



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Lehrbuch der Chemie

Jöns Jacob Berzelius

Dr. J. J. Berzelius's
Lehrbuch der Chemie,

Ersten Bandes, erste Abtheilung.

D. J. Jacob Berzelius's

der Königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm Secretarii, Professor's der Chemie u. s. w.

Lehrbuch der Chemie;

Nach der zweiten schwedischen Original-Ausgabe und nach den vom Verfasser mitgetheilten zahlreichen Zusätzen übersetzt und bearbeitet

von

K. A. Blöde.



Erster Band,
in zwei Abtheilungen, mit vier Kupfertafeln.

Dresden, 1820.
in der Arnoldischen Buchhandlung.



DON FAIT À LA
Bibliothèque Cantonale
en 1826.
par feu Monsieur Henri
Stuive
profess. de chimie et de
minéralogie

J. SIBER

Nachricht der Verlagshandlung

an die

Käufer dieses Werks.

Die zahlreichen Verbesserungen und Zusätze, womit der Herr Professor Berzelius diese deutsche Bearbeitung seines in Deutschland noch so gut, als ganz unbekanntem Lehrbuchs der Chemie bereichert hat, haben es der unterzeichneten Verlagsbuchhandlung rathsam zu machen geschienen, den ersten Band dieses Werkes in zwei Abtheilungen erscheinen zu lassen. Der Druck der zweiten Abtheilung hat unmittelbar nach Vollendung der ersten begonnen, und zwar mit fortlaufenden Seitenzahlen, so daß es in eines jeden Käufers Belieben stehen wird, beide Abtheilungen einzeln oder zusammenbinden zu lassen.

Die Ursache, warum diese erste Abtheilung ohne die nöthigen Vorbemerkungen des Herrn Uebersetzers erscheint, ist, daß dieser mit einer hartnäckigen Nervenkrankheit zu kämpfen hat, die ihn ausser Stand setzt, an der Sache Theil zu nehmen, daher Herr Professor Dr. Ficinus einstweilen die Redaction der letzten Bogen der ersten Abtheilung, sowie der zweiten Abtheilung auf so lange übernommen hat, bis der Herr Uebersetzer selbst wieder Theil zu nehmen im Stande seyn wird.

Ueber das Erscheinen des zweiten Theiles läßt sich bis jetzt etwas Bestimmtes deshalb nicht versprechen, weil der Herr Professor Berzelius, als er sich der Bearbeitung der Zusätze zu selbigem, zum Behuf der deutschen Uebersetzung, unterziehen wollen, gefunden hat, daß dieser Theil (welcher schon im Jahr 1812 erschienen ist und keine neue Auflage erhalten hat) völlig umgearbeitet werden müsse.

Begriff der Chemie.

Chemie ist die Wissenschaft von der Zusammensetzung der Körper und von ihrem Verhalten gegen einander.

Sie ist nicht längst erst zur Wissenschaft geworden und verdankt ihren Ursprung den Versuchen Gold zu machen. Die Benennung, Chemie, ist arabisch. In früherer Zeit hieß sie Alchemie, worunter man jetzt nur die Goldmacherkunst versteht. Al ist der arabische Artikel, und Alchemie bedeutet daher nichts weiter, als die Chemie.

Mehrere Wissenschaften, Künste und Handwerke beruhen fast einzig und allein auf der Chemie, und sie ist unter allen Wissenschaften die anwendbarste für das gemeine Leben.

Verwandschaft. Affinität.

Die ganze uns umgebende Welt, mit allen, bis ins Unendliche von einander verschiedenen zusammengesetzten Körpern, woraus sie gebildet ist, besteht aus einer unbedeutenden Anzahl einfacher Stoffe, welche durch eigenthümliche Kräfte, die man Verwandschaften nennt, in mannichfaltigen Verhältnissen mit einander vereinigt sind.

Diese Verwandschaften sind von doppelter Art. Die eine, kraft welcher die kleinsten Theilchen (Moleculen) der Körper unter einander zusammen-

A

• Verwandtschaft. Cohäsionskraft.

hängen, nennt man **Zusammenhangs-Verwandtschaft** oder **Cohäsionskraft**. Auf die verschiedenen Grade dieser Verwandtschaft gründet sich die verschiedene Festigkeit der Körper: ist sie stark, so ist der Körper hart und fest; wird sie schwächer, so wird der Körper flüssig wie Wasser; und bei noch größerer Abnahme derselben verwandelt sich der Körper in Luft oder Gas. Diese drei verschiedenen Zustände des Zusammenhanges der Körper, den festen, flüssigen und luftförmigen, nennt man **Aggregationsformen**. Auf dieser Verwandtschaft beruhen auch die regelmäßigen Gestalten, welche gewisse Körper, bei ihrem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand, annehmen, was man in der Chemie **Krystallisation** der Körper nennt.

Härte, Weichheit, Zähigkeit, Sprödigkeit u. s. w. sind ebenfalls Abänderungen dieser Kraft.

Die Wirkung dieser Verwandtschaft wird durch Pülvern, Feilen u. d. mechanisch, durch Erhitzen, chemisch aufgehoben.

Die andere Art der Verwandtschaft heisst **Vereinigungs-Verwandtschaft**. Sie findet nur bei zusammengesetzten Körpern, und zwar zwischen den einfachen Stoffen statt, woraus dieselben zusammengesetzt sind. Durch sie können zwei Körper sich zu einem neuen dritten vereinigen, der oft keine von den Eigenschaften derjenigen Körper behält, aus welchen er zusammengesetzt ist.

So können sich z. B. durch Zuthun der Chemie Schwefel und Quecksilber, vermöge ihrer Vereinigungs-Verwandtschaft, zu Zinnober verbinden.

Man pflegt daher beide Arten der Verwandtschaft so zu beschreiben, daß erstere, die Zusammenhangs-Verwandschaft, bei gleichartigen (homogenen) Körpern, z. B. zwischen den kleinsten Körnchen des Zinnober, die chemische oder Vereinigungs-Verwandschaft aber zwischen ungleichartigen (heterogenen) Körpern, z. B. zwischen Schwefel und Quecksilber statt finde.

Die Vereinigungs-Verwandschaft zeigt unterschiedliche Abänderungen, worunter folgende die vornehmsten sind.

1) Die Grade dieser Verwandschaft sind bei den meisten Körpern, welche durch sie verwandt sind, niemals von gleicher Stärke, sondern bei dem einen Körper ist sie allezeit größer, als bei dem andern.

So hat z. B. das Eisen eine größere Verwandschaft zum Schwefel als zum Quecksilber; wenn man daher Eisenfeilspäne und Zinnober gnüchlich mit einander mengt und zusammen erhitzt, so vereinigt sich das Eisen mit dem Schwefel und scheidet das Quecksilber aus, welches dann mit seinen ursprünglichen Eigenschaften wieder hervortritt.

Diese Veränderung der Vereinigungs-Verwandschaft nennt man Wahlverwandschaft, weil die Körper von allen übrigen stets denjenigen auszuwählen scheinen, zu welchem sie die größte Verwandschaft besitzen.

2) Eine zweite Verschiedenheit zeigt sich in Hinsicht der Menge der Körper, welche durch ihre Verwandschaft auf einander wirken, und zwar dergestalt, daß eine größere Menge eines Körpers von

schwacher Vereinigungs-Verwandschaft einen Theil der stärkeren Verwandschaft eines in geringerer Menge anwesenden zweiten Körpers überwältigen, das heißt mit wenigen Worten: daß die Menge bisweilen den Mangel an Stärke ersetzen kann. Indessen erleidet diese Regel sehr bedeutende Ausnahmen.

3) Auch die ungleiche Zusammenhangs-Verwandschaft (Cohaesionskraft) der Körper bringt Veränderungen hervor. Diefes ist der Fall, wenn die Neigung eines Körpers zu Annahme der festen oder luftförmigen Gestalt entweder an sich so stark ist, daß sie jede Verwandschaft überwältiget, oder wenn derselben noch eine andere schwächere Verwandschaft zu Hülfe kommt, und dann beide zusammen die stärkere Verwandschaft der Körper überwinden, welche ausserdem die flüssige Gestalt beibehalten haben würden.

Die Kohlensäure z. B. ist eine von denjenigen Säuren, die sich am leichtesten aus ihren Vereinigungen mit anderen Körpern lostrennen lassen. Der Grund davon liegt nicht allein darin, daß diese Säure eine an sich schwächere Vereinigungs-Verwandschaft, als mehrere andere Säuren hat, sondern auch in ihrem Streben, Luftgestalt anzunehmen, was so groß ist, daß die kleinste Menge davon, die aus einer ihrer Vereinigungen herausgetrieben wird, sogleich in Luftgestalt entweicht, folglich aber nicht zurückbleibt und daher nicht durch ihre Masse fortwirken kann.

4) Endlich wird diese Verwandschaft auch verändert, wenn mehrere gemischte Körper auf einander wirken.

Wenn zwei Salze, z. B. schwefelsaures Ammoniak und salzsaures Kali, mit einander gemengt werden, so verändert sich die Zusammensetzung beider Salze auf solche Weise, daß die stärkste Säure sich mit demjenigen Körper vereinigt, zu welchem sie oder auch beide (Säuren), die stärkste Verwandtschaft besitzen, was in diesem Falle das Kali ist; die schwächere Säure hingegen verbindet sich mit dem Körper, zu welchem sie, oder auch beide, die schwächste Verwandtschaft haben, so daß aus dieser Mischung schwefelsaures Kali und salzsaures Ammoniak hervorgehn. — Daß keine solche Veränderung statt finde, wenn die Bestandtheile dieser Salze schon vor dem Zusammenmengen auf diese Weise vereinigt wären, versteht sich von selbst.

Diese Abänderung der Vereinigungs-Verwandtschaft hat man die zusammengesetzte oder doppelte Verwandtschaft genannt.

Ein anderes Beispiel davon ist folgendes. Wenn man Eisenfeilspäne in Wasser legt, so entsteht keine Veränderung, weil die Verwandtschaft des Eisens zu dem einen Bestandtheile des Wassers, dem Sauerstoffe, die gegenseitige Verwandtschaft der Bestandtheile des Wassers, des Wasser- und Sauerstoffs, nicht zu überwältigen vermag. Bringt man aber Schwefelsäure hinzu, so wird dadurch das Verhalten der Verwandtschaften verändert. Die Schwefelsäure hat eine starke Verwandtschaft zu dem mit Sauerstoff verbundenen Eisen (oxidirten Eisen; Eisenoxid), und diese Verwandtschaft, verbunden mit der ursprünglichen Affinität des Eisens zum Sauerstoffe, überwindet nunmehr die Verwandtschaft des

zweiten Bestandtheils des Wassers, — des Wasserstoffs — die das Eisen für sich nicht überwältigen konnte, wodurch der Wasserstoff frei wird und in Luftgestalt (als Wasserstoffgas, brennbare Luft) entweicht.

Diese Abänderung hat die wenig passende Benennung prädisponirende Verwandtschaft erhalten.

Eintheilung der Chemie.

Man pflegt die Chemie einzutheilen, in

1) die philosophische oder theoretische; sie handelt von den in das Gebiet der Wissenschaft gehörigen Körpern im Allgemeinen, so wie von den Gesetzen, auf welchen die chemischen Erscheinungen beruhen.

2) Die meteorologische; sie beschäftigt sich mit den chemischen Erscheinungen des Luftkreises, als Regen, Donner, Feuerkugeln, Steinregen und d. m.

3) Die mineralogische, welche die Körper beschreibt, die unter der Erdoberfläche vorkommen, z. B. Steinarten, Erze, u. s. w.

4) Die metallurgische, die sich mit dem Ausbringen der Metalle aus ihren Erzen und mit ihrer ferneren Reinigung beschäftigt.

5) Die organische; welche den inneren Bau der Pflanzen und Thiere, nebst den chemischen Prozessen beschreibt, woraus ihr Leben besteht.

4) Die technische, welche von den chemischen Operationen oder Erscheinungen handelt, die in der Haushaltung, bei Fabriken und Künsten vorkommen, z. B. Brodbacken, Bereitung von Brandwein, Wein, Essig, Färben, Bleichen, u. d. m.

Eintheilung der Körper.

Die auf unserm Erdboden vorkommenden Körper werden in einfache, unzerlegte und zusammengesetzte eingetheilt.

Einfache Körper nennen wir diejenigen, von welchen wir mit voller Zuverlässigkeit zu wissen glauben, daß sie nicht zusammengesetzt sind, und die wir allenthalben als Bestandtheile der übrigen Natur antreffen.

Unsere Vorfahren nannten sie Elemente und nahmen an, daß alle Körper aus vier einfachen Grundstoffen oder Elementen, nämlich aus Erde, Feuer, Luft und Wasser, zusammengesetzt wären. Jetzt wissen wir, daß die meisten dieser alten Elemente zusammengesetzt sind, und daß sonach die Begriffe unserer Vorfahren unrichtig waren.

2) Unzerlegte nennen wir diejenigen Körper, welche wir zwar giltigerweise nicht als einfach ansehen, die wir aber dennoch bis jetzt noch nicht in einfachere Grundstoffe haben zerlegen können, und deren Bestandtheile, im Fall diese Körper zusammengesetzt wären, uns sonach zur Zeit noch völlig unbekannt sind.

3) Zusammengesetzte Körper sind diejenigen, welche mit Hilfe der Chemie in einfachere

Bestandtheile zerlegt werden können. So wird z. B. der Zinnober ein zusammengesetzter Körper genannt, weil er sich in Schwefel und Quecksilber zerlegen läßt, und diese beide Körper betrachten wir als einfache, weil sich keine einfacheren Bestandtheile aus ihnen ausscheiden lassen.

Unter den einfachen Körpern giebt es eine gewisse Klasse von Stoffen, welchen mehrere Haupteigenschaften der übrigen mangeln, die wir daher mit Unsicherheit zu den eigentlichen materiellen Stoffen rechnen, und die deshalb von Manchen bloß als Eigenschaften derjenigen Körper betrachtet werden, an welchen sie sich in gewissen Fällen vorfinden.

Das hauptsächlichste Merkmal ihrer Verschiedenheit von andern Körpern ist, daß sie ohne Schwere (imponderabel) sind und für sich selbst keinen wahrnehmbaren Raum einnehmen.

Es sind folgende vier: Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetism. Sie haben so vieles mit einander gemein, daß man wohl vermuthen sollte, daß einer oder der andere aus den übrigen zusammengesetzt sey, oder daß sie sämmtlich aus gemeinschaftlichen, einfachen, uns gänzlich unbekanntem Grundstoffen bestünden.

Einfache unwägbare Stoffe.

Licht. und Wärmestoff.

Die Erdkugel würde an sich dunkel und kalt seyn, wenn sie nicht von der Sonne erleuchtet und erwärmt würde.

Die Sonne ist ein im Mittelpunkte unsres Planetensystems befindlicher, grosser, leuchtender Körper, von welchem unausgesetzt Licht und Wärme mit unbeschreiblicher Schnelligkeit ausströmen und die sogenannten Sonnenstralen bilden. Die Natur der Sonne ist uns bekannt. In Hinsicht ihrer Eigenschaft, zu leuchten und zu erwärmen, könnte man sie mit einer weissglühenden Eisenkugel, in dem Augenblicke vergleichen, wo diese aus dem Herde genommen wird; allein selbst dieses Gleichniss ist unpassend, weil die Eisenkugel jene Eigenschaft sehr schnell wieder verliert, während sie bei der Sonne ohne Abnahme und Aufenthalt fort-dauert. Man hat in neuerer Zeit die Idee aufgestellt, dass die Quelle der Sonnenstralen eine Art von Atmosphäre sey, welche den, übrigens dunklen Körper der Sonne umgebe, und ist auf diese Vorstellung (dadurch geleitet worden, dass man die Sonnenflecken für Oeffnungen in dieser Lichtatmosphäre gehalten hat, durch welche der dunkle Sonnenkörper sichtbar werde; indessen ist auch dies eine bloße Vermuthung.

Die Sonnenstralen strömen mit einer solchen Geschwindigkeit aus, dass sie nur $8\frac{1}{2}$ Minuten Zeit brauchen, um den unermesslichen Raum zwischen der Erde und Sonne zu durchfahren. Sie schiessen beständig in gerader Linie fort, breiten sich aber dabei so aus, dass ihre Dichtigkeit in demselben Verhältnisse abnimmt, in welchem die Quadrate ihrer Entfernung von der Sonne zunehmen. Das heisst; wenn die Erde doppelt soweit von der Sonne entfernt wäre, als sie es wirklich ist; so würden

4 Sonnen nöthig seyn, um dieselbe gleich stark zu erleuchten und zu erwärmen; wäre der Abstand dreimal so groß; so würden 9 Sonnen, bei vierfacher Entfernung 16 Sonnen, u. s. f. erfordert werden.

Wenn die Sonnenstralen auf einen Körper treffen, so wird dieser dadurch sichtbar, daß sie von seiner Oberfläche zurückgeworfen werden, nach Gesetzen, welche die Physik lehrt.

Verschiedene Körper haben die Eigenschaft, die Sonnenstralen unverändert durch sich hindurchgehn zu lassen. Diese werden Leiter für das Licht, oder im täglichen Leben durchsichtig, genannt. Wenn aber die Sonnenstralen in einen solchen durchsichtigen Körper eintreten, so wird ihre gerade Linie verändert, und nach Verschiedenheit der Brennbarkeit, Dichtigkeit und Oberfläche des Körpers, auf unterschiedliche Weise gebrochen. Kommen die Stralen aus einem dünneren durchsichtigen Körper in einen dichteren, z. B. aus der Luft in das Wasser, so brechen sie sich nach einer geraden Linie, die man vom Einfallspunkte lothrecht auf die brechende Oberfläche ziehen kann; und umgekehrt, wenn sie aus einem dichteren in einen dünneren übergehn. Darauf gründet sich der bekannte Versuch, daß, wenn man einen Pfennig in eine Schüssel legt, und sich so weit davon entfernt, daß der Pfennig durch den Rand der Schüssel dem Auge verdeckt wird, derselbe dann wieder zum Vorschein kommt, wenn man die Schüssel voll Wasser gießt. Diese Eigenschaft der Körper, das durch sie hindurchgehende Licht zu brechen, wird durch die verschiedene Natur der

Körper verschiedentlich verändert, und ist im Allgemeinen am stärksten bei den brennbaren Körpern. Daher werden die Sonnenstralen von Diamant, Naphta, Wasserstoffgas, u. a. weit stärker gebrochen, als es in Verhältniß der Dichtigkeit dieser Körper geschehen sollte,

Aber auch die Verschiedenheit der Oberfläche der Körper verändert den Brechungswinkel, sowohl beim Ein- als Austritt der Lichtstralen; hierauf gründet sich die Lehre von den Augengläsern, Brenngläsern, u. s. w. oder die Dioptrik. Die Gesetze der Stralenbrechung sind rein mathematisch und gehören in die Physik *), ihre Wirkungen aber sind auch ein Gegenstand der Chemie.

Zertheilung der Sonnenstralen.

Läßt man in einem vollkommen finsternen Zimmer einen Sonnenstral durch ein kleines Loch auf ein Glasprisma, oder auf ein eckig geschliffenes Glas fallen, und hält in einem gewissen Abstände ein weißes Papier dahinter, so erhält man eine längliche, an den Enden abgerundete Figur, die aus sieben der schönsten Farben besteht, welche allmählich eine in die andere übergehen. Dieses Bild, welches man das *Farbenbild* (*Spectrum prismaticum*)

*) Am vollständigsten hat Biot im 5ten und 6ten Buche seines *Traité de Physique experimentale et mathématique*, Paris, 1816. Band III, S. 146 bis zu Ende und Bd. IV, S. 1. bis 599, diese Gesetze entwickelt.

(Der Uebers.)

nennt, fällt etwas unterhalb der geraden Linie der Sonnenstrahlen auf das Papier, weil diese durch das Glas gebrochen werden. Wendet man eine Kante des Prisma's nach oben, so ist das Farbenbild zu oberst roth, wird dann pomeranzengelb, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und zu unterst veilchenblau.

Stellt man einen Tisch so auf, daß das ganze Farbenbild klar und deutlich darauf fällt, bringt dann in jede der 7 Hauptfarben ein Thermometer, und stellt endlich zwei andere Thermometer ausserhalb desselben nahe an die abgerundeten Enden des Bildes; so zeigen sich folgende Erscheinungen. Die Thermometer, welche im violetten Strale und nächst diesem ausserhalb dem Farbenbilde stehen, werden nicht erwärmt; in der blauen Farbe bemerkt man schon ein kleines Steigen des Thermometers, noch mehr im Grünen; im Pomeranzengelben und Rothen nimmt die Erwärmung immer mehr und mehr zu, bis endlich ausserhalb dem Bilde, in gewissem Abstände vom rothen Ende desselben, die Temperatur am höchsten steigt, so daß die meiste Wärme in geringer Entfernung vom rothen Ende des leuchtenden Farbenbildes entwickelt wird.

Dies beweiset deutlich, daß die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch das Prisma in leuchtende gefärbte und in nichtleuchtende erwärmende Strahlen zertheilt, und beide auf verschiedene Weise gebrochen werden, daher sie auch nach der Brechung nicht auf einerlei Stelle fallen, sondern zwei verschiedene Spectra bilden, wovon das erwärmende das längste ist. Die dichtesten von den erwärmenden Strahlen, die am wenigsten gebrochen

werden, fallen etwas ausserhalb der rothen, und die gefärbten Stralen, welche die stärkste Brechung erleiden, fallen mit den wenigst concentrirten erwärmenden auf eine Stelle. Wenn z. B. Taf. I. Fig. 1. A B das Bild der gefärbten Stralen darstellt, welches, wegen der stärkeren Brechung dieser Stralen, das längere ist; so fällt das Spectrum der erwärmenden Stralen ohngefähr in A D, so dafs bei D die dichtesten Stralen einfallen und nach A zu immer mehr abnehmen.

Die Zerlegung des Sonnenlichts in leuchtende und erwärmende Stralen wurde zuerst von Herschel entdeckt, wiewohl einige Zeit vorher schon Rochon gefunden hatte, dafs verschieden gefärbte Stralen auch eine verschieden erwärmende Kraft besitzen. Herschels Versuche sind späterhin von andern Naturforschern wiederholt und bestätigt worden. Allein man hat gefunden, dafs der Stoff, aus welchem das Prisma gefertigt ist, Einfluß auf die Resultate hat. So fällt, nach Seebeck's Versuchen, der wärmste Punkt ausserhalb des rothen Strales, wenn das Prisma aus englischem Flintglase gemacht, in dem rothen Stral selbst aber, wenn es aus Kronenglase oder gewöhnlichem weissen Glase gefertigt ist, und wenn man, statt eines aus dem Ganzen gefertigten Prisma's, sich eines solchen bedient, was aus Glasscheiben zusammengesetzt und mit Wasser, Alkohol oder Terpentinöl gefüllt ist; so fällt die stärkste Wärme in den gelben Stral.

Inzwischen erleiden die Sonnenstralen im Prisma noch eine anderweite Zerlegung. Scheele entdeckte nämlich, dafs ein Papier, welches mit salzsauerem

Silber (einem schneeweissen Salze, was die Eigenschaft besitzt, vom Sonnenlichte geschwärzt zu werden), bestrichen ist, wenn man das Farbenbild durch das Prisma darauf fallen läßt, in dem rothen Strale nicht verändert, dagegen aber am äussersten Ende des Violetten vorzüglich stark geschwärzt werde. Diese Versuche sind späterhin mit der grössten Genauigkeit von Ritter, Wollaston, Böckmann, Seebeck und Berard wiederholt worden, und alle stimmen dahin überein, dafs, so wie das rothe Ende das wärmste ist, das violette Ende dagegen die Eigenschaft, das salzsaure Silber zu schwärzen, am stärksten besitze. Berard fand, dafs die eine Hälfte der Stralen des Farbenbildes, vom rothen Ende an gerechnet, wenn man sie in einem doppeltconvexen Glase auffängt, sich in einen farbenlosen, unbeschreiblich stark leuchtenden Brennpunkt sammeln läßt, welcher auf das salzsaure Silber nicht die mindeste Wirkung äussert; wogegen der weniger leuchtende Brennpunkt der violetten Hälfte dasselbe in wenigen Minuten vollkommen schwärzt. Seebeck hat gefunden, dafs salzsaures Silberoxid, was dem röthen Strale lange ausgesetzt wird, eine blafs rosenrothe Farbe davon annimmt, und wenn das Prisma aus Flintglas besteht, so röthet sich das Oxid zunächst ausserhalb der rothen Stralen, wo die stärkste Wärme hinfällt, am meisten. Dieselbe Farbenwandlung erleidet das salzsaure Silberoxid, wenn es bis zu einem gewissen Grade erhitzt und eine Weile in dieser Temperatur erhalten wird.

Sonnenstralen, die durch gefärbtes Glas gehn,

bringen gleiche Wirkungen wie die gleichgefärbten Stralen des Farbenbildes hervor, so daß salzsaures Silber hinter blauem und violetten Glase geschwärzt wird, hinter rothen und pommeranzengelben aber nicht. Vielmehr wird es hinter rothem Glase roth, und zwar weit leichter, als im prismatischen Farbenbilde selbst. Seebeck hat ferner die Beobachtung gemacht, daß, wenn man ein Papier mit einer neutralen und nicht allzu concentrirten Goldauflösung (aus welcher das Gold durch das Licht reducirt wird) bestreicht und einen Theil dieses Papiers trocknet und im Dunkeln aufbewahrt, einen andern Theil aber nach dem Trocknen einige Augenblicke der Einwirkung des Sonnenlichts aussetzt, jedoch derselben wieder entzieht, ehe noch eine sichtbare Wirkung davon eintritt, und dann diesen Theil des Papiers mit dem andern (im dunklen) aufbewahrt, derselbe allmählich im Finstern eben derselben Farbenwandlung durch die Reduction des Goldes unterliege, als wenn er immer am Tagelichte gelegen hätte, wogegen das andere Stück sich nicht im mindesten verändert.

Man hat ferner zu finden geglaubt, daß die beiden äußersten Enden des prismatischen Farbenbildes auch entgegengesetzte chemische Wirkungen hervorbrächten, so daß das violette Ende reduciren oder die Reduction befördere, das rothe Ende hingegen die Oxidation begünstige, und man hat daher in der Zertheilung des Lichts etwas völlig analoges mit den Wirkungen der getrennten entgegengesetzten Electricitäten finden wollen. Ritter wollte beobachtet haben, daß das geschwärzte salzsaure Sil-

16 Chemische Wirkung der Lichtstralen.

ber von den rothen Stralen oxidirt und weiß werde, was jedoch allen anderen Erfahrungen widerspricht. Umgekehrt fand Wollaston, daß Guajakharz im violetten Strale, unter Einschlucken von Sauerstoffgas, grün werde, und Berard beobachtete, daß ein Gemenge von Wasserstoffgas und oxidirtem Salzsäuregas (oder gasförmigen Salzsäure-Superoxidül) von den violetten Stralen entzündet werde, was in keinem andern Theile des Farbenbildes der Fall war. Seebeck hat gezeigt, daß dieß auch hinter violetten, nicht aber hinter rothem und gelben Glase statt finde. Dagegen glückte es Wollaston, einen wahren Gegensatz von chemischer Wirkung an den beiden Enden des Farbenbildes auf die Weise zu entdecken, daß er, ein Papier mit Guajaktinktur gelb färbte, und dasselbe erst den concentrirten Stralen am violetten Ende aussetzte, wo es grün wurde, dann aber in die concentrirten Stralen des rothen Endes brachte, wo es seine gelbe Farbe wieder annahm. Allein da er nachher fand, daß die grüne Farbe sich auch durch bloße Erwärmung des Papiers wieder in die gelbe verwandele, so kann man die Wiederherstellung dieser Farbe am rothen Ende auch als eine bloße Wirkung der wärmenden Stralen betrachten, besonders da bekanntlich mehrere Pflanzenfarben in $+ 100^{\circ}$ bis 120° trockener Wärme, eben so gut als vom Sonnenlichte gebleicht werden.

Eine andere Beobachtung ist, daß gewisse Körper, z. B. geschwefelter Kalk, geschwefelter Baryt, geschwefelte Strontianerde, manche Demante verschiedene Abänderungen des Fluspath, u. d. m. wenn

sie dem Sonnenlichte auf einige Augenblicke ausgesetzt werden, eine Zeitlang im Finstern leuchten. Wilson und Ritter haben ausgemittelt, daß diese Erscheinung vorzüglich durch das violette Farbenende erweckt wird, und daß Körper, die im Dunkeln leuchten, diese Eigenschaft augenblicklich verlieren, wenn man sie dem rothen Ende aussetzt.

Diese bisher bekannt gewordenen Thatsachen deuten offenbar auf eine ungleiche Beschaffenheit der in die Endpunkte des Farbenbildes fallenden Stralen hin. Wenn wir uns indessen in unseren Schlussfolgerungen, besonders da, wo von allgemeinen und weitumfassenden Gegenständen die Rede ist, nicht übereilen wollen; so müssen wir auch bekennen, daß diese Umstände uns noch nicht zu der Annahme berechtigen, daß dieser Gegensatz gerade in Oxidation in dem einen, und in Reduction in dem andern Ende des Farbenbildes bestehe, so glaublich es auch seyn mag, daß diese Idee künftig durch ausgedehntere Untersuchungen sich als wahr bestätigen dürfte. Wir werden in der Folge sehn, daß die beiden Elektricitäten, von welchen wir durch Erfahrung wissen, daß die eine die Reduction, die andere die Oxidation befördere, sobald sie sich vereinigen und als Elektricitäten verschwinden, sich als stralendes Licht und Wärme offenbaren. Welche herrliche Entdeckung würde es daher seyn, wenn man dahin gelangte, aus dem stralenden Lichte die Eigenschaften herleiten zu können, durch welche die verschwundenen Elektricitäten sich auszeichnen!

Morichini giebt an, daß das violette Licht die Eigenschaft besitze, eine darin aufgehängene

Compassnadel, nach einer halbstündigen Bestrahlung, magnetisch zu machen. Dieser Versuch ist indessen nicht allen, die ihn wiederholt haben, gelungen, und man hat geglaubt, daß er nur bei vollkommen klarer Luft glücke, dann aber, wenn die Atmosphäre mit Dünsten angefüllt ist, und der Himmel eine bleiche Farbe hat, mißlinge. Diese Angabe bedarf daher noch einer weiteren Bestätigung, ehe sie für richtig angenommen werden kann.

Die Sonnenstrahlen sind sonach aus denjenigen Stoffen zusammengesetzt, die uns das Gefühl des **Lichts** und der **Wärme** verursachen.

Lichtstoff.

Ob das farbenlose Licht, nach Newtons Vermuthung, aus jenen 7 Hauptfarben zusammen gesetzt sey, oder ob diese Farben durch Vereinigung des Lichtstoffs mit verschiedenen Mengen Wärmestoff entstehen, wie man in neuerer Zeit hat vermuthen wollen, lasse ich hier auf sich beruhen.

Die Farben der Körper entstehn durch Zersetzung der Sonnenstrahlen, indem ihre Oberflächen gewisse Strahlen zurückwerfen, die übrigen aber zurückbehalten; so wird z. B. ein Körper blau genannt, dessen Oberfläche die blauen Strahlen zurückwirft, die übrigen alle aber einsaugt u. s. w. Durch die bis ins Unendliche verschiedene Mengung der zurückprellenden Strahlen entsteht die unendliche Nüancirung der Farben der Körper. Schwarze Körper saugen alle Lichtstrahlen ein, weißse hingegen werfen dieselben sämmtlich zurück.

Bei jeder Zerlegung der **Lichtstrahlen** in **Farben**,

wird auch Licht und Wärme in höherem oder geringerem Grade ausgeschieden, je nachdem die zurückgeworfenen Stralen in ihrer Grundmengung mehr oder weniger Wärmestoff aufnehmen. Daher wird ein schwarzer Körper von den Sonnenstralen erhitzt, weil er alles oder fast alles Licht in sich aufnimmt, wobei die Wärme der Stralen in ihm frei wird, und sich den nächsten Körpern mittheilt. Nach ihm folgen in den Graden der Erwärmung die violetten, blauen, grünen, gelben und rothen Körper; weiße werden am wenigsten erwärmt, und vollkommen polirte Spiegel, besonders metallene, nehmen gar keine Wärme an, weil sie die Stralen ganz unverändert zurückwerfen.

Aus den sieben, gefärbten Stralen läßt sich wieder ein farbenloses Licht zusammensetzen, wenn man sie in einem großen Brennglase auffängt; allein dieses farbenlose Licht entsteht nur erst im Brennpunkte und hat auch da noch einen farbigen Rand, weil sich die farbigen Stralen nicht vollkommen genug vereinigen lassen. — Macht man sich eine runde Scheibe von Holz oder Pappe und theilt sie in sieben Ausschnitte dergestalt ein, daß der Ausschnitt für die rothe Farbe 45° , für das Pomeranzengelbe 27° , für das Gelbe 48° , fürs Grüne 60° , für das Hellblaue 60° , für das Dunkelblaue 40° , und für das Violblaue 80° , beträgt, und bemalt diese Ausschnitte sodann mit möglichst klaren Farben; so erscheint die Scheibe vollkommen weiß, wenn sie mit einer gewissen Schnelligkeit umgedreht wird.

Wenn die Lichtstralen durch ein auf beiden Seiten convex (erhaben) geschliffenes Glas, z. B. durch

20 Sammeln der Lichtstrahlen durch das Brennglas.

ein gewöhnliches Brennglas, hindurchgehn, so werden sie, wie die Physik lehrt, gegen den Mittelpunkt des Glases zu dergestalt gebrochen, daß sie hinter dem Glase einen Kegel bilden, und, nach der mehreren oder mindern Convexität des Glases, in kürzerem oder weiterem Abstände in einen Punkt zusammentreffen, den man den Brennpunkt oder Focus nennt. Hält man in diesen Punkt einen undurchsichtigen Körper, so fallen auf diesem kleinen Raume alle Sonnenstrahlen zusammen, welche durch das ganze Brennglas durchgegangen sind, und setzen allen Wärmestoff, der sich über einen Raum von der Größe des Brennglases verbreitet haben würde, auf diesem einzigen Punkte ab. Daher entsteht in diesem Punkte eine Wärme, die nach Verschiedenheit der Größe und Erhabenheit des Glases von einer schwachen Glühhitze bis zum höchst möglichen Grade der Hitze gehen kann, den wir hervorzubringen vermögen. Hierbei ist aber noch zu erinnern, daß der Brennpunkt der wärmenden Strahlen nicht ganz genau mit dem Punkte der leuchtenden Strahlen zusammen, sondern weil jene weniger gebrochen werden, eine kleine, kaum bestimmbare Strecke hinter den Lichtpunkt fällt.

Wollaston fand mittelst eines eigends dazu eingerichteten ringförmigen Prismas, (welches aus einem doppelconvexen, in der Mitte bis auf einen gewissen Abstand von dem Umkreise mit schwarzem Papiere überzogenen Glase bestand,) daß, wenn das Licht dadurch farbig gebrochen wurde, der Brennpunkt der wärmenden Strahlen etwa um $\frac{1}{2}$ sei-

ner ganzen Entfernung vom Glase weiter wegfallt, als der Brennpunkt der leuchtenden Stralen.

So lange die Stralen durch Leiter oder durchsichtige Körper gehn, werden sie nicht zerlegt, und der durchsichtige Körper nimmt keine Wärme an; je weniger durchscheinend aber die Körper sind, desto mehr werden sie erwärmt. Daher setzen die Sonnenstralen in der Luft nur wenig Wärmestoff ab, weil die Luft der beste bekannte Lichtleiter ist; das Glas hingegen, und selbst das reinste, ist schon ein geringerer Leiter als die Luft, zersetzt daher schon einen kleinen Theil der Stralen, und wird dadurch erwärmt. Dieser Umstand macht, daß in der höheren Atmosphäre eine stete Kälte vorwaltet, weil die Sonnenstralen dort keinen Körper antreffen, welcher ihren Wärmestoff ausscheidet. Aus diesem Grunde ist auch die Wärme auf hohen Bergen so gering, weil die Sonnenstralen dort auf eine so unbedeutende Körpermasse treffen, daß die aus ihnen entwickelte Wärme von der umgebenden Luft immer wieder fortgeführt wird. Hierzu kommt noch, daß die Sonnenstralen in der wärmsten Zeit auf die Abhänge der Berge in schräger Richtung, und daher weniger dicht, auffallen. — Dunkle Körper, die alles Licht einsaugen, scheiden auch allen Wärmestoff aus, daher der Erdboden mehr erwärmt wird, als die See.

Man hat diese Eigenschaft der Körper benutzt, um die Intensität (Dichtheit) des Lichtes zu messen, und zwar auf die Weise, daß man von zwei ziemlich gleichgehenden Thermometern die Kugel des Einen geschwärzt hat. Im Dunklen gehn beide

gleich, am Tage aber steigt das geschwärzte höher als das andere, und das zwar um so mehr, je stärker das Licht ist, was auf beide fällt. Ein solches Instrument nennt man einen Lichtmesser oder Photometer. Es wurde von Pictet erfunden. Leslie fand durch die damit angestellten Versuche, daß das Sonnenlicht eine 12000 Mal stärkere Intensität als ein Wachslicht hat, so daß ein Stückchen Sonne von der Größe einer Lichtflamme so viel als 12000 Wachslichter zusammen leuchten würde. Mittelst desselben Instruments kann man auch die Durchsichtigkeit der Körper messen. So fand Leslie, daß z. B. von 100 Lichtstrahlen trockner Cambrik 80, nasser Cambrik 93, feines Papier 49, geöltes Papier 80 Stralen u. s. w. durchlassen.

Die Sonnenstralen sind sonach an und für sich nicht warm, sondern geben dann erst Wärme, wenn sie von nichtleitenden Körpern zersetzt und eingesaugt werden, daher man lange glaubte, die Sonnenstralen würden dadurch wärmend, daß sie einen auf der Erde befindlichen eigenen Wärmestoff in Bewegung setzten. Nach Leslie's photometrischen Versuchen betrug unter der Breite von Edinburgh zur Zeit der Sonnenwende die wärmeerregende Kraft der Sonnenstralen beim Untergange der Sonne 90° Fahr. oder $+ 32^{\circ}$ C. Im Winter hingegen war ihre höchste wärmende Kraft $= 25^{\circ}$ F. oder $- 3^{\circ}, 6$ C. Die Sonnenstralen, welche an einem Sommertage durch einen mit lichten Wolken bedeckten Himmel durchströmen, betragen unter derselben Breite 16° bis 20° C. im Winter aber nur 6° bis 9° C.

Bei jeder Verbrennung entstehen Stralen, die

den Sonnenstralen ähnlich, jedoch weit geringer dicht und mit dem in ihnen enthaltenen Wärmestoffe weit schwächer verbunden sind. Man kann sich leicht von der wärmenden Natur dieser Stralen überzeugen, wenn man sich im Winter in einem kalten Zimmer vor ein Kaminfeuer stellt; man fühlt die Hitze oft in ziemlicher Entfernung vom Feuer, ohngeachtet die Zimmerluft nicht davon erwärmt wird. Die Ursache davon ist, daß die Feuerstralen ihren Wärmestoff nicht unmittelbar an die Luft als Leiter, sondern erst dann absetzen, wenn sie auf einen undurchsichtigen Körper stoßen. Daher schmilzt auch das Eis an den Fenstern, sobald es von den Stralen des Kaminfeuers erreicht wird, wenn auch das Zimmer selbst noch so kalt ist, daß zwischen dem Fenster und der Feuerstätte Wasser im Schatten noch gefrieren kann.

Die Stralen des Feuerlichts können eben so, wie die Sonnenstralen, gebrochen, verdichtet und zerlegt werden, enthalten aber eine weit geringere Menge Wärmestoff und lassen ihn auch viel leichter fahren. Wenn man sie daher durch ein Brennglas zu verdichten versucht, so wird das Glas erwärmt und die leuchtenden Stralen gehen fast allein hindurch. Auf gleiche Weise verhält es sich mit gläsernen Brennsiegeln; mit guten metallenen Brennsiegeln hingegen kann man die Feuerstralen verdichten, und nach Verhältniß ihrer verschiedenen Intensität, Körper, die man in ihren Brennpunkt bringt, erhitzen oder auch anzünden. Die Stralen des Feuers sind demnach nicht ganz so zusammengesetzt wie die Sonnenstralen, ohngeachtet sie, wie

diese, durch das Prisma in die 7 Hauptfarben zertheilt werden können.

Ob Wärmestoff für die Natur eines Lichtstrals nothwendig bedingt sey, oder nicht, ist noch nicht mit Sicherheit bekannt; daß aber ein Lichtstral einen großen Theil seines Wärmestoffs verlieren und doch noch Lichtstral bleiben könne, sehn wir nicht nur an den Feuerstralen, welche durch ein Brennglas gehn, sondern auch am Mondlichte, was durch die vom Monde zurückprellenden Sonnenstralen gebildet wird, welche ihren Wärmestoff und einen großen Theil ihres Lichts auf der sie verschluckenden Oberfläche des Mondes zurücklassen und dadurch ihre Eigenschaft zu wärmen gänzlich verlieren.

Viele Körper geben auch ohne Verbrennung ein schwaches Licht von sich, was zwar hinlänglich sichtbar ist, aber nicht zum Erleuchten ausreicht, wie z. B. manche lebende Thiere, faulende Thier- und Pflanzenstoffe, mehrere Steinarten, wenn man sie gelind erwärmt, oder gegen einander stößt und reibt, Zucker, wenn er gestossen wird, u. s. w. Woher das Licht in diesen Fällen komme, ist uns eben so unbekannt, als wir in den meisten Fällen nicht wissen, ob dieses Licht einigen Wärmestoff enthalte.

Die Lichtstralen haben mancherlei Einfluß auf die Zusammensetzung mehrerer Körper, wobei sich die Stralen der Sonne, durch ihre unendlich größere Dichtheit, wieder vor allen anderen auszeichnen. Ihre gewöhnlichste Wirkung ist, daß sie unterschiedliche oxidirte oder verbrannte Körper wieder in ihren ursprünglichen brennbaren Zustand versetzen, wobei der Sauerstoff in Gasgestalt ausgeschieden

wird. So färben sie z. B. reine und concentrirte Salpetersäure gelb oder roth, während ein Theil ihres Sauerstoffs in Gasgestalt entweicht; oxidirte Salzsäure wird durch sie in gewöhnliche verwandelt, und der überschüssige Sauerstoff dabei frei. Aus manchen Goldauflösungen fallen sie theils das Gold in metallischer Gestalt, theils entziehen sie ihm einen Theil des Sauerstoffs. Silbersalze werden durch das Licht theils zu metallischem Silber hergestellt, theils geschwärzt, wobei vorzüglich das salzsäure Silber sich auszeichnet.

Das Licht bleicht und zerstört die meisten vegetabilischen Farben. Wir sehen täglich, wie das Sonnenlicht unsere gefärbten Zeuche ausbleicht und die meisten ihrer Farben vernichtet. Ein, des schnellen Verlaufs halber sehr interessantes Beispiel liefert die aus Kirsch- und Fliederblättern mit Spiritus bereitete grüne Tinktur, wenn man sie in die Sonne stellt. Sie verliert innerhalb so Minuten ihre Farbe, die sie auf einer dunklen Stelle sehr lange unverändert behält. Schon Rumford vermuthete, daß diese Wirkungen hauptsächlich in der erwärmenden Kraft der Stralen ihren Grund haben dürften, und Gay-Lussac und Thenard haben durch Versuche dargethan, daß solche Farben, welche in der Sonne langsam verschießen, in wenigen Minuten gebleicht werden können, wenn man sie einer warmen Luft aussetzt, deren Hitze die Temperatur des kochenden Wassers übersteigt, aber nicht so stark seyn darf, daß sie die gefärbten Stoffe verbrennt.

Die meisten lebendigen Pflanzen, welche im Dunklen aufwachsen, werden farbenlos, hoch und

schwächlich, und erlangen ihre grüne Farbe und Festigkeit erst im Sonnenlichte. — Pflanzen und Hölzer, die wir in unseren Zimmern ziehen, neigen sich nach dem Fenster zu, und die im Freien wachsenden richten sich stets in die Höhe und bilden, wenn sie sich auf den Boden legen, Kniee, um sich wieder aufzurichten, weil sie von oben herab am besten vom Lichte bestrahlt werden. — Auch Thiere können ohne Licht nicht gedeihen und sich wohl befinden, wie wir an vielen Beispielen solcher Thiere sehen, die lange in dunklen Behältnissen eingeschlossen gewesen sind. Ganz entgegengesetzt verhält es sich mit Saamen und Embryonen (Foster) die während ihrer Entwicklung von undurchsichtigen Körpern umgeben werden.

Sollten diese Veränderungen, welche die Sonnenstrahlen erzeugen, ihren Grund in der Entwicklung von Wärme haben, so müßte diese durch die nächsten Umgebungen augenblicklich wieder so herabgestimmt werden, daß die Temperatur, bei welcher die chemische Wirkung vor sich geht, durch das Thermometer nicht entdeckt werden könnte.

Was das Licht eigentlich sey, ob es aus einem eigenthümlichen Stoffe bestehe, oder durch eine Vereinigung der so eben beschriebenen chemischen Strahlen mit dem Wärmestoffe gebildet werde, vermögen wir nicht zu bestimmen. Wenn es von undurchsichtigen, besonders dunkelfarbigem Körpern eingesogen wird, so verschwindet es gänzlich, und wir finden dennoch, daß weder diese Körper, wenn sie auch das Licht jahrelang verschluckt haben, an Gewichte zunehmen, noch daß die Sonne durch das

beständige Ausströmen an ihrer leuchtenden Kraft Abgang erleide. — Weil das eingesogene Licht gänzlich verschwindet, so glaubte man eine Zeitlang, das Licht entstehe durch die Bewegung eines hypothetisch angenommenen feinen Stoffes, *Aether* genannt, der den unermesslichen Weltenraum allenthalben ausfülle, und dessen Bewegung durch die Sonne unterhalten werde.

