das Hauptrad ist das im Hintergrunde sichtbare Stirnrad, an dessen Welle ein Getriebe ist; seine Zähne setzen das Pflugrad mit seinen Vorschneidmessern und Pflugscharen in Bewegung und das Getriebe wirkt auf ein Doppelrad, welches auf dem inneren kleineren Umfange Zähne hat, welche durch die Triebstöcke bewegt werden, während es an dem äußeren Umfange den Erdboden be-

rührt und durch seine Reibung die Maschine vorwärts bewegt. Außerdem sind noch Vorrichtungen, um das Pflugrad höher oder tiefer zu stellen, zu bremsen u. a.

Es sind schon häufig Versuche gemacht worden, Dampfwagen für gewöhnliche Straßen zu bauen. Um eine Vorstellung von der Ausführbarkeit des Planes zu geben, wollen wir die von Trevithik und Vivian angegebene erste Straßenlokomotive in Fig. 366 mittheilen. Der Dampfzylinder hat eine schiefe Lage, die Kolbenstange geht in einem Schlitten, die Leitstange ist an die Hinterräder als Triebräder exzentrisch angebracht. Es ist zu bedauern, daß man bis jetzt eine strengeren Anforderungen entsprechende Lösung der Aufgabe noch nicht gefunden hat.

Wassererscheinungen in der Atmosphäre.

Nur durch einen stets regen Verkehr zwischen dem Wasser und dem festen Erdboden wird dieser befähigt, alle Bedingungen für die gedeihliche Entwicklung organischer Thätigkeit zu erfüllen. Jeder Landwirth weiß den ungemein günstigen Erfolg der Berieselung seiner Wiesen und Aecker zu würdigen. Aber eine von des Menschen Willen abhängige Bewässerung ist nur in seltenen Fällen möglich; wir sind meistens auf die Wasserspenden der Atmosphäre angewiesen. Dort ist ein ewig reges Leben zur Vermittelung des Verkehrs zwischen Land und Wasser. Die verschiedenen Gewässer der Erde und der feuchte Erdboden selbst dünsten aus, die Dünste steigen in die Atmosphäre, werden hierin durch die Winde auf oft ungeheuer weite Strecken fortgeführt, erleiden eine Verwandlung und erscheinen an der Erdoberfläche als verschiedenartige Niederschläge: Nebel, Wolken, Regen, Schnee, Graupelregen, Glatteis, Thau, Hagel, welche man Hydrometeore nennt.

Wenn auch der Druck der Atmosphäre auf eine Flüssigkeit den Siedepunkt derselben von ihrer Temperatur abhängig macht, so ist er doch nicht im Stande, die langsamere Verwandlung in Dünste an ihrer Oberfläche zu verhindern. Die Luft nimmt in einem bestimmten Raume ebensoviele Dämpfe bis zur Sättigung auf, als wenn dieser Raum luftleer wäre, wenn nur die Temperaturen beider dieselben sind; der einzige Unterschied ist nur der, daß die Dampfbildung in einem luft-erfüllten Raume langsamer geschieht, als im luftleeren. Wir dürfen aber nicht meinen, daß die Dünste ohne das Vorhandensein der Atmosphäre in den Weltraum sich entfernen würden; denn sie sind dem Gesetze der Schwere unterworfen und würden auch für sich eine Dunsthülle um die Erde bilden.

Wenn wir von der Feuchtigkeit der Luft sprechen, so können wir sie entweder auf die Menge des überhaupt als Dampf in der Luft vorhandenen Wassers beziehen und das ist die absolute Feuchtigkeit, oder auf den Grad der Dampfsättigung, d. i. die relative Feuchtig-

keit. In beiden Fällen wird die Menge der in einem bestimmten Raume grade vorhandenen Dünste entweder durch ihr absolutes Gewicht oder durch den auf das Barometer ausgeübten Druck bestimmt; in dem letzteren Falle aber kann auch der Grad der Feuchtigkeit in Prozenten der Dunstfättigung für die grade stattfindende Temperatur angegeben werden.

Bei niedriger Lufttemperatur, wie im Winter, ist der Sättigungsgrad schon durch wenige Dünste erreicht; ihre absolute Menge ist geringe, aber die relative und somit die Procente der Sättigung sind groß. Bei hoher Lufttemperatur, wie im Sommer, gehören zur Sättigung viele Dünste, aber die Procente der Sättigung sind oft gering.