Zwei Theorien über das Licht haben die Meinungen der Naturforscher getheilt. *Newton* zeigte, daß die Erscheinungen sich am leichtesten erklären ließen, wenn man annähme, das Licht sey ein Stoff, dessen unendlich kleinste Theilchen mit unsäglicher Schnelligkeit in gerader Richtung fortgestoßen würden. Der Abstand ihrer Theilchen von einander könne sehr groß, z. B. noch größer als der halbe Erddurchmesser seyn, ohne daß unsere Sinnen die mindeste Lücke zwischen ihrer Aufeinanderfolge bemerkten, und daher könnten die Stralen sich in jeder Richtung durchkreuzen, ohne einander in ihrem Wege aufzuhalten. — Diese Hypothese setzt also voraus, daß ein Stoff von dem leuchtenden Körper ausgehe, und auf die Sonne angewendet, daß jener Stoff unaufhörlich von ihr ausströme; daher hat diese Hypothese den Namen *Emanations-System* erhalten.

Man hat dagegen eingewendet, daß die Sonne auf diese Weise fortdauernd an Masse verlieren müßte, und, da uns eine solche Verminderung nicht bemerkbar werde, das Emanationssystem sonach ohne allen Grund sey. Allein abgesehen davon, daß die Masse der Sonne durch ihr Leuchten wohl ver-

mündert werden könnte, ohne daß es uns wegen der Kürze der Zeit, auf welche unsere Beobachtungen beschränkt sind, bemerklich würde; so scheinen auch andere Umstände die befürchtete Verminderung des Sonnenkörpers wenig wahrscheinlich zu machen. Wir haben gesehen, daß die Masse der Körper, auf welchen die auffallenden Sonnenstrahlen verschwinden, keine Vermehrung erhält, und daß sonach die Sonnenstrahlen, was auch nach ihrem Verschwinden aus ihnen werden mag, nicht zurückbleiben, und wir werden in der Folge sehn, daß die Wärme, welche beim Verschwinden des Lichts fühlbar wird, sie mag nun entweder aus ihrer Verbindung mit dem Lichte losgetrennt, oder durch Umwandlung der verschwindenden Strahlen erzeugt werden, eben so wenig auf der Erde zurückbleibt. Hieraus könnte man daher die Vermuthung abnehmen, daß sie in irgend einer anderen Gestalt, als das strahlende Licht ist, wieder zur Sonne zurückkehren.

Dagegen läßt sich aber gleichwohl wieder mit Grund ergegnen, daß derjenige Theil der Sonnenstrahlen, welche auf die die Sonne umkreisenden Planeten fallen, unendlich gering gegen die Anzahl derjenigen Sonnenstrahlen ist, welche ohne Unterlaß in das Weltall ausströmen, und innerhalb unseres Planetensystems nirgends auf undurchsichtige Körper treffen, die ihren Lauf unterbrechen und sie zurückschicken könnten. — Es ist aber einmal unser Loos, allemal auf Unbegreifliches zu stoßen, sobald wir uns bemühen, Alles verstehen zu wollen.

Euler, welcher das Ausströmen eines Stoffes aus der Sonne nicht für zulässig hielt, suchte eine andere Ansicht von den Lichterscheinungen aufzustellen, durch welche er die Analogie des Lichts mit dem Schalle mathematisch darlegte, und die kein Ausströmen nöthig machte. Nach seiner Meinung ist das Weltall mit einem unendlich feinen Stoffe angefüllt; der Alles durchdringt und für unsere Sinnen so lange unbemerkt bleibt, als er sich in Ruhe befindet; diesen Stoff nannte er Aether. Ein leuchtender Körper setzt diesen Stoff in eine zitternde Bewegung, die derjenigen Bewegung der Luft gleicht, durch welche die Fortpflanzung des Schalles geschieht. Von diesen Voraussetzungen ausgehend, zeigte Euler, wie alle Lichtbrechungs-Erscheinungen durch das Brechen dieser Oscillationen erklärlich werden, und entwickelte daraus eine höchst sinnreiche und annehmbliche Theorie des Lichts, welche den Namen der Oscillations-Theorie erhielt.

Diese Theorie ist allenthalben ausreichend, so weit die Erscheinungen bloß mechanisch sind. Allein schon bei Erklärung der Zertheilung des Lichts in Farben durch das Prisma leistet sie weniger Gnüge, obschon ihr sinnreicher Urheber es verstanden hat, sie auch hier als höchst interessant darzustellen. Kommt man aber endlich auf die chemischen Wirkungen des Lichts, so stößt diese Theorie noch mehr an das Unbegreifliche, und man nimmt deutlich wahr, daß diese Phänomene etwas in sich fassen, was nicht bloß mechanisch ist. Dahin gehören auch manche in neuerer Zeit theils erst ent-

deckte, theils besser entwickelte Erscheinungen bei der Brechung des Lichts z. B., durch Doppelspat, Alabaster, Glimmer u. d. m., welche Erscheinungen man unter dem Namen der Polarisation des Lichts zusammen begreift, die jedoch zu tief im Gebiete der mathematischen Physik liegen, als das sie in einem Lehrbuche der Chemie abgehandelt werden könnten, die aber, wenn ich mich nicht täusche, aus der Oscillations-Theorie nicht mit gleicher Leichtigkeit erklärt werden können.

Man erlaube mir hier, die Aufmerksamkeit der jüngeren Leser gelegentlich auf einen Umstand zu lenken, der sich bei den Studien der Naturkunde sehr oft darbietet, nämlich auf die widerstreitenden Erklärungen einer und derselben Erscheinung. Wir müssen gleich bei unserm ersten Eintritte in das Gebiet der Naturkunde uns in der Ueberzeugung befestigen, das wir nicht alles erklären können, und das unsere Bemühungen deshalb oft fruchtlos seyn werden. Zwei ungewöhnlich große Geister haben hier Ein Phänomen von zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet. Beide Ansichten können natürlich nicht richtig seyn. Minder tiefdenkende Naturforscher pflegen nicht selten von zwei streitigen Meinungen die eine als richtig anzunehmen; Jünglinge sind dazu noch mehr geneigt, als Männer, denen die Erfahrung schon oft ihre liebsten Ideen zunichte gemacht hat, und die dadurch schon mißtrauischer geworden sind. Allein es ist nicht nothwendig, das von zwei sich widersprechenden Erklärungen

die eine allemal die richtige seyn müsse; denn das wahre Verhalten der Sache kann noch verborgen seyn und es für immer bleiben. Man muß daher zwar alle Wahrscheinlichkeiten wohl prüfen, ohne jedoch gerade eine derselben als Wahrheit zu betrachten, d. h. ohne einer davon völligen Glauben zu schenken, bevor man nicht für ihre einzige Richtigkeit, und folglich für die Unrichtigkeit aller übrigen, vollgültige Beweise hat. Wir werden sehn, daß die eine der hier angeführten Erklärungen wahrscheinlicher als die andere ist, ohne daß wir sie deshalb als vollkommen richtig betrachten dürfen.

Newton nahm an, daß das Licht eine Materie sey, deren kleinste Theilchen sich mit einer unendlichen Geschwindigkeit fortbewegen. Diese Hypothese erklärt zwar die Erscheinungen, stößt aber auf die Schwierigkeit einer unwahrscheinlichen Verminderung der Sonnenmasse, ohne die sich ein Ausströmen nicht denken läßt. Diese Schwierigkeit enthält aber keinesweges die Unmöglichkeit, daß die Sache sich nicht so verhalten könnte. Euler nahm einen feinen Stoff, Aether, an, für dessen Existenz kein anderer Grund vorhanden ist, als daß man seiner zu der Erklärung der Phänomene bedarf. Denn dieser Stoff ist für unsere Sinnen nicht wahrnehmbar, füllt den Weltenraum aus und ist ohne Schwere, d. h. er wird weder von der Sonne noch von der Erde angezogen. Das Ersittern desselben bringt den sinnlichen Eindruck hervor, den wir Licht nennen. Nun können wir nicht einschn, wie die im

Aether einmal hervorgebrachte Bewegung, wodurch das Licht entsteht, wieder zum Stillstand gebracht werden soll, ohne Zuthun einer, dieselbe wiederum hemmenden gegenwirkenden Kraft. Dafs sie gleichwohl augenblicklich aufhören könne, sehn wir daraus, dafs undurchsichtige Körper Schatten werfen, welches daher rührt, dafs der Aether hinter dem Schatten gebenden Körper in Ruhe kommt. Wenn es nun eine Kraft giebt, die der Bewegung des leuchtenden Aethers entgegen wirkt und sie zum Stillstande bringt; so mufs solche eben so wirken, wie die in der Physik sogenannte Trägheit der Körper (*vis inertiae*) und der Aether mufs folglich einen Widerstand gegen diejenigen Körper ausüben, die ihn zu verdrängen suchen. Dann würden aber die Planeten in ihrem Umlaufe durch den Aether aufgehalten werden, und ihre Bewegungen von Jahr zu Jahr an Geschwindigkeit abnehmen, was wenigstens eben so stark gegen unsere Erfahrung und gegen die Wahrscheinlichkeit streitet, als dafs die Masse der Sonne durch das Ausströmen des Lichts vermindert werden solle.

Zieht man dabei noch in Betracht, dafs es Erscheinungen bei der chemischen Zerlegung giebt, welche sich durch die Oscillationen des Aethers nicht erklären lassen; so mufs uns die Eulersche Ansicht unwahrscheinlich vorkommen, ohne dafs wir deshalb die Newtonsche für richtig annehmen können, und es bleibt uns daher nichts, als das Bekenntniß übrig, dafs wir noch sehr vieler Entdeckungen bedürfen, ehe wir von der Na-

tur des Lichtes etwas Zuverlässiges zu wissen glauben können.

W ä r m e s t o f f.

Wärmestoff ist der zweite Bestandtheil der Sonnenstralen; dieser verschwindet aber beim Einsaugen der Stralen nicht für unsere äußeren Sinne, wie das Licht, sondern wird uns durch ein eigenes Gefühl wahrnehmbar, was wir Wärme nennen.

Der mittlere Theil der Erdkugel ist beständig warm, weil er eine solche Stellung gegen die Sonne hat, daß ihre Stralen lothrecht auf seine Oberfläche fallen. Je mehr wir uns aber den Polen nähern, desto kälter wird es, weil wegen der Rundung der Erde die Sonnenstralen hier nur schräg auftreffen, und weil sonach in dem Verhältnisse, wie die Rundung der Erdoberfläche von der rechtwinklichen Stellung gegen die Stralen abweicht, desto weniger von diesen auf eine gleich große Fläche fallen, und mithin den Erdboden desto weniger erwärmen, so daß endlich an den Polen selbst die Sonnenstralen gerade vorbeischießen und gar keine Wärme an diese absetzen. Indessen macht die Neigung der Erde in ihrer Bahn, daß jeder Pol ein halbes Jahr hindurch in einer ganz schrägen Richtung von der Sonne beschienen wird, und daß der Erdgürtel, auf welchen die Sonnenstralen lothrecht auffallen, sich vom Aequator wechselsweise ein wenig mehr nördlich oder südlich entfernt.

Die Erde muß sonach an sich kalt, und der

Wärmestoff nur an ihrer Oberfläche vorhanden seyn, wo er sich aus den Sonnenstralen ausscheidet, und je nachdem die Oberfläche der Erde mehr oder minder erwärmt wird, mehr oder weniger tief in ihre Masse eindringt. Hört die Sonne auf zu leuchten, so würde die Erde sehr bald bis zu der Temperatur unter den Polen und vielleicht noch weiter abkühlen, weil sie keinen Wärmestoff mehr erhalten und den früher empfangenen während ihres Laufes beständig wieder absetzen würde, indem die Wärme keine Schwere hat, daher von der Erdmasse nicht angezogen und zurückgehalten wird.

Hierdurch entsteht bei den abwechselnden Wendungen der verschiedenen Erdtheile nach der Sonne der Unterschied der Temperatur am Tage und bei Nacht, im Sommer und Winter. Aus diesem Grunde sind auch die Pole der Erde, so wie ihr Inneres, eine feste Masse, und das Wasser, was die Seen und Meere bildet, wird erst in einiger Entfernung von den Polen flüssig, wo die auffallenden Sonnenstralen dicht genug werden, um durch ihre Wärme das Eis zu schmelzen. Das Innere des Erdkörpers muß in einer gewissen Tiefe unter der Erdoberfläche eiskalt seyn, und diese Tiefe muß verhältnißmäßig zunehmen, je mehr man sich von den Polen aus dem Aequator oder derjenigen Zone nähert, auf welche die Sonnenstralen senkrecht auffallen. Auch hat man durch Versuche mit dem Thermometer gefunden, daß das Wasser auf den tiefsten Stellen des Meeresgrundes, die man hat messen können, bis auf einige wenige

Grade über dem Gefrierpunkte abgekühlt war, was voraussetzt, daß es hier entweder auf Eis, oder auf einen andern Körper, dessen Temperatur unter 0 beträgt, aufrufen müsse.

Ein, auf irgend eine Weise, erwärmter Körper läßt nach und nach seinen Wärmestoff wieder fahren, und dieser entweicht entweder strahlend, wie das Licht, oder durch Mittheilung an die benachbarten Körper, die dadurch erwärmt werden.

Der Wärmestoff verliert mit dem Lichte seine stralende Kraft nicht gänzlich. Wenn man daher eine heiße, aber nicht mehr glühende, Kugel zwischen concaven metallenen Brennsiegeln aufhängt, so kann man ihre Stralen so auffangen, daß Körper, die man in den Brennpunkt der Spiegel bringt, davon erwärmt werden und das Thermometer darin zum Steigen kommt. Scheele lehrte uns zuerst den Unterschied zwischen stralendem Lichte und stralender Wärme, und bewies, daß beide nach einerlei Gesetzen zurückgeworfen werden. Schon lange vorher hatte die Academia del Cimento in Italien einen Versuch angestellt, die Kältestralen eines Stücks Eis aufzufangen und zu verdichten. Allein dieser Versuch und seine Resultate geriethen bei den Naturforschern ganz in Vergessenheit, bis Pictet ihn wiederholte und die Richtigkeit des Erfolges bestätigte. Da wir die Kälte mit gutem Grunde nur als Mangel von Wärme betrachten, so scheint dies anfangs unbegreiflich.

Allein, man stelle zwei gleich große metallene Brennspiegel in nicht zu großer Entfernung, z. B. 2 bis 3 Ellen von einander, dergestalt auf, daß die

Stralen, welche von dem Brennpunkte des einen Spiegels auslaufen, in dem Brennpunkte des andern Spiegels sich wieder sammeln, so wie in Fig. 1. Taf. IV. die punktirten Linien es andeuten. Hängt man nun einen heißen Körper, der aber nicht bis zum Leuchten und Glühen erhitzt zu seyn braucht, zwischen beiden Brennsiegeln auf; so fühlt man, wenn man die Hand in B hält, daß sie stark erwärmt wird, und ein hier aufgestelltes Thermometer steigt sogleich bedeutend. Hängt man aber in A ein Stück Eis und in B ein sehr empfindliches Thermometer — am besten ein Luftthermometer — auf, so sinkt das Thermometer unter die Temperatur der umgebenden Luft herab, und dieses Sinken nimmt noch mehr zu, wenn man etwas feingestossenen Salmiak auf das Eis streut, wodurch dieses, aus Gründen, die weiter unten entwickelt werden sollen, — noch kälter wird. Rückt man das Eisstück von dem Brennpunkt in A weiter weg, z. B. in die Mitte zwischen A und B, so kommt es zwar dem Thermometer näher; dieses fängt aber demohngeachtet wieder an zu steigen, so bald das Eis den Punkt A verlassen hat.

Aus alle dem könnte man den Schluß ziehen, daß es ebensowohl erkältende, als erwärmende Stralen gebe; allein die Sache verhält sich nicht so, sondern nach der Erklärung, welche Prevost zuerst davon gab, folgender Gestalt. Der Begriff eines strahlenden Stoffes führt nothwendig mit sich, daß ein fortwährendes Ausströmen desselben so lange statt finde, als nur noch etwas von ihm übrig ist, und ohne alle Rücksicht auf diejenigen Mengen desselben

Stoffs, welche von andern benachbarten Körpern ausströmen können. Wenn z. B. zwei Lichter von ungleicher Helligkeit neben einander stehen, so strahlet die schwächere Flamme eben so gut, wie die stärkere, ihr Licht aus, und die Flamme eines Talglichts oder einer Weingeistlampe, die man in den Sonnenschein stellt, hört nicht auf, Licht auszustralen, wenn wir es auch nicht mehr bemerken. Alles dieses muß auch von warmen Körpern gelten. — Wenn zwei benachbarte Körper A und B gleichvielen Wärmestoff ausstralen, so behalten sie einerlei Temperatur, weil jeder von ihnen eben so viel wieder erhält, als er abgibt. Wenn aber A mehr Wärmestoff ausstrahlt als B, so empfängt A weniger wieder, als er fahren läßt, und wird sonach kälter; hingegen B, was mehr wieder erhält, als es ausstrahlt, wird mehr erwärmt. Da es durch Versuche dargehan ist, daß die nichtleuchtende Wärme die Eigenschaft besitzt, in Stralen zu entweichen; so muß es auch wahr seyn, daß auch kältere Körper, selbst dann, wenn sie von wärmern umgeben sind, noch Wärmestoff fahren lassen, dagegen aber von ihren wärmeren Umgebungen mehr Wärmestralen, als sie abgeben, wieder empfangen, und dadurch erwärmt werden müssen. Wenn man daher in dem Brennpunkt A ein Stück Eis, in B aber ein Luftthermometer aufhängt, so sieht man, mit Hülfe der Figur, deutlich ein, daß die Thermometerkugel auf der, dem Spiegel zugekehrten Seite, eine größere Anzahl Wärmestralen abgeben muß, als sie auf der andern Seite aufgleiche Weise von dem Eisstücke in A wieder empfängt, so daß das Thermometer blös durch

Verlust eines Theils von seinem eigenthümlichen Wärmestoffe, der ihm von Eise nicht wieder ersetzt wird, zum Sinken gebracht werden muß.

Der ganze Versuch läuft also am Ende darauf hinaus, die Thermometerkugel in einem Medium, was mit dem Thermometer im Anfange des Versuches gleiche Temperatur hat, so aufzustellen, daß sie weniger Stralen wieder empfängt, als sie selbst ausströmt, und daher durch ihr eigenes Ausstralen unter die Temperatur der umgebenden Luft herab abgekühlt wird. Es fällt Anfängern mitunter schwer, sich dies zu versinnlichen; es wird aber leicht, wenn man die leuchtenden Stralen wieder zu Hülfe nimmt, und sich vorstellt, daß in dem Brennpunkte des einen Spiegels eine schwarze Kugel, in dem andern aber ein Stück weißes Papier befestiget worden, auf welchem der Brennpunkt einen dunklen Fleck, einen Schatten bildet, ohne daß man sagen kann, das Dunkle werde vom Spiegel zurückgeworfen. Betrachtet man dagegen die dem Spiegel zugekehrte Seite der schwarzen Kugel, so bemerkt man, daß der Rückprall der Stralen des Tagelichts von dem in den anderen Brennpunkt gehaltenen Papiere diese Seite der Kugel sehr bedeutend erhellet.

Eine bei der Lehre von dem Stralen des Wärmestoffs sich aufdringende Frage, die sich aber zur Zeit noch nicht beantworten läßt, ist folgende: Sind die Stralen, welche von verschiedenen erwärmten Körpern ausströmen, gleich warm, aber von ungleicher Dichtigkeit, d. h., ihrer Zahl nach verschieden? — oder können sie ungleich warm seyn? Können aus einem Körper, dessen Oberfläche z. B.

100 Grade Wärmestoff ausstrahlt und dessen Stralen von einem Brennspeigel aufgefangen und in einen engeren Raum verdichtet werden, noch mehr als 100° Wärmestoff hervorgelockt werden?

Leslie hat durch höchst interessante Versuche dargethan, daß die Verschiedenheit der Oberfläche der Körper großen Einfluß auf die Menge des Wärmestoffs hat, den sie ausstralen können, und folglich auch auf die Länge oder Kürze der Zeit, die sie zu ihrer Auskühlung bis zu der Temperatur der umgebenden Luft bedürfen. Polirte und ebene Flächen stralen den wenigsten, gefurchte und unebene mehr, und die mit Ruß und Kohlendampf überzogenen, den meisten Wärmestoff aus. Um dies zu beweisen, mache man sich einen Würfel von Eisenblech, polire die eine Seite desselben, bedecke die zweite mit einer Glasscheibe, schleife die dritte mit Schmirgel matt, oder überziehe sie mit etwas Quecksilber, und bestreiche die vierte mit Kienruß oder räuchere sie über brennender Birkenrinde schwarz. Diesen Würfel fülle man nun mit kochend heißem Wasser, und hänge ihn in den Brennpunkt des einen Brennspeigels, in den andern aber ein Luftthermometer. Man wendet nun zuerst die polirte Seite des Würfels gegen den Speigel und beobachtet das Thermometer so lange, bis es nicht mehr steigt; kehrt man dann die Glasseite nach dem Speigel, so steigt es von neuem; ist es zum Stillstehen gekommen und man dreht nunmehr die matte Seite nach dem Speigel, so fängt es sogleich wieder an höher zu steigen, und wendet man endlich die geschwärzte

40 Verlust des Wärmestoffs durch Mittheilung.

Seite herum, so steigt das Thermometer mit erstaunlicher Schnelligkeit noch höher. Hieraus sieht man, daß der Würfel durch Ausstralen ungleich abgekühlt wird auf allen vier Seiten.

Das Entweichen des stralenden Wärmestoffs trägt in den meisten Fällen mehr zu der Abkühlung der Körper bei, als der Wärmeverlust, welcher durch die Erwärmung der umgebenden Luft entsteht. Leslie hieng warme Körper im luftleeren Raume auf, wo sie sonach hauptsächlich durch Ausstralen abkühlen mußten, und fand, daß sie mit polirter Oberfläche um die Hälfte langsamer, mit berufter Oberfläche hingegen nur um den dritten Theil langsamer, als in der Luft abkühlten, so daß ein Körper im erstern Falle nur halb, im letztern aber zwei Drittel so viel Wärmestoff fahren läßt, als er bei seiner Abkühlung in der Luft verliert.

Wenn ein Körper seinen Wärmestoff durch Mittheilung an andere, in seiner Nähe befindliche Körper verliert; so findet man, daß gewisse Körper ihn sehr schnell aufnehmen, aber auch eben so schnell wieder fahren lassen; andere hingegen ihn zwar langsamer aufnehmen, aber auch länger zurückhalten. Die ersteren nennt man Wärmeleiter, oder in der Alltagssprache: kalte, die letzteren aber Nichtleiter oder warme Körper. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, die schlechtesten hingegen Luft, Wolle, Haare, Holz, Kohle u. a. m. Beweise von der Verschiedenheit des Leitungsvermögens erhält man, wenn man z. B. einen Theelöffel in die Lichtflamme hält, wo

Fortpflanzung der Wärme in flüssigen Körpern, 41

er bald so heiß wird, daß man ihn nicht mehr in der Hand halten kann; dagegen wird ein Stück Kohle durchaus nicht heiß, wenn es auch am andern Ende glüht und brennt. Ein silberner Henkel an einer Theekanne brennt an die Hände, wenn man kochend heißes Wasser in die Kanne gießt; dagegen kann man unter gleichen Umständen Griffe von Holz ohne alle Unbequemlichkeit handhaben. Wenn wir unsern Körper in Kleider von Metalldrath einhüllen wollten, so würden wir im Winter erfrieren, weil der Wärmestoff unseres Körpers durch das Metall unausgesetzt abgeleitet werden würde, statt daß Kleider aus schlechten Wärmeleitern, z. B. aus wollenen Zeuchen, ihn zurückhalten und die Abkühlung unsers Körpers durch die äussere Luft verhindern.

In flüssigen Körpern pflanzt sich die Wärme auf doppelte Weise fort, theils durch Mittheilung von einem Theilchen zum andern, theils dadurch, daß die erwärmte Flüssigkeit sich ausdehnt, leichter wird, in die Höhe steigt und dadurch der kälteren Platz macht, um auf derselben Stelle erwärmt zu werden. Wenn man z. B. Wasser, was mit grob gestoßenen Bernstein oder irgend einem andern leichten Pulver gemengt ist, in ein gewöhnliches Trinkglas gießt, und den Boden des Glases mit Vorsicht über einem Lichte erwärmt, so fängt das Pulver von der Mitte des Bodens an in die Höhe zu steigen und fällt an den Seitenwänden des Glases wieder nieder, ohngefähr wie Fig. 2. Taf. 1. ausweist, so daß ein Theil Wasser nach dem andern, wie in einem unaufhörlichen Wirbel,

42 Fortpflanzung der Wärme in flüssigen Körpern.

über den Boden wegstreicht und hier erwärmt wird. Deckt man dagegen einen heißen Platstahl oder etwas ähnliches auf das Glas und erwärmt so das Wasser von oben herunter, so entsteht kein solcher Kreislauf, sondern das wärmere und leichtere Wasser schwimmt immer oben auf, und das ganze Wasser wird, vermöge seiner leitenden Kraft, nur allmählich, jedoch sehr langsam, niederwärts erwärmt.

Wenn man ein cylindrisches Glas mit Wasser füllt und ein Thermometer so hineinstellt, daß die Kugel desselben nach oben gekehrt ist und etwa noch eine knappe Linie Wasser über sich hat, dann aber etwas Aether oben auf gießt und diesen anzündet, so brennt derselbe eine Linie über der Thermometerkugel fort, ohne daß das Thermometer eher, als nach einer ziemlichen Weile, zu steigen anfängt, obgleich die Oberfläche der Flüssigkeit unmittelbar vom Feuer berührt wird.

Flüssigkeiten sind daher an und für sich ziemlich schlechte Wärmeleiter, und leiten nur dann gut, wenn sie von unten erwärmt werden, wo ihnen die, durch Veränderung ihres specifischen Gewichts veranlasste Bewegung des Wärmestoffs zu statten kommt. Wegen dieser Eigenschaft der Flüssigkeiten muß man bey Kochgefäßen darauf sehn, daß sie auf dem Boden so weit, als möglich, sind, damit eine möglichst große Oberfläche der Flüssigkeit mit der Wärme in Berührung komme; und wenn man das Kochgefäß inwendig mit dünnen Metallstreifen oder Drath durchzieht, so kann die Flüssigkeit um so schneller durchhitzt werden,

weil diese Dräthe den Wärmestoff viel leichter, als die Flüssigkeit selbst, vom Boden aus in die Masse leiten.

Von der Luft wird der Wärmestoff eben so, wie durch das Wasser oder andere Flüssigkeiten, geleitet, nämlich nur zum kleinsten Theile durch Mittheilung, grösstentheils aber durch Verminderung der Schwere und Emporsteigen der erwärmten Theilchen. Dadurch entstehn in der Luft eben solche Wirbel, wie sie (nach Fig. 2.) im Wasser statt finden. — Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn in einem eben erst ausgefegten Zimmer, wo der Staub noch umherfliegt, die Sonnenstrahlen einen dunklen Körper treffen und erwärmen, wo man über diesem unausgesetzt einen Strom von Staub empor steigen sieht.

Der Wärmestoff hat die Eigenschaft, in allen Körpern, denen er mitgetheilt wird, die Zusammenhangs-Verwandschaft (Cohaesion) zu vermindern. Seine erste Wirkung auf einen festen Körper äussert sich daher dadurch, dass er ihn nach allen Richtungen ausdehnt, so dass z. B. eine Eisenstange, von gewisser Länge, die genau in eine dazu gemachte Hohlung passt, nach der Erwärmung nicht allein länger, sondern auch zu dick für diese Hohlung wird. Nach dem Verkühlen zieht sie sich aber wieder bis zu ihrer anfänglichen Grösse zusammen. Füllt man eine Blase halb mit Luft und hält sie über ein Kohlenbecken, so fängt die innere Luft an, sich durch die Wärme nach und nach auszudehnen, und spannt die Blase immer mehr und mehr auf, bis diese endlich mit einem

Knalle zerspringt, wenn das Volumen der Luft so weit vergrößert wird, daß es in der Blase nicht mehr Platz hat.

Diese Eigenschaft des Wärmestoffs, die Körper auszudehnen, dient uns zu Ausmittlung des Grads ihrer Erwärmung, und das Werkzeug, dessen wir uns dazu bedienen, wird ein **Thermometer** genannt. Es besteht aus einer feinen Glasröhre, welche an dem einen Ende zu einer Kugel ausgeblasen, und bis zu einer gewissen Höhe mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, Alkohol, Leinöl u. s. w. angefüllt, und über welcher sodann die Röhre luftleer gemacht und zugeschmolzen wird. Man nimmt am liebsten Quecksilber in die Thermometer, weil dessen Ausdehnung mit den Wärmegraden innerhalb gewisser Grenzen in gleichförmigen Verhältnissen bleibt, was bei andern Flüssigkeiten nicht ganz der Fall ist. Alkohol braucht man dagegen theils zu solchen Thermometern, welche kleine Veränderungen der Temperatur angeben sollen, weil Alkohol von der Wärme mehr ausgedehnt wird, theils zu solchen, womit höhere Kältegrade gemessen werden sollen, weil der Alkohol bei keinem bis jetzt hervorgebrachten Kältegrade zum Gefrieren kommt. — Wenn nun z. B. das Quecksilber in der Kugel erwärmt wird, so dehnt es sich aus und tritt in die Röhre, und muß daher, so oft das Thermometer mit einem wärmeren Körper in Berührung kommt, allemal in der Röhre steigen, bei der Abkühlung durch einen kälteren Körper aber darin herabsinken.

Die Thermometerröhre wird mit Graden bezeichnet, welche dadurch bestimmt werden, daß man die Kugel zuerst in schmelzenden Schnee oder in Wasser mit Schnee gemengt, eintaucht, und den Punkt bis zu welchem das Quecksilber herabsinkt, mit 0° bemerkt, dann aber in kochendes Wasser bringt und den Stand des Quecksilbers mit 100° bezeichnet. Den Raum zwischen beiden Punkten theilt man in 100 gleiche Theile, die man Grade nennt, und man kann die Röhre nach ihrer ganzen Länge gradiren, wenn man auch die Räume über 100° und 0° in gleichgroße Grade eintheilt. Bei dieser Gradirung muß man jedoch um deswillen sehr vorsichtig zu Werke gehen, weil der Siedepunkt des Wassers, wie ich weiter unten zeigen werde, veränderlich ist, und theils von der Höhe des Barometerstandes, theils von der Höhe der zum Sieden gebrachten Wassersäule abhängt, so daß der Siedepunkt allemal höher ausfällt, wenn er entweder bei hohem Barometerstande bestimmt, oder die Thermometerkugel zu tief in die kochende Flüssigkeit eingetaucht worden ist. Deshalb muß auf der Skala eines jeden guten Thermometers der Barometerstand, bei welchem es gradirt worden, angegeben werden. Auch ist zu bemerken, daß, nach Gay-Lussacs Beobachtung, das Wasser in metallenen Gefäßen bei einer, um $1\frac{2}{3}$ Grad niedrigeren Temperatur, als in Glasgefäßen, zum Sieden kommt. Die Ursache dieser Erscheinung wird da erklärt werden, wo vom Kochen des Wassers die Rede ist.]

Will man sehr kleine Temperatur-Veränderungen messen, so schließt man Luft in die Kugel des Thermometers ein, zu welchem Behuf aber die Röhre ein Stück von der Kugel abgebogen werden muß; die Röhre wird sodann mit einer dunklen Flüssigkeit, z. B. mit geschwärzter Schwefelsäure, oder mit einer Lösung von Extractivstoff in kautischem Kali, so gefüllt, daß die Flüssigkeit einen geringen Theil der Kugel mit einnimmt. Wenn nun die in der Kugel eingeschlossene Luft sich ausdehnt, so steigt die dunkle Flüssigkeit in der Röhre in die Höhe und zeigt die Erwärmung an, und umgekehrt. Sobald indessen eine höhere Säule von Flüssigkeit der Ausdehnung der Luft in der Kugel entgegenarbeitet, so wird das Instrument zum Messer der Temperatur unzuverlässig, und man bedient sich daher des Luftthermometers nur zu Bestimmung sehr geringer Temperatur-Veränderungen, die an anderen Thermometern nicht mit hinreichender Genauigkeit beobachtet werden können, z. B. bei den oben angeführten Versuchen über die kälten Stralen.

Dulong und Petit haben durch eine Reihe der genauesten Versuche erwiesen, daß die Luft und luftförmige Körper die Eigenschaft besitzen, sich bei gleichem Zuschusse von Wärme, sowohl bei der niedrigsten, als bei der höchsten Temperatur, gleichförmig auszudehnen, daß sonach Luft der einzige Körper ist, durch dessen Ausdehnung die relativen Wärmemengen bei ungleichen Temperaturen richtig gemessen werden können, und daß hingegen alle andere Körper im festen oder

tropfbarflüssigen Zustande sich ungleich ausdehnen, und die aus ihnen gefertigten Thermometer sämtlich unrichtige Resultate geben müssen. Das Quecksilber kommt den luftförmigen Körpern hierin noch am nächsten, und zwischen -36° und $+100^{\circ}$ findet kein merklicher Unterschied zwischen einem Quecksilberthermometer und den Resultaten der Ausdehnung der Luft in einem dazu gehörig eingerichteten Instrumente statt; aber über die Temperatur von $+100^{\circ}$ hinaus geben beide ungleiche Resultate, wie folgende Tafel zeigt:

Luftthermometer.	Quecksilberthermom.
-35°	-36°
0°	0°
$+100^{\circ}$	$+100^{\circ}$
150°	$148^{\circ},70$
200°	$197^{\circ},05$
250°	$245^{\circ},05$
300°	$292^{\circ},70$
360°	$350^{\circ},00$

Die Luft ist sonach der einzige, zu Messung höherer Warmegrade taugliche Körper; doch ist vorerst noch eine bequeme Art zu deren Anwendung für diesen Behuf zu erfinden.

Bei allen Messungen von Temperaturen, welche eine große Genauigkeit erfordern, müssen die Veränderungen mit in Rechnung gebracht werden, welche durch die Ausdehnung des Glases mittelst des Wärmestoffs veranlaßt werden. Dulong und Petit haben gefunden, daß das Glas bei $+100^{\circ}$

48 Ausdehnung des Glases durch die Wärme.

sich um $\frac{1}{38700}$ desjenigen Raumes ausdehnt, den es bei 0° einnimmt, ferner bei $+200^\circ$ um $\frac{1}{37300}$, und bei $+300^\circ$ um $\frac{1}{35500}$. Diese Ausdehnung des Glases veranlaßt bei $+100^\circ$ und 200° eine scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers, welche von der Verengung der inneren Hohlung der Glasröhre herrührt, und nach Laplace's und Lavoisier's Versuchen auf jeden Grad des 100theiligen Thermometers $\frac{1}{2430}$ vom Volumen des Quecksilbers bei 0° betragen soll, jedoch nicht immer gleich groß ist und im Durchschnitt zu $\frac{1}{2600}$ angenommen werden kann.

Bei $+300^\circ$ ist die Ausdehnung des Glases bereits so bedeutend, daß alle Regelmäßigkeit des Resultats verloren geht. Das Quecksilber dehnt sich nach Dulong und Petit bei $+100^\circ$ um $\frac{1}{3350}$, bei $+200^\circ$ um $\frac{1}{323}$ und bei $+300^\circ$ um $\frac{1}{308}$ desjenigen Raumes aus, den es bei 0° einnimmt. Bei 300 wirklichen Wärmegraden, d. h. nach dem Luftthermometer gemessen, sollte sonach ein Quecksilberthermometer, was aus einer Masse gefertigt wäre, die mit dem Quecksilber sich gleichförmig ausdehnte, $+314^\circ,15$ zeigen; wogegen aber ein auf die gewöhnliche Weise eingerichtetes Thermometer, wegen der bedeutend geringeren Ausdehnung des Glases nicht mehr als $307^\circ,64$ zeigt.

Wollte man sich zum Messen der Temperaturen der nachbenannten Körper bedienen, so würden, nach Dulong's und Petit's Versuchen, die daraus gefertigten Thermometer bei $+300^\circ$ des

des Luftthermometers die bei jedem dieser Körper angegebene Anzahl Grade nachweisen; nämlich

Eisen	332°,2
Silber	329°,3
Zink	328°,5
Antimon	324°,8
Glas	322°,1
Kupfer	320°,0
Platina	317°,9
Quecksilber	314°,15

Den verschiedenen Grad der Erwärmung eines Körpers nennt man seinen Wärmegrad oder seine Temperatur. Die Grade über 0 werden mit +, die unter 0 mit — bezeichnet, so daß 10 Grade Wärme mit + 10° und 10 Grade Kälte mit — 10° ausgedrückt werden. Zu Beurtheilung der Temperatur eines Körpers bedienen wir uns auch oft unseres Gefühls, was aber sehr betrüglich ist, weil es von unserer eigenthümlichen Wärme abhängt und daher, wie diese, veränderlich ist, so daß ein Körper, den wir in der Hand warm finden, uns, an das Gesicht gehalten, kalt vorkommt, weil das Gesicht wärmer als die Hand ist, denn wir nennen Körper warm, welche uns Wärmestoff mittheilen, kalt aber diejenigen, die unserem Körper Wärmestoff entziehen. Kälte ist demnach nichts anderes als Mangel an Wärme.

Zu Ausmittlung solcher hoher Temperaturen, bei welchen das Quecksilber ins Kochen gerathen würde, bedient man sich anderer Werkzeuge, welche man Pyrometer oder Feuergradmesser .

nennt, und von welchen das Wedgewoodsche am meisten im Gebrauche ist. Es besteht aus kleinen Cylindern von einer eigenen Art Thon, welche im Feuer schwinden, und nach deren stärkerer oder geringerer Schwindung man die Höhe des Hitzegrads beurtheilt, welchem sie ausgesetzt gewesen ist. Die Ursache des Schwindens ist, daß die kleinsten Theilchen des Thons in diesen Cylindern kein Continuum ausmachen, sondern bloß mechanisch an einander geklebt sind; sobald nun der Thon erhitzt wird und sich mehr und mehr dem Schmelzen nähert (was jedoch in unseren gewöhnlichen Feuerstätten unmöglich ist), so backen diese Theilchen zusammen, ganz auf dieselbe Weise, wie eine Masse von Harzmehl auf einem warmen Kachelofen, der aber nicht so heiß seyn darf, das Harz zu schmelzen, — schwindet, wenn die einzelnen Stäubchen äusserlich zusammen zu backen anfangen. Das Pyrometer ist übrigens ein höchst unzuverlässiges Werkzeug, und man muß, um nur einigermaßen sichere Resultate damit zu erhalten, immer mehrere Cylinder auf einmal anwenden, und aus ihren verschiedenen Schwindungen die Mittelzahl nehmen.

Sobald ein fester Körper bis zu einem gewissen Grade erwärmt wird, vermindert sich seine Zusammenhanga-Verwandschaft (Cohäsion) dergestalt, daß seine kleinsten Theilchen beweglich werden, ihre Lage gegen einander verändern und mit geringer mechanischer Kraft getrennt werden können. Der Körper wird dann flüssig, und dieser Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand

heißt Schmelzung. Ein geschmolzener Körper hat allezeit eine horizontale (nach der Abrundung der Erde gebildete und mit dieser concentrische) Oberfläche. Man pflegt einen solchen Körper tropfbar flüssig, oder noch lieber ein Liquidum, zu nennen, zum Unterschied von Fluidum, was auch von luftförmig flüssigen Körpern gebraucht werden kann. Nach Verschiedenheit der Körper wird auch eine verschiedene Temperatur zu Hervorbringung dieses Zustandes erfordert, so daß manche schon bei der gewöhnlichen mittleren Luftwärme, oder noch vor dem Glühen schmelzen, wieder andere einen noch höheren Grad von Hitze dazu erfordern und endlich manche selbst bei den höchsten Wärmegraden, die wir hervorzubringen im Stande sind, durchaus nicht zum Schmelzen kommen. Quecksilber z. B. schmilzt schon bei -35° ; Wasser bei 0° ; Wachs bei $+65^{\circ}$; Zinn bei $+228^{\circ}$; Blei bei $+312^{\circ}$; Kupfer bei $+2530^{\circ}$ und Eisen bei $+12000^{\circ}$, u. s. w., wenn man anders diesen Angaben, insoweit sie durch Pyrometer-Versuche ausgemittelt sind, Glauben beimessen darf.

Ver mehrt man die Temperatur eines geschmolzenen Körpers noch weiter bis zu einer gewissen Höhe, so wird der Zusammenhang seiner Theilchen noch mehr geschwächt, und der Körper nimmt Luft- oder Gasgestalt an. Dadurch entsteht das Sieden, wobei kleine Bläschen des gebildeten Gases durch den bloß noch geschmolzenen Theil des Körpers emporsteigen und auf der Oberfläche zerspringen. Das Sieden oder Kochen ist so-

nach nichts anders, als die Bewegung, welche durch das Aufsteigen eines geschmolzenen Körpers in Luftgestalt hervorgebracht wird. Jeder flüssige Körper, welcher Gasgestalt annehmen kann, siedet, wenn er nicht eingesperrt ist, in freier Luft bei einer bestimmten Temperatur, z. B. Aether siedet bei $+ 36\frac{2}{3}^{\circ}$, Alkohol bei $+ 80^{\circ}$, Wasser bei $+ 100^{\circ}$, Schwefelsäure bei $+ 310^{\circ}$, Quecksilber bei $+ 356\frac{1}{4}^{\circ}$, u. s. f., und diese Flüssigkeiten können dann nicht über diesen Wärmegrad hinaus erhitzt werden, sondern aller Wärmestoff, der ihnen weiter zugeführt wird, verbindet sich mit einem Theile der Masse und giebt ihr Gasgestalt.

Die Temperatur, bei welcher ein Körper in der Atmosphäre siedet, ist, nach Verschiedenheit des Druckes der letztern, d. h. nach dem verschiedenen Stande des Barometers, veränderlich; eben so bringt, unter übrigens gleichen Umständen, die Höhe der siedenden Flüssigkeit Veränderungen darin hervor. Die Ursache davon ist sehr einfach. Wenn eine Flüssigkeit siedet, so bilden sich am Boden des Gefäßes kleine Bläschen, welche sowohl die darüberstehende Flüssigkeit, als auch die darauf drückende Luft emporheben müssen, weil beide durch ihre Schwere gemeinschaftlich dahin streben, die Bläschen zusammen zu drücken, d. h. im tropfbarflüssigen Zustande zu erhalten. Daher muß bei Vermehrung des Druckes der Atmosphäre oder bei Erhöhung der Säule der Flüssigkeit und des daraus folgenden stärkeren Druckes derselben, auch die Kraft, welche diese Bläschen bildet, d. h. die Temperatur, erhöht werden.

Im luftleeren Raume sieden daher die Flüssigkeiten bei bedeutend niedrigeren Temperaturen, als in freier Luft. Das Wasser kann darin bei allen Temperaturen über 0° zum Kochen gebracht werden, wenn man nur eine solche Vorrichtung trifft, daß dessen untere Schicht um einige Grade wärmer, als die Oberfläche erhalten wird; ist aber dessen Temperatur auf der Oberfläche am höchsten, oder durch die ganze Masse gleichförmig, so steigt das Wasser von seiner Oberfläche in Gasgestalt auf, weil dann kein Umstand vorhanden ist, welcher die Gasbildung im Innern der Masse veranlaßt, daher dieselbe nun ohne alles Hinderniß auf der Oberfläche vor sich geht. Man kann sich hiervon durch einen recht artigen und leichten Versuch überzeugen. Man füllt nämlich eine Florentinerflasche (eine von den eirunden Flaschen, in welchen das Tafelöl aus Italien verführt wird) zu $\frac{3}{4}$ mit Wasser, und pfropft sie mit einem guten Kork fest zu, in welchem vorher eine Glasröhre eingepaßt worden, deren aus der Flasche hervorragender Theil zu einer feinen Spitze ausgezogen ist. Man bringt nun das Wasser zum Sieden, schmelzt, nach einviertelstündigem Kochen, und ohne dasselbe zu unterbrechen, die feine Spitze der Röhre wieder zu, und nimmt die Flasche augenblicklich vom Feuer. Beim Sieden ist nun alle Luft durch die Wasserdämpfe ausgetrieben worden; diese letztern aber verdichten sich wieder beim Abkühlen der Flasche und lassen einen luftleeren Raum über dem Wasser zurück. Wenn man daher die Flasche oberhalb der Flüssigkeit mit einem kalten Körper

54 Einfluss der Gefäße auf das Kochen.

schnell abkühlt, und damit eine noch größere Menge Wasserdämpfe verdichtet; so wird der obere Raum noch mehr luftleer und das Wasser fängt in der Flasche von neuem an zu kochen. Senkt man die ganze Flasche bis beinahe an den Hals in kaltes Wasser (z. B. in einem Glasbecher); so geräth die ganze Wassermasse in der Flasche in ein heftiges Kochen, weil die Wasserdämpfe im oberen Theile der Flasche durch das sie umgebende kalte Wasser unaufhörlich verdichtet werden, und dieses Kochen dauert so lange fort, bis das Wasser zu einem gewissen Grade abgekühlt ist, was gewöhnlich gegen eine Viertelstunde dauert.

Gay - Lussac hat die Bemerkung gemacht, daß flüssige Körper leichter in Gas verwandelt werden, wenn sie mit eckigen, rauhen und unebenen Oberflächen in Berührung stehen, als wenn sie von völlig glatten und ebenen Flächen berührt werden. Ich habe schon oben seiner Beobachtung erwähnt, daß Wasser in Metallgefäßen bei $1\frac{1}{2}$ Grad niedrigerer Temperatur, als in Glasgefäßen kocht, weil die Oberfläche des Metalls, selbst wenn sie polirt ist, immer noch Unebenheiten behält, die sich an der durch Schmelzung gebildeten Oberfläche des Glases nicht finden. Erhitzt man Wasser in einem Glasgefäße bis zu dem Punkte, wo es eben zu kochen anfangen soll, und wirft dann Eisenfeilspäne, gepulvertes Glas, oder irgend einen anderen Körper in Pulvergestalt hinein; so geräth es augenblicklich in heftiges Kochen, so daß es oft überläuft, ohngeachtet es durch das zugesetzte Pulver abgekühlt wird, und fährt dann auch fort, bei

derselben Temperatur, wie im Metallgefäße, zu kochen. Der Wärmestoff scheint daher von unebenen Oberflächen leichter, als von ebenen, mitgetheilt zu werden, so wie wir weiter unten bei der Electricität ein gleiches Verhalten kennen lernen werden. Inzwischen kann dies nicht die einzige Ursache jener Erscheinung seyn, weil, wenn man in eine Flüssigkeit, in welcher ein Gas aufgelöst und dem Entweichen nahe ist, ein Pulver von gleicher Temperatur mit der Flüssigkeit selbst bringt, ein Theil des Gases von der Oberfläche der Pulverkörnchen aus entwickelt wird.

Das Sieden ist inawischen nicht die einzige Weise, die Körper in Luftgestalt zu versetzen. Die meisten flüchtigen Körper lassen schon bei der gewöhnlichen Lufttemperatur einen sehr kleinen Theil ihrer Masse fahren, der in Luftgestalt entweicht und dessen Menge bei erhöhter Temperatur sich vermehrt. Die Körper verlieren dabei un-
aufhörlich am Umfange, und wenn dies mit Flüssigkeiten der Fall ist, so, sagt man, sie trocknen ein. Ihr allmäliges Aufsteigen in Luftgestalt nennt man Verdunstung. Sie geht am leichtesten im luftleeren Raume, in der Luft aber desto langsamer vor sich, je schwerer diese ist, am langsamsten aber in solcher Luft, die mit dem verdunsteten Körper schon stark geschwängert ist.

Um zu zeigen, wie leicht die Verdunstung in einem Raume vor sich gehe, welcher dem Drucke der Luft nicht ausgesetzt ist, hat man ein eigenes Werkzeug erfunden (Taf. 1. Fig. 3.) Man bläst an beide Enden einer Glasröhre Kugeln an, wovon

die eine nach aussen zugeblasen, die andere aber in eine feine Spitze ausgezogen wird. Diese Röhre füllt man durch die feine Spitze zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser, und zwar dergestalt, daß man die Kugel erwärmt, die Luft dadurch austreibt, und sodann die Spitze ins Wasser steckt, welches nun beim Zusammenziehen der Luft während des Abkühlens in die Röhre eindringt. Hierauf stellt man die Röhre in einer etwas geneigten Richtung mit der Spitze nach oben, bringt unter die untere Kugel eine Spirituslampe und läßt das Wasser ohngefahr eine halbe Stunde lang, oder so lange kochen, bis es nur noch einen kleinen Raum über der Kugel einnimmt; das Kochen muß sehr gleichförmig unterhalten und aller Luftzug vermieden werden, weil beim Unterbrechen des Kochens sehr leicht wieder Luft durch die Spitze eingesogen wird. Ist das Wasser durch Kochen so weit vermindert, so schmelzt man die Spitze zu, während man die Spirituslampe unter der siedenden Kugel immer tiefer senkt und endlich ganz wegnimmt, sobald die Spitze zugeblasen ist. Diese wird sodann so nahe als möglich am Umkreise der Kugel abgeschmolzen. Hält man nun (wie Fig. 3 zeigt) die Röhre in schiefer Richtung, so daß in der untern Kugel, die man in die Hand nimmt, noch ein kleiner luftleerer Raum bleibt, so fängt die Oberfläche des eingeschlossenen Wassers durch die Wärme der Hand an zu verdunsten, und es steigt aus der Kugel eine Blase von Wassergas nach der andern in das Rohr. Ist die Vorrichtung gut gemacht und gehörig luftleer, so verdichtet sich jede Luftblase,

ehe sie noch die Oberfläche des Wassers im Rohre erreicht, mit einem kleinen Knall, indem das Wasser beim Verschwinden der Blase zusammenschlägt. Man hat dieses Werkzeug deshalb einen Pulshammer genannt, weil ein schnellerer Puls gewöhnlich eine grössere Wärme der Hand, diese aber ein schnelleres Aufsteigen der Luftblasen in der Glasröhre erzeugt. Läßt man keinen luftleeren Raum in der Kugel, so erfolgt diese Erscheinung nicht, weil dann keine verdunstende Oberfläche gebildet wird und die Wärme der Hand nicht hinreicht, um das Wasser zum Kochen zu bringen.

Dieses alles bezieht sich blos auf die Verdunstung im luftleeren Raume; sie findet aber auch in der Luft und in anderen luftförmigen Körpern statt, und ich werde daher bei der Lehre von der Verdunstung des Wassers in der Luft zugleich von der Verdunstung flüchtiger Körper im Allgemeinen handeln, und die bisher entdeckten Gesetze für selbige anführen, die allen verdunstenden Körpern gemeinschaftlich zu seyn scheinen.

Einen in Luftgestalt verwandelten Körper nennt man ein Gas, zum Unterschied von Luft, worunter man eigentlich dasjenige Gasgemenge versteht, was unsere Erdatmosphäre ausmacht. Ein Gas ist, wie ein Liquidum, ein flüssiger Körper; allein seine kleinsten Theilchen breiten sich nach allen Richtungen aus und nehmen daher in unseren Gefäßen keine horizontale Oberfläche an.

Bei allen diesen Veränderungen, welche der Wärmestoff in der Aggregationsform der Körper hervorbringt, verbinden sich diese mit einem Theile.

des Wärmestoffs, der alsdann einen wesentlichen Bestandtheil der flüssigen Körper ausmacht, ohne welchen sie nicht flüssig seyn könnten, und welcher sich nun weder durch das Thermometer, noch auch unserem Gefühle mehr veroffenbaret. Diese Wärme nennt man gebundene Wärme zum Unterschiede von derjenigen, welche die Körper ohne Veränderung ihrer Aggregationsform aufnehmen und fahren lassen können, und welche allemal auf unser Gefühl und auf das Thermometer wirkt, und deshalb freie Wärme genannt wird.

Zur Erläuterung dieses Gegenstandes diene folgendes Beispiel. Man stelle zwei Schaaalen, wovon die eine ein Pfund eiskaltes Wasser, die andere aber eben so viel schmelzenden Schnee enthält, nicht weit von einander auf einen geheizten Stubenofen. Nach einer Weile wird man finden, daß die Schaaale mit Wasser schon wärmer als vorher ist, und endlich lauwarm wird, dagegen aber die andere Schaaale, worin der Schnee im Schmelzen ist, noch eben so kalt ist, als vorher, ohngeachtet sie eine gleiche Menge Wärme erhalten hat. Dies rührt daher, daß alle Wärme, welche der Schnee empfängt, sich mit ihm zu flüssigen Wasser vereinigt, also gebunden wird und daher weder auf das Thermometer, noch auf unser Gefühl mehr wirken kann. Ist aber aller Schnee geschmolzen und wird sonach keine Wärme mehr gebunden, so fängt auch diese Schaaale an sich zu erwärmen, oder freie Wärme zu erhalten.

Wenn Wasser, nicht durch Erkältung, sondern durch Einwirkung irgend einer andern Kraft feste

Gestalt annimmt, so entwickelt sich der daran gebundene Wärmestoff auf Ein Mal, wird frei und erzeugt eine starke Hitze. Wenn man z. B. gewisse Salzaufösungen in der Wärme bis zu einem gewissen Grade stark abdampft und dann abkühlen läßt, so bleibt die Flüssigkeit bei völliger Ruhe klar und unverändert; rührt man sie aber um, so erstarrt die Salzmasse auf Einmal, und wird durch den gebundenen Wärmestoff, durch welchen sie flüssig erhalten wurde, der aber im Augenblicke des Erstarrens wieder frei wird, erwärmt. Eben so wird Wasser, was man bei vollkommener Ruhe einer Kälte von -3° bis -5° aussetzt, bis zu -3° und -5° erkältet, ohne zu gefrieren; schüttelt man es aber dann schnell um, so gefriert es sogleich und ein hineingesetztes Thermometer steigt von dem Kältegrade, den das Wasser hatte, bis 0, weil nunmehr die gebundene Wärme des Wassers augenblicklich frei wird.

Wenn ein Körper aus der flüssigen in die Gasgestalt übergeht, so vereinigt er sich mit einer noch weit größeren Menge Wärmestoff, die, so lange der Körper seine Gasgestalt behält, vom Thermometer nicht angegeben wird. Daher kann eine Flüssigkeit nicht über ihren Siedepunkt hinaus erhitzt werden, weil aller Wärmestoff, der ihr nachher noch zugeht, gebunden und vom aufsteigenden Gase fortgeführt wird. Dabei ist der Umstand noch zu bemerken, daß viele Körper, welche Gasgestalt angenommen haben, weder durch Erkältung, noch durch Zusammendrücken noch durch beides zusammen, wieder zur flüssigen oder festen

60 Unbeständige Gase. (Dämpfe. Dünste.)

Gestalt gebracht oder von ihrem Wärmestoffe wieder getrennt werden können. Solche Körper nennt man beständige oder permanente Gase; Beispiele davon liefern das Sauerstoffgas, Kohlensäuregas u. m. a. Durch Verbindung mit andern Körpern können sie eben so, wie sich das Wasser mit gebranntem Kalk vereinigt, in feste oder flüssige Gestalt gebracht werden, wobei sich ihr Wärmestoff ausscheidet, frei und fühlbar wird. Jedes Gas hat sonach zwei Hauptbestandtheile, Wärmestoff und einen wägbaren Stoff, von welchem es seinen Namen erhält.

Die gasförmigen Körper, welche durch Druck oder Abkühlung wieder in feste oder flüssige Gestalt versetzt werden können, sind diejenigen, welche durch Kochen, z. B. von Naphta, Alkohol, Wasser, Schwefel, verschiedenen Metallen u. s. w. gebildet werden. So lange man diese Körper in einer Temperatur erhält, die ihren Siedepunkt übersteigt, so behalten sie Durchsichtigkeit, Spannkraft und alle Eigenschaften eines Gases; sobald sie aber einen kalten Körper berühren, theilen sie diesem ihren gebundenen Wärmestoff mit, erwärmen denselben und das Gas sammelt sich nun um ihn in flüssigen Tropfen, oder schießt in fester Gestalt an ihm an.

Kommt ein solches Gas an die freie Luft, so wird ihm sein Wärmestoff von dieser entzogen, und in jedem Punkte derselben ein kleiner Theil davon abgesetzt, so daß die Luft davon undurchsichtig wird, und gleichsam eine Art Rauch bildet. In diesem Zustande ist es aber nicht mehr Gas,

sondern bildet bloß feste oder flüssige in der Luft angehäufte Theilchen, die sich noch nicht haben zusammensammeln können, und erhält dann den Namen Dampf oder Dunst. Wenn man z. B. in einem Glasgefäße, was zu einer feinen Röhre ausgezogen ist, Wasser zum Sieden bringt, so findet man das Wassergas im Gefäße oberhalb der Flüssigkeit völlig durchsichtig; sobald es aber aus der Röhre hervortritt, wird es augenblicklich trübe, und bildet eine mehr oder weniger dicke Wolke, welche daher entsteht, daß das Wassergas, was innerhalb des Gefäßes genug Wärmestoff gebunden hatte, um seine Luftgestalt und Durchsichtigkeit zu behalten, in der Luft abgekühlt und in unendlich kleinen Tropfen, oder richtiger, in kleinen Bläschen niedergeschlagen wird, welche jene Wolken bilden.

Unter der Benennung Dämpfe verstehen Manche diejenigen Gase, welche durch Kochen gebildet werden, sowohl in ihrem vollkommen gasförmigen, als im schon gefällten, oder eigentlich dampfförmigen Zustande; dies ist jedoch unrichtig. Man würde vielleicht besser thun, diese Gase zum Unterschied von den erwähnten beständigen oder permanenten Gasen, unbeständige zu nennen.

Verschiedene Gase, die in der gewöhnlichen Temperatur der Luft ihre Gasgestalt beibehalten, können bei höheren Kältegraden verdichtet werden, wie z. B. Ammoniakgas und schwefelsaures Gas.

62 Eigenthüml. Wärme. Wärme-Capacität d. Körp.

Verschiedenartige Körper können bei gleichen Wärmegraden dennoch verschiedene Mengen Wärmestoff enthalten, oder mit andern Worten: von zwei gleich kalten Körpern, die bis zu gleichem Grade erwärmt werden sollen, kann der eine mehr Wärmestoff hiezu erfordern, als der andere. Diese ungleiche Menge Wärmestoff, welche die Körper bei gleicher Temperatur enthalten, heisst ihre eigenthümliche (specifische) Wärme. Von einem Körper, welcher eine grössere eigenthümliche Wärme, als ein anderer besitzt, sagt man, er habe eine grössere Fähigkeit oder Capacität für Wärme; diese Eigenschaft steht aber mit der Dichtheit der Körper ausser Verbindung, da ein dichter Körper oft eine grössere eigenthümliche Wärme besitzt, als ein minder dichter, und umgekehrt.

Wenn man gleiche Theile eiskaltes und siedendheisses Wasser mit einander mengt, so nimmt das Gemenge nachher eine Wärme von 50° an, weil das warme und kalte Wasser einerlei Wärme-Capacität besitzen. Mengt man hingegen eiskaltes Wasser mit einer gleichen Gewichtsmenge bis zu $+100^{\circ}$ erwärmten Quecksilbers, so nimmt das Gemenge nur einen Wärmegrad von $+3^{\circ}$ an, und folglich gebraucht das Quecksilber, um bis zu $+97^{\circ}$ erwärmt zu werden, nicht mehr Wärmestoff, als das Wasser zu seiner Erwärmung bis zu $+3^{\circ}$ bedarf. Mengt man gleiche Gewichtstheile $+100^{\circ}$ warmes Wasser und 0° warmes Quecksilber zusammen; so wird aus demselben Grunde das Gemenge eine Temperatur von $+97^{\circ}$ zeigen,

weil das Wasser nur 3° herzugeben braucht, um das Quecksilber bis auf 97° zu erwärmen. Das Wasser enthält demnach bei gleichem Wärmegrade ziemlich 33 mal soviel Wärmestoff, als das Quecksilber. Zu Vergleichung der eigenthümlichen Wärme fester und flüssiger Körper bedient man sich gewöhnlich, wie bei Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts, des Wassers zum Maasstabe, dessen eigenthümliche Wärme $= 1,000$ angenommen wird. Die eigenthümliche Wärme des Quecksilbers beträgt hiernach 0,033. Die eigenthümliche Wärme der Gasarten hingegen bestimmt man nach der eigenthümlichen Wärme der Luft, welche $= 1,000$ gesetzt wird.

Da sich indessen nicht alle Stoffe auf die angegebene Weise mengen lassen, und überhaupt während des Mengens viel Wärmestoff von der Luft und den übrigen Umgebungen fortgeführt wird; so hat man zum Messen der eigenthümlichen Wärme der Körper ein eigenes Werkzeug erfunden, was den Namen Calorimeter erhalten hat. Es besteht in der Hauptsache aus einer Eiskugel, in welche die Körper, deren specifische Wärme zu untersuchen ist, hineingelegt werden. Die Eiskugel wird äusserlich abwechselnd von Nichtwärmeleitern und Eis umgeben, so dass sie fortdauernd auf 0 erhalten wird und durch die Temperatur der umgebenden Luft nicht geschmolzen werden kann. Wenn man nun einen Körper von bestimmtem Gewichte und der bis zu einem gewissen Grade über 0 erwärmt ist, in die Eiskugel auf ein darin angebrachtes Gestelle legt, so

64 Dulong's u. Petit's Versuche üb. eigenth. Wärme.

mufs derselbe bei seiner Abkühlung bis zum Frostpunkte eine gewisse Menge Eis schmelzen, die mit der Menge seines eigenthümlichen Wärmestoffs im Verhältnisse steht. Die Calorimeter sind daher so eingerichtet, dafs man das geschmolzene Wasser auffangen und wägen kann, wo denn die eigenthümliche Wärme der Körper sich allemal so verhält, wie das Gewicht des Eises, was sie bei ihrem Verkühlen geschmolzen haben. Wenn man z. B. in die Eiskugel des Calorimeters 2 Loth Wasser von $+ 40^{\circ}$ Wärme stellt, so schmelzt dasselbe z. B. 1 Loth Eis; stellt man hingegen 2 Loth Quecksilber von gleicher Temperatur hinein, so schmelzen diese nur $\frac{33}{1000}$ Loth des Eises. Da auf dieselbe Weise 2 Loth Eisen von $+ 40^{\circ}$ nur $\frac{125}{1000}$ Loth Eis, oder etwas darüber, schmelzen, so mufs dessen eigenthümliche Wärme 0,125 seyn, u. s. w.

Das Thermometer bestimmt sonach den Wärmegrad eines Körpers, das Calorimeter hingegen seine Wärmemenge bei einem gegebenen Wärmegrade.

Dulong und Petit haben sich eines anderen Verfahrens zum Messen der eigenthümlichen Wärme der Körper bedient, welches sich auf den Umstand gründet, dafs die Körper desto langsamer in einem gegebenen Medium und unter übrigens gleichen Bedingungen auskühlen, je gröfser ihre eigenthümliche Wärme ist. Ihre Methode geht also darauf hinaus, den Zeitraum zu bestimmen, binnen welchem verschiedene Körper von einer gewissen gegebenen Temperatur an, und unter übrigens gleichen Umständen, abkühlen. Zu diesem Behuf be-

dienen sie sich eines kleinen cylindrischen Gefäßes von dünnem Silberbleche, welches äusserlich blank ist, und in dessen Axe ein Thermometer eingesetzt wird, dessen Röhre durch ein dazu bestimmtes Loch im Deckel des Gefäßes durchgeht. Der Körper, dessen eigenthümliche Wärme untersucht werden soll, wird gepulvert und so in den Cylinder eingefüllt, daß die Thermometerkugel mitten in die Masse desselben zu stehen kommt. Dadurch wird gewonnen, daß die Oberfläche immer gleich groß und stets gleichförmig ausstrahlend bleibt. Hierauf wird der Cylinder erhitzt und unter einen Recipienten gebracht, welcher luftleer gepumpt werden kann. Sobald der Cylinder soweit abgekühlt ist, daß das in seinem Innern befindliche Thermometer noch eine um 10° bis 5° höhere Temperatur zeigt, als der Raum, worin der Versuch geschieht, bemerkt man einen dieser Grade und berechnet die Zeit, welche der Cylinder bedurft hat, um bis zu gleicher Temperatur mit der ihn umgebenden Luft abzukühlen. Dadurch, daß der Cylinder im luftleeren Raume auskühlt und daß sein Aeußeres wegen seiner polirten Oberfläche wenig Wärme ausstrahlt, werden die Abkühlungszeiträume verlängert und die Resultate zuverlässiger; um aber die eigenthümlichen Wärmegrade daraus zu berechnen, wird ein Calcul nothwendig, dessen Beschreibung ausser den Grenzen eines chemischen Lehrbuchs liegt.

Dulong und Petit haben gefunden, daß die eigenthümliche Wärme mit der Temperatur zunimmt. So beträgt z. B. die Eigenwärme des Ei-

66 Veränderungen der Wärmecapacität.

sens, nach den aus ihren Versuchen abgeleiteten Mittelzahlen zwischen 0° und $100^{\circ} = 0,1098$; zwischen 0° und $200^{\circ} = 0,1150$; zwischen 0° und $300^{\circ} = 0,1218$; und endlich zwischen 0° und $350^{\circ} = 0,1255$. Folgende Tafel zeigt die Unterschiede zwischen der eigenthümlichen Wärme der nachbenannten Körper nach ihren Mittelzahlen zwischen 0° und 100° , und 0° und 300° .

Eigenthümliche Wärme nach einer Mittelzahl

	zwischen 0° u. 100°	zwischen 0° u. 300°
Quecksilber	0,0330	0,0350
Zink . . .	0,0927	0,1015
Antimon . .	0,0507	0,0549
Silber . . .	0,0557	0,0611
Kupfer . . .	0,0949	0,1013
Platina.. .	0,0335	0,0355
Glas	0,177	0,190.

Die Wärme-Capacität der Körper kann durch mancherlei Ursachen verändert werden, und es entsteht bei jeder solchen Veränderung Wärme oder Kälte, je nachdem die Capacität entweder vermindert und ein Theil der eigenthümlichen Wärme des Körpers frei, oder erhöht und dabei mehr Wärme von den benachbarten Körpern aufgenommen wird. Durch Druck erleidet die Wärme-Capacität eine Verminderung und es wird Wärmestoff dabei frei; z. B. wenn ein Metall gehämmert oder zu Drath gezogen wird, so vermindert sich sein Volumen, es wird dichter und verliert an eigenthümlicher Wärme.

Bekanntlich wird auch durch Reiben Wärme erregt; wie sie aber dabei entstehe, ist nicht ausgemittelt. Graf Rumford stellte einen Versuch an, die beim Bohren einer Kanone sich entwickelnde Wärme zu bestimmen, und fand, daß durch das Abdrehen einiger wenigen Lothe Bohrspäne Ein Pfund Wasser bis zum Sieden erhitzt und beim Fortsetzen des Bohrens im Kochen erhalten werden konnte. Wenn man den Unterschied zwischen der eigenthümlichen Wärme des Eisens und Wassers kennt, sieht man leicht ein, daß hierbei die Wärme nicht durch die stärkere Zusammenpressung der Bohrspäne erregt worden seyn kann. Wenn der Schmid einen Nagel glühend hämmert und denselben dabei mit dem Hammer zusammenschlägt, so kann doch der glühende Nagel keinen kleineren Raum einnehmen, als wenn er erkaltet ist. Die Erscheinung ist daher bis jetzt noch nicht erklärt.

Bemerkenswerth ist es, daß Körper, welche die Elektrizität leiten; wenn man sie gegen einander reibt, Wärme hervorbringen; Nichtleiter aber Elektrizität erzeugen und erst dann erwärmt werden, wenn die Elektrizität die größte Höhe erreicht hat und nicht abgeleitet wird. Man darf daher die durch Reiben erregte, und die durch das Zusammendrücken gleichsam ausgepresste Wärme nicht mit einander vermengen. Um die letztere kennen zu lernen, ist folgender leichter Versuch hinreichend. Man schneide sich ein Riemchen von Gauthuk (elastisches Gümme — Federharz), erwärme es bis zur Temperatur des Körpers, lege es dann zwischen die trocknen Lippen und dehne es schnell

68 Erzeug. v. Wärme durch Zusammendrück. d. Luft.

und stark aus; man wird dabei deutlich fühlen, daß es warm wird, und bei hinreichender Aufmerksamkeit wird man auch die Abkühlung beim Wiederzusammenziehen bemerken. Dehnt man ein Stück Federharz in Wasser von $+ 30^{\circ}$ auseinander, so zieht es sich wieder zusammen, was im kalten Wasser nicht geschieht. Befestiget man an das eine Ende eines Cautschuk-Riemchens ein kleines Gewicht und hängt es an einer gradirten Scala auf, so wird man bemerken, daß sich das Riemchen in der Wärme verkürzt und in der Kälte verlängert. Dasselbe geschieht mit einem Bindfaden, den man mit Wasser anfeuchtet und wieder auswindet, wo das Wasser die Rolle der Wärme spielt. Beide Versuche begünstigen die Ansicht, daß der Wärmestoff die Körper eben so durchdringe und in ihnen zurückbehalten werde, als wie das Wasser in porösen Körpern eindringt und darin zurück bleibt.

Wenn man die Luft zusammendrückt, entsteht ebenfalls Wärme, und geschieht dieser Druck schnell und kräftig, so können oft brennbare Körper dadurch entzündet werden; z. B. in der Compressionspumpe einer Windbüchse kann man durch einige schnelle und starke Pumpenzüge Feuerschwamm, Baumwolle, Knallluft u. d. m. anzünden. Darauf gründet sich auch ein pnevmatisches Feuerzeug. (Luftfeuerzeug, briquet pneumaticque), was aus einem Rohre von Metall oder dickem Glase besteht, in welches ein Stempel genau eingepaßt ist, und worin man durch einen einzigen Stoß mit dem Stempel die Luft so zusammendrücken kann,

dafs sie Feuerschwamm oder Baumwolle entzündet. Sobald das Zusammenpressen der Luft aufhört, nimmt sie auch ihr voriges Volumen und zugleich ihre vorige Wärme-Capacität wieder an, und es entsteht Kälte. Wenn man z. B. in einem grossen Behälter die Luft bis zu einem bedeutenden Grade zusammendrückt und sie dann durch ein Metallrohr ausströmen läst, so wird dieses Rohr bis unter 0° abgekühlt, so dafs Wasser darauf zu Reif und Eis erstarrt. Gay-Lussac hat gezeigt, dafs in zwei gleich grossen Gasbehältern, wovon der eine mit Luft gefüllt, der andere aber luftleer ist, und in welchen beiden Thermometer angebracht sind, das Thermometer in dem mit Luft gefüllten Behälter zum Sinken kommt, wenn man die Luft in den luftleeren Behälter übertreten läst, in dem letzteren aber ziemlich um eben so viele Grade steigt, als es in jenem gefallen ist. Die Ursache davon liegt darin, dafs die Luft in dem ersten Behälter sich immer mehr ausdehnt, während die im andern Behälter anfänglich höchst verdünnte Luft, welche sehr vielen Wärmestoff eingesogen hatte, nachher durch die zuströmende Luft fortdauernd zusammengepresst, und dadurch genöthigt wird, die bei ihrer vorherigen Verdünnung aufgenommene Menge Wärmestoff wieder fahren zu lassen.

Diese Veränderung der eigenthümlichen Wärme hielt man eine Zeitlang für die Ursache der steten Fortdauer eines gleich hohen Wärmegrades in dem Körper der Menschen und anderer warmblütiger Thiere, und erklärte sich diese Erschei-

nung folgendergestalt. Das dunkle Blut, welches aus den höheren Herzkammern in die Lunge tritt, empfängt hier durch die Veränderung, die es beim Athemholen erleidet, eine grössere Wärme-Capacität, und nimmt, ohne seine Temperatur in den Lungen zu erhöhen, allen Wärmestoff auf, der vorher in der eingeathmeten Luft enthalten war. Da aber dieses nunmehr röthete Blut in jedem Theile des Körpers wieder dunkler wird, so verliert es auch zugleich einen Theil seiner Wärme-Capacität, und setzt allen vorher aufgenommenen Wärmestoff wiederum ab, wodurch der Körper stets seine Wärme behält, so lange der Umlauf des Bluts und das Athmen gehörig von statten geht. Dabei ist aber nicht mit Stillschweigen zu übergehen, daß diese an sich sehr interessante Erklärung der thierischen Wärme durch spätere Versuche nicht sonderlich bestätigt worden, und es vielmehr höchst wahrscheinlich ist, daß die Wärmeentwicklung im thierischen Körper, so wie alle übrige Verrichtungen desselben, auf eine uns gänzlich unbekannt Weise von der Einwirkung der Nerven abhängen.

Wenn die Wärme-Capacität eines Körpers vermehrt, oder derselbe durch irgend eine Kraft genöthiget wird, aus der festen Gestalt in die tropfbarflüssige, oder aus dieser in Gasgestalt überzugehen; so entzieht er den benachbarten Körpern so viel Wärmestoff, als er zu dieser Verwandlung nöthig hat, und es entsteht dadurch Kälte. Wird z. B. ein Salz in Wasser gelöst, so muß es flüssig werden, und in diesem Zustande einen Theil Wär-

Wärmestoff binden; dadurch wird Kälte erzeugt, weil der vom Salze gebundene Wärmestoff für das Gefühl und Thermometer verschwindet. — Wenn man ein trockenes Salz, was eine starke Verwandtschaft zum Wasser hat, mit Schnee vermengt, so bilden beide eine flüssige Salzlösung, und nehmen beim Zerfließen so vielen Wärmestoff von den nahen Körpern auf, daß dadurch eine Kälte von mehreren Graden entsteht. Darauf gründet sich auch der bekannte Versuch, einen Teller im warmen Zimmer anfrieren zu lassen. Man stellt nämlich einen Teller in etwas Wasser und füllt ihn mit feingestoßenem Salze und etwas Schnee die man gut untereinander mengt. Nach wenigen Augenblicken ist der Teller festgefroren. Auch gründet sich darauf die Bereitung der Eiscrèmes. Je größer die Verwandtschaft des Salzes zum Wasser ist, desto schneller schmelzen beide auf Kosten der Wärme ihrer Umgebungen zusammen und desto stärker wird die dabei entstehende Kälte. Daher geben alle Salze, welche Feuchtigkeit aus der Luft anziehen und dadurch flüssig werden, einen hohen Grad von Kälte, wenn man sie mit Schnee zusammenmengt.

Die beste Art, eine künstliche Kälte hervorzu- bringen, ist die, daß man salzsauren Kalk (wovon weiter unten) so lange erhitzt, bis er in eine trockene, weißse, aufgeschwollene poröse Masse verwandelt ist, ihn dann ganz fein pülvert und durch ein Flortuch siebt, wodurch das Salz sein durch Hitze ausgetriebenes Kristallwasser wieder annimmt, so- dann aber das Pulver mit $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ oder höchstens glei-

chen Theilen Schnee mengt. Je kälter der Schnee ist, desto größer ist die Kälte, die man dadurch hervorbringt. Hat man das Salz nicht vorher gesiebt, so entsteht anfangs ein wenig Wärme, weil dann das geschmolzene Salz erst sein Kristallwasser wieder aufnimmt und dabei eine festere Gestalt, als ausserdem im Schnee, annimmt, wodurch Wärme entwickelt und die kühlende Kraft des Gemenges vermindert wird. Am besten macht man dieses Gemenge in einem hölzernen Gefässe, was wieder in ein anderes gestellt und darin mit einem Gemenge von Schnee und Kochsalz umgeben wird. In dem inneren Gefässe sibt man nun das Kalksalz und den Schnee in abwechselnden dünnen Lagen übereinander und um den Körper herum, welcher erkältet werden soll. Auf diese Weise hat man Quecksilber zu Annahme einer festen Gestalt und zum Kristallisiren gebracht; flüssiges Ammoniak und Naphta in Kristallen anschiefsen lassen, u. s. w. Man muß jedoch diese Versuche in möglichst kalten Wintern und mit wenigstens 2 bis 3 Pfund Kalksalz anstellen; am besten gelingen sie mit 10 bis 15 Pfund, und man hat in einem dergleichen Gemenge schon bis gegen drei Liefpfund (60 Pfund) Quecksilber zum Festwerden gebracht. — Hat man nur kleine Quantitäten, so thut man am besten erst nur ein Gemenge mit 1 Pfund Kalksalz zu machen, und wenn die erkältende Kraft desselben zu Ende geht, ein neues dergleichen Gemenge zu bereiten, und den erkälteten Körper in dieses zu übertragen. Es schlägt

selten fehl, daß das Quecksilber nicht schon im zweiten Gemenge schnell erstarren sollte.

Eben so kann man auch durch das Verdunsten flüchtiger Körper Kälte erzeugen. Wenn man z. B. Naphta auf eine Thermometerkugel tropft, fängt das Quecksilber schnell an zu sinken; oder wenn man das Thermometer an einem Faden schwingt, oder es anhaucht, so kann das Quecksilber bis 0° herabsinken, weil die Verdunstung durch den steten Luftwechsel vermehrt wird. In Ostindien füllt man das Wasser über Nacht in poröse Steinkrüge, wodurch es nach aussen fortdauernd verdunstet, innerlich aber so abgekühlt wird, daß es zum Theil gefriert.

Leslie hat ein neues Verfahren erfunden, durch Verdunstung im leeren Raume sehr schnell eine heftige Kälte hervorzubringen. Man stellt unter die Glocke der Luftpumpe eine Untertasse oder ein anderes weites Gefäß, mit concentrirter Schwefelsäure, und einige Zoll über derselben eine kleine Glasschale mit 2 bis 3 Loth Wasser auf. Nun pumpt man die Luft aus der Glocke soweit aus, bis das Quecksilber in der Probe nur noch $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll hoch steht. Ist die Luft so weit ausgepumpt, so steigt das Wasser in Gasgestalt auf, und die Glocke enthält nun statt der Luft Wassergas. Die concentrirte Schwefelsäure hat indessen eine so große Verwandtschaft zum Wasser, daß sie das Gas sogleich wieder zu flüssigen Wasser verdichtet, und dasselbe eben so schnell, als das Gas erzeugt wird, einsaugt und die Glocke vom Wassergas frei erhält. Hierdurch wird nun die Verdun-

74 Kälte durch Verdunstung im luftleer. Raume.

stung des Wassers bis zu einem solchen Grade erhöht, daß das im Gefäße übrig bleibende seiner ganzen Masse nach zu Eis erstarrt. Die Ursache davon ist, daß das in Gasegestalt aufsteigende Wasser Wärmestoff bindet und diesen von der im Wasser befindlichen freien Wärme aufnimmt, und weil dies mit einer solchen Schnelligkeit vor sich geht, daß dieser Abgang durch die strahlende Wärme der Umgebungen nicht wieder ersetzt werden kann, so sinkt die Temperatur unter 0° und das Wasser erstarrt. Ist die Luftpumpe nicht gut, so gelingt der Versuch nicht; sonst aber gefriert das Wasser in Zeit von 4 Minuten nach dem Auspumpen der Luft, wenn anders die verdunstende Oberfläche groß genug ist. Das Wasser wird bei diesem Versuche stets bis -5° Grad abgekühlt, ehe es gefriert; erstarrt aber dann auch meistens in einem Augenblicke. Die dabei gebrauchte Schwefelsäure wird durch das verdichtete Wasser verdünnt und erwärmt, so daß der Wärmestoff sich gleichsam vom Wasser zur Säure flüchtet. Wenn man nach Beendigung des Versuches das Wasser durch Kochen wieder aus der Säure vertreibt, so kann diese zu gleichem Behufe wieder gebraucht werden. Leslie hat späterhin gefunden, daß verschiedene stark getrocknete und pulverförmige Körper z. B. Erde, Mehl, u. d. die Stelle der Schwefelsäure vertreten können, und versichert, daß stark getrocknetes Hafermehl die Schwefelsäure an Schnelligkeit der Wirkung beinahe noch übertrifft. Man bedient sich einer ähnlichen Verdunstungs-Weise bei der Auflösung organischer Stoffe, und über-

haupt bei Behandlung solcher Körper, welche durch Zutritt von Wärme oder Luft zersetzt werden.

Ein anderes Werkzeug zur Hervorbringung von Kälte nach gleichen Grundsätzen hat Wollaston erfunden, und Cryophorus (Eisträger) genannt. Es besteht aus einem Pulshammer, dessen beide Kugeln niederwärts gebogen sind, und welcher nur [soviel] Wasser enthält, daß die eine Kugel bloß zur Hälfte damit gefüllt ist. Man setzt die leere Kugel in ein Gefäß, z. B. in ein Trinkglas, und umgiebt sie mit gestoßenem Eis oder Schnee, der mit feingeriebenem Kochsalz oder Salmiak wohl durchmengt ist. Der leere Theil des Pulshammers enthält nun zwar keine Luft, ist aber fortdauernd mit einem Theile Wassergas angefüllt, der sich an der inneren Seite des Glases als Eis anlegt, wenn die Kugel im Salzgemenge bedeutend unter den Gefrierpunkt abgekühlt wird. Dadurch entsteht ein luftleerer Raum, und das Wasser verdunstet in der nicht abgekühlten Kugel, um das verdichtete Gas wieder zu ersetzen; weil sich aber das Verdunstete in der abgekühlten Kugel eben so schnell wieder verdichtet, als es erzeugt wird, so wird das Wasser in der Kugel durch Verdunstung bis zu einem solchen Grade erkaltet, daß es in 4 bis 8 Minuten zu einem Eisklumpen erstarrt. Die Röhre zwischen beiden Kugeln kann sehr lang seyn, ohne daß das Gefrieren dadurch erschwert wird; allein die geringste Menge Luft im Pulshammer zerstört jede Wirkung.

Vor einigen Jahren machte Baron Edelcranz den Vorschlag, in einem von ihm ausgedachten ei-

genen Instrumente die Luft zu verdichten, um sie dann bis zum höchst möglichen Grade abkühlen und wieder ausdehnen lassen zu können, und so durch Verbindung mehrerer einander abkühlender Vorrichtungen die Abkühlung fast bis ins Unendliche fortzusetzen. Dieser Versuch wurde jedoch nicht zur Ausführung gebracht. Neuerlich berichtet man, daß Hutton, ein schottischer Gelehrter, dem der Vorschlag des Baron Edelkranz gewiß nicht bekannt worden ist, durch einen nach ähnlichen Grundsätzen eingerichteten Abkühlungs-Apparat einen so hohen Grad von Kälte hervorgebracht hat, daß Alkohol darin erstarrte, welches zeither fast die einzige Flüssigkeit war, die man nicht in fester Gestalt herzustellen vermochte. — Leslie zeigte, daß in der Kugel eines bis zum Frostpunkte abgekühlten Thermometers, wenn man sie mit Baumwolle umgiebt, die mit Aether angefeuchtet ist, unter dem Recipienten einer Luftpumpe, bei schnellem Auspumpen der Luft, das Quecksilber gefriert. Marcet hat berichtet, daß bei Anwendung einer noch flüchtigeren Flüssigkeit, des Schwefelalkohols, das Quecksilber, ohne vorhergegangene Abkühlung in Zeit von 3 bis 4 Minuten zum Gefrieren und ein Weingeist-Thermometer bis -60° gebracht werden könne.

Was der Wärmestoff eigentlich sey, wissen wir nicht. Mehrere der angeführten Erscheinungen führen auf die Vermuthung, daß Wärme und Licht einerlei Stoff sey, der, mit größerer Schnelligkeit, als Licht, mit minderer, als Wärme, fortgepflanzt werde. Andere haben geglaubt, daß das

Wärme eine gewisse Erschütterung der Körper sey, die sich unserem Gefühle als Wärme kund thue, kälteren Körper sich mittheile, u. s. w. Allein alle diese Vermuthungen führen uns der wahren Kenntniß von der eigenthümlichen Natur des Wärmestoffs nicht um einen Schritt näher. Dafs derselbe unwägbar ist und das Gewicht der Körper im luftleeren Raume nicht vermehrt, kann nur daher rühren, dafs derselbe, seiner chemischen Verwandtschaften ungeachtet, von der Erdmasse nicht angezogen wird, worin das Gewicht der Körper einzig und allein besteht. Es ist daher möglich, dafs es Stoffe giebt, die gar nicht von der Erde angezogen werden und welchen daher die, allen andern Körpern gemeinschaftliche Schwerkraft mangelt, und dafs Wärme- und Lichtstoff, Electricität und Magnetism solche Stoffe sind, die solchenfalls, wenn ihre kleinsten Theilchen keine Cohäsionskraft besitzen, durch den ganzen Weltenraum sich ausbreiten müssen.

Dies mag sich nun so verhalten oder nicht, so erleichtert es doch die Erklärung aller durch die Wärme hervorgebrachten Erscheinungen, wenn man annimmt, dafs der Wärmestoff ein besonderer, unwägbarer Stoff, wie das Licht, sey, welcher zu einer grossen Anzahl von Körpern Vereinigungs-Verwandschaft besitzt, und mit ihnen bald festere, bald losere Verbindungen eingeht.

Der Wärmestoff vermehrt theils, theils verändert er die Vereinigungs-Verwandschaften eines grossen Theils der Körper, sowohl dadurch, dafs er bei gewissen Temperaturen Verwandschaften

erweckt, die bei andern Temperaturen entweder ruhen, oder gänzlich aufgehoben werden. Für den ersten Satz spricht das alte chemische Sprüchwort:

Corpora non agunt, nisi soluta,

(nur aufgelöste Körper können auf einander wirken). Das will so viel sagen: daß feste Körper wenig oder gar nicht aufeinander einwirken; dann aber, wenn beide, oder wenigstens einer von ihnen flüssig wird, das Spiel der Verwandtschaften in Wirksamkeit tritt.

Von dem letzteren Satze giebt das Quecksilber ein Beispiel ab. In der gewöhnlichen Wärme der Atmosphäre bleibt es unverändert, bei seinem Siedepunkte aber fängt es an, sich mit dem Sauerstoffe der Luft zu einem rothen Pulver (rothen Quecksilberoxid) zu vereinigen, und dies dauert so lange fort, als das Quecksilber im Kochen bleibt; erhitzt man aber dieses rothe Pulver noch mehr, so hört die Verwandtschaft des Quecksilbers zum Sauerstoff wieder auf; dieser entweicht als Sauerstoffgas und das Quecksilber bleibt in seiner vorigen flüssigen metallischen Gestalt zurück.

2. E l e k t r i c i t ä t.

Wenn man eine Siegelackstange zwischen wollenen Zeuche reibt, so erhält sie die Eigenschaft, leichte Körper, z. B. kleine Papierschnitten an sich zu ziehen, und wenn man die Stange nahe über einen Tisch hält, so bemerkt man, daß

diese leichten Körperchen eine kleine Weile zwischen dem Siegelack und dem Tische auf und nieder hüpfen. Diese Erscheinung entsteht durch die Elektricität.

Schwefel, Bernstein, trockenes Glas u. m. s. haben dieselbe Eigenschaft. Sie wurde zuerst am Bernstein entdeckt, und weil dieser bei den Griechen Elektron hieß, nach ihm Elektricität genannt.

Nicht alle Körper werden durch Reiben elektrisch; diejenigen, welche es am gewöhnlichsten und stärksten werden, sind, ausser den vorgenannten, Harz, Seide oder Seidenzeug, Wolle, Haare, im Ofen gedörrtes Holz, Wachs u. d. m. und dergleichen Körper werden idioelektrische — selbstelektrische genannt.

Wenn man die durch Reiben entstehende Elektricität etwas aufmerksamer beobachtet, so findet man, daß sowohl der reibende, als der geriebene Körper elektrisch wird, beide aber in gewisser Hinsicht sich anders verhalten, so daß die Elektricität in beiden verschiedenartig zu seyn scheint.

Man glaubte anfänglich, daß der geriebene Körper dem Reibenden Elektricität entziehe, und daß dadurch in jenem Ueberfluß, in diesem aber Mangel an Elektricität entstehe; man hat aber nachher gefunden, daß diese Vorstellungsweise unrichtig ist, und daß beide Körper Ueberschuß an Elektricität empfangen, und Symmer bewies zuerst, daß die Elektricität in beiden von verschiedener Art sey.

Daraus hat man den Schluß gezogen, daß in

allen Körpern unsres Erdbodens ein Stoff enthalten sey, den man elektrische Materie (Electricum, Electrogenium) nennen könne und welcher aus beiden einfachen Elektricitäten zusammengesetzt sey. Dieser Stoff besitzt keine Eigenschaft, wodurch er für unsere äusseren Sinne wahrnehmbar wird, sondern er offenbart sich erst dann, wenn er in seine Bestandtheile zerlegt wird.

Benjamin Franklin, welcher zuerst eine Theorie der Elektricität aufzustellen versuchte und den Unterschied beider Elektricitäten darin zu finden glaubte, daß die eine Ueberschufs, die andere aber Mangel an Elektricität sey, nannte jene positive (+ E), diese aber negative Elektricität (- E), und diese Benennungen hat man auch bis jetzt beibehalten.

Die positive Elektricität (+ E) unterscheidet sich von der negativen (- E) ihrem Verhalten nach in vielen Fällen sehr deutlich:

1) Durch die Figuren, die ein, auf einen elektrisirten Körper gesiebtes feines Pulver bildet; wenn man z. B. auf eine belegte Glasscheibe oder auf einen Harzkuchen ein metallenes Knöpfchen stellt und einen Funken von + E darauf fallen läßt; so entsteht, wenn man das Knöpfchen mittelst einer Siegelackstange weghebt, und ein wenig gepulvertes Harz oder auch gewaschene und wieder getrocknete Schwefelblumen über die elektrisirte Stelle siebt, eine sternförmige runde Figur, aber ohne Stralen, mit dendritenähnlichen Verästelungen. Der Versuch gelingt, selbst wenn man während des Elektrisirens das Pulver auf die Scheibe siebt.

2. Durch den Geschmack, wenn man die E aus einer elektrisirten Spitze auf die Zunge ausströmen läßt, wo die positive einen säuerlichen, die negative aber mehr einen brennenden, beinahe alkalischen Geschmack erregt.

3. Durch die verschiedenartigen chemischen Erscheinungen, welche sie in den Körpern, besonders in flüssigen Stoffen hervorbringen; so verwandelt z. B. $+E$, die aus einer Spitze auf angefeuchtetes Lackmuspapier ausströmt, dessen blaue Farbe in Roth, zum Beweise, daß eine Säure dabei gebildet wird, und $-E$ giebt ihm seine blaue Farbe wieder, u. s. w.

4. Durch ihr verschiedenes Licht. Wenn man $+E$ aus einer etwas stumpfen Spitze ausströmen läßt, so bildet sich ein oft mehrere Zoll langer röthlichblauer Lichtbüschel; läßt man aber $-E$ aus derselben Spitze ausströmen, so zeigt sich blos ein leuchtender Punkt. Im luftleeren Raume fallen diese Erscheinungen noch mehr in die Augen.

5. Durch den Umstand, daß verschiedene Körper, unter gewissen Verhältnissen, die eine E leicht leiten, die andere aber nur höchst schwierig durch sich durchgehen lassen.

Zwei Körper, die einerlei Elektricität besitzen, stoßen einander ab, und ziehen sich im entgegengesetzten Falle an, wenn sie nämlich verschiedene Elektricitäten haben. Der Abstand, in welchem dieses vor sich geht, heißt der Wirkungskreis der Elektricität, die elektrische Atmosphäre. Leichte Körper, welche nicht elektrisirt sind, werden in geringer Entfernung von elektrisirten an-

gezogen, aber auch wieder zurückgestoßen, sobald sie die E des elektrisirten Körpers angenommen haben. Treffen sie alsdann in der Nähe auf einen Körper, welcher die entgegengesetzte oder gar keine Elektrizität besitzt, so werden sie von diesem angezogen, setzen ihre Elektrizität an ihn ab, und werden dann von dem ersten elektrischen Körper wieder von neuem angezogen, so daß man sie auf diese Weise so lange hin- und herhüpfen lassen kann, bis sie den größten Theil der E des elektrischen Körpers an sich genommen und fortgeführt haben. Hierauf gründen sich mehrere elektrische Spielwerke, z. B. die elektrische Spinne, das Glockenspiel, der Puppentanz u. d. m.

Diesen Umstand benutzt man auch, um die Art der Elektrizität eines Körpers auszumitteln. Man hat z. B. schon durch Versuche bestimmt, daß Glas, was gerieben wird, $+E$, hingegen Harz stets $-E$ annimmt. Nimmt man daher eine kleine, an den Enden zugeblasene Glasröhre und überzieht die eine Hälfte derselben mit einem Lackfirnisse, so giebt sie beim Reiben auf der lackirten Hälfte $-E$, auf der anderen aber, wo das Glas bloß ist, $+E$. Wenn man nun einem, an einem Seidenfaden aufgehängenen Kügelchen von Fliedermark die E des zu untersuchenden Körpers mittheilt, so kann man mit jener Glasröhre leicht ausmitteln, vor welchem Ende derselben das Kügelchen angezogen oder abgestoßen wird.