Wenn nun bei irgend einem beliebigen Sättigungsgrade die Luft so weit abgekühlt wird, daß bei der eingetretenen niedrigeren Temperatur die Luft mit den vorhandenen Dünsten übersättigt wäre; so muß sich der Antheil, welcher die Uebersättigung bewirkt, in irgend einer Form kondensiren und als wässriger Niederschlag aus der Atmosphäre abscheiden.

Der Nebel ist die nächste Form der Kondensation. Für den Erfolg ist es einerlei, ob kalte Luft in warme dunstreiche tritt oder umgekehrt diese in jene. Oeffnet man bei großer Winterkälte eine ins Freie gehende Thür eines warmen dunstreichen Zimmers, so scheint ein dichter Nebel, Schwaden, in das Zimmer zu dringen; in Wirklichkeit dringt nur kalte, wenige Dünste enthaltende Luft in die warme dunstreiche Stubenluft und verwandelt den unsichtbaren Wasserdampf in die aus hohlen Wasserbläschen bestehende Uebergangsform zu tropfbarem Wasser. In gleicher Weise wird der aus einem warmen Dampfrohr ins Freie tretende Dampf anfänglich als Nebel sichtbar, bis er sich nach und nach, bei trockener Luft schneller, als bei feuchter, so vertheilt, daß er unsichtbar wird. — Wenn die dunstreiche Luft über Gewässern und feuchten Niederungen nach Sonnenuntergang sich abkühlt, so lagert sich ein Nebel auf die Landschaft, welcher häufig erst der Morgensonne weicht; die abends noch aufsteigenden Dünste kondensiren sich in der kälteren Luft. — In Gebirgstälern wird der Nebel häufig durch die von den umgebenden Bergflähen herabfließende kalte Luft gebildet. — Im Herbst besonders bilden sich über großen an sich trockenen und ebenen Länderstrecken oft ziemlich plötzlich dadurch Nebel, daß ohne einen bemerkbaren Wind aus den höheren Schichten kalte Luft in die untere warme und dunstreichere sinkt. Auf eine solche Weise entstehen die bekannnten und oft außerordentlich dichten Nebel über England. — Die dunstreiche Luft über den warmen Gewässern des Golfstromes erzeugt mit der kalten von Norden her kommenden Luft noch über Neufundland dichte Nebel.

Der Nebel fällt, wenn die untersten Luftschichten und der Erdboden noch eine längere Zeit nach dem Sonnenaufgange kälter sind, als die höheren; er steigt und verschwindet an der Erdoberfläche, wenn er durch einen warmen Luftstrom nach oben geführt wird und die Luft hier

noch nicht gesättigt ist. In noch höheren kälteren Schichten erscheint er dann wieder als Wolke. Der fallende Nebel deutet auf heiteres Wetter, weil durch ihn die Luft von Dünsten befreit wird; der steigende auf trübes oder Regenwetter, weil durch ihn die Luft mit Dünsten mehr versorgt wird.

Die sogen. trockenen Nebel, welche unter den Namen Heide- oder Höhenrauch im nördlichen Deutschland bekannt sind, gehören nicht hierher, weil ihre Bestandtheile nicht wässriger, sondern fester Natur sind.

Die Wolken. In Gebirgen sieht man von einem Thale aus sehr häufig Wolken an den höheren Theilen der Berge gelagert; besteigt man die Berge, so kommt man in einen mehr oder weniger dichten Nebel und wenn man diesen durchwandert ist, so hat man unter sich Wolken. Die Wolken sind also nichts anderes, als in der Höhe der Atmosphäre schwebende Nebel von verschiedener Gestalt und Dichtigkeit. Die zartesten, meist im Sommer nur vorhandenen und sehr hoch schwebenden, heißen Federwolken; sind sie ziemlich horizontal abgegränzt, so sind es Schichtwolken; haben sie eine bedeutende Höhe und erkennt man ihre seitliche, sehr unregelmäßige Abgränzung, so sind es Haufenwolken. Aus diesen drei Grundformen sind andere zusammengesetzt, z. B. die häufigen Federwolken oder sogenannten Lämmchen, welche oft in sehr großer Anzahl den sonst heiteren Himmel bedecken.

Häufig, namentlich im Sommer, kann man sehen, wie in der Höhe sich Wolken bilden und wie sie wieder verschwinden; namentlich wenn zwei ungleich warme sanfte Winde einander stauen: dringt der kalte in den warmen, so entstehen Wolken; überwiegt die Kraft des warmen, so verschwinden sie. Auf diese Weise entstehen häufig eine ganze Menge von parallelen Wolkenstreifen. Es ist daher natürlich, daß beim plötzlichen Umschlagen des Windes je nach der Windrichtung, seiner Temperatur und dem Dunstsättigungsgrade auch das Wetter umschlägt.

Wenn warme dunstreiche Luftströme auf hohe Berge mit einer niedrigeren Temperatur treffen, so bilden sich an ihnen Wolken, welche meistens daran hängen bleiben und einen großen Theil ihres Wasserreichthumes absetzen, wodurch die Menge der Quellen und Bäche in Gebirgen erklärlich ist.

Der Regen. Wenn in einer Wolke die hohlen Dunstbläschen einander sehr nahe sind und durch weitere Abkühlung der Luft einander noch näher kommen, so ziehen benachbarte einander an und geben ein volles Wasserflügelchen; dieses zieht wegen seiner größeren Masse noch andere hohle Dunstflügelchen an und wird dadurch so schwer, daß die Luft es zu tragen nicht mehr vermag; es fällt und beim Fallen verbinden sich noch andere auf seinem Wege liegende mit ihm und wir haben nun lauter fallende Wassertropfen, die in ihrer Gesamtheit den Regen geben.

Je höher die Regenwolken liegen, je dichter sie sind und je mehr die Luft unter ihnen mit Dünsten gesättigt ist, desto größer und zahlreicher sind die Regentropfen: sie sind also bei uns im Sommer und in den Tropengegenden überhaupt am größten. Von je größerer Höhe sie herabfallen, desto schneller bewegen sie sich und daher scheint es bisweilen, als ob es nicht Tropfen, sondern Wasserfäden regnete.

In der heißen Zone ist bei der Beschränkung der Jahreszeiten und der Regelmäßigkeit der Winde nur eine trockene und eine nasse Jahreszeit; mit der Entfernung vom Aequator wächst die Veränderlichkeit des Klimas und somit die Anzahl der jährlichen Regentage; in den Polar-gegenden tritt wieder eine Einförmigkeit der Niederschläge ein. Im Allgemeinen wächst die Menge des Regens für Orte unter derselben geographischen Breite mit der Annäherung zum Meere. An der steilen Westküste von Malabar bringen während unseres Winters die Südwestmonsoons, an der Ostküste Koromandel die Nordostmonsoons die Regenzeit, während die andere Küste in beiden Fällen die trockene Jahreszeit hat.

Ist die Luft sehr warm, die Menge der in ihr enthaltenen Dünste sehr groß und tritt eine plötzliche Abkühlung ein, wie bei Gewittern, so entstehen Platzregen, Gewitterregen und Wolkenbrüche, welche eine zwar nicht weite Ausdehnung haben, durch ihre großen Wassermassen aber sehr gefährlich werden können. Ist ein mäßiger Regen über nicht große Länderstriche in nicht bedeutender Ausdehnung verbreitet, so heißt er ein Strichregen; nimmt er aber sehr große Strecken ein, so ist es ein Landregen. Machen sich Verschiedenheiten der Bodenbeschaffenheit bei der Abgränzung der Regen geltend, so nennt man die Gränzstriche derselben Wetterscheiden.

Da der gelbe und rothe Blütenstaub der oft in ungeheurer Menge gleichzeitig blühenden Gewächse, sowie die schwarzen Bestandtheile des Rauches und andere kleine Körper sehr hoch in die Atmosphäre mitgenommen und durch die Winde fortgeführt werden, so spricht man von Schwefelregen, Blutregen, schwarzem Regen, ohne daß wir bei ersteren an Schwefel und Blut als ihre Bestandtheile denken dürfen. — Bei Gewitterregen ist die durch den Regen mit herabgeführte und durch die Elektrizität erzeugte Salpetersäure für das Gedeihen der Vegetation vorzüglich geeignet.

Der Schnee. Wenn die Luft unter 0° abgekühlt ist und es gelangen Wasserdünste in sie, so bilden sich Eiskrystalle von den herrlichsten Gestalten (Vergl. Bd. I, S. 96). Wenn diese Krystallbildung in höheren Schichten der Atmosphäre durch eine Vermischung sehr dunstreicher Luft mit sehr kalter stattfindet, so verbinden sich beim Fallen viele benachbarte Krystalle zu einem losen, aber zusammenhängenden Gebilde, einem Schneeflocken. Die Schneeflocken werden natürlich auch um so größer, je dunstreicher die Luft, je durchgreifender ihre Abkühlung

unter 0° ist und aus je größeren Höhen sie unter diesen Umständen fallen. — Je kälter es ist, desto kleiner sind die Flocken und die stärksten Schneefälle entstehen bei verhältnißmäßig nicht sehr kalter Luft.