Die Abtönsung der Körper, welche einerlei E besitzen, hat man auf die Erfindung eines Werkzeuges angewendet, wodurch sich die Anwesen-

heit der Electricität entdecken läßt, wenn sie von so geringer Stärke ist, daß sie für sich unseren Sinnen nicht wahrnehmbar wird. Dieses Werkzeug besteht aus zwei kleinen Kügelchen von Kork oder Fliedermark, oder auch aus zwei feinen, zolllangen Strohähmchen, die an einem feinen Faden aufgehängt sind, oder auch aus zwei an einem Metalldrath aufgehängenen Goldblättchen, welche in der Nähe eines elektrischen Körpers oder innerhalb seines Wirkungskreises dessen Elektricität annehmen und einander abstossen. Dieses Werkzeug nennt man Elektrometer (Elektricitätsmesser) oder richtiger Elektroskop (Elektricitätszeiger).

Gewisse Körper lassen die entwickelte E sehr leicht durch sich hindurchgehen und werden deshalb Elektricitäts-Leiter genannt. Die besten Leiter sind Metalle, Holzkohlen, Graphit (oder Reifsblei) u. m. a. Andere Körper hingegen lassen die E schwieriger und langsamer durch; man nennt sie Halbleiter, und es gehören dazu Wasser, Kreide und Steinarten im Allgemeinen u. s. w. Noch andere Körper gestatten ihr beinahe gar keinen Durchgang, und heißen Nichtleiter; dahin gehören Glas, Harz und überhaupt alle diejenigen Körper, welche durch Reiben elektrisch werden.

Die beiden Elektricitäten $+ E$ und $- E$, die in ihrer Verbindung mit einander den für uns unerklärbaren elektrischen Stoff ausmachen, können sowohl durch mechanische, als auch durch chemi-

84 Erregung der Elektrizität durch Reiben.

sche Hilfsmittel von einander getrennt und für uns wahrnehmbar gemacht werden.

1. Erregung der Elektrizität durch Reiben.

Sie erfolgt, wenn zwei Körper gegen einander gestossen oder gerieben werden.

In allen Körpern wird dadurch Elektrizität erregt; in Leitern kann sie sich aber natürlicherweise nicht ansammeln, wenn sie nicht auf Nichtleitern so aufgestellt werden, daß der freie Durchgang der E nach dem Erdboden dadurch verhindert wird. Wird ein Leiter auf diese Weise aufgestellt, so heißt er isolirt.

Am besten und reichlichsten wird die Elektrizität durch das Reiben von Nichtleitern erregt, wenn man z. B. Glas oder Harz mit Wolle oder Haaren reibt.

Die Trennung der beiden Elektrizitäten wird hierbei dadurch bewirkt, daß z. B. das Glas beim Reiben die $+E$ des reibenden Körpers aufnimmt, und dadurch die $-E$, welche vorher mit der $+E$ in dem reibenden Körper verbunden war, sich in diesem ansammeln muß. Wird Harz gerieben, so findet ein gleiches Verhalten statt, nur mit dem Unterschiede, daß das Harz die $-E$ des reibenden Körpers an sich zieht und daher die $+E$ in diesem sich anhäuft.

Sind beide, sowohl der reibende, als der geriebene Körper, isolirt, das heißt, so von Nichtleitern umgeben, daß die in ihnen freigewordene E nirgends hin entweichen kann, so ist die Tren-

nung des elektrischen Stoffes in $+$ und $-$ E unbedeutend; wird aber einer von beiden, gleichviel welcher, durch einen Leiter mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so daß die E desselben entweichen und der Trennung der elektrischen Materie nicht weiter entgegen wirken kann, so sammelt sich die entgegengesetzte E in dem andern Körper in grösserer Menge an. Verbindet man beide Körper durch Leiter mit der Erde, so verschwinden die meisten Merkmale der erregten E, weil sie im Augenblicke der Erregung von den Leitern aufgenommen und zur Erde zurückgeführt werden.

Stellt man einen isolirten Leiter an den elektrisirten Körper, so nimmt derselbe einen Theil der Elektrizität des letztern auf, und wenn man mit einem Finger oder einem andern leitenden Körper in seinen Wirkungskreis kommt, so bricht ein Funken hervor, womit die E des Leiters verschwindet und gleichsam durch den ableitenden Körper zur Erde zurückgeführt und wieder ins Gleichgewicht gesetzt wird.

Allein dieser Funke ist keine einfache Mittheilung der E des elektrischen Körpers an den ableitenden, sondern er besteht aus der $+$ E des einen und aus der $-$ E des andern Körpers, die in irgend einem Punkte des Abstandes, welchen der Funke zu durchfahren scheint, sich vereinigen und in Gleichgewicht setzen. Hat der Körper, welcher dem elektrischen Leiter nahe gebracht wird, eine gleichförmig abgerundete Oberfläche, so erscheint der Funke mitten zwischen beiden Kör-

pern. Dies rührt daher, daß in demselben Augenblicke, wo der elektrisirte Körper seinen Ueberschuß z. B. von $+$ E fahren läßt, auch der nicht elektrisirte, der diesen Ueberschuß zur Erde abzuleiten scheint, eine entsprechende Menge $-$ E losläßt, daher beide E auf halbem Wege sich begegnen, in Gleichgewicht setzen und vor unsern Sinnen verschwinden. Daher wird der Funke im Vereinigungspunkte da abgebrochen, wo alle Erscheinungen von E aufhören.

Je mehr die Oberfläche abgerundet ist, desto leichter läßt sie die E fahren, so daß, wenn man einen elektrisirten Leiter einem anderen, weniger abgerundeten nähert, der elektrische Funke zunächst bei dem letztern abgebrochen wird, weil aus ihm die E schwerer ausströmt. Vermindert man die Abrundung des einen Körpers bis zu einer Ebene, und zugleich den Durchmesser des anderen abgerundeteren Körpers nach und nach soweit, daß dieser zuletzt eine Spitze bildet; so wird man finden, daß das Hervorbrechen des Funkens sich dem abgeplatteten Körper immer mehr nähert, bis endlich, wenn man einer völlig ebenen Fläche eine Spitze entgegen hält, der elektrische Funke ganz verschwindet und beide E sich auf der ebenen Fläche selbst vereinigen. In diesem Falle erscheint die ausströmende positive Elektrizität im Dunkeln als ein röthlichblau leuchtender Lichtbüschel, die negative aber als ein kleiner leuchtender Stern.

Spitzen geben sonach allemal Elektrizität von sich, sie mögen übrigens selbst elektrisirt seyn oder nur einem elektrischen Körper nahe gebracht wer-

den, und können nicht Elektricität einsaugen, wie man früherhin sich vorstellte; daher eine Metallspitze, die man einem positiv elektrisirten Leiter, z. B. dem Conductor einer Elektrisirmaschine, bis auf einen gewissen Abstand nähert, nicht von dem Conductor $+ E$ einsaugt, sondern ihm vielmehr $- E$ zubläst, durch deren Vereinigung die Elektricität des Conductors verschwindet. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man zwischen die Spitze und den Conductor ein brennendes Licht hält, wo man das Blasen der Spitze auf die Flamme deutlich wahrnimmt. Dieses Blasen entsteht dadurch, daß die Spitze die vor ihr befindliche Luft fortdauernd elektrisirt, und wenn diese gleiche E mit der Spitze angenommen hat, von letzterer abgestoßen wird. Auf diesen Umstand gründen sich mehrere electriche Spielereien, z. B. das elektrische Rad, die Windmühle, u. a. m.

Elektrisirmaschinen nennt man diejenigen Vorrichtungen, vermittelt deren man die Elektricitäten durch Reiben erregen und sodann in isolirten Leitern sammeln kann.

Der Körper, welcher gerieben wird, ist gewöhnlich von Glas, entweder eine runde Scheibe, oder eine Kugel, oder am besten eine Walze, die sich auf einem Lederkissen reibt, auf welchem etwas Musivgold, oder ein Amalgam (aus 1 Theile Zink, 1 Theile Zinn und 2 Theilen Quecksilber, welches man mit ein wenig Fett zu einer Salbe zusammenreibt,) aufgestrichen wird. Nebenbei wird an das Lederkissen noch ein Stück Wachs-
tuch so befestiget, daß es sich beim Reiben um

die gläserne Walze herumlegt. Dieses Kissen heisst das Reibezeug, Frottoir.

Der isolirte Leiter besteht gewöhnlich aus Messing, steht auf einem Glasfusse und wird der Conduktor genannt. Je grösser die Oberfläche des Conduktors im Verhältnisse zu seinem Umfange ist, desto bessere Dienste leistet er, und umgekehrt. Daher kann ein langer und dünner Conduktor mehr Electricität aufnehmen und an sich behalten, als ein kurzer und dicker von gleichem Cubikinhalte. Die Electricität scheint sich nämlich durchaus nach der Oberfläche zu richten und ein solider Conduktor kann daher nicht stärker elektrisirt werden, als ein hohler. Das von der Maschine abgewendete Ende des Conduktors muss sich in eine ziemlich starke Kugel endigen, das der Maschine zugekehrte Ende aber, was $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll vom Glase abstehen muss, in eine oder mehrere Spitzen ausgehn.

Wird die Maschine gedreht und durch Reiben elektrisch, so nimmt der Conduktor gleiche Electricität an, aber nicht dadurch, dass er sie vom Glase an sich zieht, sondern dadurch, dass die durch Reiben in der Maschine erregte $+E$ durch die aus dem Conduktor entgegenströmende $-E$ gesättiget, dabei aber eine entsprechende Menge $+E$ in dem Conduktor frei wird.

Ausser den erwähnten Spitzen des Conduktors müssen alle andere Spitzen in der Nähe der Maschine vermieden werden, weil sie ihr sonst entgegengesetzte E zuführen und die Wirkung derselben aufheben.

Feuchte Luft leitet die Elektrizität, trockene hingegen verstattet ihr keinen Durchgang. In feuchter Luft kann daher kein Körper isolirt werden, vielmehr hebt solche die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine ganz oder doch zum größten Theile auf.

Wenn man an einer Maschine sowohl das Reibezeug, als auch den Conduktor isolirt, so entwickelt sich nur eine ganz schwache Elektrizität; wenn man aber das Reibezeug mit dem Erdboden in Verbindung bringt, so fängt die Erregung der Elektrizität an vor sich zu gehen, und der Conduktor nimmt bei gewöhnlichen Glasmaschinen $+E$ an. Isolirt man umgekehrt das Reibezeug, und bringt den Conduktor mit der Erde in leitende Verbindung, so wird das Reibezeug $-$ elektrisirt, so daß man auf diese Weise von einer gut eingerichteten Maschine nach Willkühr $+$ und $-$ E erhalten kann.

Wenn ein Nichtleiter, das heißt, ein solcher Körper, welcher durch Reiben elektrisch werden kann, auf der einen Seite durch irgend einen Anstoß freie Elektrizität empfängt, so entweicht aus ihm auf der andern Seite, wenn er nicht aller ableitenden Gemeinschaft mit dem Erdboden beraubt (d. h. wenn er nicht isolirt) ist, eine eben so große Menge gleichartiger E. Es ist leicht einzusehen, daß das Empfangen und Entweichen von E ganz und gar davon abhängt, ob der Körper selbst spitzig oder von Spitzen umgeben ist.

Sind die Seiten eines auf diese Weise elektrisirten Nichtleiters mit Metallplatten bedeckt, so

Äussert sich die Erscheinung noch stärker und deutlicher, und das um so mehr, je dünner der Nichtleiter ist. Wenn man so z. B. eine neue, gehörig gereinigte und getrocknete Glasscheibe auf beiden Seiten mit Stanniol (Zinn, was bis zur Papierstärke ausgewalzt ist,) so belegt, dass nach Verhältniss der Grösse der Scheibe ein breiterer oder schmalerer Rand des Glases von der Belegung frei bleibt, um die leitende Gemeinschaft zwischen beiden Belegungen zu unterbrechen, und man lässt dann auf die eine Seite z. B. $+ E$ einströmen; so findet man bei Annäherung eines Fingerknöchels an die andere Seite, dass hier eben so viele $+ E$ entweicht. Dadurch sammelt sich nun auf der einen Seite ein Ueberschuss von $+ E$ und auf der andern von $- E$. Stellt man dann eine leitende Verbindung zwischen den Metallbelegungen beider Seiten her, so springt ein heftig prasselnder Funke hervor, und wenn ein Mensch diese Verbindung mit den Händen bewirkt, so fühlt er einen starken Ruck in den Arm. Dieser sogenannte elektrische Schlag oder Stoss entsteht dadurch, dass die auf beiden Seiten des Nichtleiters angehäuften beiden Elektricitäten sich mit ausserordentlicher Heftigkeit ins Gleichgewicht setzen und zu dem unmerklichen elektrischen Stoffe verbinden. Mit ihnen zugleich verschwinden auch alle Spuren von Elektricität in der Scheibe.

Anstatt solcher mit Metallplatten belegter Glasscheiben bedient man sich auch gläserner Flaschen oder anderer grösserer Glasgefässe, deren äussere und innere Seite, bis auf eine Breite von 2 bis 4

Zoll um die Oeffnung herum, welche frei bleibt, mit Stanniol oder Blattgold belegt wird. Die Oeffnung verschließt man mit einem Kork, durch welchen ein starker Metalldrath geführt wird, der mit seinem untern Ende die innere Belegung der Flasche berührt, auf dessen oberes, aus der Flasche hervorstehendes Ende aber eine kleine Messingkugel aufgeschraubt wird. Eine solche Flasche nennt man eine Ladungsflasche (Leidener Flasche), und ihre Elektrisirung nennt man das Laden. Ein scheerenförmiges Instrument von Metalldrath, mit einem gläsernen Griffe, und an beiden vorderen Enden mit Kugeln versehen, womit man das äussere und innere Beleg in Verbindung bringt, heisst ein Auslader. Stellt man mehrere dergleichen Ladungsflaschen so zusammen, dass ihre äusseren Belege in leitender Verbindung mit einander stehen, und ihre inneren Belege auf einmal elektrisirt werden können; so wird diese Vorrichtung eine elektrische Batterie genannt. Ihre Ladung erfordert mehr Elektricität, allein ihr Schlag ist auch um so viel stärker. Ihre Wirkung lässt sich so verstärken, dass man kleine Thiere, z. B. Hunde, Katzen, u. d. m. damit tödten kann.

Jeder elektrische Schlag wird von Wärme begleitet; bei kleinen Ladungsflaschen ist dieselbe nicht bedeutend, doch aber hinreichend, um Naphtha, Alkohol, Harz u. m. a. leicht entzündliche Körper anzubrennen. Mit grösseren Batterien aber kann man Holz anzünden, Metalldrath glühen und schmelzen, und wenn er fein ist, bisweilen sogar das Metall augenblicklich ganz in Gas verwandeln.

99 Licht und Wärme beim Entladen der E.

Ein starker elektrischer Schlag, der durch Wasser geleitet wird, versetzt einen kleinen Theil davon augenblicklich in Gasgestalt, wodurch das übrige Wasser weit umher geworfen wird.

Bei diesen Versuchen verdient bemerkt zu werden, daß die Elektricitäten im Augenblicke der Entladung, d. h. so bald sie aufhören sich als Elektricität zu äussern, als Licht und Wärme erscheinen, oder diese hervorbringen. Die Erscheinung des Feuers bei elektrischen Ausladungen wird nur dann wahrnehmbar, wenn der Körper, durch welchen die Entladung geschieht, im Verhältniß der Menge von Elektricität, welche er entladet, eine geringe Capacität besitzt. Daher bemerkt man bei großen Ausladern keine Erhöhung der Temperatur; kleinere aber werden warm, und ganz feine werden, nach dem Grade ihrer Feinheit, glühend, schmelzen oder verwandeln sich in Gas. Das Feuerphänomen nimmt in demselben Verhältnisse an Intensität zu, als der entladende Körper für den Durchgang der Elektricitäten unzureichend ist, auf dieselbe Weise, wie ein Stückchen Feuerschwamm im Focus eines Brennsiegels entzündet wird, während ein unpolirtes Stückchen Eisen von einem oder mehreren Lothen in der Zeit, welche zum Anzünden des Schwammes erforderlich ist, durchaus nicht bis zu einem durch das Thermometer bestimmbaren Grade erwärmt werden kann.

Läßt man die Elektricitäten durch einige Kartenblätter, oder durch mehrfach zusammengelegtes Papier, oder auch durch eine dünne Glasschei-

be *) sich entladen, so entsteht auf der Stelle, wo der Schlag durchgeht, ein rundes Loch, dessen Grösse nach der Menge der Electricität verschieden ist. Das Papier wird dabei weder verbrannt, noch verkohlt, und das Glas nicht geschmolzen, sondern vielmehr in Pulver verwandelt, als ob es mit einer feinen Spitze durchstochen worden wäre. Diefs scheint zu beweisen, daß die Electricitäten zu ihrem Durchgange eines Raumes bedürfen, und daher nichtleitende Körper, die ihnen im Wege liegen, wegräumen müssen.

Es ist bereits bemerkt worden, daß die Electricitäten nur auf der Oberfläche der Leiter hinflaufen und vielleicht kaum in die Masse derselben eindringen; überzieht man daher einen Metalldrath mit geschmolzenem Siegelack, oder mit einem Lackfirnis, welcher gut trocknet, oder schmelzt denselben in eine Glasröhre ein, und ladet dann einen starken elektrischen Schlag durch ihn aus, so springt der nichtleitende Überzug mit Heftigkeit davon ab. Auch dieser Versuch scheint zu be-

*) Glas läßt sich am besten durchlöchern, wenn man auf beiden Seiten einer dünnen Glasscheibe, von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, mit etwas Wachs eine Stecknadel so befestigt, daß die Spitzen beider Nadeln nach dem Glase zu gerichtet sind und einander ganz genau gegenüber stehen; oder auch, wenn man eine Flasche mit Oel füllt, und einen spitzigen, krummgebogenen Metalldrath so hineinsteckt, daß die Spitze desselben die innere Seite des Glases berührt, und dann äusserlich eine Metallkugel auf dieselbe Stelle hält. In beiden Fällen schlägt ein sehr mächtiger Schlag ein Loch durch das Glas.

64 Eckmark's Versuch über d. Entlad. d. Elektr.

weisen, daß die Elektricitäten zu ihrem Wege über die Oberfläche des Metalldraths eines Raumes benöthiget sind. Betrachtet man das Loch, welches die Elektricitäten durch Karten- oder Papierblätter schlagen, genau; so findet man, daß es auf beiden Seiten einen erhabenen Rand hat. Diefs scheint darzuthun, daß die Elektricitäten nicht in Einem Punkte entladen werden, sondern daß von beiden Belegungen des geladenen Körpers ausgehende entgegengesetzte Ströme einander durchfahren.

Man hat einen schönen Versuch von Christoph Eckmark, um den Weg der Elektricitäten bei ihrer Entladung zu zeigen. Eine Glasscheibe wird auf der untern Seite mit Stanniol belegt, auf der oberen aber mit Schwefelblumen bestreut, die vorher wohl gewaschen und getrocknet worden sind. Auf die bepuderte Seite werden zwei gleich große geladene elektrische Flaschen, von welchen das äussere Belege der einen positiv, der andern aber negativ geladen ist, 3 bis 4 Zoll von einander gestellt, so daß, wenn ihre inneren Belegungen mittelst eines isolirten Ausladers in Verbindung gebracht werden, ein Funke zwischen den äussern Belegungen überspringt, der sie entladet. Nach der Entladung findet man rings um die Flaschen herum, in den Schwefelblumen die Figuren derjenigen Elektricität, welche der äusseren Belegung einer jeden Flasche angehört hat, auf der Stelle aber, wo der Funke übergesprungen ist, sind alle Schwefelblumen weggefegt, und der Weg ist völlig rein. Dieser Weg ist übrigens von der positiven Belegung aus mit positiven, von der entgegengesetzten

aus mit negativen Figuren eingefasst, die aber nicht weit von dem Punkte, wo sie einander begegnen, ganz aufhören, und hier findet sich oft, wenn der Schlag hinlänglich stark gewesen ist, ein großer runder Flecken, wo alle Schwefelblumen weggefegt sind, der von keinen Figuren umgeben ist, und wo die großen Massen der Elektricitäten sich zu ∞ E vereinigen haben. Wenn man zu diesem Versuche Flaschen von verschiedener Größe anwendet, jedoch dieselben durch gleichviele Umdrehungen der Elektrisirmaschine, mit einer ziemlich gleichen Menge E ladet, so findet man den Ausladungspunkt allemal näher bei der großen Flasche, deren Ladung die geringste Intensität besitzt.

Jeder elektrische Funke ist gewissermaßen ein elektrischer Schlag; der Unterschied zwischen einem Funken des Conductors und dem Entladungsfunken einer Flasche liegt bloß in der Heftigkeit und in der Menge der Elektricität, welche beide in letzterm vielfach stärker sind. Der elektrische Funke besitzt daher ganz dieselbe Kraft, brennbare Körper zu entzünden und Wärme zu entwickeln, nur im geringeren Grade.

Die Wirkungen des elektrischen Schlages auf unser Gefühl sind von sehr verschiedener Art. Eine vollgeladene kleine Flasche giebt einen weit stärkeren Schlag, als eine ganz geringe Ladung einer großen Batterie, obschon zu dieser geringen Ladung eine vielfach größere Menge Elektricität, als zur Ladung der kleinen Flasche verwendet worden ist. Dies kommt daher, daß unser Gefühl

96 Einige sonderbare Erscheinungen der E.

vorzüglich durch die Heftigkeit der Ausladung angegriffen wird, die bei einer vollgeladenen kleineren Flasche bei weitem größer ist, als bei einer mehrere Male größeren, aber weniger geladenen Flasche. Die Entwicklung von Wärmestoff hingegen und die chemischen Zersetzungen richten sich mehr nach dem Umfange der belegten Oberfläche der Flasche, d. h. nach der Menge von Elektrizität, welche diese aufzunehmen vermag, so daß recht oft ein minder heftiger Schlag von einer Batterie Metalle schmelzt und Körper entzündet, welche von dem heftigsten Schlage einer kleinen Flasche keine Veränderung erlitten haben würden.

Die größte bis jetzt bekannte Elektrisirmaschine nebst zugehörigem Ladungsapparat ist die, unter van Marum's Aufsicht befindliche im Teylerschen Museum zu Harlem.

Aus der Eigenschaft der Nichtleiter, Ladung anzunehmen, d. h. beim Zugange irgend einer E von der einen Seite die entgegengesetzte E auf der andern Seite zu binden, lassen sich verschiedene andere, sehr sonderbare Erscheinungen der Elektrizität leicht erklären. Wenn man z. B. an dem einen Ende eines isolirten Conduktors (Taf. 1. Fig. 4. AB) ein Paar Korkkugelchen C. an einem Faden aufhängt, und dem anderen Ende eine durch Reiben elektrisirte Siegellackstange D nähert; so trennen sich die Kugeln von einander, fallen aber gleich wieder zusammen, sobald man die Lackstange wegzieht, ohne daß der Conduktor die mindeste Spur von E behält. Der Conduktor hatte sonach keine E von der Siegellackstange erhalten,

ohngeachtet die Kugeln einander abstießen: Dies kommt daher, daß die kleine Luftschicht a b zwischen dem Siegellack und dem Conductor ein Nichtleiter ist, welcher, wenn er auf der einen Seite a von dem Siegellacke $- E$ erhält, auf der anderen Seite b $+ E$ bindet. Diese muß er von dem Conductor entnehmen, dessen elektrischer Stoff dadurch zerlegt wird in $+ E$, welche von der Luftschicht gebunden wird, und in $- E$, welche sich frei im Conductor äussert und die Korkkugeln zwingt, sich von einander zu entfernen. Nimmt man die Siegellackstange und damit zugleich die $- E$ von der Luftschicht a hinweg, so hört der Ladungszustand der Luft auf, die $+ E$ im Conductor wird nicht mehr gebunden, sondern mit $- E$ wieder zum unbemerkbaren Electricum vereinigt. Wenn man aber während dem, wo die Lackstange an den Conductor gehalten und die $+ E$ des Letztern von der Luftschicht in b gebunden wird, den Conductor mit einem Finger berührt, so geht seine freie $- E$ fort und die Kugeln fallen wieder zusammen. Nimmt man aber nun die Siegellackstange wieder weg, so wird die elektrische Ladung der Luftschicht dadurch, daß man ihr die $- E$ in a entzieht, zerstört; die $+ E$, welche vorher gebunden war, wird frei, die Kugeln stoßen sich wieder ab, und der Conductor wird durch diejenige $+ E$ elektrisch, welche während dem, wo das Siegellack ihm nahe war, durch den Finger von ihrer $- E$ getrennt wurde.

Diese Erscheinung hat Anlaß zu der Untersuchung gegeben, auf welche Weise die Electricität

fortgepflanzt wird, ob, dies nämlich durch einen zusammenhängenden Strom, oder durch Theilung der Elektricitäten geschieht, wodurch in dem leitenden Körper Zonen von getheilter Elektricität entstehen, so daß, wenn z. B. $+ E$ durch einen Metalldrath strömen soll, durch die Einwirkung dieser $+ E$ in dem Drahte eine Menge Zonen gebildet werden, welche $+ E$ und $- E$ in getrenntem Zustande enthalten, und in welchen die $- E$ der ersten Zone die $+ E$ der nächsten Zone sättiget, die dadurch frei werdende $+ E$ dieser Zone mit der $- E$ der folgenden sich vereinigt und so fort, bis endlich die $+ E$ der letzten Zone übrig bleibt, die nunmehr den ganzen Metalldrath durchlaufen zu haben scheint, ohngeachtet sie sich nicht weiter, als die Theilung in Zonen erforderte, fortbewegt hat.

Mehrere Umstände deuten darauf hin, daß eine solche Theilung in Zonen wirklich statt finde, was insonderheit bei Halbleitern und Nichtleitern bemerkbar wird. Inzwischen giebt es dennoch auch Phänomene, welche durch eine dergleichen Theilung in Zonen allein nicht erklärt werden können, z. B. das leichtere Ausströmen der Elektricität durch Spitzen; ihr leichter Durchgang durch verdünnte Luft und durch den luftleeren Raum; die Eigenschaft gewisser Halbleiter, welche die eine Elektricität leichter durchlassen, als die andere; die Löcher, welche die entladene Elektricität (durch dünne Körper etc.) schlägt, — die sowohl für eine Theilung in Zonen, als für ein Durchfahren von entgegengesetzten Strömen zu sprechen scheinen,

Das Elektrophor.

Hierauf gründet sich die Lehre von einer anderen Art Elektrirmaschine, die man Elektrophor nennt. Sie besteht aus einer dünnen Harzscheibe, die auf einen Teller von Messing- oder Eisenblech gegossen ist. Schlägt man diese Scheibe mit Katzenfell, oder irgend einem wollenen Zeuche, so wird die obere Fläche negativ elektrisch, die untere, dem Metallteller zugekehrte Seite aber positiv, insofern der Teller in leitender Verbindung mit der Erde steht, und an diese eben so viele $+E$ absetzen kann, als durch das Reiben der anderen Seite des Harzkuchens $-E$ erregt wird. Auf Taf. 1. Fig. 5. mag z. B. AB den Harzkuchen des Elektrophors, CD aber den Messingteller vorstellen, auf welchen er gegossen ist. Die obere Seite des Kuchens mag ferner $-E$, die untere Seite aber $+E$ empfangen haben, und der Teller CD , wie der Conduktor in den vorigen Versuchen, isolirt seyn. Seine elektrische Materie muß sich dann trennen in $-E$, welche durch die $+E$ der unteren Seite des Harzkuchens gebunden, und in $+E$, welche frei wird. Legt man nun eine Metallscheibe EF auf die obere Seite des Kuchens, so muß ihre elektrische Materie sich auf gleiche Weise theilen, nämlich in $+E$, welche mit der $-E$ des Harzkuchens sich verbindet, und in $-E$, welche frei wird. Stellt man dann mit dem Finger eine leitende Verbindung zwischen C und E her; so fühlt man einen Stoß in der Hand, weil sich die freie $+E$ des Tellers mit der

freien — E der Metallscheibe in Vereinigung setzt, und alle Zeichen der Elektricität des Elektrophors hören auf. Wenn man aber die Metallscheibe EF mittelst eines Nichtleiters, z. B. an dem gläsernen Griffe G, vom Harzkuchen aufhebt, so wird die + E der erstern nicht mehr an die — E des letztern gebunden, sondern frei und die dadurch positiv elektrisch gewordene Metallscheibe theilt den ihr genäherten Körpern + E mit. — Ist der Teller des Elektrophors CD nicht isolirt, so entweicht seine freigewordene + E und theilt sich der Erde mit; berührt man dann die Metallscheibe EF, so entweicht ihre — E mit einem Funken, während ihre + E von der — E des Kuchens zurückgehalten wird.

Diese mit einem Glasgriffe versehene Metallscheibe nennt man den Deckel oder die Trommel des Elektrophors. Sie muß wohl abgerundet und ohne alle Spitzen seyn. Legt man den Deckel, nachdem ihm seine + E entnommen ist, wieder auf den Kuchen; so geht dieselbe Theilung der Elektricitäten von neuem vor sich. Entladet man den Deckel mit dem Finger und hebt ihn dann vom Harzkuchen auf, so erhält man wieder + E; dabei giebt der Deckel jedesmal einen Funken, und man kann durch Wiederholung dieses Verfahrens Flaschen laden, und damit einen grossen Theil der elektrischen Erscheinungen darstellen, die man mit der gewöhnlichen Elektrisirmaschine hervorbringt.

Da der Harzkuchen bei diesem Elektrisiren keine E verliert, sondern ihre Erscheinung einzig und

allein von der Theilung der elektrischen Materie des Deckels herrührt; so ist diese Art Maschinen fortwährend elektrisch und hat daher von ihrem Erfinder, Volta, den Namen *Elettroforo perpetuo* (immerwährender Electricitätsträger) erhalten. — Hat der Deckel Spitzen oder Ecken, so wehen diese der Oberfläche des Harzkuchens entgegengesetzte Electricität zu und zerstören dadurch dessen elektrische Kraft.

Die Art und Weise, wie die elektrischen Erscheinungen, blos durch Zertheilung der elektrischen Materie der Körper und ohne Mittheilung, fortdauernd unterhalten werden können, muß man sich so vorstellen, daß das *Electricum* von allen Körpern geleitet wird, daß ferner Leiter und Nichtleiter nur dessen Bestandtheile, $+E$ oder $-E$, fortleiten, so daß ein Körper, wenn er durch die Zertheilung seines natürlichen elektrischen Stoffs einen Theil desselben einbüßt, von seinen Umgebungen wieder eine neue Menge davon aufnimmt, wodurch der elektrische Stoff allenthalben im Gleichgewichte erhalten wird.

Die beste Harzmasse zum Kuchen des Elektrophors wird aus 10 Theilen Gummilack, 3 Theilen Harz, 2 Theilen venetianischen Terpentin, 2 Theilen Wachs und $\frac{1}{2}$ Theil Pech gemacht. Ein dünner Kuchen giebt mehr Electricität, als ein dicker. Große Elektrophore leisten selten soviel, als sie kosten, und sind schwer zu handhaben.

C o n d e n s a t o r e n.

Auf gleichen Grundsätzen, wie das Elektrophor, beruht auch ein anderes elektrisches Werkzeug, was man Condensator (Electricitäts-Sammler) nennt, weil es dazu dient, kleine Mengen Electricität, die ausserdem nicht auf das Elektrometer wirken würden, auf einer kleineren Oberfläche zusammenzuhalten. Es besteht aus zwei ebenen Metallscheiben, welche, zu Verhütung aller Ableitung, rund und gut polirt seyn müssen. Auf die untere Scheibe (Taf. 1. Fig. 6.) ABCD, tropft man am Rande herum 3 Tropfen Siegellack a, b, c, die gleichweit von einander abstehen und von einerlei Höhe seyn müssen. Auf diese legt man sodann die andere Scheibe, wie in Fig. 7. CD auf AB. Zwischen diesen zwei Scheiben, welche sonach keine leitende Gemeinschaft mit einander haben, ruht nun eine Luftschicht, die eines gewissen geringen Grads von elektrischer Ladung fähig ist, auf dieselbe Weise, wie ich oben bei dem Versuche mit den Korkkugeln am Conduktor (Fig. 4.) gezeigt habe. Der Körper, dessen Electricität man untersuchen will, wird nun auf CD gebracht, während man AB mit dem Finger oder mit irgend einem andern Leiter berührt. Dadurch wird die, der Scheibe CD zugekehrte, Seite der Luftschicht mit der Electricität des untersuchten Körpers geladen, während ihre entgegengesetzte Seite durch die Scheibe AB und den Finger die gleichnamige Electricität von sich giebt, und dabei die entgegengesetzte Electricität auf der unteren

Seite der Luftschicht bindet. Hebt man nun die Scheibe CD empor, die zu diesem Behufe mit einem gläsernen Griffe E versehen seyn muß; so wird die Ladung der Luft zerstört, und alle Elektrizität, welche dem untersuchten Körper durch GD zu dieser Ladung entzogen wurde, wird nunmehr in der kleinen Metallscheibe auf einmal frei, und kann mit dem Elektricitätsmesser entdeckt werden.

Auf diese Weise kann man die Erregung der Elektrizität bei chemischen Arbeiten entdecken, die ausserdem nicht wahrnehmbar seyn würde; wenn man z. B. einen Stahldrath, um ihn mit einem isolirenden Handgriffe zu versehen, in der Mitte mit Siegelacke überzieht, dann das eine Ende desselben in eine Lichtflamme, oder in glühende Kohlen, oder in ein Glas steckt, welches ein Gemenge von Zink oder Eisen mit etwas Säure und Wasser, welche das Metall auflösen, enthält, und dann das andere Ende auf die Scheibe CD bringt, indem man AB zugleich mit dem Finger berührt, so findet man nach einigen Secunden, daß der Drath, wenn man ihn wegnimmt und CD emporhebt, elektrisch geworden ist. Die Elektrizität, welche bei dem chemischen Prozesse, aus welchem die Verbrennung oder Auflösung besteht, frei wird, und die in jedem Augenblick zu unbedeutend war, um auf das Elektrometer merklich wirken zu können, hatte sich bei diesem Versuche in CD gesammelt und die Luftschicht geladen, wurde aber, als man CD lüftete und die Ladung zerstörte, auf einmal frei und bemerkbar.

104 Erregung der E durch Temper. Veränderung.

Man hat mehrerlei Arten von Condensatoren, und der hier beschriebene ist zwar nicht der beste und empfindlichste, aber doch der einfachste. Die Beschreibung desselben ist hier hauptsächlich deshalb aufgenommen worden, um einen theoretischen Begriff von dieser Art Werkzeugen zu geben, deren richtige Anwendung übrigens verschiedene Kenntnisse und große Uebung erfordert, wozu ein chemisches Lehrbuch keine Anleitung geben kann.

2.

Erregung der Electricität durch Veränderung der Temperatur.

Je mehr wir die elektrischen Erscheinungen kennen lernen, desto mehr Anlaß erhalten wir zu der Vermuthung, daß die Electricitäten sich in keinem Körper in völligem Gleichgewichte befinden, wiewohl ihre Vertheilung für unsere äusseren Sinnen so lange unbemerkt bleibt, bis sie durch irgend einen Umstand so vermehrt wird, daß wir sie wahrnehmen können. Wir werden einige von den Umständen durchgehen, welche die ursprüngliche elektrische Vertheilung bemerkbar zu machen scheinen, und dabei zuerst von der Temperaturveränderung sprechen.

Gewisse kristallisirte Körper des Mineralreichs haben die Eigenschaft, daß sie durch Erwärmen, und so lange die Erwärmung fort dauert, elektrisch werden, dann aber, wenn die Temperatur auf einen gewissen Stand kommt, die Electricität wieder verlieren, daß jedoch diese wieder von neuem zum

Vorschein kommt, wenn der Körper von dieser Temperatur wieder abkühlt. In diesem Falle häufen sich die entgegengesetzten Elektricitäten in zwei entgegengesetzten Punkten des Kristalls, die an dessen Endspitzen liegen, an, so daß die elektrische Axe mit der Kristall-Axe zusammenfällt, was selbst dann der Fall ist, wenn bei dem angewendeten Stücke diese Axe von geringerer Dimension, als der Durchmesser des Querschnitts ist. Die beiden entgegengesetzten elektrischen Punkte nennt man die elektrischen Pole und einen auf diese Weise elektrisirbaren Körper elektrisch polarisch.

Man hat gefunden, daß der Punkt, welcher durch Erwärmung + Elektricität empfängt, beim Abkühlen zum - Pole wird. Wenn man einem elektrisch-polarischen Körper kleine Papierschnittchen oder andere leichte Körper nahe bringt, so werden dieselben von den Polen angezogen und sammeln sich rund um dieselben herum; oder sie werden auch wohl, wenn die Elektricität stark ist, von den Polen wechselweise angezogen und abgestoßen. Dies ist in höherem oder minderen Grade bei mehreren Mineralien der Fall, z. B. bei den verschiedenen Arten des Turmalins, dem Mesotyp, Topas, Prehnit, u. m. a. Der Umstand, daß die elektrische und die Kristallisations-Axe zusammenfallen, scheint zu beweisen, daß die Eigenschaft, elektrisch zu werden, von einer elektrischen Polarität der kleinsten Theilchen herrühre und daß diese Polarität höchst wahrscheinlich an der Bül-

106 Elektr. Erschein. beim Schmelzen manch. Körp.

der regelmässigen Kristall-Gestalten Antheil gehabt habe.

Verschiedene erstarrende oder schmelzende Körper entwickeln, während dieser Veränderung ihrer Aggregationsform, eine grosse Menge Elektrizität; wenn z. B. Wasser in einer elektrischen Ladungsflasche, deren äussere Belegung nicht isolirt ist, schnell zu Eis abgekühlt wird, so erhält die Flasche, nach Grotthusen's Versuchen, eine schwache Ladung; das innere Beleg wird nämlich positiv, das äussere negativ elektrisch. Wird das Wasser schnell aufgethaut, so wird in umgekehrter Ordnung das innere Beleg negativ und das äussere positiv. Gerinnendes Wachs und Chokolade werden oft beim Erstarren so elektrisch, dass sie leichte Körperchen anziehen. Wenn eine Flüssigkeit verdunstet, wird der luftförmige Theil derselben negativ, der noch flüssige aber positiv elektrisch; umgekehrt wird bei Condensirung eines Gases der condensirte Theil negativ und der noch gasförmige positiv elektrisch. Es ist jedoch schwierig diese Versuche so anzustellen, dass die freiwerdenden Elektricitäten entdeckt und erkannt werden können.

3.

Erregung der Elektrizität durch wechselseitige Berührung verschiedenerartiger Körper.

Mannichfaltige Erfahrungen haben uns gelehrt, dass, wenn zwei isolirte verschiedenartige Körper mit einander in Berührung gebracht und dann

wieder von einander getrennt werden, der eine freie $+$ E und der andere freie $-$ E besitze, die sich nicht frei offenbaren, als die Körper noch mit einander in Berührung waren. Die natürliche Beschaffenheit der sich berührenden Körper bestimmt dabei sowohl den Grad der elektrischen Vertheilung, als auch die Art der Elektricität, welche in jedem der beiden Körper frei wird.

Der Grad der elektrischen Vertheilung scheint, unter übrigens gleichen Umständen, von dem Grade der chemischen Verwandtschaft dieser Körper abhängig zu seyn, so daß sie bei starken Verwandtschaften ebenfalls stark, bei schwächeren aber unbedeutend oder gar null ist. Die Art der Elektricität hingegen, die in einem Körper frei wird, beruht auf seiner chemischen Natur. So wird z. B. unter den brennbaren Körpern derjenige, welcher durch Oxidation das stärkste alkalische Oxid bildet, (d. h. dessen Oxide die größte Verwandtschaft zu den Säuren im Allgemeinen besitzen) — positiv elektrisch, der andere aber negativ, sein Oxid mag sich übrigens ebenfalls mit Säuren vereinigen können oder auch selbst eine Säure seyn. Sind die in Berührung kommenden Körper bereits oxidirt, so gilt dasselbe. Die Körper, welche am besten zu diesen Versuchen sich eignen und auch am meisten dazu benutzt werden, sind Zink und Kupfer, oder Zink und Silber. Von ihnen giebt Zink das stärkste alkalische Oxid und nimmt daher auch stets positive Elektricität an.

Man kann sich sehr leicht durch einen eigenen Versuch von der durch Berührung erregt wer-

denden Elektricität überzeugen, wenn man ein Zinkplättchen und eine Silber- oder Kupfermünze nimmt, an jedes einen isolirten Griff (z. B. von Siegellack) befestiget, und beide zusammenführt, dann aber wieder trennt, wo man mit Hülfe des Condensators am Zink $+ E$, am Silber oder Kupfer aber $- E$ bemerken wird. Gepülverte Körper sieht man durch ein Sieb von Silberdrath. Das Pulver wird durch die Berührung des Silberdraths elektrisch, und wenn man es auf einer, auf der untern Seite belegten, Glasscheibe auffängt, so kann dessen Elektricität vermittelst des Condensators untersucht werden.

Die Ursache, warum Körper durch Berührung elektrisch werden, kennt man noch nicht mit völliger Gewisheit. Wenn es richtig ist, in allen Körpern einen gewissen Grad von Elektricität im Vertheilungszustande anzunehmen, und wenn dieser Zustand auf der elektrischen Polarität der kleinsten Theilchen beruhet; so muß die beschriebene Erscheinung ihren Grund darin haben, daß die Metalle im Augenblicke ihrer Berührung einen Theil ihrer entgegengesetzten Elektricitäten (nämlich der $- E$ des Zinks und der $+ E$ des Silbers) sättigen, wo dann bei der Trennung im Zink $+ E$ und im Silber $- E$ frei wird, ohngefähr so, wie beim Aufheben des Deckels vom Harzkuchen des Elektrophors. Ich werde in der Folge Versuche anführen, welche dieses Verhalten zu bestätigen scheinen.

Wenn die durch Berührung erregte Elektricität das Ladungsmittel für Nichtleiter, Halbleiter

oder schlechte Leiter wird, so entstehen, nach der verschiedenen Natur und Zusammenstellung der geladenen Körper, mancherlei verschiedenartige elektrische Erscheinungen.

A) Wenn man einen Nichtleiter, z. B. eine ganz dünne Scheibe von Glas, Harz, Schwefel, Taffet, oder dergleichen, auf der einen Seite mit einer dünnen Zinkscheibe, auf der andern mit einer Silberplatte belegt und mehrere solche Schichten so über einander stellt, daß die Silberseite der einen Schicht auf die Zinkseite der andern zu liegen kommt, so wird die nichtleitende Scheibe durch die Berührungs-Electricität in einem geringen Grade geladen; diese Ladung ist jedoch so schwach, daß sie nicht eher bemerkbar wird, als bis man 15, 20 bis 30 solche belegte Scheiben zusammenstellt. Bringt man die äusseren Belegungen der obersten und untersten Metallplatten durch einen Metalldrath in Verbindung; so entladet sich die Electricität: es dauert aber dann eine kleine Weile, bis die Platten wieder eine neue Ladung annehmen. Die Ursache dieses Vorzugs liegt in der Langsamkeit, womit sich die Electricitäten, bei einer so schwachen Kraft, als die Berührungs-Electricität ist, durch Nichtleiter vertheilen.

Der Grund, warum mehrere zusammengelegte Scheiben eine höhere Intensität der Ladung hervorbringen, ist darin zu suchen, daß wenn zwei belegte Scheiben zusammengelegt und durch Berührung ihrer, einander zugekehrten inneren Seiten elektrisch werden, ihre äusseren Belegungen zugleich freie Electricität empfangen. Wird nun eine

dritte Scheibe mit dem entgegengesetzten Belege darauf gedeckt, so wird diese nicht allein durch die in dem Belege der zweiten Scheibe frei gewordene Elektrizität, sondern auch von der neuen Portion derselben geladen, welche durch die Berührung des 2ten und 3ten Paares der ungleichartigen Metallplatten erregt wird, und daher wird die Ladung aller drei Paare stärker, als bei den ersten zwei Paaren; legt man eine vierte Scheibe darauf, so nimmt diese nicht bloß die freie Elektrizität des oberen Beleges der 3ten Scheibe auf, sondern erhält auch noch die zwischen dieser und ihrer eigenen Belegung erregte Berührungs-Elektrizität, und es entsteht dadurch eine größere Vertheilung von E in jeder der vier Scheiben, als vorher bei dreien statt fand. Auf diese Weise wird die Intensität der Ladung mit jeder neu hinzugefügten Scheibe vermehrt. Es wirken also hier Ursachen, welche denjenigen ganz analog sind, vermöge deren ein Magnet über einem Ambos oder einer anderen großen Eisenmasse ein größeres Stück Eisen, als ausserdem, trägt, und dasselbe fallen läßt, sobald man den Ambos wegzieht; wie weiter unten bei der Lehre vom Magnetismus gezeigt werden wird.

B) Wählt man statt der Nichtleiter, Halbleiter, so entstehen gleiche Ladungs-Phänomene; nur wird die Ladung in wenigen Augenblicken nach der Entladung wieder hergestellt, weil die Vertheilung der Elektrizitäten in den belegten Halbleitern mit weit größerer Schnelligkeit als in den vorher erwähnten Nichtleitern vor sich geht.

Wenn man 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll große Scheiben von Papier, was mit ächtem Blattsilber belegt ist, und dann gleich große Platten von Zinkfolie (bis zur Papierstärke ausgewalztes Zinkblech) ausschneidet, und diese Zinkplatten so zwischen die Silberpapierscheiben legt, daß die Silberseite der letztern allemal nach einerlei Richtung gekehrt ist; so erhält man eine ähnliche Vorrichtung, wie die oben beschriebene, nur mit dem Unterschiede, daß hier das Papier der Körper ist, welcher die Ladung annehmen soll. Um die Ladungs-Phänomene eines solchen Apparats bemerkbar zu machen, muß man 600 bis 1000 Paar Scheiben, und mehr, über einander legen, und sie gelind zusammenpressen, damit das Papier mit dem Zink gehörig in Berührung kommt. Man pflegt diese Scheiben mit einem Cylinder oder Futteral von Glas zu umgeben, welches an beiden Enden mit luftdicht aufgekitteten Messingkappen und mit Metallknöpfen versehen ist, welche mit der äusseren Belegung der obersten und untersten Papierscheibe in unmittelbarer Berührung stehen. Der eine dieser Knöpfe ist dann fortdauernd positiv, der andere beständig negativ. Hat man mehrere dergleichen Säulen, und stellt solche so zusammen, daß sie einander mit den entgegengesetzten Polen berühren, so wird die Intensität ihrer Erscheinungen um ein Bedeutendes vermehrt.