Die Schneebildung hängt nicht bloß von der geographischen Breite eines Ortes ab und der Jahreszeit, welche er hat, sondern auch von seiner absoluten Höhe, d. h. von seiner Erhebung über den Meeresspiegel, welchen wir uns nach der kugelförmigen Gestalt auch unter die Festländer erweitert denken müssen.

In der Nähe des Aequators schneet es nur auf hohen Bergen (Reisende sind bereits bis zu dieser Höhe gelangt), in der Polarzone fällt nur Schnee. Es gibt über jedem Punkte der Erdoberfläche eine Gegend, in welcher nicht nur bloß Schnee fallen kann, sondern in welcher derselbe auch niemals aufthaut und dies ist die Schneegränze. Sie bildet eine krumme Fläche, welche unter dem Aequator am höchsten (in Amerika 15000', in Afrika 16000') liegt, sich gegen die Pole mehr und mehr herabsenkt und etwa bis 80° Breite die Erdoberfläche berührt. Unterhalb derselben schmilzt der gefallene Schnee.

In manchen tiefen Gebirgsthälern unterhalb der Schneeregion kann der Schnee nicht völlig schmelzen; die Tageswärme macht wohl, daß er etwas zusammensintert, aber es tritt bald wieder die Kälte der Nacht ein, welche die Masse körnig macht; darauf schneet es wieder, dieselben Umstände wiederholen sich und so entstehen die aus einer klaren Eismasse bestehenden Gletscher, an deren Sohle die Erdwärme beständig zehrt und Wassermassen erzeugt, während sie oberhalb sich erneuern und eine fortschreitende Bewegung haben.

Auf hohen steilen Gebirgen bilden sich bisweilen die oft so furchtbar zerstörenden Lawinen, indem sich am Gipfel steiler Höhen etwas Schnee ablöst, beim Herabgleiten sich durch häufig massenhaft vorhandene Schneelager vergrößert und nun bei großer Geschwindigkeit Alles mit sich fortreißt. Die umgebende Luft wird ebenfalls heftig bewegt.

Die Graupeln. Gegen das Ende des Winters (im März, April) fängt die Luft zunächst der Erdoberfläche an, sich schon mehr zu erwärmen und bleibt im Herbst (Oktober, November) noch wärmer, als in etwas höheren Schichten. Wenn sich also in den letzteren Schneeflocken gebildet haben, so werden dieselben beim Herabkommen in die wärmere Luft etwas zusammenfallen und sich dabei abrunden, aber ohne zu schmelzen. Es fallen also lauter ziemlich lose Schneekügelchen zur Erde und wir haben einen Graupelregen, welcher auch mit Regen gemischt sein kann, selbst in einen wirklichen Regen übergeht, bisweilen aber der Vorgänger von Schnee ist.

Glatteis. Dringt bei Kälte an der Erdoberfläche der warme Südwind in der Höhe schnell ein, so verwandelt sich der entstandene Regen schon beim Fallen in Eisnadeln und der noch bis an den kalten Erdboden herabkommende Regen verwandelt sich dort in Eis, welches

Alles überzieht. Entweder findet dabei ein Nordoststurm statt oder es steht ein Südweststurm mit niedrigem Barometerstande in Aussicht. — Bei plötzlich nach großer Kälte einbrechenden warmen Luftströmungen beschlagen die Gegenstände, namentlich die schlechten Wärmeleiter, wie z. B. Mauerwerk, d. h. es bildet sich eine Lage von feinen Eisnadeln an ihrer Oberfläche. Ist die Temperatur der Gegenstände nicht unter 0° , so werden sie nur naß.

Der Thau entsteht nur in sternhellen Nächten bei Windstille unter ganz freiem Himmel; ist aber auch nur eine der drei Bedingungen nicht vorhanden, so bleibt er aus. Er besteht aus Wasserperlen, welche sich an die Spitzen und Ranten der Grashalme und Blätter aller am Erdboden wachsenden Gewächse und guten Wärmeleiter in oft bedeutender Menge absetzen. Unter Bäumen und Bedachungen entsteht er niemals.

Die am Tage an der Erdoberfläche im Sommer sich lebhaft bildenden Dünste können sich nur an jene Gegenstände absetzen, wenn sie bis unterhalb des Dunstfättigungsgrades der sie umgebenden Luft sich abkühlen. Diese Abkühlung geschieht aber nicht durch Mittheilung, sondern durch Strahlung. Geschiehe sie durch jene, so würde der Thau sich grade beim Winde und auch an allen übrigen dadurch abgekühlten Gegenständen bilden müssen. Die Strahlung in den Weltraum findet nur bei klarem Himmel statt; sie wird durch die Wolken, durch Bäume und Bedachungen abgehalten. Wenn auch am Tage bei heiterem Himmel Strahlung vorhanden ist, so findet, wenn auch kein Wind, doch immer eine aufsteigende schwache Luftströmung statt, welche die durch die Strahlung entstandene Abkühlung wieder verwischt. Frühe Winter sind warm, weil eine Ausstrahlung nicht stattfindet. Weil die Spitzen und Ranten im Verhältnisse zu dem umschlossenen Stoffe eine große Oberfläche darbieten, fühlen sie durch die Strahlung am meisten ab, also setzt sich der Thau vorzüglich an ihnen an; auf festen Wegen findet sich daher kein Thau. — Wenn Manche meinen, daß der Thau nur bei Mondschein entstehe, so haben sie zufällig nur dann recht, wenn bei heiterem Himmel und Windstille grade Mondschein ist. Der Mond selbst ist an der Erscheinung ganz unschuldig.

Der Thau ist in vielen Gegenden sehr bedeutend, z. B. im nördlichen Afrika, und eine wesentliche Quelle für das Gedeihen der Vegetation in der trockneren Zeit.

Der Reif hat dieselbe Ursache und entsteht natürlich nur, wenn die Abkühlung bis unter 0° erfolgt ist. Im Sommer kann es zuerst Thau gegeben haben, dieser ist dann gefroren und an das Eis haben sich dann weiter feine Eisnadeln angefügt. Bildet er sich selbstständig, so zeigt er sich auch an schlechten Leitern, z. B. dem Holze, so daß z. B. die Straßenbrücken vorzüglich weiß sind.

Gesamtniederschläge. Es ist zur Beurtheilung der meteorologischen Verhältnisse verschiedener Gegenden nicht unwichtig, die Menge der sämtlichen wässrigen Niederschläge und ihre Vertheilung auf die verschiedenen Zeiten des Jahres kennen zu lernen. Man stellt zu diesem Zwecke Regenmesser im Freien so auf, daß von allen Seiten die Niederschläge sie treffen. Zwischen einem dreifüßigen Gestelle befindet sich ein Metallgefäß, dessen obere Oeffnung genau einen pariser Quadrat Zoll groß ist; seine vier Seitenwände gehen weder gleich lothrecht, noch nach innen zusammenlaufend herab, sondern von den oberen Kanten an sofort nach außen bauchig, damit vom Winde schief getriebener Regen nicht herauspritze; dann verjüngt sich das Gefäß zu einer engen Oeffnung, durch welche der Regen u. s. w. in ein angeschraubtes Sammelgefäß mit einem unten befindlichen Hahne läuft; durch letzteren erfolgt die Messung in einem in ganze und Zehntel Kubitzolle eingetheilten Glaszylinder.

Weiß man die Menge der Niederschläge in Kubitzollen, welche auf einen Quadratfuß Oberfläche kommen; so läßt sich leicht die Regenhöhe berechnen, d. h. wie hoch die Erdoberfläche bedeckt sein würde, wenn das Wasser weder eingesickert, noch verdunstet wäre. Sie beträgt nach einer langen Beobachtungszeit für Berlin gegen 22, für die ganze Erdoberfläche etwa 30 Zoll.

Vierter Abschnitt.

Von der Elektrizität.

Wir haben früher (Bd. II. S. 19) der allgemeinen Uebersicht wegen nur die wesentlichsten Erscheinungen, welche man elektrische nennt, und auch nur die Reibung, als die eine Methode, sie hervorzurufen, kennen gelernt. In diesem Abschnitte wollen wir der Sache näher treten und außer der Elektrizität durch Reibung auch die durch Atom-bewegung untersuchen.

A. Elektrizität durch Reibung.

Zunächst zeigt die Erfahrung, daß durch Reibung nicht alle Körper elektrisch werden und dann, daß die elektrischen untereinander in einem Gegensatze stehen.

Leitungsfähigkeit. Wird eine in der Hand gehaltene Siegel-lackstange (oder eine Glasstange) an einer Stelle mit trockenem wollenem Zeuge gerieben, so zeigt sie sich nur an der geriebenen Stelle elektrisch, an den anderen aber nicht; reibt man eine Metallstange mit irgend einem Körper, so zeigt sie keine Spur von Elektrizität. Sene ist