Man hat dergleichen Säulen auf mehrerlei Weise zusammengesetzt, z. B. mit Schichten von trockener Stärke zwischen Platten von Zink und Silber; man hat ferner Scheiben von unächtem Goldpapier

(worin der Zinkgehalt des unächten Goldes die Stelle der Zinkfolie vertritt) mit einem Gemenge von Honig und feingeriebenen Bernstein bestrichen, welcher letztere, wie alle Superoxide, durch seinen Ueberschuß an Sauerstoffgehalt gegen alle brennbare Körper negativ ist und hier das Blattsilber ersetzt. Man hat diese Säulen mit geschmolzenem Harz oder Schwefel überzogen; aber alle dergleichen Säulen sind weit schwächer und verlieren ihre Wirksamkeit viel eher, als die oben beschriebenen.

Bringt man die Pole einer solchen Säule in eine leitende Verbindung, so entsteht eine Entladung, die sich im nächsten Augenblicke wiederholt, weil die Metallplatten der Säule durch ihre Berührung fast augenblicklich einander wieder laden. Demohngeachtet entsteht, wenigstens bei den kleineren bis jetzt benutzten Apparaten, dabei kein fühlbarer Stoß oder Schlag, und wenn die Entladung durch Flüssigkeiten geschieht, so werden diese nicht merklich verändert oder zerlegt. Doch wird behauptet, daß diese Säulen, wenn die dazu angewendeten Papierscheiben 3 bis 6 Zoll Durchmesser haben, und auf ihrer ganzen Oberfläche belegt sind, eben so gut schwache chemische Wirkungen hervorbringen sollen, als diejenigen, von welchen ich weiter unten ausführlicher sprechen werde. Zamboni versichert, daß Säulen von 5000 Platten bei der Entladung Funken geben können, welche 1 Linie lang und bei Tage sichtbar sind. Er giebt an, daß diese Funken sogar bis zu $\frac{1}{2}$ Zoll Länge erhalten werden können, wenn

der Polknopf, welchem sie entlockt werden, gut isolirt und in ein Glas eingeschlossen ist, worin die Lüft trocken erhalten wird.

Die merkwürdigste Erscheinung, die man mit diesen Säulen bisher hervorgebracht hat, ist die, daß das Ende einer, an einer leicht beweglichen Axe senkrecht aufgehängenen, isolirten, dünnen Nadel zwischen den Polknöpfen zweier in geringer Entfernung von einander aufgestellten Säulen fortdauernd hin und her schwingt. Die Säulen entladen sich nämlich durch die isolirende Nadel, erhalten diese dadurch in unaufhörlicher Bewegung und bilden so eine Art von perpetuum mobile. Auch hat man an den Polen isolirte Glöckchen angebracht, und zwischen diesen eine kleine leichte und hohle Metallkugel aufgehängt, welche, durch Entladung der Säule in Bewegung gesetzt, zwischen den Glocken hin und her schwingt und ein Geklingel hervorbringt, was in manchen Fällen mehrere Monate ununterbrochen fort dauert. Bisweilen hört es auf, fängt aber nach einiger Zeit von selbst wieder an.

Man hat geglaubt, daß die Ladungs-Intensität dieser Säulen von dem elektrischen Zustande der Luft abhänge, und daß die Anzahl der Schwingungen der beschriebenen Nadel binnen eines gegebenen Zeitraumes über die Luft-Elektricität Aufschlüsse geben könne. Allein neuere, mit größerer Genauigkeit angestellte Versuche haben dargethan, daß die beobachteten Unterschiede in den Schwingungen ihren Grund theils in den Temperatur-Veränderungen, theils in der ungleichen Feuch-

tigkeit der Luft haben, wodurch sowohl die elektromotorische Kraft der Säule, als auch die elektrische Intensität ihrer Pole verändert wird, je nachdem die mehrere oder mindere Trockenheit die Luft mehr oder weniger isolirt.

Es ist behauptet worden, daß die Erscheinung des Ladens dieser elektrischen Apparate von Feuchtigkeit im Papiere herrühre; allein Jäger hat gezeigt, daß dergleichen Säulen, wenn sie auch nach vollkommener Austrocknung weniger bedeutende Spuren von Elektrizität bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft äussern, weil das Papier in einen Nichtleiter verwandelt worden ist, dennoch bei höherer Temperatur z. B. zwischen $+ 40^{\circ}$ und 60° , ihre erste elektrische Ladung wieder erlangen, und wieder völlig so stark elektrisch werden, als wenn bei der gewöhnlichen Luft-Temperatur das Papier nicht vollkommen ausgetrocknet ist; und dies ist selbst dann der Fall, wenn die Säulen in Futterale eingeschlossen sind, die keine Feuchtigkeit durchlassen. Die Ursache dieser Erscheinung scheint darin zu liegen, daß warmes und trockenes Papier ein Halbleiter, wasserfreies und kaltes Papier hingegen ein Nichtleiter ist.

Man hat gefunden, daß die Wirksamkeit dieser Säulen nach längerer Zeit abnimmt und endlich ganz erlischt. Die Ursache davon ist noch nicht ausgemittelt, dürfte aber wohl in der Veränderung liegen, welche die unausgesetzten elektrischen Ladungen in der Zusammensetzung des Papiers hervorbringen, oder in der Oxidation der Metalle, oder in einem ähnlichen Umstande, da es

nicht in der Theorie begründet zu seyn scheint, daß die Wirksamkeit dieser Säulen nothwendig aufhören müßte.

C) Wir kommen nunmehr zu den merkwürdigsten Erscheinungen, welche die Berührungs-Elektricität hervorbringt. Wenn man, anstatt der erwähnten festen Nichtleiter oder Halbleiter, ein Liquidum anwendet, welches die Elektricität leitet, so nehmen die Wirkungen der elektrischen Vertheilung auf eine höchst erstaunenswürdige Weise zu. Nimmt man z. B. ein Stück Silbergeld (Taf. I Fig. 11) AB. und ein gleich großes Stückchen Zink CD, und legt, wie die Fig. zeigt, das eine auf, das andere aber unter die Zunge, so fühlt man, wenn beide Metallscheiben vor der Spitze der Zunge sich berühren, auf dieser einen brennenden Geschmack, der beim Zinke an das Saure gränzt, beim Silber aber unbestimmter ist. Dieser Geschmack hört auf, wenn man die Metalle von einander trennt, d. h. wenn sie nicht durch Berührung elektrisch sind. Hierbei ist die Feuchtigkeit der Zunge das Mittel, durch welches die Metalle ihre freien entgegengesetzten Elektricitäten, und wenn ich so sagen darf, ihre Ladungskraft ausüben, und die Folge dieser Ladung ist, außer dem Gefühle, was der Durchgang der Elektricitäten in den Nerven verursacht, eine Veränderung in der Feuchtigkeit selbst, kraft deren gewisse Bestandtheile derselben sich nach dem Silber, andere nach dem Zinke hin ziehen, wie weiter unten gezeigt werden wird. Legt man einen Zinkpfennig auf die innere Seite des einen Backens

und eine Silbermünze auf die Innenseite des anderen Backens, und verbindet dann beide Metalle nach außen zu mittelst eines Silberdraths miteinander, so empfindet man im ersten Augenblicke der Berührung einen Lichtschein im Auge, der aber schnell wieder verschwindet, während das brennende Gefühl in der Nähe der Metalle eine fortdauernde Ausladung zu erkennen giebt. So oft man die unterbrochene Leitung mittelst des Draths wieder herstellt, erscheint auch der Blitz im Auge wieder, der nichts anders ist, als die Wirkung der ersten Heftigkeit der elektrischen Entladung, die sich bis zu den Sehnerven erstreckt und von der Seele als Licht empfunden wird, weil alle Eindrücke auf diese Nerven die Empfindung des Lichts hervorbringen, selbst wenn sie bloss mechanisch sind, wie z. B. Stösse ins Auge, Reiben desselben u. s. w.

Während die Flüssigkeit auf diese Weise durch Entladungen der freiwerdenden Elektrizität der Metalle afficirt wird, wirkt die Ursache der Vertheilung der Elektrizitäten durch die Berührung unausgesetzt fort, d. h. es findet zwischen den Metallen selbst eine beständige Ausladung statt, durch welche sie immer von neuem wieder elektrisch werden.

Wollaston hat durch einen höchst sinnreichen Versuch diese Ausladungen auf eine ganz unerwartete Weise dargethan. Glücklicher Weise war ich selbst bei diesem Versuch zugegen, der einen jeden, welcher ihn zum ersten Male sieht, nothwendig in Erstaunen versetzen muß. Das

Werkzeug selbst, dessen er sich dazu bediente, war ein kupferner Nähring, wie ihn die Schneider zu brauchen pflegen (en skradder - syring), welcher so zusammengedrückt war, daß er eine sehr ins lange gezogene Ellipse bildete. In diesen Nähring war eine Zinkscheibe durch Siegelack so befestiget, daß sie mit dem Ringe außer aller leitenden Gemeinschaft stand, und beide Metalle waren mittelst eines, vom Nähringe hervorstehenden kleinen metallenen Griffs, durch ein kurzes, schmales und bis zur höchst möglichen Dünne ausgestrecktes Platinstreifchen mit einander verbunden. Wenn man nun diesen kleinen Apparat bis zu $\frac{1}{2}$ seiner Höhe in verdünnte Salzsäure eintauchte, und die Berührungs-Elektricität des Zinks und Kupfers durch diese stark leitende Flüssigkeit schnell entladen wurde, so erfolgte in dem Berührungspunkte der Metalle die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten, durch welche die Berührungs-Elektricität entsteht, mit einer solchen Heftigkeit, daß das kleine Platinstreifchen, was den Berührungspunkt der Metalle bildete, wie ein Feuerfunken glühte, so daß man Schwamm daran anzünden konnte. Ein glücklicher Erfolg dieses Versuchs ist noch gewisser, wenn man den Apparat größer macht; allein weil die Theorie voraussetzt, daß er auch im Kleinen gelingen müsse, so hatte Wollaston sich vorgesetzt, die Richtigkeit der theoretischen Ansicht durch seinen Versuch zu bestätigen.

Durch diesen Versuch wird sonach erwiesen, daß während dem, wo die durch Berührung ent-

118 Construction der nassen elektrischen Säulen.

standene Elektrizität durch die Flüssigkeit entladen wird, dieselbe eben so schnell durch die fort dauernde Entladung zwischen den Metallen in dem Berührungspunkte wieder erregt wird, und das sonach in diesem kleinen Apparate das Electricum, (wenn dieses übrigens etwas anderes, als eine unsere Vorstellungen erleichternde, eingebildete Idee ist) unaufhörlich zerlegt und wieder zusammengesetzt wird.

Man hat mehrere Arten, eine Flüssigkeit zwischen elektrische Metalle zu bringen. Die gewöhnlichste und wirksamste ist die, das man Pappscheiben, die etwas kleiner, als die Metallplatten, geschnitten sind, mit der Flüssigkeit anfeuchtet. Legt man nun mehrere Schichten, in folgender Ordnung: Zink, Silber, feuchte Pappe, Zink, Silber, Pappe, u. s. f. übereinander, und schließt die Schichten mit Silber, so bildet sich daraus eine sogenannte elektrische oder voltasche Säule, in welcher die Intensität der elektrischen Erscheinungen, auf die oben beschriebene Weise, sich mit der Anzahl der Plattenpaare vermehrt. Diese Säulen geben schon fühlbare Stöße, entladen sich mit Funken, und zerlegen die Flüssigkeit, durch welche die Entladung geschieht. Ihre Wirksamkeit ist im ersten Augenblicke am größten, nimmt dann fort dauernd ab, und hört in 2 bis 3 Mal 24 Stunden ganz auf.

Die Flüssigkeiten, welche man dazu anwenden kann, sind Mischungen von Säuren und Wasser, oder Auflösungen von Alkalien oder Salzen in Wasser. Reines Wasser wirkt nur sehr

schwach, weil es ein schlechter Leiter ist, und die Wirkungen in dem Maasse zunehmen, als eine Flüssigkeit die Elektrizität schnell leitet. Ein Zusatz eines Salzes macht das Wasser zu einem bessern Leiter und vermehrt die Wirksamkeit der Säule sehr bedeutend. Wird aber überdem der dem Wasser zugesetzte Stoff leicht zerlegt, so wird die Wirkung noch grösser, so daß z. B. Salpetersäure kräftiger als Schwefelsäure, salzsaures Ammoniak kräftiger als salzsaures Natron wirkt. Die Stoffe, welche man am meisten dazu angewendet hat, sind Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, schwefelsaures und salzsaures Natron, salzsaures Ammoniak, Alaun, u. m. a., die entweder für sich, oder mit Zusatz einer Säure in Wasser aufgelöst werden.

Man hat gefunden, daß Salpetersäure die stärkste elektrische Ladung giebt, daß aber auch ihre Wirkung bald aufhört. Ihre Wirksamkeit steht mit ihrer Concentration in geradem Verhältnisse, so daß, nach Thenard's und Gay-Lussac's Versuchen, bei einem Zusatze von 10, 20, 30, 40 oder 80 Theilen starker Salpetersäure zu einer gegebenen Menge Wasser, die Intensität der durch diese saure Flüssigkeit erregten elektrischen Erscheinungen sich ebenfalls wie 10, 20, 30, 40 oder 80 verhält. Schwefelsäure bringt eine weniger kräftige und eben nicht länger anhaltende Wirkung als die Salpetersäure hervor. Salzsäure wirkt noch schwächer als Schwefelsäure, aber länger. Wenn es daher darauf ankommt, die höchste Wirksamkeit der Säule auf einen Augenblick zu benutzen, so bedient man sich der Salpetersäure;

verlangt man aber eine länger fortwährende Wirkung, so muß man Salzsäure anwenden.

Salzauflösungen wirken geringer als Säuren, ihre Wirkungen dauern aber viel länger. Salzaures Ammoniak kommt den Säuren am nächsten. Kochsalz, besonders in Essig aufgelöst, wirkt übrigens ebenfalls kräftig, und wird am allgemeinsten angewendet. Man hat übrigens beobachtet, daß die Wirkungen der Salzauflösungen nicht mit ihrer Concentration im Verhältnisse stehen, und daß überdem verschiedene Salze auch verschieden wirken. Gay-Lussac und Thenard haben gefunden, daß eine elektrische Säule, welche, mit einer Säure aufgesetzt, in einer gewissen Zeit, bei der Entladung durch Wasser, 87 Maas Gas giebt, mit einer Salzlösung aufgestellt, in gleicher Zeit nur 12 Maas, hingegen dann 187 Maas Gas liefert, wenn man sie mit einer Salzauflösung aufbaut, zu welcher eben soviel Säure genommen worden ist, als vorher Wasser zur Auflösung des Salzes angewendet worden war. Uebrigens ist noch zu bemerken, daß die Wirkung der Säule um so größer wird, je dünner die Schicht der Flüssigkeit zwischen den zwei verschiedenartigen Metallen ist.

Man hat mehrere Arten, diese elektrischen Säulen aufzubauen.

1) Die erste und gewöhnlichste Weise ist folgende: Platten von Zink und Kupfer, von der Größe eines Speciesthalers, werden zusammengelöthet, und dann so über einander gestellt, daß zwischen jedem Plattenpaare eine Pappscheibe zu liegen kommt, die vorher mit einer Auflösung von

Kochsals in Essig gut durchtränkt worden ist. Wenn man die Säule so aufzubauen anfängt, daß beim untersten Plattenpaare die Kupferseite nach oben liegt, so müssen alle folgende Plattenpaare in derselben Säule nach eben dieser Richtung eingelegt werden. Man kann zwar auch nicht zusammengelöthete Metallplatten anwenden; allein es ist dann oft der Fall, daß die aus den Pappscheiben austretende Flüssigkeit zwischen die Platten selbst eindringt, wodurch die Wirksamkeit der Säule bedeutend vermindert wird. Mehr als 20, 30 bis 40 Paar Platten darf man in einer Säule um deswillen nicht auf einander stellen, weil sonst die Flüssigkeit der unteren Pappscheiben durch den zu starken Druck herausgepreßt wird; will man daher eine aus mehreren z. B. 100 Paaren zusammengesetzte Kraft anwenden, so thut man besser, wenn man mehrere kleine Säulen aufstellt und die entgegengesetzten Pole derselben durch Metalldräthe in Verbindung bringt. — In Fig. 12. Taf. I. ist eine solche Säule dargestellt. — Hat die Wirksamkeit der Säule aufgehört, so muß man sie aus einander nehmen, und die Metallplatten zum Behuf neuer Versuche durch Scheuern von der Oxidhaut reinigen, die sich während des Versuches auf ihrer Oberfläche ansetzt, und gewöhnlich ziemlich fest an dem Metalle haftet. Weil dieses Scheuern mit vieler Unbequemlichkeit verbunden ist; so ist man auf andere Methoden bedacht gewesen, wobei es dessen nicht bedarf. Diese Methoden sind folgende:

a) Man läßt sich eine Anzahl, von wenigstens

50 Stück, kleinen Gläsern machen, von 1 Zoll Durchmesser auf dem Boden und $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll Höhe, die entweder ganz cylindrisch, oder auch (mehr becherförmig) wie Fig. 13. Taf. I. gestaltet sind. Diese stellt man in einem Brete, worin für jedes Glas ein Loch eingeschnitten ist, zusammen, und füllt sie zu $\frac{2}{3}$ ihrer Höhe mit schwacher Salzsäure. Man nimmt dann eine hinreichende Anzahl ziemlich starke Kupferdräthe, von 7 bis 8 Zoll Länge und gießt an das eine Ende eines jeden Draths, wenn es zuvor gehörig gereinigt und mit etwas Salmiakauflösung bestrichen worden ist, mittelst einer gewöhnlichen Kugelform, eine Zinkkugel an. Es geht auch an, das Ende des Kupferdraths in geschmolzenen Zink einzutauchen, so daß sich etwas Zinkmasse daran anhängt und diese durch mehrmaliges Eintauchen zu vergrößern; dies geht aber langsamer von staten. Hat man auf diese Weise an jeden Kupferdrath eine Zinkkugel angeschmelzt; so werden dieselben so in die Gläser eingelegt, daß die Zinkkugel auf den Boden des Glases zu liegen kommt, der Drath aber soweit umgebogen, daß er in das nächste Glas bis zu $\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung von der darin befindlichen Zinkkugel hineinreicht. Je stärker der Drath ist, desto kräftiger ist die Wirkung des Apparats, und diese kann noch vermehrt werden, wenn der umgebogene Theil des Kupferdraths breit geschlagen wird, um ihm eine größere Oberfläche zu geben. Dieser Apparat ist unter allen kleineren der bequemste, kostet auch am wenigsten in der Unterhaltung. Will man die

Versuche damit nicht weiter fortsetzen, so braucht man nur die Dräthe herauszunehmen, im Wasser abzuspülen und mit einem reinen Handtuche abzutrocknen. Bei einem neuen Versuche können sie in wenigen Minuten wieder eingelegt werden.

3. Trog- Apparate nennt man diejenigen Vorrichtungen, wo die zusammengelötheten Metallplatten, mit einem nicht leitenden Kitt eingefasst, in einen hölzernen Trog eingelegt werden, in welchen man die dazu bestimmte Flüssigkeit hineingießt. Gewöhnlich bedient man sich dazu größerer, viereckiger Platten, meist von 4 Zoll Länge und Breite, also von 16 Quadratzoll Oberfläche. Nach jedem Versuche wird die Flüssigkeit wieder ausgegossen, der Trog mit reinem Wasser ausgewaschen, abgetropft und getrocknet.

Diese erste Einrichtung der Trog-Apparate ist späterhin in England um vieles verbessert worden. Man macht jetzt Tröge von Porzellan, die durch Zwischenwände in 10 bis 12 Fächer getheilt sind, wie Fig. 3. Taf. IV. zeigt. In London werden dergleichen Tröge von $14\frac{1}{2}$ Zoll Länge und 6 Zoll Breite gefertigt, welche 10 Abtheilungen enthalten. In diese werden nun die Platten so eingesetzt, daß eine Kupfer- und Zinkplatte mittelst eines 1 Zoll breiten Kupferstreifens (wie Fig. 2. Taf. IV) mit einander verbunden und das Ganze so zusammengestellt wird, wie Fig. 4. ausweist. a b ist nämlich ein Stück trocknes und gefirnifstes Holz, an welches der Streifen eines jeden Plattenpaares festgeschraubt ist, so daß man alle Paare auf einmal aus der Flüssigkeit her-

134 Neuste Trogapparate mit dopp. Kupferplatten.

ausheben kann, wenn man den Versuch schliessen will. Die Platten werden so in den Trog eingesetzt, daß die sie vereinigenden Streifen genau in die Mitte der Scheidewände zwischen zwei Fächern zu liegen, und daß in jedes Fach eine Zink- und eine Kupferplatte kommen, welche nur mittelst der darin befindlichen Flüssigkeit in leitender Gemeinschaft stehen. Durch Zusammenstellung mehrerer Tröge kann man Apparate von jeder beliebigen Anzahl Plattenpaaren erhalten.

Spätere Erfahrungen haben gelehrt, daß durch Verdoppelung der Kupferplatten auch die chemische Wirksamkeit des Apparats verdoppelt wird, weil beide Seiten des Zinks dabei wirksam werden. In diesem Falle biegt man die Kupferplatten des einen Paares um die Zinkplatte des nächsten Paares, wie Fig. 5. Taf. IV. zeigt, wo die Ansicht von oben dargestellt ist und die punktirten Linien die Streifen andeuten, durch welche die Metalle mit einander verbunden werden. Man sieht leicht ein, daß bei dieser Einrichtung die Zinkplatten auf beiden Seiten wirken müssen, während sie bei der vorigen nur mit einer wirken.

Eine andere Vorrichtung ist folgende. Man läßt sich schmale, parallelepipedische Tröge von Kupferblech machen, welche 10 Zoll hoch, 10 Zoll lang, aber nur $\frac{3}{4}$ Zoll breit seyn können, und stellt dieselben auf einem isolirenden hölzernen Gestelle so nebeneinander, daß sie einander nicht berühren. Man setzt dann Zinkplatten von 9 Zoll Seitenlänge dergestalt in die Tröge ein, daß sie das Kupfer an keiner Stelle berühren, und verbind-

det dieselben durch einen Queerdrath, wie bei dem englischen Apparate a b Fig. 4. Taf. IV. Die Zinkscheiben werden dabei zugleich mittelst eines Kupferstreifens, der vom nächsten Kupfertroge ausgeht, in leitende Verbindung gebracht. Man gießt dann die Flüssigkeit in die Tröge, welche nun als doppelte Kupferplatten wirken. Oersted und Stadion, welche von dieser Einrichtung zuerst Gebrauch machten, rühmen ihre ungewöhnliche Wirksamkeit.

Die Trogapparate haben ihre großen Vortheile, aber auch eben so große Unbequemlichkeiten. Sie erfordern ansehnliche Quantitäten Flüssigkeit, was, bei Anwendung von Säuren, ziemlich kostbar ist. Eine Batterie von Londoner Trögen, zu ohngefähr 50 Plattenpaaren, erfordert zwölf bis achtzehn Kannen Flüssigkeit. Durch den großen und ungleichen Abstand, der zwischen den Plattenpaaren bleibt, wird die Wirkung dieser Apparate vielfach schwächer, als wenn man dieselben Platten, mit Papierscheiben abwechselnd, welche mit derselben Flüssigkeit getränkt sind, auf die gewöhnliche Weise über einander stellt. Da man überdem, um die Wirkung zu vermehren, den Trog gewöhnlich mit einer Auflösung von Alaun, mit Schwefelsäure versetzt, anfüllt; so wird, während der Wirksamkeit des Apparats, die Entwicklung des Wasserstoffgases so bedeutend und für das Athmen so beschwerlich, daß sie schon bei 50 Plattenpaaren dem Operator höchst lästig fällt. Die Royal Institution zu London besitzt einen dergleichen Apparat von 2000 Paaren, die in 200

Trögen vertheilt sind. Dieser Apparat steht aber in einem unterirdischen Gewölbe, und die Elektrizität wird durch isolirte Metalldräthe in ein oberes Zimmer geleitet, wo man sonach die Entladungs-Versuche ohne Unbequemlichkeit vornehmen kann.

In jedem Falle würde ich, nach meinen Erfahrungen über dergleichen Apparate, denjenigen, die nicht mehr als 50 Plattenpaare besitzen, den Rath geben, sie lieber mit Pappescheiben abwechselnd übereinander, als in einem Troge zusammenzustellen, weil die Mühe des Aufstellens durch eine 5 bis 6fach stärkere Wirkung reichlich verlohnt wird. Hat man aber vielleicht mehrere 100 Paare, so ist es rathsamer, sich des Troges zu bedienen, weil dann der Apparat durch eine oder zwei Personen behandelt werden kann, was ausserdem nicht möglich ist.

Ausser diesen Methoden zu Erlangung verstärkter Wirkungen der Berührungs-Elektricität giebt es noch mehrere andere, von welchen ich jedoch nur eine noch erwähnen will, nämlich, das man auch von einem einzigen Metalle eine elektrische Ladung erhalten kann, wenn man zwei verschiedenartige Flüssigkeiten anwendet, die von solcher Beschaffenheit sind, das die Berührungs-Elektricität des Metalls von jeder derselben auf entgegengesetzte Weise erregt wird, d. h., das die eine durch Berührung des Metalls positiv, die andere negativ wird. Wenn z. B. eine Flüssigkeit eine concentrirte Säure und die andere ein concentrirtes Alkali ist, und man bringt in folgender Ordnung Kup-

fer, Säure, Alkali, K. S. A. u. s. w. übereinander; so wird das Kupfer in der Berührung mit Säure positiv und mit dem Alkali negativ, und es entsteht daraus eine beständig elektrische Entladung, sowohl zwischen dem Metalle und beiden Flüssigkeiten, als zwischen diesen selbst. Indessen verliert eine solche Vorrichtung durch die Vermischung der Flüssigkeiten sehr bald ihre Wirksamkeit. Von der Richtigkeit der Vertheilung der Elektrizität in einer dergleichen Säule kann man sich übrigens durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen. Man gieße nämlich in ein kleines cylindrisches Glas ohngefähr einen Zoll hoch eine Lösung von Kupfervitriol in verdünnter Schwefelsäure, dann auf diese ätzendes Amoniak, jedoch mit solcher Vorsicht, daß sich diese beiden Flüssigkeiten nicht mit einander vermischen, sondern genau von einander abschneiden. Hierauf stecke man einen Kupferdrath hinein, so daß ein Theil desselben in der Säure, der andere im Alkali steht. Gemeinlich findet man nach Verlauf von 12 bis 24 Stunden das obere, negative Ende mit Kupferkristallen überzogen, das untere positive Ende aber angefressen und zum Theil aufgelöst. Hierbei ist nun das Kupferoxid des Vitriols durch die elektrische Entladung von unten nach oben geführt, und nachher zum Theil so zerlegt worden, daß am obern negativen Ende des Drathes das Kupfer angeschossen ist, während der Sauerstoff desselben einen andern Theil Kupfer am untern positiven Ende wieder oxidirt hat.

Zamboni hat neuerdings eine Vorrichtung eines kleinen elektrischen Trogapparats angegeben, der aus Wasser und einem einzigen Metalle besteht, und eine sehr merkliche elektrische Wirksamkeit zeigt. Man stellt nämlich z. B. 50 Stück Uhrgläser nebeneinander, und legt auf den Boden eines jeden Glases eine runde Scheibe von Stanniol, von welcher ein schmales Streifchen Stanniol ausgeht, welches lang genug ist, um in das nächste Glas übergebogen werden zu können. Hierauf gießt man destillirtes Wasser in die Gläser, und ordnet dieselben so, daß die Stanniolstreifen nach Einer Richtung hin gekehrt sind, und die Gläser untereinander verbinden. Das letzte Glas in diesem kleinen Apparate zeigt mit Hülfe des Condensators sehr deutliche Spuren von elektrischer Ladung, und zwar so, daß die breitere Stanniolscheibe dem positiven Metalle, der schmälere Streifen aber dem negativen entspricht. Die Erklärung dieses beim ersten Anblicke paradox erscheinenden Phänomens scheint wohl die zu seyn, daß das Wasser im Contact mit den Zinnplatten durch Berührungs - Elektrizität elektrisch geladen wird, so wie in den gewöhnlichen Säulen, aber unendlich schwächer, und daß es dann auf seiner Oberfläche eine entgegengesetzte Elektrizität annimmt. Das Verhältniß ist dann gerade so, wie bei einer bloß auf der einen Seite belegten und geladenen Glasplatte, welche, des Mangels der entgegengesetzten Belegung ungeachtet, dennoch Ladung annimmt. Die Stanniolstreifen dienen dabei nicht als Elektrizitäts - Erreger, sondern bloß als leitende Verbindungen zwi-

Einfl. d. Dimensionen d. el. S. auf ihre Wirkung. 129

sehen den nicht belegten Seiten des Wassers, und wirken um so besser, je schmaler sie sind. Zamboni fand, daß, wenn man etwas Kochsalz in dem dazu gebrauchten Wasser auflöst, die entladene Elektrizität zwar schneller wieder hergestellt wird, aber schwächer ist, und daß bei Anwendung starker Auflösungen gar keine Elektrizität entsteht.

Die verschiedenen Dimensionen der elektrischen Säule bringen, unter übrigen gleichen Umständen, auch verschiedene Wirkungen hervor. Diese Dimensionen beziehen sich 1) auf die Größe der, von den entgegengesetzten elektrischen Metallen berührten Oberfläche der Flüssigkeit, und 2) auf die Anzahl der zusammengestellten Plattenpaare.

In demselben Verhältnisse, in welchem die Oberfläche der Flüssigkeit zunimmt, vermehrt sich auch die elektrochemische Wirksamkeit der Säule, d. h. ihr Vermögen, die Flüssigkeit zu zersetzen, das Feuerphänomen hervorzubringen u. s. w. Dagegen brauchen sich die Metalle, im Verhältnisse gegen die Flüssigkeit, nur auf einer sehr kleinen Oberfläche zu berühren; bei Säulen von kleinen Platten bedarf es daher nur eines Punkts, bei größeren hingegen einer etwas größeren Berührungsfäche, damit die zwischen den Metallen entladene Elektrizität ungehindert übergeführt werden kann.

Man kann sich die Wirkung dieser Dimensionen leicht durch ein Beispiel versinnlichen. Wenn

man zehn völlig gleiche Säulen hat, und man läßt sie sämmtlich mittelst ihrer verschiedenen Leiter durch eine und dieselbe Portion Wasser sich entladen, so wird die Menge Sauer- und Wasserstoffgas, welche durch Zersetzung des Wassers von allen 10 Säulen entwickelt wird, auch zehnmal so groß, als von einer einzigen derselben seyn. Läßt man hierauf die einzelnen Leiter der gleichnamigen Pole zu einem einzigen verbinden, so wird (wenn man nicht den gemeinschaftlichen Leiter zu schwach macht,) dasselbe erfolgen, und es liegt am Tage, daß ein ganz gleicher Erfolg statt haben würde, wenn jede einzelne Platte eine zehnmal größere Oberfläche hätte, und alle zehn Säulen eine einzige ausmachten. Man hat dies noch vollständiger auf folgende Art bewiesen; wenn z. B. 50 Paar Platten, jede von 16 Quadratzoll Oberfläche, bei ihrer Entladung etwa 2 Zoll einer sehr feinen Stahlsäule verbrennen, so werden von 32 zölligen Platten 4 Zoll, von 64 zölligen 8 Zoll Drath u. s. w. verbrannt.

Man hat Platten von mehrererlei Dimensionen versucht, und immer gefunden, daß mit ihrer Größe auch die Wirksamkeit zunimmt. Die größte Batterie in dieser Hinsicht, die man bis jetzt kennt, wurde im Jahre 1812 von dem Engländer Children gebaut, und besteht aus 20 Paar Platten von 6 Fuß Länge und 2 Fuß 8 Zoll Breite. Die Hitze, die sie in ihrem Entladungspunkte giebt, ist unglaublich groß; ein mehrere Fuß langer Platindrath, womit sie entladen wird, bleibt fortwährend im Glühen.

Die zweite Dimension der Säule bezieht sich auf die Anzahl der Plattenpaare. Wenn man in dem oben gegebenen Beispiele von 10 gleichen Säulen alle 10 durch ihre entgegengesetzten Pole mit einander verbindet, so daß sie eine einzige, 10mal mehr Platten enthaltende Säule ausmachen; so ist diese Säule von weit stärkerer Kraft, als eine einzige von diesen zehn Säulen. Allein diese Kraft äußert sich nicht etwa vorzüglich stark in den chemischen Wirkungen, sondern vielmehr vornehmlich in denjenigen Erscheinungen, die sich auf die höhere Intensität der vertheilten Elektrizität beziehen; so treibt sie z. B. die Kugeln des Elektrometers stärker aus einander, und giebt einen weit heftigeren Schlag, als eine Säule mit 10mal größeren Platten. Diesem allen liegt die Ursache zum Grunde, daß die Intensität der Ladung, auf die oben gezeigte Art und Weise mit der Anzahl der Plattenpaare zunimmt, d. h., daß die Elektrizität sich mit größerer Kraft zu entladen strebt.

Wenn man die elektrischen Schläge dieser Säulen mit einander vergleicht, so findet man zwar, daß der Schlag der zehnfachen Säule stärker, als der einer einzigen Säule ist, weil das Gefühl auch von der Menge der Elektrizität affizirt wird; aber ohne Vergleich gewaltsamer ist der Schlag, welchen die einzelnen durch ihre entgegengesetzten Pole mit einander in Verbindung gesetzten 10 Säulen geben, weil hier vorzüglich die Heftigkeit, womit die Entladung geschieht, auf das Gefühl wirkt.

132 Physische und chemische Wirkung. d. Säule.

Indessen nimmt mit der Intensität auch die Menge der vertheilten Elektrizität um etwas zu, jedoch in sehr geringem Verhältnisse. Gay - Lussac und Thenard haben durch Versuche ausgemittelt, daß die GröÙe der elektrochemischen Wirksamkeit einer Säule, welche hauptsächlich von der Menge der Elektrizität abhängt, in dem Verhältnisse der Cubikwurzeln von der Anzahl der Plattenpaare zunimmt. So werden, zu Verdoppelung der elektrochemischen Wirkung einer aus 64 Plattenpaaren bestehenden Säule, 512 Paar Platten erfordert, weil 64 der Cubus von 4 und 512 der Cubus von 8 ist, so daß solchemnach die Anzahl der Platten 8 mal größer seyn muß, wenn die elektrochemische Wirkung verdoppelt werden soll.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, 1) von der Veränderung, welche die Flüssigkeit in der Säule erleidet, und 2) von den physischen und chemischen Erscheinungen, zu sprechen, welche bei Entladung der Säule hervorgebracht werden.

1. Die Veränderung der Flüssigkeit ist von höchst merkwürdiger Art. Schon oben ist erwähnt worden, daß während der elektrischen Entladung gewisse Bestandtheile zum positiven Metalle, andere zum negativen geleitet werden, und daß dies nach einer gewissen Ordnung erfolgt, so daß bei einfachen Körpern der Sauerstoff, bei zusammengesetzten aber die Säuren auf die positive Seite treten, auf der negativen Seite aber die einfachen brennbaren Körper, und von den zusammengesetzten alle diejenigen Oxide sich

ansammeln, welche mit Säuren Salze bilden können, und den Sauerstoff mit größerer Kraft, als das Wasser, gebunden enthalten, als z. B. Alkalien, Erdarten, die Oxide des Zinks, Mangans, Ceriums u. m. a. Metalle. Bei einer Säule z. B., welche von Zink- und Kupferplatten, mit Pappenscheiben, die mit einer Auflösung von salzsaurem Natron angefeuchtet sind, aufgebunden wird, sammelt sich auf der Kupferseite der Wasserstoff des Wassers, welcher in Gasgestalt entweicht, und das Natron des Salzes, was in der Flüssigkeit zurückbleibt; auf der Zinkseite hingegen häuft sich der Sauerstoff des Wassers und die Säure des Kochsalzes an, der Sauerstoff entweicht aber nicht als Gas, sondern verbindet sich mit Zink und Salzsäure zu salzsaurem Zink. Sobald alles Alkali sich am Kupfer und alle Säure am Zink gesammelt hat, hört die Wirksamkeit der Säule auf; gewöhnlich nimmt die Wirkung schon dann ein Ende, wenn der Zink sich mit einer dicken Oxidhaut überzogen hat, welche die Leitung unterbricht. In Trogapparaten, wo die Beweglichkeit der Flüssigkeit es verhindert, daß die bei der Entladung entwickelten Bestandtheile ruhig auf ihrer gehörigen Stelle bleiben, würde daher die Electricität immer fort dauern, wenn nicht die Oxidation des Zinks, wodurch dieses Metall zuletzt einen Ueberzug bekommt, die Leitung unterbräche.

Ich habe bereits angeführt, daß die electrischen Erscheinungen der Säule desto intensiver sind, je leichter sich die Flüssigkeit zersetzt, d. h. je weniger Kraft dazu erfordert wird, ihre Be-

standtheile von einander zu trennen, und einen jeden nach seiner elektrischen Seite hin zu führen. Daraus folgt, daß, wenn wir in dem angeführten Beispiele unsere Säule so aufbauen, daß wir statt des Kochsalzes eine Auflösung seiner Bestandtheile, nämlich: flüssige Salzsäure und ätzendes Natron, anwenden, und diese Bestandtheile in einer solchen Ordnung mit den Metallen in Verbindung bringen, welche derjenigen Ordnung, worin sie sich beim Aufhören der Wirkung der Säule befinden, entgegengesetzt ist, d. h., wenn wir die Säule so aufbauen, daß Kupfer, Zink, Pappe mit ätzendem Natron, Pappe mit Salzsäure, Kupfer, Zink, u. s. f. auf einander folgen: so liegt es am Tage, daß in diesem Falle die Säure weit leichter an die Zinkseite, das Alkali aber eben so leicht an das Kupfer treten kann, als wenn die Säure und das Alkali mit einander verbunden sind (und erst von einander geschieden werden müssen). Daher bringt auch eine Säule, auf diese Weise aufgebaut, eine ganz ungewöhnliche und weit größere elektrische Wirkung hervor, als wenn sie mit einer Lösung von salzsaurem Natron aufgestellt wird.

Ihre Wirkung nimmt indessen in dem Maasse ab, als Säure und Natron sich mehr und mehr zu Kochsalz verbinden, und wird, wenn beide sich völlig neutralisirt haben, bedeutend schwächer, dauert aber doch noch so lange fort, bis der größte Theil der Bestandtheile der Flüssigkeit sich auf entgegengesetzten Wegen ausgeschieden hat, d. h. bis das Alkali an das Kupfer und die Säure an den

Zink getreten ist. Noch belehrender läßt sich ein Versuch dieser Art mit der Röhrenbatterie Taf. I, Fig. 14. anstellen, wenn man das Alkali in den untern Theil der Röhre füllt, und dann die Säure behutsam darauf gießt, damit sich beide nicht vermischen. Noch sichtbarer ist der Erfolg, wenn man beide Flüssigkeiten vorher mit etwas Rothkohlentinktur färbt, wovon die Säure roth und das Alkali grün wird; sowie nämlich beide Flüssigkeiten sich dann durchdringen, so kommt auch auf den Stellen, wo sie einander neutralisiren, die blaue Farbe des Rothkohls wieder zum Vorschein.

Diese Art Säulen haben sonach zwei verschiedene Wirkungszeiten, α) eine kräftigere, die bis zur Verbindung des Alkalis mit der Säure geht, in welcher die elektrische Entladung durch die gegenseitige Anziehung der Säure und des Alkali's unterstützt wird, und β) eine schwächere, in welcher diese Anziehung der elektrischen Entladung entgegenwirkt, weil letztere erst die von der Säure und dem Alkali eingegangene Verbindung wieder zerstören muß, um beide Bestandtheile nach entgegengesetzter Richtung abzuleiten. Offenbar tritt bei unseren gewöhnlichen mit Kochsalzauflösung aufgebauten Säulen nur diese letztere Periode ein, und das Schema für die wirksamste Säule bleibt daher: Kupfer, Zink, Alkali, Säure, K. Z. A. S. u. s. f.; und eine solche Säule fährt so lange zu wirken fort, bis folgende Ordnung: Kupfer, Zink, Säure, Alkali eingetreten ist.

Baut man eine Säule gleich anfänglich in dieser letztern Ordnung auf, so ist sie zwar nicht

schlechterdings unwirksam; allein ihre Wirkung ist doch höchst schwach und nicht anders, als wenn man bloßes Wasser zum Anfeuchten der Papierscheiben anwendete. Dieses wird nämlich in seine Bestandtheile zerlegt, der Wasserstoff tritt an das Kupfer, der Sauerstoff aber verbindet sich mit dem Zink, und die Entladung hat auch ihren Fortgang, die Anwesenheit des Alkali's und der Säure trägt aber nichts weiter dazu bei, als daß das Wasser dadurch etwas mehr leitend wird.

Die bisher beschriebenen elektrisch-chemischen Erscheinungen finden bloß bei fortdauernder Entladung der Säule statt. Unterbricht man diese, oder häufen sich die Elektricitäten unentladen in den Polen an, so geht weiter keine Veränderung in der Flüssigkeit vor. Könnte man die Pole in absoluter Isolirung erhalten; so würde auch die Flüssigkeit durchaus unvermindert bleiben. Allein, da in jedem Augenblicke ein Theil der angehäuften Elektricitäten von der umgebenden Luft entladen wird; so bewirkt dies auch in der Flüssigkeit noch eine kleine Veränderung, und man findet den Zink selbst dann etwas angegriffen, wenn die Säure unentladen stehen bleibt. Es ist daher nicht die Entwicklung der Elektricität in der Säule, welche die elektrochemischen Erscheinungen hervorbringt, sondern diese rühren von der Entladung der Elektricität durch die leitende Flüssigkeit her.

2. Die physisch-chemischen Phänomene, welche aus dieser Entladung hervorgehen, verdienen nicht weniger Aufmerksamkeit, als die

Vorhergehenden. Wenn man an dem einen Pole der Säule ein Kork-Elektrometer aufhängt, und den andern Pol isolirt, so stoßen sich die Korkkugeln ab. Die Größe dieser Wirkung hängt von der Anzahl der Plattenpaare, nicht von ihrer Größe ab; auch kann man auf diese Weise verschiedene von den gewöhnlichen Erscheinungen der elektrischen Attraktion und Repulsion hervorbringen, wiewohl nur schwach.

Verbindet man beide Pole durch einen Metalldrath, so entsteht, bei einer gewissen Ladungs-Intensität, im Augenblicke der Entladung ein Funken. Man erhält ihn besser mit spitzigen, als mit holbigen Ausladern, und seine Größe steht im Verhältnisse mit der Größe der Platte, d. h., er ist von einer geringen Anzahl großer Plattenpaare sichtbarer, als bei Anwendung kleiner Platten. Dieser Funken wird auch erhalten, wenn man die Metalldräthe von beiden Polen in das Wasser leitet und sie hier sich berühren läßt. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß in diesem Falle die Intensität der Elektrizität so unendlich gering ist, daß das Wasser, ohngeachtet es für stärkere Elektrizität ein Leiter ist, dennoch in einem gewissen Grade Nichtleiter für dieselbe wird. Selbst in der Lichtflamme kann man diesen Funken hervorlocken und sein intensiver Glanz wird beim Durchfahren durch die Flamme nicht verdunkelt. Bedient man sich zum Auslader eines feinen Eisendraths, z. B. Klaviersaiten No. 10, so brennt die Spitze des Draths sogleich ab, und sprüht Funken umher. Die lebhaftesten und

hellsten Funken erhält man, wenn man die Säule durch unächtes Blattgold und Quecksilber, wovon jedes mit einem Pole in Verbindung gebracht wird, entladet.

Die Entladung der Säule bringt übrigens dasselbe Phänomen von Feuer und Wärme hervor, wie die gewöhnliche Elektrizität. Der Funke entzündet ein Gemenge von Sauer- und Wasserstoffgas; und Plattensäulen zünden und glühen die Körper, durch welche sie entladen werden, wenn deren Capacität zu klein ist, um die Elektrizität so schnell zu entladen, als sie erzeugt wird. Man kann auf diese Weise aus einer starken Säule, welche durch zwei Platindräthe entladen wird, diese im Berührungspunkte zusammenlöthen, im Augenblicke der Entladung mehrere Ellen Stahl-drath verbrennen, Kohle glühen u. s. w. Mit der großen Säule des königl. Instituts zu London, kann man im Entladungspunkte zwei Stücken Kohle stärker, als durch irgend eine andere Art Verbrennung zum Glühen bringen, und das sogar in solchen Luftarten, in welchen kein Verbrennen statt findet. Wir sehen hieraus auf das augenscheinlichste, daß die Elektrizitäten, sobald sie aufhören, sich als vertheilte EE zu zeigen, sich als stralendes Licht und Wärme offenbaren, oder doch diese hervorbringen. Mit Children's grosser Plattenbatterie hat man Metalle geschmelzt, die im Feuer unschmelzbar sind, z. B. Iridium.

Wenn man große Plattensäulen durch kleine Mengen von Flüssigkeit entladet, so werden diese erwärmt und gerathen zuletzt ins Sieden; wenn

man z. B. eine Salzauflösung in ein kleines könisches Mesallgefäß füllt, was mit dem einen Pole in Verbindung steht, und dann ein dickes Metallstück, z. B. eine Kugel, welche den Umkreis des Gefäßes nicht ganz ausfüllt, in die Auflösung bringt, so wird diese innerhalb weniger Minuten kochend heiß. Zu einem guten Gelingen dieses Versuches wird jedoch erfordert, daß die Säule sehr kräftig ist und die entladenden Metalle so viel Oberfläche, als möglich haben, weil sonst die Elektricitäten nicht genüchlich in das Wasser eindringen und dieses nicht ins Kochen bringen können. Ist die Masse der Flüssigkeit groß, die Säule aber schwach, so wird jene von der Luft eben so schnell wieder abgekühlt, als sie erwärmt wird, und ihre Erwärmung ist daher unmerklich.

Wenn man von jedem Pole einer Säule einen isolirten Metalldrath zu den beiden Belegungen einer elektrischen Ladungsflasche führt, so wird diese augenblicklich mit der ganzen Intensität der Säule geladen, die Flasche mag übrigens klein seyn, oder einer ganzen Batterie angehören. Van Marum fand, daß eine Säule von ganz kleinen Platten die große Batterie, welche zu der colossalen Elektrisir-Maschine des Teylorschen Museums gehört, augenblicklich bis zu dem eigenthümlichen Grade der Säule selbst lud, wozu sonst mehrere Umdrehungen jener kräftigen Maschine erfordert wurden. Hieraus sieht man, daß der Unterschied zwischen den Wirkungen der Reibungs- und Berührungs-Elektricität darin besteht, daß bei ersterer eine geringe Menge Elektricität von großer

Intensität, bei der letztern aber eine unendlich große Menge Elektricität von geringer Intensität wirksam ist.

Wenn es richtig ist, die Flüssigkeit bei der elektrischen Säule, — wie die Belegungen der Ladungsflasche — als geladenen Körper zu betrachten; so kann man annehmen, dieser Unterschied der Elektricität rühre davon her, daß die Flüssigkeit eine unendlich größere Capacität für vertheilte Elektricität, als das Glas, besitze, und daß deshalb zur Ladung der Flüssigkeit bis zu einer geringen Intensität eine unendlich größere Menge Elektricität erforderlich werde, als das Glas (vermöge seiner geringeren Capacität) zur Ladung erfordert. Daß aber die Intensität der Ladung nicht sehr groß werden kann, liegt darin, daß die Erregungs-Ursachen der Elektricität so geringe Intensität haben, die Ladung der Säule aber niemals intensiver werden kann, als die Ursache derselben ist.

Will man von der elektrischen Säule einen Schlag erhalten, so muß man die bloßen Hände mit Wasser, am besten mit Salzwasser anfeuchten, um die Oberhaut leitend zu machen, weil diese sonst so wenig leitet, daß sie sogar die Entladung der Säule verhindert. Man pflegt dann einen silbernen Löffel, oder einen Schlüssel, überhaupt ein großes Metallstück in die feuchte Hand zu nehmen, weil die Stärke des Schlags zum Theil von der Größe der Handfläche abhängt, welche mit dem Auslader in Berührung kommt. Am heftigsten fühlt man die Schläge, wenn man die

Hände in zwei Schalen mit Salzwasser eintaucht und jede dieser Schalen mit ihrem Pole in Verbindung bringt. Die Schläge sind nur im ersten Augenblick der Entladung fühlbar, und die Zuckungen hören bei fortdauernder Gemeinschaft mit den Polen auf; hat man aber Hautbeschädigungen, Neidnägel, und solche Stellen, wo die Nerven weniger von der Oberhaut bedeckt sind, so giebt ein fortwährendes Brennen auf diesen Stellen die Fortdauer der Entladung zu erkennen. Auch durch den Geschmack läßt sich dies erkennen, wenn man nämlich die Säule durch Hand und Zunge entladet, indem nach den ersten Zuckungen, die Zunge durch ein geschmackähnliches Gefühl affizirt wird, und zwar selbst dann, wenn der Körper, den man zur Zunge führt, nur reines Quellwasser ist.

Diese Umstände beweisen, daß die Funken und Schläge bei der Entladung der elektrischen Säule daher rühren, daß wenn die Pole der Säule isolirt sind, die Flüssigkeit zu einer höheren Intensität geladen wird, als die Berührung bei beständig fortwährender Entladung hervorzubringen vermag. Dies ersieht man auch daraus, daß man bei abnehmender Wirkung der Säule keinen Funken von einiger Stärke mehr von ihr erhält, wenn man sie nicht nach jeder Entladung eine Weile mit Isolirung der Pole ruhen läßt, wodurch die Ladung allmählig zu einer höheren Intensität gebracht wird.

Die chemischen Wirkungen der Entladung gleichen, mit geringem Unterschiede, denjenigen,

welche zwischen jedem Plattenpaare vorgehen. Wenn man (Fig. 6. Taf. IV.) eine Glasaröhre an beiden Enden mit einem Korke verschließt, und durch jeden Kork einen Metalldrath so tief in die Röhre hineinführt, daß die inneren Enden der Dräthe etwa $\frac{1}{8}$ Zoll von einander abstehn, sodann die Röhre mit einer Flüssigkeit füllt, den oberen Kork mit einem Ableitungsrohre für die gasförmigen Stoffe versieht, und sodann jeden dieser Dräthe mit einem Pole der Säule in Verbindung bringt; so wird die Flüssigkeit in der Röhre auf dieselbe Weise zersetzt, als dies geschehen seyn würde, wenn die Flüssigkeit zwischen den entgegengesetzten Metallen der Säule selbst eingeschlossen gewesen wäre, und man kann diesen Entladungs-Apparat als ein neues Plattenpaar der Säule ansehen, durch welches die Pole mit einander in Verbindung gebracht werden. Dabei kommt nicht einmal auf die Beschaffenheit der Metalldräthe etwas an; sie können aus einerlei, oder aus verschiedenen Metallen bestehen, und selbst in verkehrter Ordnung, d. h. gegen die Ordnung der in der Säule befindlichen Metalle, gegeneinander gestellt werden; dies alles hat keinen Einfluß, weil die intensive Ladung der Säule diese kleinen Hindernisse überwindet. Es zeigt sich dabei dieselbe Zerlegung der Flüssigkeit, die wir oben erwähnten, nur auf eine mehr in die Augen fallende Weise. Ist nämlich die Flüssigkeit bloßes Wasser, so entsteht am — Drathe ein Strom von Wasserstoffgas, am + Drathe aber, wenn er aus Gold oder Platin besteht, ein Strom von Sauerstoffgas; beide

Gasarten können in einem kleinen Apparate (Fig. 7. Taf. IV.) unter besonderen Glaslocken, unvermischt mit den entgegengesetzten Bestandtheilen, aufgefangen werden. Besteht der + Drath nicht aus Gold oder Platin, sondern aus einem leicht oxidirbaren Metalle, z. B. Kupfer, so senken sich von seiner Oberfläche immer mehr zunehmende Wölkchen am Kupferoxid nieder, welche daher entstehen, daß der Sauerstoff, anstatt Gasgestalt anzunehmen, sich mit dem Kupfer vereinigt. Ist hingegen die Flüssigkeit Schwefelsäure, so wird am — Drathe Schwefel abgesetzt, und am + Drathe Sauerstoff entwickelt. War die Flüssigkeit ein Salz, so sammelt sich am — Drathe, außer dem Wasserstoffe, welcher entweicht, auch das Alkali oder die Erdart, mit einem Worte, die Basis des Salzes, während um den + Drath herum der Sauerstoff entweicht, und die Säure des Salzes sich ansammelt; dabei bleiben beide an ihrem Drathe in freiem Zustande. Wenn der positive Drath nicht aus Gold oder Platin besteht, so wird er durch den ausgeschiedenen Sauerstoff des Wassers oxidirt, und dieses Oxid bildet mit der Säure des Salzes ein Metallsalz. Enthält die Flüssigkeit selbst ein Salz eines Metalles, was bedeutend geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff, als zum Wasserstoff des Wassers besitzt, so wird das Wasser gar nicht, sondern nur das Metallsalz zerlegt, und zwar auf die Weise, daß der Sauerstoff das Metalloxid nebst der Säure an den + Drath geht, das Metall aber gefüllt wird oder sich an dem — Drathe in metallischer Gestalt anlegt.

Aus allem diesen ersieht man sonach, daß bei den Entladungen durch eine Flüssigkeit Sauerstoff und Säuren vom negativen Pole abgestoßen und vom positiven angezogen werden. Hierbei werden die Verwandtschaften der Körper überwunden, die stärksten chemischen Banden gelöst und die Körper in ungebundenen Zustand versetzt. Alle Körper werden nicht mit gleicher Leichtigkeit, und im Allgemeinen um so weniger leicht zerlegt, je mehr sie mit Wasser verdünnt sind. Körper, welche in der Regel durch kleine Säulen keine Zersetzung erleiden, z. B. Kali und Phosphorsäure, werden durch große Plattensäulen leicht zerlegt, wenn man sie mit so wenig Wassergehalt, als möglich, anwendet, so daß es vielleicht keine chemische Verwandtschaft giebt, die nicht innerhalb des Wirkungskreises einer hinreichend kräftigen elektrischen Säule aufgehoben und überwunden werden könnte. Demohngeachtet giebt es noch verschiedene Körper, an welchen wir deutlich wahrnehmen, daß sie aus Sauerstoff und einem brennbaren Radikal zusammengesetzt sind, die wir aber dennoch durch Elektrizität bis jetzt noch nicht haben zerlegen können, und das vermuthlich deshalb, weil dazu eine noch intensivere Elektrizität erfordert wird, als man zur Zeit hierzu angewendet hat.

Da diese Erscheinungen schwerlich statt haben könnten, wenn nicht die chemischen Verwandtschaften, im Ganzen genommen, als Wirkungen elektrischer Kräfte zu betrachten wären; so liegt in der vollkommenen Entwicklung dieser

Gegenstandes der Schlüssel zur Theorie der Chemie.

Der Umstand, — daß die Bestandtheile des Wassers nach der Zerlegung sich von einander trennen und jeder von ihnen um den entsprechenden Drath sich ansammelt, und zwar selbst dann, wenn die Dräthe weit von einander abstehn oder gar z. B. durch einen vegetabilischen oder animalischen Stoff von einander getrennt sind, — war anfänglich schwer zu erklären, zumal da keines dieser gasartigen Bestandtheile in einer bemerkenswerthen Menge im Wasser löslich ist. Wenn man z. B. eine Glasröhre A D (Fig. 8. Tafel IV.) an dem einen Ende mit einer feuchten Blase zubindet, sie zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser anfüllt, dann in ein-anderes Gefäß mit Wasser eintaucht, in dieses letztere einen Drath B C hineinbringt, und in das Wasser der Glasröhre ebenfalls einen Drath steckt, so wird der positive Drath Sauerstoff, der negative aber Wasserstoff entwickeln, ohngeachtet beide Wasserportionen durch die Blase von einander getrennt sind. Diese Trennung ist indessen bloß scheinbar, weil das Wasser die Blase erweicht, ihre Zwischenräume ausfüllt und daher in beiden Gefäßen ein zusammenhängendes Ganze ausmacht.

Die Wanderung der Bestandtheile nach ihren verschiedenen Polen ist nicht mehr schwer zu begreifen, seitdem man darüber ins Reine ist, daß dazu ein ununterbrochener Zusammenhang der Flüssigkeit unumgänglich erfordert wird. Es sey A B (Fig. 9. Taf. IV.) der + Drath einer Säule, und B C der — Drath; der Abstand zwischen bei-

K

den sey mit Wasser angefüllt, was wir uns als aus Atomen Sauer- und Wassertoff zusammengesetzt denken, und die wir mit Kugeln bezeichnen; die obere Reihe der Kugeln gehöre dem Wasserstoff, die untere dem Sauerstoff an. Wenn die Säule noch nicht wirksam ist, stehen die Kugeln wie in Fig. 9; fängt sie aber an zu wirken, und der $+$ Drath stößt den Wasserstoff ab und zieht den Sauerstoff an, sowie der $-$ Drath diesen abstößt und den Wasserstoff an sich zieht; so muß dann die Reihe der Wasserstoffkügelchen sich nach dem $-$ Drathe, die Reihe der Sauerstoffkügelchen aber nach dem $+$ Drathe sich hin bewegen, und die bloße Ansicht der 10. Figur ist hinreichend, zu zeigen, daß kein Wasser- oder Sauerstoff eher, als an dem entsprechenden Drathe frei werden kann, und daß das zwischen beiden Dräthen befindliche Wasser stets unzerlegtes Wasser bleiben muß. Es liegt am Tage, daß die Erklärung dieselbe bleiben muß, wenn man die obere Reihe der Kugeln Metall, Alkali oder Erde, und die untere Reihe Sauerstoff oder Säure nennen will.

Die Gestalt, welche die dabei frei werdenden Körper annehmen, rührt nicht von der Elektrizität her, sondern wird durch ihre chemische Natur bestimmt; gasförmige entweichen als Gas; unlösliche werden gefällt, und lösliche bleiben in der Flüssigkeit um den entladenden Leiter herum zurück.

Ehe ich die Berührungs-Elektrizität verlasse, muß ich noch einer anderen Erscheinung kürzlich

Erwähnung thun, die ich an keiner anderen Stelle habe berühren können. Man hat gefunden, daß manche Körper, unter gewissen Umständen, nur Eine von den beiden Elektrizitäten durchlassen, die andere aber isoliren. Man nennt sie unipolare Leiter. Gut ausgetrocknete Seife z. B. leitet die positive Elektrizität, isolirt aber die negative; — Die Flamme des brennenden Phosphors leitet die negative E. und isolirt die positive. Diese Phänomene zeigen sich indessen nicht eher, als bis man mit dergleichen Körpern die elektrische Säule zu entladen versucht, wo man findet, daß sie diese nicht entladen, ohngeachtet sie sonst die Elektrizität ziemlich gut, und die eine Elektrizität eben so leicht, wie die andere leiten. Wenn man daher zwei Dräthe, die mit den beiden Polen der Säule in Verbindung stehen, in ein gehörig isolirtes Stück wohl getrocknete Seife dergestalt hineinsteckt, daß ihre Enden in einem geringen Abstände einander gegenüber stehen; so wird die Säule nicht entladen, und wenn man an den Polen Elektrometerkugeln aufgehängt hat, so behalten diese ihre Divergenz bei, als ob keine Verbindung zwischen den Polen statt fände. Wenn man hingegen die Seife mit einem Metalldrathe in Berührung, und diesen mit dem Erdboden in Verbindung bringt, so wird die Elektrizität des positiven Pols abgeleitet, und seine Elektrometerkugeln fallen zusammen; dabei steigt aber die elektrische Intensität des negativen Pols auf ihr Maximum und die Elektrometerkugeln stoßen hier einander mehr, als vorher, ab. Macht man diesen

Versuch mit der Flamme des brennenden Phosphors, oder mit dem, von einem am Dochte einer Weingeistlampe glühenden Platindrath aufsteigenden Dampfe, (wobei ebenfalls eine Säure gebildet wird); so ist der Erfolg ganz umgekehrt.

Diese Erscheinungen gehören zu den noch nicht erklärten Gegenständen der Electricitätslehre, und zwar um deswillen, weil man noch nicht einzusehen vermocht hat, warum diese unipolären Leiter der einen Electricität einen leichteren Durchgang zum Erdboden, als zu einem Körper gestatten, welcher die entgegengesetzte Electricität im Ueberschuss enthält und sich zu neutralisiren strebt. Man hat gefunden, daß die meisten Körper bis zu einem gewissen Grade unipolare Leiter sind, wiewohl sich dies größtentheils nicht ohne Schwierigkeit bemerken läßt; und daß diese Unipolarität mit ihren elektrochemischen Eigenschaften in gewissem Verhältnisse steht, so daß sie diejenige Electricität, die sie durch Berührung gewöhnlich annehmen, leiten, die entgegengesetzte aber isoliren. Die Alkalien und Seife sind demnach unipolare Leiter für die $+$ E, Säuren hingegen und die Phosphorflamme für $-$ E. Läßt man die Flamme eines Körpers, der ein Alkali bildet, z. B. des Kaliums, oder eines Körpers, der vielen Wasserstoff enthält, zwischen zwei gleichen Metallkugeln brennen, die mit entgegengesetzten Electricitäten elektrisirt sind, so zieht sich die Flamme nach der negativen Kugel; der größte Theil des Rauchs setzt sich daran fest, und die Kugel wird erhitzt, während die andere kaum

warm wird. Dagegen zieht sich die Flamme solcher Körper, welche Säuren bilden, z. B. des Phosphors, Schwefels u. s. w. nach der positiven Kugel, welche mit Rauch überzogen und erhitzt wird.

Die Entdeckung der Berührungs-Elektricität und ihrer Wirkungen ist, in Hinsicht ihres Einflusses auf die Entwicklung aller Theile der Naturkunde, vielleicht eine der wichtigsten, welche der menschliche Scharfsinn jemals gemacht hat. Wenn man überlegt, was seit ihrer Entdeckung schon jetzt aus der chemischen Philosophie geworden ist, und sich erinnert, daß man noch vor 25 Jahren keine Ahnung davon hatte; so kann man sich Glück wünschen, in einem Zeitalter geboren zu seyn, in welchem das menschliche Geschlecht mit schnelleren Schritten, als jemals seiner geistigen Veredelung entgegenschreitet.

Den ersten Anlaß zu diesen Entdeckungen gab eine ganz gewöhnliche elektrische Erscheinung. Alvoys Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, ließ einige Zöglinge sich im Zergliedern von Fröschen üben, und als einer von ihnen zufällig einen Funken von einer in der Nähe stehenden Elektrisirmaschine erhielt, fingen die Muskeln des Frosches unter dem Messer des Zergliederers an zu zucken. Galvani faßte diese Erscheinung auf und beschloß, näher zu untersuchen, welche Belehrung der Mensch aus dieser unerwarteten und ungewöhnlichen Empfindlichkeit der Nerven eines todten Frosches für Elektricität ziehen könne, wenn dieselben zu Elektroskopen für atmosphä-

rische Elektrizität angewendet würden. Zum Behuf eines solchen Versuches, schnitt er ein Stück Rückenmark nebst den damit zusammenhängenden unteren Extremitäten eines Frosches aus, zog hierauf einen Kupfering durch das Rückenmark, und bemerkte, nachdem er mit dieser Vorrichtung längere Zeit Beobachtungen über die Elektrizität der Atmosphäre gemacht hatte, ganz zufällig, daß ein zerschnittener und mit einem Haken zum Aufhängen versehener Frosch, als er auf ein Gefäß von verzinnem Eisenbleche gelegt wurde, Zuckungen bekam, die sich allemal wiederholten, so oft der Haken, wenn er von dem Bleche aufgehoben worden, dieses wieder berührte. — Galvani mittelte bald nachher aus, daß wenn man zwei verschiedene Stellen eines so zerschnittenen Frosches mit zwei verschiedenen Metallen belegte, allemal Zuckungen in dem Frosche entstünden, sobald die Metalle sich berührten oder mittelst eines Metalldraths verbunden würden, und daß Zink und Silber diese Erscheinung besser als andere Metalle hervorbrächten. Nun war die Entdeckung geschehen. Galvani machte im Jahre 1791 seine Versuche in einer Druckschrift bekannt, und nannte den wirkenden Stoff animalische Elektrizität. Sein Wunsch, aus dieser Entdeckung Nutzen für seine Hauptwissenschaft zu ziehn, verleitete ihn zu mancherlei physiologischen Theorien, die aber bald wieder in Vergessenheit geriethen.

Während des folgenden Jahrzehents wurde von vielen achtungswerthen Naturforschern eine so große Anzahl von Versuchen über diesen Gegen-

stand angestellt und beschrieben, daß eine Sammlung derselben ziemlich eine kleine Bibliothek ausmachen würde. Man richtete seine Aufmerksamkeit dabei vorzüglich auf Physiologie und fing an, den Stoff, welcher die Zuckungen in dem präparirten Frosche hervorbrachte, als ein eigenes, mit der Elektricität analoges, freies Fluidum zu betrachten, was man Galvanismus nannte, welchen Namen die Berührungs-Elektricität noch jetzt oft führt. Die Chemie hatte bis dahin noch keinen Nutzen aus dieser Entdeckung gezogen, und konnte damals die Umschaffung noch nicht ahnen, die für sie daraus hervorgehn würde.

Im Jahre 1800 trat Alexander Volta mit der Entdeckung der elektrischen Säule auf, und nach Verlauf eines halben Jahres gab es wohl kaum einen Naturforscher mehr, welcher nicht Volta's erstaunenswürdige Erfindung durch eigene Erfahrungen bekräftiget gefunden hätte. Volta beschrieb die Säule als eine elektrische Vorrichtung, in welcher die Elektricität durch gegenseitige Berührung verschiedenartiger Metalle hervorgebracht würde. Die Meinungen darüber waren getheilt, weil man nicht einig darüber war, ob der in der Säule wirkende Stoff, der Galvanismus, Elektricität sey, oder nicht. Man kam indessen bald darüber zur Gewißheit, nämlich auf die Weise, daß man zwei elektrische Ladungsfaschen zu gleicher Intensität lud, und zwar die eine durch eine starke elektrische Säule, und die andere durch eine gewöhnliche Elektrisirma-

schine; wobei man fand, daß ihre entgegengesetzten Belegungen einander entladeten. — Ueber die Ursachen der elektrischen Ladung der Säule lag man dagegen lange im Streite. Die fast bis ins Unendliche verschiedene Wirksamkeit der Säule bei Anwendung verschiedenartiger Flüssigkeiten, die insonderheit beim Gebrauch der Salpetersäure am stärksten ist, gab Anlaß zu der Vermuthung, daß eine andere Ursache, als die Berührung, hier wirke, und daß vornehmlich die Oxidation des einen Metalls als *primum movens* der Elektricität zu betrachten sey, da die Erregung derselben in dem Maasse zunehme, als die Oxidation stärker werde. Eine große Anzahl von Naturforschern sah daher die Elektricität der elektrischen Säule als eine Folge von der Oxidation des Zinks, und diese als eine nothwendige Bedingung an, ohne welche diese Elektricität nicht statt finden könne. Volta und mehrere andere Naturforscher traten mit kräftigen Beweisen gegen diese Idee auf; völlig abgemacht aber wurde die Sache wohl erst durch eine Reihe von Untersuchungen von Humphry Davy, worüber er der Königl. Societät zu London im November 1806 einen Bericht erstattete, der zu den vortrefflichsten Abhandlungen gehört, welche jemals die Theorie der Chemie bereichert und erweitert haben.

Ohngeachtet die endliche Erforschung der Wahrheit so viel Mühe kostete, so können wir sie doch jetzt durch ganz einfache Versuche außer Zweifel setzen. Ein solcher Versuch ist folgender: Man gieße auf den Boden eines jeden Be-

chers der Batterie Taf. I. Fig. 14. ätzende Kalilauge, auf diese aber Salpetersäure, jedoch mit Vorsicht, damit sich nicht beide Flüssigkeiten vermischen. Das Zink steht nun im Alkali, und das Kupfer in der Säure, von welcher es nach und nach oxidirt und aufgelöst wird, während das Zink vom Alkali nicht angegriffen wird. Wäre nun die Oxidation das primum movens der Electricität, so würde bei Entladung der Säule der Kupferpol positiv und der Zinkpol negativ seyn, d. h. die Metalle würden die umgekehrten EE besitzen. Läßt man aber die Säule sich wirklich entladen, so hört die Oxidation des Kupfers in der Säure augenblicklich auf, das Zink oxidirt sich sichtbar im Alkali, und der Zinkpol wird, wie gewöhnlich, positiv. Daraus folgt augenscheinlich, daß nicht die Oxidation, sondern die Berührung der Metalle die wahre Ursache der Electricitäts-Entwicklung in der Säule sey.

Die chemischen Wirkungen der elektrischen Säule erweckten anfänglich die Aufmerksamkeit der Erfinder weniger, als ihre physischen Effecte. Zwei Engländer, Nicholson und Carlisle, bemerkten zuerst, daß sie das Wasser zerlege und die ausgeschiedenen Bestandtheile desselben sich um die verschiedenen Pole ansammelten. — Diese chemischen Wirkungen wurden nunmehr ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung; man glaubte entdeckt zu haben, daß der + Pol bei seiner Entladung durch Flüssigkeiten Säuren, der — Pol aber Alkalien erzeuge, und fing an zu vermüthen, daß aus den Bestandtheilen des Wassers

an den entsprechenden Polen Salzsäure und Natron gebildet werden könnten. Simon bewies aber, daß aus reinem Wasser weder Säure noch Alkali, sondern bloß Sauer- und Wasserstoffgas erhalten werde. — Bei einer Reihe von Versuchen, die ich mit Hisingern anstellte, und die wir im J. 1803 bekannt machten, gelang es uns, die wahre Beschaffenheit der vermeinten Bildung von Säure und Alkali darzulegen, und zu zeigen, daß alle diese Erscheinungen von den vorerwähnten allgemeinen Gesetzen abhängig sind, nach welchen bei Entladung der Säule durch Flüssigkeiten die brennbaren Körper und Salzbasen um den — Pol, der Sauerstoff und die Säuren aber um den + Pol sich ansammeln. Davy wiederholte vier Jahre später diese Versuche mit größeren Apparaten, und bewies, daß dieses Gesetz bis zu einem Grade gültig sey, wovon man bis dahin noch keine Ahnung gehabt hatte. Seine wirksamen Apparate schieden sogar die Kieselerde und das Natron aus dem Glase, worin es seine Versuche anstellte, so daß sich deutliche Spuren von Natron am — Leiter zeigten; auch glückte es ihm, Körper zu zerlegen, die bis dahin unzerlegt geblieben waren, und indem er dadurch die gewagte Vermuthung des großen Lavoisier über die Natur der Alkalien bestätigte, zog er aus diesen Körpern, mit Hülfe der reducirenden Kraft der Elektrizität, eine Reihe neuer, ungekannter metallartiger Körper, welche die erstaunenswerthen Folgen von den Entdeckungen der Berührungs - Elektrizität um ein Ansehnliches vermehrten.

De Luc erfand im J. 1804 die trockenen Säulen aus Silberpapier und Zink; Jäger erklärte die Theorie derselben, nach meinem Erachten, am wahrscheinlichsten; und die Erscheinung der unipolären Leiter ist eine Entdeckung Ermanns.

4.

Erregung der Elektricität durch einen unbekanntem chemischen Prozess in den Wolken.

Gewisse Wolken bringen eine eigenthümliche Erscheinung hervor, welche wir Donner nennen. Diese Wolken zeigen von ihrer Entstehung an Merkmale von freier Elektricität; diese wächst aber zuweilen augenblicklich zu einem außerordentlichen Grade elektrischer Ladung, entweder zwischen verschiedenen Wolken-Parthien, oder zwischen ihnen und dem Erdboden, an, und entladet sich durch einen gräßlich starken Funken, welcher zuweilen unsäglich große Sprünge macht und das eigentliche Phänomen des Donners oder Donnerschlages ausmacht. Zuweilen, wenn die Wolken und der Erdboden eine schwache entgegengesetzte elektrische Ladung haben, entsteht keine so heftige Entladung, sondern die Elektricität setzt sich allmählig in Gleichgewicht. Geschieht dies in der Nacht, so sieht man erhabene spitzige Theile des Erdbodens mit größeren oder kleineren elektrischen Flammen leuchten, die man Elmsfeuer nennt, und wodurch diese Kör-

per, vom Erdboden aus, den Wolken und der Luft eine entgegengesetzte Elektricität zublasen und das Gleichgewicht herstellen. Diese Erscheinung zeigt sich insonderheit oft zur See, und ist im Großen dasselbe, was die Flamme an spitzi- gen Körpern in der Nähe von großen Elektrisir- maschinen im Kleinen sind.

Die Ursachen von der Theilung der Elektrici- täten in den Wolken sind una völlig unbekannt; sie müssen sich aber auf einen chemischen Pro- zess gründen und die Vertheilung muß in einem einzigen Augenblicke zur vollen Ladung anwach- sen können, da eine und dieselbe Wolke oft schnell hintereinander fortblitzt, und außerdem die Wolken, weil sie aus Wasserdünsten bestehen und folglich Leiter sind, eine langsam erregte Elektricität sehr bald ohne Funken ins Gleichge- wicht bringen müßten.

Geachtet der Schlag zwischen den Wolken und dem Erdboden; so sagt man, der Blitz oder Donner schlägt ein. Gewöhnlich trifft ein solcher Schlag irgend einen erhöhten Gegenstand, z. B., einen Baum, einen Thurm, ein Haus, und dergl., und dies zwar um so leichter, je mehr der Ge- genstand leitend und spitzig ist. Wenn man einen solchen Blitzschlag in einer geringen Entfernung beobachtet, so findet man am gewöhnlichsten, daß ein elektrischer Funke im Zikzak aus dem Thurme oder Hause nach den Wolken emporfährt; bisweilen sieht man aber auch, daß aus beiden Funken hervorbrechen und in der Luft einander begegnen. Schlägt der Blitz in die See, so liegt

die Wolke tief und senkt sich kurz vor dem Ausbruche des Funkens noch tiefer, daher dieser nun von der Wolke auszugehen scheint; das Wasser erhebt sich gegen sie in Gestalt eines kleinen Kegels, und dadurch wird die Stelle, wo der Blitz einschlägt, mit kleinen Wogen umkreist.

Man hat versucht, Häuser und Gebäude durch sogenannte Blitzableiter vor dem Einschlagen zu sichern. Sie sind von zweierlei Art, spitzige und kolbige; beide Arten bestehen aus einer Metallmasse, die in einer zusammenhängenden Strecke von den obersten Theilen der Gebäude bis einige Fuß tief unter die Erde fortläuft; die spitzigen Ableiter endigen sich oben in eine aufwärts stehende feine Spitze von Silber; die kolbigen hingegen mit einer Metallkugel.

Beide Arten haben ihre Vortheile und ihre Unbequemlichkeiten. Spitzige Ableiter sind dazu bestimmt, einer nahe über dem Hause weggehenden Gewitterwolke von der Erde aus allmählig entgegengesetzte E. zuzuströmen, die freie E. derselben dadurch zu sättigen und ihrer Entladung zuvorzukommen. Diese Ansicht gründet sich auf die Meinung, daß eine Donnerwolke eine lange Weile stark geladen seyn könne, ohne sich zu entladen, und daß man sie deshalb einem großen elektrisirten Leiter vergleichen könne, welcher über dem Hause und den Blitzableiter hinziehe. Wir haben aber Grund zu vermuthen, daß die aus einer Gewitterwolke hervorblitzende Elektrizität in demselben, oder wenigstens in dem nächst vorhergehenden Augenblicke erst frei wird, wo sie als

Funke hervorbricht, und in diesem Falle kann der spitzige Ableiter ihr nicht schnell genug entgegengesetzte Elektrizität zublaseu. Vielmehr wird er statt dessen den Schlag aus weiterer Entfernung anziehen, der außerdem vielleicht zwischen den verschiedenen Wolkenschichten oder auf einer andern Stelle des Erdbodens sich entladen hätte. Spitzen haben daher den großen Fehler, daß sie wirklich den Blitz, so zu sagen, zu sich herablocken; dagegen haben sie aber allerdings auch den Nutzen, daß sie seine Heftigkeit vermindern und eine langsamere Entladung bewirken. — Kolbige Blitzableiter haben die Bestimmung, den elektrischen Schlag in seiner ganzen Stärke aufzufangen, und müssen daher nach einem großen Maasstabe angelegt werden, wenn sie nicht schmelzen, oder zu Beschädigungen der Gebäude durch Seitenschläge der Elektrizität Anlaß geben sollen. Sie haben den Vortheil, daß ein Blitz, der das Haus trifft, dieses in der Regel verschont, und am Ableiter niederfährt.

5.

Erregung der Elektrizitäten durch
einen eigenen organisch-chemischen Prozeß.

Unterschiedliche Fische haben die sonderbare Eigenschaft, sich durch starke elektrische Schläge zu vertheidigen, wodurch Thiere, die sich ihnen nähern, gelähmt und mitunter getödtet werden können. Fische dieser Art sind der Zitteraal,

(*Gymnotus electricus*), der Zitterrochen, (*Raja Torpedo*), der Zitterwels, (*Silurus electricus*), der *Trichiurus indicus*, u. m. a. Diese Fische besitzen eigene Organe, womit sie augenblicklich einen unglaublich starken elektrischen Schlag hervorbringen können, so daß ein Mensch es nicht gern wagt, einen großen und eben erst gefangenen Fisch der Art zu berühren. Diese Organe liegen mehr an der Oberfläche des Körpers und sind bei jeder dieser Fischarten anders gestaltet. Sie haben sehr starke Nerven, und wenn das Organ weggenommen, oder ein Nervenstrang, welcher zu selbigem führt, abgeschnitten wird, so stirbt der Fisch zwar nicht sogleich, verliert aber seine ganze elektrische Kraft.

Diese Organe haben eine Art von zelliger Struktur und sind sehr reich an Blutgefäßen, daher man sie neuerdings, nach Entdeckung der elektrischen Säule, mit dieser Vorrichtung verglichen hat. Allein allem Anscheine nach hat hier die Vertheilung der Elektricitäten einen ganz anderen Grund. Diese Fische sind an und für sich nicht elektrisch und zeigen am Elektrometer keine Spur von Elektricität; dies beweist aber, daß sie sich in Einem Augenblicke laden und entladen können, und dies beruht sogar einzig und allein auf ihrer Willkühr, da sie zu einer Zeit gar keinen Schlag, zu einer anderen aber äusserst heftige Stöße geben, und diese aller zwei bis drei Sekunden wiederholen. Sie geben den Schlag in und ausserhalb dem Wasser, doch nur bei unmittelbarer Berührung; denn der mindeste Zwischenraum

von Luft oder Wasser verhindert den Schlag. Der Fisch muß überdem in zwei Punkten berührt werden, wenn er einen Schlag geben soll, ohngeachtet diese Punkte keine bestimmte Stelle einnehmen, und einander so nahe liegen können, daß man sie beide auf einmal berühren kann, wenn man den Finger auf den Fisch drückt. Isolirt man sich und berührt den Fisch mittelst eines Metalls, so erhält man keinen Schlag, weil er sich durch das Metall entladet. Daher kann man einen solchen Fisch ohne alle Ungelegenheit handhaben, wenn man ihn auf eine metallene Schüssel legt, oder zwei Seiten desselben durch Metall in Verbindung bringt, weil dann alle Schläge die der Fisch giebt, durch das Metall ausgeladen werden. Einige Male will man bei diesen Schlägen elektrische Funken bemerkt haben. Bei einem gefangenen Fische nimmt die elektrische Kraft in dem Maasse ab, als seine Lebenskräfte sich vermindern.

3. M a g n e t i s m u s.

Eine gewisse Art von Eisenerzen besitzt die Eigenschaft, mit mehr oder weniger Kraft Eisen anzuziehen und fest zu halten. Man nennt einen solchen Eisenstein einen Magnet. Seine Anziehungskraft äußert sich nur auf eine geringe Entfernung und wird von andern Körpern, die zwischen ihm und dem Eisen sich befinden, in dem Falle unterbrochen, wenn ihre Dicke größer ist,

als der Abstand, auf welchen sich die Wirksamkeit des Magnets erstreckt.

Eine große Menge von Körpern, welche Eisen in metallischer Gestalt oder in geringen Graden der Oxidation enthalten, werden vom Magnet angezogen, und verschiedene Körper, die sonst nicht eisenhaltig sind, aber durch Bearbeitung mit eisernen Werkzeugen einen, wenn auch unmerklichen, Zusatz davon bekommen, erhalten dadurch die Eigenschaft dem Magnet zu folgen, wie z. B. gefeiltes Zink. Außer dem Eisen werden auch metallisches Nickel, Kobalt, Mangan und Chrom vom Magnet angezogen, verlieren aber diese Eigenschaft durch Vermischung mit Arsenik. — Um zu entdecken, ob ein Körper vom Magnet angezogen wird, braucht man ihn nur auf Quecksilber, oder auf Kork im Wasser schwimmen zu lassen, und ihm den Magnet immer mehr und mehr zu nähern.

Jeder Magnet hat zwei Punkte, in welchen sich sein Magnetismus am stärksten äußert; sie heißen die Pole des Magnets, und wenden sich, wenn man den Magnet an einem Ende aufhängt, der eine nach Norden, der andere nach Süden, daher sie den Namen Nordpol und Südpol erhalten haben. Hat man zwei Magnete auf diese Weise aufgehängt, so findet man, daß ihre nach einerlei Weltgegend gerichteten Pole einander abstossen, die nach entgegengesetzter Richtung sich wendenden Pole hingegen einander anziehen. Zuweilen findet man natürliche Magnete mit drei bis vier Polen, was theils von der

Gestalt des Steines, theils von seiner Zusammensetzung herrühren kann.

Wenn man an die Pole eines Magnets zwei Stückchen Eisen so befestiget, daß sie ein wenig unter dem Magnet hervorragen; so äußert sich die magnetische Kraft durch diese Stückchen Eisen, wenn sie auf Einmal wirken können, weit stärker, als durch die unbelegten Pole. Einen solchen Magnet nennt man armirt. Gewöhnlich verbindet man diese Eisenstücken durch ein eisernes Stäbchen, was der Anker heißt, an welches man nach und nach immer größere Gewichte hängen kann, die der Magnet fest hält, dessen Kraft dadurch allmählig um ein bedeutendes verstärkt wird. Durch Wärme wird der Magnet schwächer, erhält aber seine Kraft im Kalten wieder. Durch Glühen wird sie gänzlich zerstört, so auch durch Pülvern, Oxidiren und Auflösen.

Man hat mehrere Vermuthungen über die Natur des Magnetismus. Diejenige, welche alle Erscheinungen am besten erklärt ist folgende:

In jedem Körper liegt ein für unsere Sinnen nicht wahrnehmbarer Stoff, dem elektrischen ähnlich, welcher aus zwei verschiedenen, einander entgegengesetzten Kräften oder Stoffen besteht, Nord M und Süd M, die erst dann wahrnehmbar werden, wenn eine Trennung derselben und eine Zertheilung des magnetischen Stoffes vor sich geht. Zu Erleichterung des mündlichen und schriftlichen Ausdrucks bezeichnet man den Nord M durch $+ M$, den Süd M durch $- M$.

Wenn man ein Stück Eisen nach dem einen Pole des Magnets, z. B. dem $+$ Pole, führt, so trennt sich der magnetische Stoff in $- M$, was sich in dem, vom Magnete berührten Ende, und in $+ M$, was sich in dem entfernteren Ende ansammelt, gerade so, wie es bei der Elektrizität der Fall ist, wenn ein elektrischer Leiter in die Nähe eines elektrisirten Körpers gebracht wird. Man kann sich dies leicht durch folgenden Versuch versinnlichen. Wenn man zwei Zoll lange Stückchen Eisendrath an freien Fäden nebeneinander aufhängt, und ihnen bis auf eine geringe Entfernung einen etwas kräftigen Magnet nähert; so werden sie sich von einander entfernen, (wie Fig. 16. Taf. I. anweist), weil ihr magnetischer Stoff durch die Einwirkung des Magnets getheilt wird, und die gleichen M in der nach einer Richtung gewendeten Ende der Dräthe einander abstoßen, so lange der Abstand des Magnets so groß ist, daß die Anziehungskraft desselben die Abstoßungskraft der einander am nächsten liegenden Drathenden noch überwindet. Bringt man den Magnet dann noch näher, so werden die $-$ Enden der Dräthe von dem $+$ Pole angezogen und nähern sich einander; die positiven Enden hingegen stoßen einander zurück, wie in Fig. 15, weil die Abstoßungskraft der $-$ Enden durch den $+$ Pol des Magnets überwunden wird, die $+$ Enden der Dräthe aber dieselbe beibehalten. Noch ein Beispiel ist Taf. I. Fig. 17. dargestellt. $a b$ ist ein Stückchen Eisendrath, was an einem feinen Seidenfädchen hängt, und $c d$ ein Stückchen Eisen, wel-

ches auf einem kleinen Gestelle so aufgestellt wird, daß noch ein Abstand zwischen d und b bleibt. Nähert man nun dieser Vorrichtung bis auf einigen Abstand einen Magnet, wie durch e angedeutet ist, so werden d und b getrennt, weil der Pol des Magnets einerlei M aus ihnen zieht, und diese einander abstossen. Nähert man aber den Magnet, wie in Figur 18, von der Seite, so ziehen das Stückchen Eisen und der Drath einander an, weil nun der magnetische Stoff in $a b$ getrennt und einerlei M in b angesammelt, der magnetische Stoff in $e d$ aber so geschieden wird, daß sich in d ein anderes M , als in b anhäuft, und b und d einander nunmehr anziehen.

Diese Theilung des Magnetismus geht so weit, daß, wenn $a b$ Fig. 19. den $+$ Pol eines Magnets vorstellt, und $b c$ ein Stück Eisen, was der Magnet für sich nicht völlig tragen kann, dieses Stück Eisen dann von ihm getragen wird, wenn man ein anderes Stück Eisen $d e$ unter $b c$ bringt. Es zertheilt nämlich dann der in c angehäuften $+$ M den magnetischen Stoff in $d e$, wodurch (gerade so, wie durch zusammengestellte Plattenpaare in den elektrischen Säulen die Elektrizität stärker zertheilt wird,) mehr $+$ und $-$ M in $b c$ geschieden, und sonach dem $+$ Pole des Magnets, in dem Ende d des Eisens $b c$, mehr $-$ M wirkend entgegengestellt wird. Nimmt man $d e$ hinweg, so hört die stärkere Zertheilung in $b c$ wieder auf, und es fällt wieder vom Magnete ab. Auf diesen Umstand gründet sich die Bekannte Erscheinung, daß ein Magnet von einem Ambose

ein größeres Stück Eisen aufhebt, als von einem Tische.

Ein Magnet ist sonach ein Körper, dessen magnetischer Stoff sich in steter Vertheilung befindet, so daß sich fortdauernd der $+$ M in dem einen, und $-$ M im anderen Pole ansammelt. Wird ein Stück Eisen von einem Magnet berührt, so wird es dadurch ebenfalls zum Magnet, so lange es nämlich in der Nähe des erstern ist und so in $+$ und $-$ M von einander getrennt bleibt. Entfernt man es wieder vom Magnete, so vereinigt sich sein $+$ und $-$ M wieder zu o M, oder zu dem nicht wahrnehmbaren magnetischen Stoffe, und das Stück Eisen verliert seinen Magnetismus wieder. Kann man es aber in eine solche Lage bringen, daß sein $+$ und $-$ M stets gesondert bleiben, so ist es zum Magnete geworden, so gut wie der es war, der seine beiden M erst von einander trennte.

Reines Eisen kann seinen M nicht in vertheiltem Zustande erhalten; wohl aber kann der Stahl, der eine Vereinigung von Eisen mit etwas Kohle ist, die magnetische Kraft leicht annehmen und an sich halten, wenn er im magnetischen Zustande gerieben wird, und zwar am besten mit einem Magnete. Diefs nennt man magnetisiren und geschieht auf folgende Weise:

1) Durch den einfachen Strich. Man nimmt eine Stahlstange, setzt auf der Mitte derselben den $+$ Pol eines Magnets auf, und streicht damit bis an das eine Ende der Stahlstange und noch ein Stück darüber hinaus; setzt dann den

Magnet abermals in der Mitte der Stange auf, streicht nach derselben Richtung fort und wiederholt dieses Verfahren 40 bis 50 mal. Auf dieselbe Weise behandelt man die andere Hälfte der Stahlstange mit dem — Pole des Magnets. Dabei muß man aber wohl in Obacht nehmen, daß man niemals von einem Ende nach der Mitte zurückstreicht, weil dadurch der Magnetismus zerstört wird. Dasjenige Ende der Stange, welches mit dem + Pole des Magnets bestrichen wird, empfängt — M, das mit dem — Pole bestrichene Ende aber + M.

2) Durch den Doppelstrich. Man bedient sich dazu ebenfalls einer Stahlstange, setzt auf ihre Mitte den Magnet mit beiden Polen auf und streicht damit langsam vor- und rückwärts von einem Ende zum andern. Will man mit Streichen innehalten, so zieht man den Magnet in der Mitte der Stange wieder ab, die nunmehr an demjenigen Ende, wo der + Pol voraus war, — M, am andern Ende aber + M erhalten hat. Es versteht sich von selbst, daß, wenn man die Pole des Magnets umwendet und das Bestreichen von neuem anfängt, die gleichen M einander nunmehr zurücktreiben, und daß sich der M der Stange erst vermindert, dann ganz verschwindet, endlich von neuem zum Vorschein kommt, jedoch so, daß das Ende, welches vorher + Pol war, nunmehr zum — Pole geworden ist.

3) Durch den Zirkelstrich, oder richtiger: Kreisstrich. Man legt vier Stahlstangen in einem Viereck zusammen, wie in Fig. 20 Taf. I.

dargestellt ist, setzt den Magnet mit beiden Polen auf die eine Stange auf, und streicht, auf die vorher beschriebene Weise, von einem Stahle zum andern fort, mehreremale ringsum.

Man bezeichnet sich die Nordpole mit einem Feilstriche, und legt diese künstlichen Magnete, damit ihre Kraft nicht abnehme, mit zwei und zwei ungleichen Polen so zusammen, daß dazwischen gelegte kurze Eisensückchen die entgegengesetzten Pole mit einander verbinden.

Es ist offenbar, daß der Magnet bei diesen Vorgängen nichts von sich fahren läßt; da er bloß den natürlichen magnetischen Stoff des Stahles in seine Bestandtheile, + und - M zertheilt. Der Magnet verliert deshalb dadurch nicht das Mindeste an Kraft, und magnetisirt stets auf dieselbe Weise, wie der Kuchen des Elektrophors dessen Deckel elektrisirt, nämlich nicht durch Mittheilung, sondern bloß durch Vertheilung.

Auf diese Weise können auch metallisches Eisen und Nickel magnetisch werden. Das Eisen muß aber stets mit einem geringen Antheile eines fremdartigen Stoffes vereinigt seyn, entweder mit Kohlen, wie im Stahle, oder mit Sauerstoff, wie im Magnetstein, und man hat gefunden, daß geschmeidiges Eisen auch durch einen Gehalt an Schwefel oder Phosphor die Eigenschaft bekommt, die magnetische Kraft fest zu halten. Andere, weniger bekannte kleine Umstände bewirken, daß eine Art Stahl länger magnetisch bleibt, als die andere.

Da die Eigenschaften eines Magnets darauf beruhen, daß sein $+$ und $-$ M an seinen beiden Enden sich anhäuft; so muß es in der Mitte desselben eine Stelle geben, wo beide M sich berühren, und wo sonach die magnetische Kraft im Gleichgewichte ist; diese Stelle nennt man den **Culminationspunkt** oder **Aequator**.

Selbst unsere Erdkugel ist ein Magnet, dessen $-$ M sich auf irgend einer Stelle in der Nähe des Nordpols anhäuft, wogegen sich sein $+$ M nach dem Bezirke des Südpols hinzieht. Daher rührt die Eigenschaft des Magnets, sich nach Norden und Süden zu wenden; denn weil der $-$ M der Erde den $+$ M des Magnets anzieht, so muß dieser seinen $+$ Pol nach Norden und den $-$ Pol nach Süden kehren. Daher muß auch die Erde auf Eisen und auf jeden Magnet dieselbe Kraft ausüben, die ein großer Magnet auf Eisen und auf kleine Magnete ansübt, wenn sie in seinen Wirkungskreis kommen. Der Magnetismus der Erde ist inzwischen sehr schwach, so daß er auf Eisen ganz unmerklich und nur auf Magnete sichtbar einwirkt.

Hält man einen etwas kräftigen Magnet unter einen Teller oder ein Papier, worauf man Eisenfeilspäne gestreut hat, und klopft dann gemach an den Teller, so daß die Feilspäne eine durch den Magnet bestimmte Stellung annehmen können; so legen sie sich wie Fig. 21. Taf. I zeigt, nach den Polen zu gerade auf und nieder, richten sich in deren Nähe schief empor und laufen in der Mitte der Stange mit derselben parallel. Das-

selbe geschieht, wenn man, wie in Fig. 23. dargestellt ist, über einer magnetisirten Stahlstange kleine Enden von magnetisirten Stahlrath aufhängt. Diese kehren sich längs hin nach der Stange, laufen in der Mitte derselben mit ihr parallel, nehmen aber nach den Enden zu immer mehr und mehr eine schiefe Lage an, wobei sich ihr $+$ Pol nach dem $-$ Pole der Stange und ihr $-$ Pol nach dem $+$ Pole derselben herabneigt.

Etwas, dem völlig analoges, muß auch beim Erdmagnetismus statt finden. Wenn man einen langen Stahlstift so aufhängt, daß sich beide Enden desselben das Gleichgewicht halten, und magnetisirt ihn nachher; so nimmt sein Nordpol eine geneigte Stellung an, indem er gleichsam schwerer wird und nunmehr einen Winkel von 72 bis 73° mit der wagerechten Linie macht, die er vor dem Magnetisiren bildete. Bringt man einen solchen magnetischen Stift weiter nach Süden, so nimmt diese Neigung allmählig ab, und seine Stellung wird mitten auf der Erde wieder wagerecht, wie sie vor dem Magnetisiren war. Führt man ihn dann noch weiter nach dem Südpole zu; so fängt sein $-$ Pol immer mehr und mehr an sich zu neigen, und könnte man einen solchen Stift bis an die beiden Erdpole selbst bringen, so würde er hier wahrscheinlich lothrecht emporstehen, und zwar am Südpole mit seinem Nordpole, am Nordpole aber mit seinem Südpole aufwärts. Inzwischen treffen die magnetischen Erdpole mit den Umwälzungspolen derselben nicht genau zusammen, sondern fallen etwas seitwärts; der nörd-

liche oder — M Pol liegt nämlich nordwärts von Amerika's östlichem Vorgebirge, der + M Pol hingegen in der Südsee ewigen Eisfeldern. Daher kann auch der Erdäquator, d. h. diejenige Ebene, welche der Erde zwischen beiden Polen in zwei gleiche Hälften theilt, nicht einerlei mit dem magnetischen Aequator, d. h., mit derjenigen Ebene seyn, in welcher die Magnetnadel völlig wagerecht hängt.

Wenn z. B. auf Taf. I. Fig. 22. ABCD die Erde, und A und B ihre Pole vorstellen, so muß CD ihr Aequator seyn; und wenn a und b die magnetischen Pole sind, so muß c d der magnetische Aequator seyn, welcher sonach den Erdäquator nur in zwei Punkten berührt, und auf der einen Seite der Erdkugel, im Südmeere mehr nördlich, auf der anderen Seite, im Atlantischen Meere, aber mehr südlich als der Erdäquator fällt.

Das Werkzeug, womit man die Neigung des Magnets gegen den Horizont mißt, heißt ein Neigungs- oder Inclinations-Compass (Boussole d'inclinaison). Wenn ein solches Werkzeug einigermaßen richtig gehen soll, muß es in der Richtung der Magnetnadel aufgehängt werden. Hängt man es so auf, daß seine Richtung einen rechten Winkel mit der Richtung des Magnets macht, so nimmt es eine wagerechte Stellung an.

Es ist klar, daß, wenn man eine Eisenstange vollkommen in die Richtung und Neigung des Magnets bringt, in ihrem untern Ende eine kleine Menge + M, im oberen Ende aber etwas — M

sich ansammeln muß, ohngeachtet diese Vertheilung des schwachen Erdmagnetismus für uns nicht wahrnehmbar ist. Reiben befördert aber diese Vertheilung und befestiget so zu sagen die getheilten $+$ und $-$ M, wie die Bereitung der künstlichen Magnete beweist. Reibt man daher eine solche in der Richtung des Magnets gebrachte Eisenstange mit einem andern Stücke Eisen, oder beklopft sie von oben nach unten schwach mit einem Hammer, so befördert und befestiget man die Zertheilung des magnetischen Stoffs und die Stange bleibt nachher magnetisch. Dieses Magnetisiren beruht also auf Reiben, unter Einfluß des Erdmagnetismus. Bloßes Reiben kann zwar ebenfalls bisweilen magnetisiren, aber schwächer, und es kommt dabei allemal viel darauf an, sowohl das reibende, als das geriebene Stück Eisen, in die richtige Lage zu bringen.

Die Eigenschaft des Magnets, sich nach Nord und Süden zu wenden, gab uns ein unentbehrliches Hilfsmittel für Seereisen, den Compaß. Dieser besteht aus einer magnetisirten Nadel von gutem Stahl, die in der Mitte mit einer kleinen Messinghülse versehen ist, auf welcher sie ruht. Sie kehrt sich stets nach Norden und Süden, und zeigt dadurch den Seefahrern die Himmelsgegenden. Die beste Gestaltung einer Magnetonadel ist die Fig. 24. Taf. I. angegebene; nicht die gewöhnliche pfeilförmige. Den Nordpol kann man durch eine Farbe oder irgend ein anderes Merkmal bezeichnen. Diejenige Hälfte, welche $-$ M erhalten soll, wird etwas schwerer gemacht, so daß

sie nach dem Magnetisiren mit der positiven im Gleichgewichte bleibt. Am besten magnetisirt man sie auf die Weise, daß man zwei Magnetstangen mit den ungleichnamigen Polen so zusammenlegt, daß sie gleichsam eine einzige bilden; auf den Vereinigungspunkt beider Stangen legt man nun den mittleren Theil der Nadel so auf, daß jedes Ende derselben auf einer der beiden Stangen aufliegt, die man sodann, jede besonders langsam unter der Nadel wegzieht. Wenn man dieses Verfahren einigemale wiederholt, so wird die Nadel so stark magnetisirt, als sie es überhaupt werden kann.

Da die magnetischen Erdpole nicht genau in Norden und Süden fallen, die Magnetnadel aber allezeit nur nach diesen magnetischen Polen hinweist; so kann sie auch niemals genau nach Norden weisen, und dies nennt man das Abweichen — die Declination — der Magnetnadel. Dieses Abweichen beruht aber nicht auf diesem Umstande allein; denn in diesem Falle würde sich dasselbe auf jeder beliebigen Stelle der Erdoberfläche sehr leicht bestimmen lassen. Vielmehr ist die Abweichung vielen und fast beständigen Veränderungen unterworfen. In Schweden z. B., zeigt die Magnetnadel mehrere Grade westlich, ohngeachtet sie im J. 1666 richtig wies, und 1580 sogar mehrere Grade nach Osten abwich. Seitdem hat sie sich allmählig immer weiter nach Abend gewendet, scheint aber jetzt wieder nach Morgen zurückzugehen.

Ausserdem erleidet sie auch tägliche Verände-

runge, so daß sie des Morgens und Abends um 9 Uhr am wenigsten, und Nachmittags zwischen 3 und 5 Uhr am stärksten nach Westen zeigt. Die Ursache von diesen Veränderungen scheint zu seyn, daß, wenn die Sonne für den Meridian des magnetischen Pols aufgeht, die magnetische Kraft des letztern durch die Tagewärme vermindert wird, und sich mehr nach dem kälteren westlichen Theile des Erdbodens flüchtet, bis sie nach Mittag durch allmähliche Abkühlung nach und nach wieder an Stärke zunimmt, die sie auch dann die ganze Nacht hindurch unverändert beibehält. Deshalb ist die Magnetnadel auch einer kleinen Veränderung nach den Jahreszeiten unterworfen, indem sie im Sommer am wenigsten nach Westen abweicht.

Die allgemeine Abweichung der Magnetnadel ist so unregelmäßig, daß sie nicht durch Berechnung gefunden werden kann, sondern durch direkte Versuche ausgemittelt werden muß; auch ist sie zuweilen, ohne Rücksicht auf die Lage der Pole, auf manchen Stellen des Erdbodens östlich, auf andern westlich — was nothwendig von einer stellenweise und unregelmäßig vertheilten Ursache herrühren muß. Diese Ursache kann nun wohl keine andere seyn, als daß in gewissen Massen des Erdbodens die Vertheilung des Magnetismus stärker als in andern seyn muß.

Coulomb hat uns belehrt, daß alle Körper vom Magnete schwach affizirt werden, daß aber die feinsten Werkzeuge erforderlich sind, um es

zu bemerken *). Es ist sonach keinem Zweifel unterworfen, daß nicht jeder Theil des Erdbodens an der allgemeinen Vertheilung des Magnetismus Antheil nehmen sollte; allein durch unsere magnetischen Versuche wissen wir, daß dieselbe unendlich viele Male stärker in den Eisenerzen, dem Eisen und in eisenhaltigen Körpern ist, und die Erfahrung hat uns gelehrt, daß dieses Metall in größerer oder geringerer Menge einen Bestandtheil unsers Erdbodens ausmacht. Eine nothwendige Folge davon ist, daß die ungleiche Vertheilung dieses Metalls in der uralten inneren Masse des Erdbodens auch auf die Magnetnadel Einfluß haben und die Abweichung derselben, vielleicht auch ihre Neigung, verändern müßte, je nachdem die Erde in größerer oder geringerer Entfernung nach Osten oder Westen zu, oder auch näher unter ihrer Oberfläche, reichhaltiger an diesem Metalle ist. Die jährlichen Veränderungen der Abweichung können von Veränderungen in der magnetischen Kraft der Erde herrühren, welche durch die in ihrem Innern fortwährend vor sich gehenden chemischen Prozesse verursacht werden. Hoffentlich wird mit der Zeit eine allgemeine und regelmäßige Ursache von der langsamen Verän-

*) Coulomb hat zu diesem Behuf ein äußerst empfindliches Werkzeug erfunden, was er die magnetische Drehwaage (*balance de torsion*) nennt. Man findet es in Biot's *Traité de Physique experimentale etc.* Tom. III. S. 29 beschrieben und auf der Kupf. Taf. I. abgebildet. d. Ueb.

derung der magnetischen Pole um die Erdpole herum aufgefunden werden.

Professor Hansten in Christiania hat eine neue Theorie über die magnetischen Erscheinungen der Erdkugel ausgearbeitet, und nach dieser berechnet, daß die Erde vier verschiedene Pole, nämlich 2 in Norden und 2 in Süden haben müsse, die alle beweglich sind, und zwar so, daß dieselben jeder mit seiner eigenthümlichen sehr langsamen Bewegung, einen Kreis um die Erdpole herum beschreiben. Ich muß die Leser deshalb auf seine sinnreiche Arbeit selbst verweisen.

Wägbare einfache Stoffe.

Die wägbaren einfachen Stoffe sind: der Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, die Kohle, das Boron, und die bis jetzt noch unbekanntten Grundlagen der Flussspathsäure, Salzsäure und Jodsäure, nebst den Metallen.

Unter diesen Stoffen zeichnen sich die drei erstern dadurch aus, daß sie in Ermangelung hinreichender Cohäsionskraft an und für sich nicht anders als in Gasgestalt, und daher nur vermöge ihrer Vereinigungs-Verwandschaft zu anderen Körpern, und nur in Verbindung mit diesen, in flüssiger oder fester Gestalt dargestellt werden können. In Folge ihrer Schwerkraft werden sie fortwährend von der Erdmasse angezogen, erhal-

ten sich aber über ihrer Oberfläche in steter Gasgestalt, so lange sie frei und ungebunden sind. Dasselbe gilt von allen anderen wirklich permanenten Gasarten. Diese Körper würden, wenn sie keine Schwerkraft besäßen, d. h. von der Erdmasse nicht angezogen würden, sich für unsere Wahrnehmung ganz so, wie der gebundene Wärmestoff verhalten.

Wir würden nämlich ihre Wirkungen sehen; wenn wir aber ihren Zutritt zu andern Körpern nicht durch die Gewichtszunahme der letztern auf der Waage auszumitteln vermöchten; so würden wir, wie es vorhin geschah, ehe wir sie noch hinreichend kannten, und wie es noch jetzt mit dem Wärmestoff der Fall ist, ihre Anwesenheit bloß als eine Formveränderung derjenigen Körper betrachten, mit welchen sie sich vereinigen. Hätten die Basen dieser beständigen Gasarten eine größere Schwerkraft, oder befänden sie sich auf einem Planeten, welcher eine vielfach größere Anziehungskraft als unsere Erde besäße, so würde vielleicht ihre Schwere den Mangel an hinlänglicher Zusammenhangs-Verwandschaft (Cohäsionskraft) ersetzen, und sie würden sich dann in fester oder flüssiger Gestalt zusammenhalten können.

In Ansehung ihres chemischen Verhaltens theilt man die wägbaren einfachen Körper in Sauerstoff und in brennbare Körper, die sich mit dem Sauerstoff vereinigen können, wobei die meisten das gewöhnliche Verbrennungs-Phänomen, das Feuer, hervorbringen.

1. S a u e r s t o f f.

Der Sauerstoff kann für sich allein nicht in fester oder flüssiger Gestalt, sondern nur in Gasform dargestellt werden. Er findet sich gasförmig mit der Atmosphäre vermengt, von welcher er etwas mehr als $\frac{1}{5}$ tel einnimmt, und geht als Bestandtheil in die meisten unorganischen Zusammensetzungen, so wie in alle organische Körper ein. Dieser merkwürdige Stoff wurde im J. 1774 zu gleicher Zeit von Scheele und von dem Engländer Priestley entdeckt, und von da an datirt sich auch die Geburt einer verbesserten Theorie der Chemie.

Um das Sauerstoffgas rein und frei von allen bedeutenden Beimengungen anderer Stoffe zu erhalten, pflegt man es gewöhnlich aus seinen Verbindungen mit verschiedenen Metallen durch Glühen auszuscheiden.

1) Man legt in eine kleine Glasretorte 100 Gran (etwas weniger als $\frac{1}{2}$ Loth) rothes oxidirtes Quecksilber, was man in den Apotheken unter dem Namen Hydrargyrum praecipitatum rubrum erhält, und setzt an die Oeffnung der Retorte ein gekrümmtes Glasrohr an, wie Fig. 1. Taf. II. ausweist. Dieses kann mit Werg oder Kork eingekittet und dann mit etwas feuchter Blase umwickelt werden. Das Glasrohr wird in eine Schaafe mit Wasser geleitet, in welches man eine, ebenfalls mit Wasser gefüllte Flasche (Fig. 2) umgestürzt hineinstellt, die von einem, mit einem

Ausschnitte versehenen Brettchen (Fig. 3.) was man über die Schaafe legt, festgehalten wird. Die Retorte wird nun über ein Becken mit glühenden Kohlen gelegt, jedoch so, daß die Glut das Glas nicht erreichen kann; weil es sonst springen würde. So wie die Retorte erwärmt wird, dehnt sich die in ihr eingeschlossene atmosphärische Luft aus und entweicht durch das Glasrohr. Wenn diese Luft durch das Wasser durchgeht, sammelt sie sich in der Flasche, und das Wasser senkt sich in dieser herab, sowie dessen Stelle durch Luft aus der Retorte ersetzt wird. So bald man soviel oder etwas mehr Luft in der Flasche hat, als in der Retorte Platz haben konnte, wird jene abgenommen, von neuem mit Wasser gefüllt, und wieder wie vorher über die Oeffnung der Glasröhre gestürzt. Das Gas, was nunmehr übergeht, ist einigermaßen reines und von der Luft der Retorte ziemlich befreites Sauerstoffgas. Die Hitze unter der Retorte wird dann um etwas weniger vermehrt, bis der Boden derselben zu glühen anfängt, wobei sich das Sauerstoffgas ziemlich schnell entwickelt. Das vorher rothe Quecksilberoxid wird dabei allmählich mehr und mehr schwarz, und in dem Verhältnisse, wie das Sauerstoffgas in die Flasche übergeht, setzen sich im Retortenhalse Quecksilbertropfen ab, die sich nach und nach zu größeren Kugeln sammeln und durch das Rohr in die Schaafe fallen. Zuletzt wird die Retorte leer und der Versuch ist geschlossen. — Sammelt man genau alles Quecksilber zusammen, was sich in der Schaafe findet, und im Retortenhalse sitzen.

geblieben ist, so erhält man 92 Gran laufendes metallisches Quecksilber, also 8 Gran weniger, als das rothe Pulver wog, aus welchem das Sauerstoffgas entwickelt wurde. Das Sauerstoffgas hat sich in der Flasche angesammelt, doch bleibt ein kleiner Theil davon in der Retorte zurück, den man nicht anders messen kann, als daß man das Glasrohr mit einem gut schließenden Kork zustöpselt, sobald keine Gasblase mehr herauskommt, und dann die Retorte langsam über dem Feuer verkühlen läßt, ohne das verkorkte Rohr aus dem Wasser herauszunehmen. Ist die Retorte völlig abgekühlt, so nimmt man den Kork heraus, wo dann das Wasser in die Retorte eindringt und den Raum ausfüllt, welchen das Sauerstoffgas bei dieser Temperatur weniger einnimmt, als bei der Glühhitze, wo das Rohr der Retorte verschlossen wurde. Man kann die Retorte, den Boden zu oberst, umkehren, und mit einer Feile auf zwei Seiten den Raum bezeichnen, welchen das Gas einnimmt. Wendet man die Retorte dann wieder um und füllt sie bis an die gemachten Marken mit Wasser, so kann man alsdann dieses messen und das Volumen des in der Retorte zurückgebliebenen Sauerstoffgases wissen. Man hat bei diesem Versuche, mit Hinzurechnung des Rückstandes in der Retorte, ohngefähr 16 Cubikzoll Sauerstoffgas erhalten; denn jedes Cubikzoll desselben wiegt bei der gewöhnlichen Sommerwärme ohngefähr $\frac{1}{2}$ Gran, oder etwas weniger. Das rothe Pulver bestand sonach aus 92 Theilen Quecksilber und 8 Theilen Sauerstoff.

2) Auf eine etwas minder kostspielige Weise wird das Sauerstoffgas aus schwarzem oxidirten Mangan gewonnen, einem Minerale, was unter dem Namen Braunstein im Handel vorkommt. Man bringt in eine (wie Figur 4 a Taf. 11. gestaltete) eiserne Retorte, welche ohngefähr ein Pfund fassen kann, so viel fein gestossenen Braunstein, daß dieselbe etwa bis zu $\frac{4}{5}$ gefüllt wird, verschließt sie hierauf mit einem eingeschlifenen, der Länge nach durchbohrten Eisenpfropf, (Fig 4 b.) der mit etwas angefeuchtetem Thon bestrichen und so in den Retortenhals hineingetrieben wird, daß er sie luftdicht verschließt. In das schmälere, röhrförmige Ende des Pfropfes wird ein Glasrohr eingekittet, was so gekrümmt ist, daß es, wie im vorigen Versuche, in eine grössere Schale mit Wasser geleitet und das Gas auf gleiche Weise in grösseren Flaschen aufgefangen werden kann. Da man aber bei dieser Vorrichtung mehrere Messkannen Gas erhält, so ist es bequemer, dasselbe in einem grösseren Gasbehälter von Blech aufzufangen, den ich im dritten Theile dieses Lehrbuchs, unter dem Artikel Gazometer, besonders beschreiben werde. Die Eisenretorte wird nun in einen kleinen Ofen, der aus vier Ziegelsteinen zusammengesetzt und nachher geheizt wird, eingelegt, das Glasrohr aber nicht gleich eingekittet. Erst fängt das Wasser an sich in Dämpfen abzusondern, die bisweilen nach Salpetersäure riechen; dann kommt eine Luftart, welche das Feuer auslöscht, nämlich Stickstoffgas, und so lange Wasserdämpfe und diese Luftart entweichen, wird

kein Gas aufgefangen. Sobald man aber bemerkt, daß ein ausgeblasenes, aber noch glimmendes Schwefelhölzchen, was man an das Rohr der Retorte bringt, nicht mehr verlöscht, sondern im Gegentheil sich entzündet und mit ungewöhnlichem Glanze brennt, so wird die Glasröhre eingesetzt, die vorher mit Werch und feuchtem Thon umschlagen und gehörig eingepaßt werden muß, — und das Gas wie im vorigen Versuche aufgefangen. Man erhält dabei, je nachdem alle Fugen mehr oder weniger luftdicht verkittet sind, aus einem Pfunde Braunstein dem Raume nach 7 bis 8 Kannen Sauerstoffgas, wovon jedoch das zuerst und zuletzt übergehende nicht recht rein ist und besonders aufbewahrt werden muß. Von dem dichten Schliessen der Fugen kann man sich überzeugen, wenn man mit einem glühenden Spahne rings herum fährt, wo dann dieser an solchen Stellen, wo Sauerstoffgas herausdringt, zu brennen oder doch mit lebhafterem Glanze zu glimmen anfängt.

In Ermangelung einer Eisenretorte kann man auch Sauerstoffgas aus Braunstein entwickeln, wenn man einen wohl vernagelten Flintenlauf zur Hälfte damit anfüllt, und diese Hälfte dann glühet. In die Mündung des Laufs kann man ein Glasrohr einkitten oder durch Kork befestigen, durch welches man das Gas in mit Wasser gefüllte Flaschen leitet. — Oder man kann auch den Braunstein in einer Glasretorte, wie die im ersten Versuche, mit concentrirter Schwefelsäure übergießen. Beim Erhitzen der Retorte kommt die

Masse bald ins Kochen und es wird Sauerstoffgas in großer Menge entwickelt, Anstatt des Braunsteins kann man auch Salpeter in das Flintenröhr einlegen; dabei muß man aber in Obacht nehmen, daß das erste Gas, was gleich nach dem Austreiben der im Röhr eingeschlossenen atmosphärischen Luft, übergeht, das reinste ist, das nachher entwickelte aber mehr und mehr von Stickgas verunreiniget ist, endlich aber fast bloßes Stickgas noch entwickelt wird,

Bei allen diesen Versuchen mit Manganoxiden wird das Mangan von einem Theile seines Sauerstoffs geschieden, der Gasgestalt annimmt und entweicht; dabei bleibt ein in geringerem Grade oxidirtes Mangan zurück, was sich durch Hitze weiter nicht zerlegen läßt. Zu dem Versuche mit Schwefelsäure und Braunstein ist ein geringerer Hitzgrad erforderlich, weil die Vereinigungs-Verwandschaft der Schwefelsäure zu diesem, in geringerem Grade oxidirten Braunstein, das Entweichen des überflüssigen Sauerstoffes erleichtert, Man hat geglaubt, daß ein auf diese Weise gebranntes Manganoxid in der Luft seinen Sauerstoff wieder annehmen und dann zu demselben Behuf wieder angewendet werden könne; dies ist aber unrichtig.

3) Man lege in eine große Flasche frische Blätter von irgend einer Pflanze, besonders von saftreichen, z. B. von der Agave americana, Hauslauch, und dergl. — so viele als darin Platz haben, übergieße sie dann mit Flußwasser, so daß die Flasche ganz voll wird, verkorke sie und

3) Sauerstoffgas aus saftigen Pflanzen. 183

stecke ein Glasrohr durch den Kork, was so umgebogen ist, daß man mittelst desselben das Gas wie in den vorhergehenden Versuchen, auffangen kann. (Fig. 5. Taf. 11.) Stellt man diesen Apparat in den Sonnenschein, so fangen die Blätter an, sich mit kleinen Luftbläschen zu überziehen, die sich dann losreißen, im Wasser emporsteigen und durch das Rohr entweichen. Diese Blasen können dann auf die gewöhnliche Weise aufgefangen werden, und bestehen aus ziemlich reinem Sauerstoffgas, was dadurch erzeugt wird, daß in den noch lebendigen Blättern, durch Einwirkung der Sonnenstrahlen, ein lebhafterer Vegetations-Prozess erregt wird, wobei sie sich mit dem einen Bestandtheile des Wassers, dem Wasserstoffe, vereinigen, den anderen Bestandtheil desselben aber, den Sauerstoff, freimachen, welcher dann in Gasgestalt entweicht. Im Schatten unterbleibt dieser Vegetationsprozess und wird daher kein Gas entwickelt; im starken Flammenlichte läßt sich die Gasentwicklung auch bewirken, doch ist sie weit schwächer, als im Sonnenlichte. Man glaubte früherhin, daß, wenn das Wasser Kohlensäure enthielte, die Pflanzen den Kohlenstoff aufnahmen und der Sauerstoff dadurch frei würde; dies findet aber nicht statt. Eben so war man lange auch der Meinung, daß der Sauerstoff, welcher durch das Feuer und das Athmen der Thiere täglich verzehrt wird, auf diese Weise durch die Pflanzen wieder ersetzt werde; allein wenn man Pflanzen in eine Glasglocke einschließt, ohne sie mit Wasser zu umgeben, und dann dem Sonnenschein

aussetzt, so entwickeln sie keinen Sauerstoff, sondern verderben vielmehr die mit ihnen eingeschlossene Luft. Diese Eigenschaft der Pflanzen, mit Hülfe des Lichts das Wasser zu zersetzen und den Sauerstoff in sich aufzunehmen, giebt uns viele Aufklärung über die Natur der Entwicklung des Lichts auf die Vegetation, und ist überdem auch dadurch merkwürdig, daß sie einzig in ihrer Art ist. Denn bei allen andern Zerlegungen des Wassers werden entweder der Sauerstoff allein, oder beider Bestandtheile, Wasser- und Sauerstoff, gebunden.

Außerdem kann man auch Sauerstoff aus concentrirter Salpetersäure, die man in die Sonne stellt, ferner durch Brennen aus den meisten salpetersauren Salzen, aus oxidirtsalzsauren Salzen, und aus Metalloxiden, z. B. aus Menniche oder rothem Bleioxide erhalten. Das beste von allen aber ist, das Sauerstoffgas aus dem oxidirt salzsauren Kali, in einer Glasretorte, ganz auf dieselbe Weise zu bereiten, die ich oben bei der Gewinnung des Sauerstoffgases aus Quecksilberoxid beschrieben habe. Dieses Salz giebt 39 Prozent seines Gewichts an Sauerstoffgas und zwar ohne Beimengung eines fremden Stoffes. Nur die atmosphärische Luft der Retorte kann das Gas einigermassen verunreinigen; doch kann man auch diese größtentheils entfernen, wenn man nach dem Einlegen des Salzes ein wenig Wasser zugießt, welches, ehe noch die Zerlegung des Salzes vor sich geht, Gasgestalt annimmt, und die Luft austreibt. Dabei muß man jedoch die Re-

terte so aufstellen, daß sie kein Luftzug treffen und abkühlen kann; auch muß man Acht geben, daß das Feuer sich nicht vermindere; denn wenn das Wassergas auf irgend einer Stelle bis unter $+100^{\circ}$ abgekühlt wird, ehe noch die Entwicklung des Sauerstoffgases begonnen hat, so entsteht ein luftleerer Raum, und das Quecksilber oder Wasser, womit das Gas aufgefangen werden sollte, tritt in die Retorte zurück und schadet dem Versuche. Will man das Sauerstoffgas absolut rein haben, so muß es über Quecksilber aufgefangen werden, weil es über Wasser durch etwas Stickstoff aus der atmosphärischen Luft verunreinigt wird, die in jedem Wasser enthalten ist.

Das Sauerstoffgas ist geruch- und geschmacklos. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zu der atmosphärischen Luft, nach Biot, wie 1,10359; nach Saussure, wie 1,10562 zu 1,0000. Davy giebt es zu 1,127 an, was ohne Zweifel zu hoch ist.

Sehr merkwürdig ist es, daß das Sauerstoffgas das Licht weniger bricht, als irgend ein anderer bekannter Körper. Die absolute Strahlenbrechung desselben ist nach Biot und Arrago 0,000560204, und verhält sich zur Strahlenbrechung der atmosphärischen Luft wie 0,86161 zu 1,000.

Seine eigenthümliche Wärme ist, nach de la Roche und Berard, mit einem gleichen Volumen Luft verglichen, $= 0,9765$, und mit einem gleichen Gewicht von Luft verglichen $= 0,8848$, wenn die Wärme der Luft $= 1,000$ ist. Mit einem gleichen Gewicht Wasser verglichen, verhält

sie sich zur spez. Wärme des letztern wie 0,2361 : 1,000.

Wenn man Sauerstoffgas in eine Glasröhre von gleicher Weite einschließt und dasselbe mittelst eines passenden Stempels darin schnell zusammendrückt, so wird es auf einen Augenblick im Dunkeln leuchtend. Diese Eigenschaft findet man an keiner Gasart, welche nicht Sauerstoff enthält, (wie z. B. Wasserstoff- und Stickstoffgas,) und da sie sich in geringerem Grade auch am Kohlensäuregas und selbst am Wasser in flüssiger Gestalt zeigt; so scheint sie wohl vom Sauerstoffe herzurühren, welchen diese Körper enthalten.

Es wird in sehr geringer Menge vom Wasser aufgelöst, verändert weder das Kalkwasser, noch die Lakmustinktur, und unterhält das Verbrennen mit vielfach stärkerem Glanz und Hitze, als die atmosphärische Luft.

Steckt man in eine Flasche mit Sauerstoffgas einen glimmenden Spahn hinein, so entzündet er sich augenblicklich und brennt mit weit hellerer Flamme als vorher. Zieht man ihn zurück und bläst ihn aus, so entzündet er sich von neuem, wenn man ihn wieder in die Flasche steckt; und dies kann mehrere Male wiederholt werden. Ein Stück glimmender Feuerschwamm entzündet sich darin und brennt mit Flamme. Phosphor, den man in einen, an einem langen Eisendrathe befestigten kleinen eisernen Löffel legt, und angezündet in Sauerstoffgas eintaucht, brennt mit einem Lichte, was unter allen Lichtentwickelungen dem Sonnenlichte an Glanz und Klarheit am näch-

sten kommt. Der Schwefel brennt im Sauerstoffgase mit einer schönen lasurblauen Flamme, muß aber dabei auf und nieder bewegt werden, weil außerdem die durch das Verbrennen entstehende schwefliche Säure den Zutritt des Sauerstoffgases zum Schwefel verhindert. Glimmende Kohle entzündet sich und brennt darin mit Flamme. Kurz, alle Körper, die in atmosphärischer Luft brennen, brennen noch weit heftiger im Sauerstoffgas. Manche, die entweder in der Luft gar nicht, oder nur bei einer ungewöhnlich hohen Temperatur brennen, entzünden sich und brennen sehr leicht im Sauerstoffgas, z. B. Eisen. Wenn man das Ende einer Haarnadel oder eines ähnlichen dünnen Eisendrathes umbiegt, an diesem Ende etwas glimmende Kohle befestiget, und dann den Drath in eine Flasche mit Sauerstoffgas bringt; so entzündet sich erst die Kohle, und wenn diese verzehrt ist, fängt der Drath selbst an zu brennen und schmilzt an dem untern Ende zu einer Kugel, die einen sternförmigen Strom von zischenden Funken auswirft. Die geschmolzene und zum Theil oxidirte Kugel fällt ab, wenn sie zu schwer wird, und der übrige Drath fährt fort zu schmelzen und zu brennen, so lange das Sauerstoffgas nicht durch die eindringende atmosphärische Luft zu sehr verdünnt wird. Die herabfallenden Kügelchen haben eine so hohe Temperatur, daß sie, wenn man sie ins Wasser fallen läßt, noch lange darin fortglühen, und sich tief in das Glas oder Porzellan hinein schmelzen, auf welches sie zu liegen kommen. Macht man den Versuch

in einer Flasche von dünnem Glase, z. B. in einer Florentiner Flasche, so schmelzen die Kugeln das Glas und fallen unten durch. Will man daher das Gefäß verwahren, so muß man den Boden mit Sand bedecken. Dieser Versuch ist übrigens einer der schönsten, welchen die Chemie aufzuweisen hat.

Vermischt man Blut mit Sauerstoffgas, so verschwindet dessen dunkle Farbe und wird schön hochroth. Dies ist die Veränderung, welche das Blut der lebendigen Thiere beim Athemholen durch Einsaugen von Sauerstoffgas erleidet, und wodurch die thierische Wärme unterhalten wird. Sperrt man Thiere in Sauerstoffgas ein, so unterhält dasselbe das Athmen viermal länger, als ein gleiches Volumen atmosphärische Luft. Daher nannte man dieses Gas anfangs Lebensluft. Nimmt man das Thier nachher heraus, so findet man das Blut in seinen Venen weit röther, als vorher, und wenn es lange Sauerstoffgas eingeathmet hat, ist die Lunge in einer Art von entzündlichem Zustande. Lungensüchtige verschlimmern sich daher gar sehr durch das Einathmen dieser Luftart.

Jeder Körper, welcher im Sauerstoffgas verbrennt, verbindet sich mit Sauerstoff, und nimmt nun eben so viel am Gewichte zu, als der verzehrte Sauerstoff wog. Dabei entsteht, auf eine bis jetzt noch nicht gnüchlich erörterte Weise, eine Verbindung von Licht und Wärme, die wir Feuer nennen. Lavoisier und seine Zeitgenossen glaubten, daß es von der gebundenen

Wärme herrühre, welche Sauerstoff in beständiger Gasgestalt enthalte; seitdem man aber eingesehen hat, daß diese Erklärung nicht Gnüge leiste, weil auch dann Feuer entsteht, wenn das Sauerstoffgas nicht condensirt wird, so nahm Crawford seine Zuflucht zu einer Veränderung in der eigenthümlichen Wärme des verbrannten Körpers, die, nach seiner Ansicht, geringer, als beim Sauerstoffe aus dem brennbaren Körper vor ihrer Vereinigung seyn sollte. Wir haben jedoch späterhin gefunden, daß auch diese Erklärungsart nicht richtig ist, und daß nicht allein manche verbrannte Körper eben so viele eigenthümliche Wärme haben, als ihre Bestandtheile, sondern daß auch manche, z. B. das Wasser, sogar dann und wann eine größere eigenthümliche Wärme, als ihre Bestandtheile für sich besitzen, daher, nach Crawford's Erklärung, bei Verbrennung des Wasserstoffs Kälte, statt des Feuers entstehen müßte.

Es bleibt uns daher nichts weiter übrig, als das Feuer für eine elektrische Erscheinung zu halten, welche hervorgebracht wird, wenn bei der Vereinigung der Körper die entgegengesetzten elektrischen Zustände derselben einander neutralisiren, wobei, nach unsrer Ansicht, auf dieselbe Weise Feuer entsteht, wie bei Entladung der elektrischen Ladungsflasche oder des Blitzstrahls. Die weiteren Muthmaassungen über diesen Gegenstand werde ich bei der Lehre über den Einfluß der Elektrizität als chemisches Agens im dritten

Theile des Lehrbuchs *) näher entwickeln, da wir hier so viel als möglich vermeiden müssen, Darstellungen von Thatsachen mit unsicheren theoretischen Ansichten zu vermengen.

Zum Anfangen des Verbrennens ist erforderlich, daß der brennbare Körper bis zu einem gewissen Grade erhitat werde. Sehr wenige Körper besitzen die Eigenschaft, sich bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre zu entzünden und in der Luft zu brennen. Der Wärmegrad, welcher zur Entzündung eines brennbaren Körpers erfordert wird, ist gewöhnlich bedeutend niedriger, als der durch die Verbrennung entwickelte, so daß der einmal entzündete Körper nachher von selbst zum Fortbrennen hinreichend erwärmt bleibt. Die durch das Verbrennen entstehende Hitze ist um so größer, je stärker die Verwandtschaft des brennenden Körpers zum Sauerstoffe ist, kann aber, nach der verschiedenen Dichtheit des Sauerstoffgases, bei einem und demselben brennbaren Körper verschieden seyn. Am stärksten ist sie im reinen Sauerstoffgase; jemehr aber die kleinsten Theilchen dieses Gases durch Verdünnung oder durch Beimengung eines anderen Gases von einander getrennt werden, desto schwächer wird die beim Verbrennen entstehende Hitze. Daher brennt ein Körper mit milderer Wärme in der Luft, weil in dieser der Sauerstoff mit viermal soviel Stickstoffgas gemengt ist. Stellt man

*) Diese Abhandlung ist in einer besonderen deutschen Bearbeitung in Dresden bei Arnold 1820 erschienen.
D. Uib.

sich vor, daß die Menge des Stickstoffgases in der Luft sich vermehre, so kommt man zuletzt auf einen Punkt, wo die durch das Verbrennen entstehende Temperatur der zum Entzünden erforderlichen gleich wird und der Körper noch fortbrennt; wird aber der Sauerstoff noch mehr verdünnt, so kann das Verbrennen gar nicht mehr stattfinden, wenn nicht der brennbare Körper durch irgend einen anderen Umstand auf dem zum Verbrennen erforderlichen Wärmegrade erhalten wird.

Verschiedene Körper entzünden sich (d. h. fangen an, mit dem Sauerstoffe sich zu vereinigen,) bei einer Temperatur, die noch kein Glühen oder Leuchten mit sich führt, und dergleichen Körper fahren fort sich zu oxidiren, ohne daß Feuer entsteht und so, daß sie sich bloß heiß erhalten, jedoch beim Zutritt reinerer Luft Feuer zum Ausbruche kommt. Hierdurch entsteht ein zwiefacher, verschiedenartiger Verbrennungszustand, der eine, bei der möglichst niedrigen, der andere bei der möglich höchsten Hitze, wobei die Produkte beider oft ganz verschieden seyn können.

Die Thatsache, daß Körper, unter gewissen Umständen, bei derselben Temperatur sich fortoxidiren können, bei welcher ihre Oxidation sich angefangen hat, und ohne daß Feuer dabei erscheint, hat zu der höchst interessanten Erfindung Davy's Anlaß gegeben, das Feuerphänomen gleichsam von dem einen brennenden Körper auf einen andern überzutragen, der weder oxidirt wird, noch brennt. Man befestiget nämlich auf einem Stück-

chen Kampher oder am Dochte einer Weingeistlampe ein Stückchen spiralförmig gewundenen Platindrath, oder ein schmales Streifchen von sehr dünn ausgewalzten Platinbleche, mit 8 bis 10 Windungen, zündet sodann den Kampher oder die Weingeistlampe an und bläst nach einer Weile die Flamme mit einem kurzem Athemstosse schnell aus. Das Platin behält dabei, nach dem Verlöschen der Flamme eine höhere Temperatur, als die ist, bei welcher die Oxidation der Kampher - oder Weingeist - Dämpfe ihren Anfang nimmt, und diese fahren daher bei Berührung des Platindrathes fort, sich auf Kosten der Luft zu oxidiren, und da der Platindrath den Wärmestoff besser, als die Gase, leitet, so nimmt derselbe den dabei entwickelten Wärmestoff auf, und fängt nach wenigen Augenblicken an zu glühen. Indem der Platindrath durch sein Glühen die Verflüchtigung des Kamphers oder Alkohols unterhält, fährt er zugleich fort zu glühen, so lange, bis von dem Kampher oder Alkohol nichts mehr übrig ist.

Dasselbe geschieht auch, wenn man irgend eine brennbare Gasart in die Luft ausströmen läßt und einen erhitzten Platindrath in den Strom hält, nur mit dem Unterschiede, daß solche Gasarten, welche an sich sehr leicht entzündlich sind, dadurch in wenigen Augenblicken entzündet werden. Das Platin paßt am besten zu diesem Versuche, weil es hinlänglich wärmeleitend ist und sich selbst nicht oxidirt. Mit andern Metallen gelingt der Versuch ebenfalls, doch weniger gut und sicher; Eisen kommt darin dem Platin noch am

nächsten; Silber und Gold scheinen für diesen Behuf aber zu starke Wärmeleiter zu seyn und deshalb die Hitze abzuleiten.

Einen mit Sauerstoff vereinigten Körper nennt man oxidirt oder verbrannt. Das Gewicht eines solchen Körpers beträgt so viel, als die Gewichte des brennbaren Körpers und des verzehrten Sauerstoffes zusammen genommen. Es ist aber sehr schwierig, diesen Versuch so anzustellen, daß man sowohl das unverzehrt zurückgebliebene Sauerstoffgas, als auch den verbrannten Körper wägen kann. War das Sauerstoffgas völlig rein, und der brennbare Körper vermögend, dasselbe ganz zu verzehren, so verschwindet es gänzlich; wenn man z. B. eine Glaskugel mit Sauerstoffgas füllt, auf jede drei Cubikzoll ihres Inhalts 1 Gran Phosphor hineinbringt, dann die Kugel uftdicht verschließt und soweit erhitzt, daß der Phosphor sich entzündet und verbrennt, so wird, wenn man die Kugel nach dem Verköhlen unter Wasser öffnet, dieses eindringen und die Kugel so ausfüllen, daß nicht die geringste Luftblase darinnen bleibt.

Dieser Versuch läßt sich aber noch auf eine leichtere und glänzendere Weise bewerkstelligen, wenn man eine kleine Glasglocke von 5 bis 6 Zoll Länge mit Quecksilber füllt und über Quecksilber umstürzt, dann aber ein Stückchen Phosphor hineinbringt, was seiner Leichtigkeit halber durch das Quecksilber bis zum obersten Theile der Glocke emporsteigt. Hier schmelzt man den Phosphor auf die Weise, daß man einen heißen,

194 Unterschiedliche Stufen der Oxidation.

aber nicht glühenden Schmelztiegel umgekehrt über die Glocke hält, jedoch so, daß er das Glas nicht berührt. Hierauf läßt man Sauerstoffgas in kleinen, einzelnen Blasen zu dem geschmolzenen Phosphor aufsteigen. Der Phosphor brennt nun mit lebhaftem Glanze fort und das Sauerstoffgas verschwindet, so daß man zuletzt nur Phosphor und Phosphorsäure, beide in fester Gestalt, in der Glocke vorfindet.

Unterschiedliche einfache Körper nehmen beim Verbrennen durch die Vereinigung mit Sauerstoff einen sauren Geschmack an, und werden in Säuren verwandelt, — woher auch der Sauerstoff seinen Namen erhalten hat. Sie können sich jedoch in verschiedenen Verhältnissen mit Sauerstoff verbinden und die neuen Verbindungen sind sich daher in ihren Eigenschaften nicht gleich. Sehr wenige Metalle können durch Aufnahme von Sauerstoff in Säuren verwandelt werden; die meisten verlieren bloß ihr metallisches Ansehn und werden in eine pulvrige, erdartige, bisweilen farbige Masse verwandelt, die man sonst Metallkalk nannte, jetzt aber oxidiertes Metall oder Metalloxid nennt.

Die Verbindungen der brennbaren Körper mit Sauerstoff werden, nach der verschiedenen Menge, die sie von letzterm enthalten, in oxidierte Körper (Oxide), unvollkommene Säuren (Syrigheter) *) und vollkommene Säuren eingetheilt.

*) Wörtlich übersetzt: Säuerlichkeit. Sollte sich

Ein und derselbe Körper kann mehrere Oxidationsstufen besitzen, die sich, nach ihren verschiedenen Eigenschaften, in vier Klassen eintheilen lassen. 1) Das Suboxid ist die niedrigste Stufe; es kann sich nicht mit andern oxidirten Körpern vereinigen, ohne mehr Sauerstoff aufzunehmen. Diese Oxidationsstufe ist weniger allgemein und bis jetzt nur bei wenigen Körpern bekannt; vielleicht lernen wir aber mit der Zeit mehrere kennen. Zu den Suboxiden gehören die Häutchen, welche sich nach und nach auf metallischem Blei, Zink, Arsenik, Wismuth u. s. w. bilden.

2) Die Oxide streben mit mehr oder weniger starker Verwandtschaft nach der Vereinigung mit andern oxidirten Körpern. Sie sind am allgemeinsten verbreitet und fassen alle die Körper in sich, die in der Chemie unter dem Namen der Alkalien, Erdarten, Metalloxide und Säuren aufgeführt werden. Die ersteren davon (die Alkalien, Erdarten und Metalloxide) begreift man un-

dieses einfache Wort nicht auch zur Aufnahme in die chemische Sprache der Deutschen eignen? z. B. Schwefelsäuerlichkeit, statt schwefliche Säure — im Gegensatz der Schwefel-Säure; ferner: schwefelsäuerlicher Baryt, oder phosphorsäuerlicher Baryt, für schweflich - oder phosphorich - saurer Baryt? Die Bildung mit der Endsylbe ich läßt sich übrigens ohne Beleidigung des Gehörs kaum allenthalben anwenden; wie würde z. B. flusichsauer oder flusspatichsauer, oder boraxichsauer Baryt klingen?

ter der gemeinschaftlichen Benennung: Basen, worüber ich bei der Lehre von den Salzen nähere Erläuterung geben werde. Sie können zwei, selten drei, Oxidationsstufen besitzen, wovon die niedrigere, welche gewöhnlich die stärksten Verwandtschaften hat, Oxidül, und die höhere Oxid genannt wird. So heisst z. B. das schwarze Eisenoxid: Eisenoxidül, das rothe hingegen: Eisenoxid.

Säuren nennt man diejenigen Körper, welche einen sauren Geschmack haben und die blauen Pflanzensäfte röthen; es giebt davon ebenfalls zwei, bisweilen auch mehrere Abstufungen, wovon die niedrigere, unvollkommene Säure (Säuerlichkeit, — *acide en eux*), die höhere, vollkommene Säure (oder Säure schlechthin, — *acide en ique*) genannt wird, z. B. unvollkommene Schwefelsäure (oder schwefliche Säure, — *acide sulfureux* — Schwefelsäuerlichkeit —) und (vollkommene) Schwefelsäure. Manche Säuren haben noch eine höhere Oxidationsstufe und bilden überoxidirte Säuren, z. B. überoxidirte Salzsäure. Für einige neuerdings entdeckte neue Oxidationsstufen des Schwefels und Phosphors hat man bis jetzt noch keine recht annehmliche Benennungen aufgefunden.

3) Die Superoxide enthalten so vielen Sauerstoff, daß sie, ohne einen Theil davon fahren zu lassen, sich mit anderen Oxiden oder Säuren gar nicht vereinigen können. Von dieser Beschaffenheit ist z. B. der sogenannte Braunstein, aus welchem, wie wir schon oben gesehen ha-

ben, der überflüssige Sauerstoff durch Glühen ausgetrieben werden kann.

Alle diese verschiedenen Oxidationsstufen erzeugen sich unter bestimmten Sprüngen von einer Stufe zur andern, ohne Zwischenstufen. Diese Sprünge geschehen gewöhnlich nach gewissen Gesetzen, so daß die Sauerstoffmenge, welche das Oxid anfänglich enthielt, sich um $\frac{1}{2}$ oder 2 oder 3 Male vermehrt. Ueberhaupt kennen wir noch nicht alle Oxidationsstufen der brennbaren Körper; oft werden neue entdeckt, und es ist wahrscheinlich, daß alle brennbare Körper eine gewisse Anzahl Oxidationsstufen besitzen, in welchen sich die Sauerstoffmengen, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, u. s. w. verhalten, so daß der Zuwachs an Sauerstoff das 2, 3, 4 fache u. s. w. von der Sauerstoffmenge des niedrigsten Oxids ausmacht. Allein wir haben die Art und Weise, wie die meisten von ihnen hervorgebracht werden können, noch nicht entdeckt, und kennen bis jetzt nur erst diejenigen, in welchen die Bestandtheile mit den stärksten Verwandtschaftskräften zusammenhalten, und die daher bei unseren Versuchen vorzugsweise gebildet werden.

Ehe ich die Lehre vom Sauerstoffe verlasse, muß ich, auf Veranlassung des so eben Angeführten, noch etwas über das merkwürdige Verhalten bemerken, was in Hinsicht der Proportionen eintritt, in welchen der Sauerstoff mit anderen Körpern sich verbindet. Gay-Lussac entdeckte zuerst, daß wenn das Sauerstoffgas sich mit anderen Körpern vereinigt, welche sich in Gasgestalt

befinden, wie z. B. Wasserstoffgas oder Stickstoffgas, (die wir in der Folge kennen lernen werden,) diese Vereinigung allemal in einem solchen Verhältnisse erfolge, dafs entweder beide Gasarten sich in gleichen Maastheilen mit einander verbinden, oder dafs 2, 3 oder mehrere Maastheile des einen Gases sich mit einem einzigen Maastheile des anderen Gases vereinigen, so dafs dabei kein ungleiches Verhältnifs eintritt.

Ob wir nun schon nicht alle brennbare Körper in Gas verwandeln können, und die meisten von ihnen, die wir zu verflüchtigen im Stande sind, ihre Gasgestalt nur bei so hoher Temperatur beibehalten, dafs wir sie nicht mehr zu messen vermögen, so haben wir doch Grund zu vermuthen, dafs die Verhältnisse, nach welchen der Sauerstoff sich mit den brennbaren Körpern verbindet, und selbst diejenigen Verhältnisse, nach welchen sich die brennbaren Körper unter einander selbst vereinigen mit den relativen Maastheilen dieser Körper bei derjenigen Temperatur in Uibereinstimmung stehen, bei welcher diese brennbaren Körper Gasgestalt annehmen würden, (diese Temperatur mag auch übrigens so hoch seyn, als sie nur wolle) — und dafs diese Vereinigung auf solche Weise geschehe, dafs ein Volumen oder Maastheil der einen Gasart entweder mit einem Einzigem Volumen, oder mit 2, 3, 4 oder mehreren Maastheilen des anderen Gases sich verbinde. Die Lehre von diesen Verhältnissen, welche beim Anfange des Studiums der Chemie weniger leicht verständlich ist, wird im dritten Theile bei Er-

klärung der chemischen Proportionen ausführlicher abgehandelt werden. *)

II.

Brennbare Körper.

Man glaubte vormals, daß die Brennbarkeit aller Körper auf einem Stoffe beruhe, welcher durch die ganze Natur verbreitet sey, den Namen Phlogiston führte, und beim Verbrennen eines Körpers entweichen sollte. Allein man kannte damals weder den Sauerstoff, noch selbst die Natur des Verbrennungs - Phänomens, hatte auch noch nicht bemerkt, daß der verbrannte Körper stets an Gewichte zunimmt, wenn man die Produkte der Verbrennung samlet und wägt. Nachdem Scheele entdeckt hatte, daß beim Verbrennen Sauerstoff verzehrt werde, und Lavoisier fand, daß der verbrannte Körper eben so viel an Gewicht zunehme, als das verzehrte Sauerstoffgas gewogen hatte; da erhielt die neuere Theorie des Verbrennens ihre Entstehung, auf welcher das Wichtigste der übrigen theoretischen Chemie beruht und durch welche Lavoisiers Scharfsinn dieser Wissenschaft den höheren Grad der Ausbildung gab, den sie jetzt besitzt. Die Anhänger

*) Man sehe darüber den aus dem dritten Theile dieses Lehrbuchs besonders ausgehobenen Versuch über die Lehre von den chemischen Proportionen und über die chemischen Wirkungen der Elektrizität, nach, welche so eben in einer deutschen Bearbeitung bei Arnold in Dresden 1820 erschienen ist.

des Phlogistons bemühten sich lange Zeit, Lavoisier's Theorie über den Haufen zu werfen, indem sie dem Phlogiston eine Eigenschaft zuschrieben, die sie negative Schwere nannten, vermöge deren ein Körper, der sich damit vereinigte, am Gewichte verlieren sollte. Diese Erklärungen sind inzwischen nunmehr gänzlich verworfen, das Phlogiston ist aus der Chemie vertrieben, und Lavoisier's Lehre, die deshalb gleich anfangs den Namen der antiphlogistischen Chemie erhielt, durch vieljährige Erfahrungen vollkommen bestätigt. Bei der Lehre von der Oxidation der Metalle werde ich das Geschichtliche der phlogistischen und antiphlogistischen Chemie ausführlicher erwähnen.

Einfache brennbare Körper.

Die einfachen brennbaren Körper zerfallen in zwei Klassen von Körpern, die einander sehr nahe verwandt sind, und die man blos zur Bequemlichkeit für das Studium der Wissenschaft in diese Klassen eingetheilt hat. Diese sind nämlich

- 1) die Metalloide, worunter ich Wasserstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohle und Boron, verstehe, und
- 2) die Metalle, die eine zahlreiche Menge von Körpern in sich begreifen, welche (zum Theil) schon von Alters her mit diesem Namen bezeichnet worden sind.

Ich werde zuerst die Metalloide und deren vornehmste gegenseitige Verbindungen beschrei-

ben, und die Metalle erst dann abhandeln, wenn der Leser durch das Studium jener erst mit den am allgemeinsten verbreiteten, auch stärkere chemische Wirkungen äussernden Stoffen genauer bekannt worden ist.

Metalloide.

1. Wasserstoff.

Der Wasserstoff, deswegen so genannt, weil er in Verbindung mit dem Sauerstoffe Wasser bildet, kann, so wie der Sauerstoff, an und für sich nicht in fester oder tropfbar-flüssiger Gestalt dargestellt werden, sondern er bildet eine eigene brennbare Gasart, welche man ehemals brennbare Luft nannte. Er findet sich, ausser dem Wasser, in allen organischen Körpern, sowohl Thieren, als Pflanzen, und ist sonach einer der häufigsten Bestandtheile unserer Erdkugel.

Um Wasserstoffgas zu erhalten, scheiden wir es aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoff im Wasser auf mehr als eine Art; doch erhalten wir ihn nur selten ganz rein.

1) Die einzige Art, völlig reines Wasserstoffgas zu erlangen, ist die Zerlegung des Wassers durch die elektrische Säure; doch erhält man es da nur in sehr geringen Mengen. Man füllt eine Glasröhre Fig. 6. Taf. II. von $\frac{3}{4}$ Zoll im Durchmesser mit reinem Wasser, worin man, um es mehr leitend zu machen, einige Gran salzsaures Natron (Kochsalz) auflöst, und verschliesst die Röhre an beiden Enden mit gut passenden Korken. Durch den Kork am unteren Ende wird ein etwas

202 Bereitung d. Wasserstoffg. durch die elektr. Säure.

starker Messingdrath a b (kein Eisendrath, weil dieser stets Sauerstoffgas entwickelt), und durch den oberen ein ähnlicher Drath e f, nebst einer feinen, gekrümmten Glasröhre zum Auffangen des Gases, c d gesteckt; die Dräthe werden so gegen einander gestellt, daß ihre inneren Enden a und f ohngefähr einige Linien von einander abstehen. Der untere Drath wird mit dem +, der obere mit dem — Pole der Säule in Verbindung gebracht. Nun entsteht in der Flüssigkeit, zwischen den Oberflächen der Dräthe a und f, die bekannte elektrische und chemische Vertheilung, durch welche die Säule entladen wird. Die negative Elektrizität mit dem Sauerstoffe des Wassers und der Säure des Kochsalzes sammelt sich um den Drath a b, und da die negative Elektrizität hier durch die + E der Säule gesättiget wird, so verbinden sich der Sauerstoff und die Salzsäure mit dem Metalle, und bilden ein Metallsalz, was sich um den Drath a b herum in Auflösung erhält, der davon immer mehr angegriffen wird. Die + E mit dem Wasserstoffe des Wassers und dem Natron des Kochsalzes häuft sich am Drathe e f an; und weil hier die + E von der negativen E des Drathes gesättiget wird, das Wasserstoffgas aber keinen Körper findet, mit dem es sich vereinigen könnte, so wird es frei und entweicht in Gasgestalt durch die Röhre c d. Das Natron bleibt in der Flüssigkeit, um e f herum, aufgelöst zurück. Führt man nun die Röhre c d in eine kleine Schale mit Wasser oder Quecksilber, so kann das in ihr aufsteigende Wasserstoffgas, wie in den

früheren Versuchen das Sauerstoffgas, in einer mit Wasser und Quecksilber gefüllten, über die Oeffnung der Röhre gestürzten Flasche aufgefangen werden. Mit 25 bis 30 Paar vierseitigen Platten von Zink und Kupfer, die 4 bis 5 Zoll Seitenlänge haben, und mit einer Auflösung von Kochsalz in Essig angefeuchtet werden, erhält man bei $+ 18^{\circ}$ ohngefähr $\frac{1}{2}$ Cubikzoll Wasserstoffgas in einer Stunde, und zwar von der höchst möglichen Reinheit.

2) Die gewöhnlichste Art, dieses Gas zu bereiten, giebt es am unreinsten und ist, schon oben bei der Lehre von den Verwandtschaften erklärt worden. Man verdünnt nämlich concentrirte Schwefelsäure mit 5 bis 6 mal soviel Wasser und bringt Eisenfeilspäne hinein, Hier nimmt nun das Eisen, um sich mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Eisen (Eisenvitriol) vereinigen zu können, den Sauerstoff des Wassers auf, und entbindet dadurch den Wasserstoff. Die Masse kommt dabei durch die Entbindung des Wasserstoffgases gleichsam ins Kochen und erhitzt sich. Allein das Gas, was man dabei erhält, hat einen unangenehmen stinkenden Geruch, und wenn man es durch Alkohol (stärkern Weingeist) leitet, so nimmt dieser einen großen Theil des Geruchs auf, und giebt, wenn man ihn dann mit Wasser mengt, eine milchähnliche Flüssigkeit, wie manche Riechwasser geben, die aus Auflösungen irgend eines flüchtigen Oels in Alkohol bestehen, wenn man sie mit Wasser mengt. Läßt man das Gemenge in einem wohl verschlossenen Gefäße

einige Tage lang ruhig stehen, so scheidet sich eine Art flüchtiges, stinkendes Oel aus, was im Gase enthalten war, und den unangenehmen Geruch zum Theil verursachte. Die Unreinheit des Gases bei diesem Versuche rührt daher, daß alles Eisen, selbst das beste Staabeisen, ein wenig Kohle enthält, die sich bei der Auflösung mit dem frei werdenden Wasserstoffe verbindet, und damit theils jenes stinkende Oel, theils gekohltes Wasserstoffgas bildet. Je kohlenhaltiger das Eisen ist, (z. B. Stahl und Roheisen), desto stinkender ist das Gas, was man erhält, und desto mehr Oel setzt es im Alkohol ab. — Die zurückbleibende Flüssigkeit setzt beim Erkalten schwefelsaures Eisenoxidül in lichte grünen Krystallen ab.

Statt des Eisens bedient man sich auch zuweilen des Zinks, den man vorher in einer Gießkelle schmelzt und auf eine reine Steinplatte ausgießt, damit man ihn in dünnen Scheiben erhält und leichter zerkleinen kann. Man bekommt beim Auflösen des Zinks in verdünnter Schwefelsäure ein etwas reineres Wasserstoffgas, was aber auch noch stinkend ist.

Will man ein vollkommen reines Wasserstoffgas haben, so muß man destillirten Zink anwenden, und das Gas, ehe man es auffängt, durch eine Lauge von Aetzkali leiten. Das Gas verliert dabei zwar den größten Theil seines Geruchs, wird aber doch nicht ganz geruchlos, und die Lauge nimmt einen scharfen und unbehaglichen Geruch an. Der riechende Stoff, welcher im Gase zurückbleibt, ist indessen so unbedeutend, daß

man, ohne einen Fehler zu begehen, denselben nicht weiter zu beachten braucht.

Der Apparat, welcher zu diesem Versuche erfordert wird, ist sehr einfach, indem man blös in den Hals einer tubulirten Retorte eine auf gewöhnliche Weise gekrümmte Glasröhre einzukitten braucht. In Ermangelung einer Retorte nimmt man eine gewöhnliche Flasche, und führt durch den Kork eine gekrümmte Glasröhre hindurch, wie in Fig. 5 Taf. II. — Noch bequemer wird der Apparat, wenn man ihn wie in Fig. 8 Taf. II. einrichtet, nämlich, aufser dem Entwicklungsrohre a b, noch ein zweites Rohr in den Kork einlässt, welches am obern Ende zu einem trichterförmigen Gefässe ausgeblasen, übrigens aber in der Richtung c d e so gebogen ist, dass das Knie d tiefer als die Oeffnung e liegt. Durch dieses Rohr kann man nämlich nach dem Bedarf Schwefelsäure einfüllen, die leicht in die Flasche hinunterfließt, wovon aber im Knie d, weil es tiefer, als die Oeffnung e liegt, immer etwas zurückbleiben muss, wodurch das Wasserstoffgas verhindert wird, auf diesem Wege zu entweichen.

Das Wasserstoffgas unterscheidet sich durch seine Eigenschaften von allen andern Körpern. Es bricht die Lichtstrahlen $6\frac{1}{2}$ Mal stärker, als die atmosphärische Luft, oder noch genauer: sein Brechungs-Vermögen verhält sich gegen das der atmosphärischen Luft wie 6,61436: 1,00000. Bei völliger Reinheit ist es geruchlos; so erhält man dasselbe, wenn man ein Amalgam von Kalium und Quecksilber mit Wasser übergießt, wo sich

206 Entzündlichkeit u. Verbrennen d. W. St. G.

das Kalium auf Kosten des Sauerstoffs im Wasser oxidirt. Setzt man aber dem Wasser eine Säure oder auch nur salzsaures Ammoniak zu, was die Gasentwicklung beschleuniget; so nimmt das Gas sogleich denselben Geruch an, den es bei Auflösung destillirten Zinks in verdünnten Säuren hat. Dieser Geruch kann daher nicht dem Wasserstoffgase selbst angehören, sondern muß von andern aufgelösten Stoffen herrühren. Er kann nach Döbereiner entfernt werden, wenn man 24 Unzenmaase Wasserstoffgas 24 Stunden lang mit 1 Loth wohlausgebrannter, mit Wasser angefeuchteter, Kohle in Berührung bringt. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zum eigenthüml. Gw. der Luft wie 0,0688 bis 0,0689: 1000, nach einigen Wägungsversuchen, die ich in Gesellschaft mit Dulong angestellt habe. Früherhin hatte man dieses eigenthümliche Gewicht zu 0,073 gefunden. Seine eigenthümliche Wärme verhält sich zu der Luft, dem Volumen nach gerechnet, wie 0,9033: 1,000; dem Gewichte nach aber wie 12,5401: 1,000. Mit einem gleichen Volumen Wasserv erglichen, verhält sich die specifische Wärme des Wasserstoffgases = 3,2936: 1,000.

Es kann entzündet werden und brennen. Wenn man an die Mündung einer mit Wasserstoffgas gefüllten Flasche, einen brennenden Körper bringt, so entzündet sich das Gas, und brennt mit einer schwachen Flamme zur Oeffnung der Flasche heraus, die beim Tagelicht kaum sichtbar ist. Diese Flamme ist völlig weiß, wenn das Gas

völlig rein war, außerdem ist sie bald bläulich, bald grün, u. s. w. Mischt man das Wasserstoffgas in der Flasche mit atmosphärischer Luft und zündet es an, so verbrennt es auf einmal mit einem kleinen Knalle. Wenn man der Oeffnung einer Röhre, aus welcher Wasserstoffgas ausströmt, ein brennendes Licht nähert, so entzündet sich das Gas und brennt am Ende der Röhre mit einer kleinen, schwach leuchtenden Flamme. Die Verbindung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase, fängt schon bei einer Temperatur an, die durchaus nicht bis zum Leuchten geht, so daß das Gemenge beider Gase schon durch einen heißen, aber nicht glühenden Platindrath entzündet werden kann. Wenn man Wasserstoffgas durch eine Röhre in die Luft ausströmen läßt, und in den Gasstrom einen Platindrath bringt, der so eben aufgehört hat zu glühen, so wird er im Wasserstoffgase, (aus dem bei Beschreibung des Sauerstoffgases bereits angegebenen Grunde) wieder glühend, und in wenigen Augenblicken so sehr erhitzt, daß das Wasserstoffgas davon entzündet wird und mit Flamme brennt.

Wenn eine 8 bis 12 Zoll lange und 1 bis 2 Linien im Durchmesser weite Glasröhre, an dem einen Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen, das andere Ende aber mittelst eines gut schließenden Korkes in den Hals einer Flasche eingepaßt wird, aus welcher durch Eisen oder Zink mit verdünnter Schwefelsäure Wasserstoffgas entwickelt wird, und man entzündet dann das Gas am

Ende der Röhre *); so entsteht ein starker Ton wie von einer Glasharmonika, wenn man einen kleinen, wohlgetrockneten Glascylinder (wie Fig. 9. Taf. II.) oder in Ermangelung dessen eine Chinflasche über die Oeffnung hält) und dieser Ton wird höher oder tiefer, je nachdem der Cylinder höher oder tiefer gehalten wird. Dieser Cylinder braucht am oberen Ende gar nicht verschlossen, sondern die Oeffnung nur nicht allzuweit zu seyn. Dieses Phänomen hat man die chemische Harmonika genannt. Die Ursache dieser Erscheinung ist lange unbekannt gewesen oder unrichtig erklärt worden, bis erst ganz neuerlich Faraday durch interessante Versuche bewiesen hat, daß sie von einer Reihe kleiner Verpuffungen herrührt, die so dicht auf einander folgen, daß sie einen zusammenhängenden Schall hervorbringen. Wenn die Flamme zu tönen anfängt, sieht man sie sich verlängern oder nach der Länge ausdehnen, als ob sie durch einen schnell aufsteigenden Luftstrom über die Oeffnung der Glasröhre hinausgetrieben würde; dabei mengt sich die Luft mit dem Gase dergestalt, daß das Gemenge, wenn es etwas höher hinauf kommt, wo die Flamme brennt, mit

*) Dabei ist zu erinnern, daß das Gas nicht sogleich entzündet werden darf, weil sonst durch die in der Flasche enthaltene, mit dem Gase vermischte atmosphärische Luft eine Explosion entsteht, welche die Glasröhre gewaltsam herauswirft und dadurch Schaden verursachen kann. Man muß daher die Entwicklung des Gases eine Weile abwarten, ehe man es anzündet.

einer kleinen Verpuffung verbrennt, ganz so, wie es bei einem Flammenfeuer der Fall ist, wenn man heftig darauf bläst, nur daß der Laut, welcher in diesem Falle entsteht, von jenem verschieden ist.

Eine nothwendige Bedingung zum Gelingen dieses Versuches ist, daß die Oeffnung der Röhre eng, und die Gasentwicklung bis zu einem gewissen Grade schwach sey; denn so lange das Gas mit einer starken und förmlichen Flamme brennt, entsteht kein Ton.

Mengt man zwei Maafstheile Wasserstoffgas in einer Flasche mit einem gleichen Maafse Sauerstoffgas und zündet das Gemenge an, so entsteht ein starker Knall. Man hat daher dieses Gemenge Knall-Luft genannt. Die Flasche muß bei diesem Versuche mit einem Handtuche umwickelt werden, weil sie leicht entzwei gehen kann, wobei die Splitter mit Gewalt umhergeworfen werden. — Wenn man an der Oeffnung einer feuchten Ochsenblase einen metallenen Hahn mit einem Ventile befestiget, und dieselbe sodann mit Knall-Luft füllt, so kann man mittelst einer, in den Hahn hineingesteckten kleinen Thonpfeife Seifenblasen bilden, die in der Luft, wegen der größern Leichtigkeit des in ihnen eingeschlossenen Wasserstoffgases, in die Höhe steigen, und beim Berühren mit der Lichtflamme oder einem brennenden Späne sich entzünden, und mit einem starken Knalle verbrennen. Bläst man auf der Oberfläche des Seifenwassers eine große Menge kleiner Blasen auf und zündet sie an; so entsteht

210 Gemenge v. Sauer- u. Wst.- Gas. Knall-Luft.

ein so starker Knall, daß man auf eine lange Weile harthörig davon wird. Es versteht sich von selbst, daß man bei diesem Versuche die Oeffnung des Pfeifenrohrs vor der Berührung des Feuers in Acht nehmen muß, weil, sonst die Blase selbst entzündet würde.

Wenn man die Oeffnung einer mit Knall-Luft gefüllten Blase mit einem Korke verschließt, in diesen zwei Glasröhren luftdicht einsetzt, durch welche zwei mit Wachs oder Siegelack eingeschmeltete Stahldräthe in die Blase geführt, und unten so gebogen sind, daß ihre Enden nur $\frac{1}{2}$ oder ganze Linie von einander abstehen, wie in Figur 10. Tafel II; so kann man die Knall-Luft durch Elektricität, nach Belieben in weiterer oder kürzerer Entfernung entzünden, Man kann die Blase in freier Luft, z. B. an einem Baume, aufhängen, und feine Messingdräthe von den in die Glasröhren eingeschlossenen Stahldräthen in das Zimmer leiten, wo die Elektrisirmaschine steht. Leitet man den einen dieser Dräthe zur äußern Belegung einer geladenen Flasche, und berührt den Knopf mit dem andern Drahte; so wird die Flasche durch die Messingdräthe entladen, so, daß ein kleiner Funken zwischen den Enden der Stahldräthe innerhalb der Flasche überspringt, und das Gas augenblicklich entzündet, was mit einem starken Knalle verbrennt. Es bildet sich dabei ein stark leuchtender Feuerklumpen, von der Größe und Gestalt der Blase, der insonderheit im Dunkeln ein sehr schönes Phänomen darbietet.

Selbst der einfache elektrische Funke entzündet das Wasserstoffgas, wie wir Beispielsweise an der elektrischen Pistole sehen. Dieses Werkzeug kann ganz einfach aus Holz in Gestalt einer Kanone oder Haubitze, — wie Fig. 11. Taf. II. gemacht werden; in die Mitte derselben bringt man zwei einander gegenüberstehende Eisendräthe, die sich äußerlich in kleine Bleikugeln endigen. Hält man nun an die eine dieser Bleikugeln den Finger, und nähert die andere dem Conductor einer Elektrisirmaschine, oder dem Deckel eines Elektrophors; so springt der Funke innerlich zwischen den Dräthen über. Um die Kanone mit Gas zu füllen, stürzt man sie umgekehrt über die Oeffnung einer Flasche, in welcher man aus Eisenfeilspänen und verdünnter Schwefelsäure das Gas entwickelt, und verkorkt sie dann aufs schnellste. Wenn man dann den elektrischen Funken durchgehen läßt, so entzündet sich das Gas, und treibt den Pfropf mit einem Knalle und einer kleinen Flamme heraus. Bisweilen geschieht keine Entzündung, weil man die Kanone bei der Füllung zu lange über der Oeffnung der Flasche gelassen hat, und sie daher bloß Wasserstoffgas enthält, dann darf man nur in die Oeffnung derselben blasen, wo der Funke wieder zünden wird, weil das Wasserstoffgas dadurch wiederum den zum Verbrennen nöthigen Sauerstoff erhält.

Ein anderes Instrument zu Entzündung des Wasserstoffgases durch den elektrischen Funken, ist die elektrische Lampe, deren Beschreibung man im dritten Bande finden wird.

Ein recht artiger Versuch, welcher die leichte Verbrennlichkeit und die grössere Leichtigkeit des Wasserstoffgases gegen die Luft zugleich beweist, ist folgender. Eine tubulirte Glasglocke wird über Wasser und Wasserstoffgas gefüllt, und während dessen die Glocke allmählig so erhöht, daß ihr Rand im Wasserspiegel steht. Das Rohr der Glocke wird hierauf geöffnet und das Gas angezündet. Es brennt mit schwacher Flamme aus der Oeffnung fort; so bald man aber die Glocke aus dem Wasser heraushebt, und dadurch Luft Zutreten läßt, so wird das Wasserstoffgas aus der oberen Oeffnung herausgetrieben, und brennt da mit einer 5, 6 bis 8 Zoll hohen Flamme, die nach einigen Augenblicken mit einem Knalle verlischt, ohne daß der Glocke ein Schade geschieht. Die Ursache dieses Knalles ist, daß die Luft, indem sie das Wasserstoffgas austreibt, sich nach und nach mit der untern Schicht desselben vermischt und eine Art Knall-Luft bildet, die sich bei der Annäherung an die Flamme entzündet und auf einmal verbrennt. Der Schall bei allen diesen Versuchen entsteht daher, daß das Wasser, was durch die Verbrennung beider Gasarten entsteht, erhitzt und, zu einem weit größeren Volumen, als die Gase einnehmen, ausgedehnt, aber auch augenblicklich wieder abgekühlt wird, und dadurch einen luftleeren Raum bildet, den die Luft gewaltsam wieder ausfüllt. Er wird also ganz auf dieselbe Weise erzeugt, wie der Knall, welcher entsteht, wenn man den Deckel eines

gut gefertigten pappenen Federpenals schnell abzieht.

Wenn man Knall-Luft (z. B. mit der Compressionspumpe einer Windbüchse) zusammeprefst, so wird während des Zusammendrückens desselben so viele Wärme aus dem Gase entwickelt, daß das Gemisch sich dadurch entzündet, mit einem Knalle verbrennt, und das Gefäß zersprengt. Geschieht aber das Zusammenpressen langsam, so daß der Compressions-Apparat wieder abkühlen kann, wenn er warm zu werden anfängt, und besonders wenn man zuerst das Sauerstoff- und nachher erst das Wasserstoffgas hineinbringt; so lassen sich diese Gase ohne alle Gefahr comprimiren. Dieser Umstand hat Veranlassung zu Erfindung eines höchst merkwürdigen chemischen Instruments, des Newmannschen Löthrohrs, gegeben, welches ich im dritten Theile im Artikel: Gasbehälter näher beschrieben habe. In diesem Instrumente wird die Knall-Luft zusammengedrückt, und dann durch ein ganz feines Rohr herausgelassen und vor der Oeffnung angezündet. Hier brennt es nun mit Hervorbringung der größten Hitze, welche sich durch Kunst nur erzeugen läßt, fort, so daß fast alle Körper, die man in die Flamme bringt, geschmelzt oder verflüchtigt werden. Wenn das Rohr fein und eng genug ist, besonders dann, wenn man das Gas, ehe es in das Ableitungsrohr tritt, erst durch ein weiteres, mit runden Scheiben von feinen Messingdrath einen Zoll lang ausgefülltes Rohr streichen läßt; so kann das Verbrennen des Gases

nicht rückwärts wirken, weil die Gase durch die Metalle so abgekühlt werden, daß der Versuch ohne alle Gefahr vorgenommen werden kann. Verabsäumt man aber diese Vorsichtsregeln, so wird der Behälter, worin das Gas eingeschlossen ist, mit einem furchtbaren Knalle zertrümmert und das Leben des Versuchenden in Gefahr gesetzt.

Der Wasserstoff kann sich mit dem Sauerstoffe in zwei unterschiedlichen Verhältnissen verbinden. Das erste Oxid desselben bildet das Wasser, welches aus 2 Maafstheilen Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas, oder dem Gewichte nach, aus 88,91 Th. Sauerst. und 11,09 Wasserstoff besteht. Das zweite Oxid gehört zu derjenigen Klasse von oxidirten Körpern, die wir Superoxide nennen, und besteht aus 1 Volumen Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas, oder dem Gewichte nach aus 94,13 Sauerstoff und 5,87 Wasser. Ich werde beide unter dem Artikel Wasser beschreiben.

Die geringe Schwere des Wasserstoffgases gab Anlaß zu den Luftschiffarths-Versuchen, — der Aëronautik. — Man vergnügte sich lange damit, Seifenkugeln, mit Wasserstoffgas gefüllt, in der Luft emporsteigen zu lassen, bis es endlich den Gebrüdern Stephan und Joseph Montgolfier, Eigenthümer einer Papiermühle zu Annonay in Frankreich, gelang, durch erhitze Luft eine kleine aerostatische Maschine aufsteigen zu lassen. Sie schrieben aber das Aufsteigen des Ballons weniger der erhitzten und dadurch specifisch

leichter gewordenen Luft, als vielmehr einer eigenen leichteren Gasart zu, welche sich durch das Verbrennen aus gekämmter Wolle entwickeln sollte, die sie mit den Brennmitteln vermengten. — Professor Charles in Paris liefs den ersten mit Wasserstoffgas gefüllten Ballon aufsteigen, und Pilatre de Rozier und der Marquis d'Arlande waren die Ersten, die eine Luftfahrt wagten. Seitdem ist dieses physisch-chemische Schauspiel an den meisten Orten Europens nachgeahmt worden. Die zur Luftschiffahrt üblichen, mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons, werden von Taffet gemacht, der erst gehörig zugeschnitten und hernach mit einem, aus Leinöl und Vogelleim zusammengekochten und dann mit Terpentin verdünnten Firnis überstrichen wird. Die zugeschnittenen Stücken werden mit starken Näthen dicht zusammengenäht, und diese sodann mit demselben Firnisse gut überzogen. Der kleinste Taffet-Ballon, den man aufsteigen lassen kann, muß 3 Fuß 4 Linien im Durchmesser haben. Von Postpapier kann man einen Ballon von 9 Zoll 2 Linien Durchmesser zum Aufsteigen bringen; allein er fällt bald wieder nieder, weil das Gas leicht durch das Papier durchdringt. Zu kleinen Versuchen macht man sie am besten aus Goldschlägerblättchen, doch müssen sie wenigstens 6 Zoll und drüber im Durchmesser haben.

Ein Ballon kann nicht eher zu steigen anfangen, als bis er einen solchen Umfang erhalten hat, daß das eingeschlossene Gas und das Zeug, wor-

aus es besteht, zusammengenommen, weniger wiegen, als ein gleich großes Volumen atmosphärischer Luft. Z, B. ein kleiner Aërostat von Goldschlägerblättchen, von 6 Zoll Durchmesser, wird etwa 35 bis 36 Gran, das darin eingeschlossene Gas aber 5 Gran wiegen, und daher sein absolutes Gewicht nach der Füllung 41 Gran betragen. Das Volumen atmosphärischer Luft hingegen, welches diesen 5 Gran Wasserstoffgas nebst dem einschliessenden Häutchen entspricht, wiegt 50 bis 51 Gran, und da sonach der kleine Aërostat um 10 Gran leichter als die Luft ist, so muß er mit der Kraft dieser 10 Grane aufsteigen, und schon eine Last von einigen Granen tragen können. Je größer der Ballon wird, desto mehr vermindert sich die Schwere des Zeuches, im Vergleich gegen das eingeschlossene Gas, und desto größere Lasten kann er tragen. Ein Ballon von 20 Fufs Durchmesser hat Raum für 4190 Kubikfufs Wasserstoffgas, und trägt, aufser der Kugel selbst, noch 255 Pfund, das Gewicht der Schnuren und Gondel eingerechnet. Bei 30 Fufs Durchmesser faßt er 14,142 Kubikfufs Gas und trägt 928 Pfund. Auf jeden Kubikfufs Gas rechnet man einen Aufgang von 6 Unzen Eisen, 6 Unzen Schwefelsäure und 30 Unzen Wasser. — Die Gasentwicklung geschieht in großen Tonnen, aus welchen das Wasserstoffgas mittelst verzinnter blecherner Röhren in einen, mit Wasser gefüllten, gemeinschaftlichen Behälter, unter eine umgestürzte Tonne geführt wird, wie Fig. 12. Taf. II, dargestellt ist. Das Wasser reiniget theils das Gas von den bei sich führenden

Unreinigkeiten der Säure, u. s. w., theils verhindert es, dafs, wenn etwa eine Tonne geöffnet wird, aus den übrigen nichts herausläuft. Aus der umgestürzten Tonne wird das Gas hernach in den Ballon geleitet, der vorher von atmosphärischer Luft wohl befreit worden seyn mus. Zu gröfseren Ballons mus man 16 bis 20 dergleichen Tonnen anwenden, besonders wenn man mit dem Versuche schnell zu Stande kommen will, wobei aber allerdings bedeutender Verlust entsteht. Zur Auflösung in der Säure nimmt man gewöhnlich Nägel; allein das Gas, was man auf diese Weise erhält, ist sehr schwer und selten über 6 bis 8 Mal leichter als die atmosphärische Luft.

Das Wasserstoffgas kann, weil es selbst brennbar ist, das Verbrennen anderer brennbarer Körper und das Athemholen der Thiere nicht unterhalten. Ein hineingehaltener brennender Span verlischt darin sogleich. Sperrt man ein Thier in reinem Wasserstoffgase ein, so stirbt es zwar nicht augenblicklich; allein da sein Blut während des Athmens nicht die Veränderung, wie in der atmosphärischen Luft erleidet, so wird es nach einer Weile kränklich und stirbt. Nimmt man dasselbe, noch ehe alle Zeichen des Lebens verschwunden sind, heraus, so kann es wieder zum Leben gebracht werden, besonders wenn man es in reines Sauerstoffgas bringt. In einer Atmosphäre, die aus Sauerstoffgas, und, statt des Stickstoffgases, aus Wasserstoffgas zusammengesetzt ist, wird man nach einer Weile schläfrig, ohne ein sonstiges Zeichen von Uebelbefinden zu spüren.

Allen und Pepys fanden, daß Meerschweine, die man in einer solchen Atmosphäre liefs, endlich in einen tiefen Schlaf verfielen. Man hat Beispiele, daß Menschen, die längere Zeit ein Gemenge von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft einathmeten, davon allemal in Schlaf fielen. — War das Wasserstoffgas unrein, z. B. gekohltes oder geschwefeltes, so sterben die Thiere darin augenblicklich, und können nicht wieder ins Leben gebracht werden. Menschen können ohne Ungelegenheit eine lange Weile Wasserstoffgas einathmen, besonders wenn es ein wenig atmosphärische Luft enthält.

Das Wasserstoffgas ist im Wasser beinahe völlig unlöslich; man kann sich daher zum Auffangen desselben des Wassers bedienen und das Quecksilber ganz entbehren.

2. S t i c k s t o f f.

Der Stickstoff läßt sich, wie der Sauer- und Wasserstoff, nur in Gasgestalt darstellen, und macht in diesem Zustande fast $\frac{1}{4}$ unserer Atmosphäre aus. Er ist übrigens ein Bestandtheil einiger Mineralien, mehrerer Vegetabilien und der meisten thierischen Körper.

Der Stickstoff macht den brennbaren Bestandtheil der Salpetersäure aus, die ihren Namen von einem Salze, dem Salpeter, hat, aus welchem dieselbe bereitet wird. Bei Bildung der chemischen Nomenclatur war man nicht völlig gewiß darüber, ob der Stickstoff ein einfacher Körper sey, und

behielt daher den alten Namen der Säure bei; auch haben noch jetzt unsere vermehrten Erfahrungen die Zweifel über die Einfachheit des Stickstoffs nicht völlig gehoben.

Man erhält ihn am leichtesten durch Ausscheidung aus der atmosphärischen Luft mittelst brennbarer Körper, welche sich mit dem Sauerstoffe der Luft verbinden. Weil aber dabei die brennbaren Körper sich theils mit dem Stickstoffe vereinigen, theils neue gasförmige Stoffe bilden; so erhält man dadurch das Stickstoffgas selten rein.

1) Am reinsten erhält man es, wenn man Blei mit so viel Quecksilber zusammenmengt, daß sie ein flüssiges Gemenge (Bleiamalgam) bilden, damit eine Flasche bis zu $\frac{2}{3}$ anfüllt, diese vollkommen luftdicht verkorkt, und die eingeschlossene Luft mit dem flüssigen Metallgemenge zwei Stunden und länger durchschüttelt. Das durch Zusatz des Quecksilbers flüssig gewordene und durch das Schütteln fein vertheilte Blei wird dabei auf Kosten der Luft oxidirt und der Stickstoff bleibt rein zurück. Wird die Flasche dann unter Wasser und Quecksilber geöffnet, so drängt sich dieses hinein und füllt den Raum des verzehrten Sauerstoffgases aus.

2) Wenn man eine kleine Spirituslampe anzündet, dieselbe in einem großen Gefäße auf Wasser schwimmen läßt und eine Glasglocke darüber stellt, so verzehrt der brennende Alkohol den Sauerstoff aus der in der Glocke eingeschlossenen Luft, und verliacht, wenn nur noch Stickstoff vorhanden ist. Es wird aber dabei durch die

Kohle des Alkohols zugleich etwas Kohlensäuregas gebildet und dadurch das Stickstoffgas verunreiniget. Doch kann es wieder weggeschafft werden, wenn man das Gas mit Kalkwasser durchschüttelt, oder unter das Wasser, womit das Stickstoffgas gesperrt wird, ein wenig ätzendes Ammoniak mischt, was die Kohlensäure einsaugt. Das auf diese Weise erlangte Stickstoffgas ist indessen doch nicht ganz von Sauerstoff frei, weil der Alkohol verlischt, ehe der letzte Theil des Sauerstoffgases der Luft den Docht erreichen und von diesem verzehrt werden kann.

3) Man läßt eine Theetasse auf Wasser schwimmen, legt ein Stückchen Phosphor darauf, zündet dieß an und deckt schnell eine Glasglocke darüber. Zu einer Glocke, die 50 Kubikzoll Luft in sich faßt, muß man 4 bis 5 Gran Phosphor anwenden. Der Phosphor verzehrt den Sauerstoff der Luft vollkommen, und bildet dabei einen dicken weißen Rauch von Phosphorsäure, die sich nachher absetzt und im Wasser auflöst. Das erhaltene Stickstoffgas ist ziemlich rein, enthält aber noch Dämpfe von Phosphor, wenn dieser in Ueberschuß angewendet worden ist.

4) Wenn man in einer Retorte Fleisch mit $\frac{1}{2}$ soviel Salpetersäure, von gewöhnlicher Stärke, (Scheidewasser) übergießt, und dann das Gemenge bis zu 20° oder 30° erhitzt, so entwickelt sich aus dem Fleische Stickstoffgas, welches man auf die, beim Wasserstoffgas beschriebene Weise, auffangen kann. Es ist jedoch von etwas oxidirtem Stickstoffgas verunreiniget, wovon man es indes-

sen durch Schütteln mit einer Auflösung von grünem Eisenvitriol befreien kann. Erhitzt man das Fleisch über die angegebenen Grade hinaus, so erhält man fast gar kein Stickstoffgas.

Eine andere Art, reines Stickstoffgas zu erhalten, wenn man nämlich oxidiertes Salzsäuregas durch ätzendes Ammoniak leitet, — soll weiter unten angegeben werden. Auch kann dies Gas in ziemlicher Menge und frei von allen fremdartigen Beimengungen gewonnen werden, wenn man salpetrichsaurer Ammoniak, in Wasser aufgelöst, bis zum Kochen erhitzt, wobei das Salz zerlegt und in Wasser und Stickstoffgas verwandelt wird.

Das Stickstoffgas ist schwer zu erkennen, weil es sich durch keine recht ausgezeichneten Merkmale von anderen unterscheiden läßt, sondern nur durch die ihm fehlenden Eigenschaften erkannt werden muß. — Der Stickstoff ist an sich brennbar, unterscheidet sich aber von anderen brennbaren Körpern dadurch, daß er von selbst sich nicht entzünden, noch brennen kann, weil er eine sehr schwache Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, vielmehr alle Oxidationsstufen des Stickstoffs durch verwickelte Operationen, und gewöhnlich stets bei niedrigen Temperaturen und bei der Zerstörung thierischer Stoffe gebildet werden. Ist dann der Stickstoff Einmal in Stickstoffgas verwandelt, so wird es höchst, schwierig, denselben noch mit Sauerstoff zu verbinden.

Cavendish giebt an, daß man aus einem Gemenge von Sauerstoffgas und Stickstoffgas Salpetersäure hervorbringen könne, wenn man at-

mosphärische Luft mit 4 mal soviel feuchtem Sauerstoffgas vermische und einen elektrischen Schlag hindurch leite. Es verbrennt dann eine kleine Portion Stickstoff in dem Punkte, wo der Schlag durchgeht, und verwandelt sich in Salpetersäure, wobei ein Atom des Gases verschwindet. Wenn man den elektrischen Schlag einige 100 Male erneuert, so kann man auf diese Weise so viel Salpetersäure erzeugen, daß sie wahrnehmbar wird, und z. B. die Lakmustinktur röthet, oder, von einer Kalialösung eingesogen, salpetersaures Kali (Salpeter) giebt.

Die Ursache, warum hierbei nicht die ganze Menge Stickstoffgas auf einmal, wie es beim Wasserstoffgas der Fall ist, sondern nur derjenige Theil verbrennt, durch welchen der elektrische Funke durchgeht, liegt darin, daß der Stickstoffgas, wie alle andere brennbare Körper, eine höhere Temperatur zum Verbrennen erfordert; da nun durch die Vereinigung des Stickstoffgases mit Sauerstoffgas die Temperatur wenig oder gar nicht erhöht wird, und nahe gelegene Theile des Gasgemenges sonach dadurch nicht erhitzt werden, so kann blos der Theil brennen, dessen Temperatur durch den Schlag des Funkens unmittelbar erhöht wird. Ganz dasselbe tritt ein, wenn man einen geringen Theil Wasserstoffgas mit atmosphärischer Luft mengt und den elektrischen Schlag durchleitet. Die ganze Masse kann sich da nicht entzünden, sondern nur derjenige Theil, wo der Schlag durchgeht; denn die geringe Wärme, welche das verdünnte Wasserstoffgas vom Sauerstoffgase lo-

reift, wird sogleich von dem nächsten Gasgemenge wieder eingesaugt, wodurch das darin enthaltene Wasserstoffgas nicht bis zum Brennen hinreichend erhitzt werden kann.

Mischt man dagegen 1 Gewichtstheil Stickstoffgas mit 2 Gewichtstheilen Wasserstoffgas, das heißt, 1 Maas Stickstoff- mit 13 bis 14 Maassen Wasserstoffgas, und läßt dieses Gasgemenge in einer, zur Oxidation beider Gase hinlänglichen Menge Sauerstoffgas in kleinen Portionen verbrennen, so entzieht dabei der Wasserstoff dem Sauerstoffe soviel Wärmestoff, daß selbst das Verbrennen des Stickstoffs dadurch unterhalten wird, und man ein Gemenge von Wasser- und Salpetersäure erhält. Der Versuch gelingt am besten, wenn man beide Gasarten aus einem und demselben Rohre herausgehen läßt und sie in einem Apparate verbrennt, dem ähnlich, den ich weiter oben beim Verbrennen des Wasserstoffgases zu Wasser beschrieben habe. Bei diesen Gelegenheiten wirkt inzwischen ein zur Zeit noch nicht gänzlich beachteter Umstand mit ein, daß nämlich Salpetersäure nur dann erzeugt wird, wenn Wasser oder ein anderer oxidirter Körper vorhanden ist, mit welchem sie sich verbinden kann, so daß es nicht bloß Erhöhung der Temperatur, sondern auch die Anwesenheit des Wassers ist, was ihre Bildung befördert.

In dem Umstande, daß durch die Vereinigung des Sauerstoffes mit dem Stickstoffe die Temperatur nicht sonderlich erhöht wird, hat man die Ursache zu finden geglaubt, warum Körper, welche auf Kosten der Salpetersäure oder Salpetersäu-

224 Specif. Gewicht, Wärme etc. des Stickstoffs.

rer Salze verbrennen, eine fast eben so hohe Temperatur entwickeln, als wenn sie im reinen Sauerstoffgase brennten.

Der Stickstoff kann unterschiedliche Mengen Sauerstoff aufnehmen; er besitzt 4 Oxidationsstufen; ein Oxidül, ein Oxid, eine unvollkommene und eine vollkommene Säure. Die ersteren beiden sind gasförmig, und es soll von ihnen, wie von den Säuren, weiter unten gesprochen werden.

Der Stickstoff ist leichter, als die atmosphärische Luft; sein eigenthümliches Gewicht ist nach Biot und Arrago = 0,96913; wahrscheinlich ist aber diese Angabe zu hoch. Seine Strahlenbrechung verhält sich zu der von der Luft = 1,03408: 1,000, und seine absolute Strahlenbrechung beträgt 0,000590436 nach Biot. Seine eigenthümliche Wärme kommt der Wärme der Luft so nahe, daß sie zu 1,000 angenommen wird; mit einem gleichen Gewichte von Luft verglichen, verhält sich aber seine eigenthümliche Wärme wie 1,0318: 1,0000, und mit einem gleichen Gewicht Wasser verglichen, ist seine eigenthümliche Wärme = 0,2754.

Der Stickstoff kann das Verbrennen und Athmen nicht unterhalten, und eine atmosphärische Luft, die ihres Sauerstoffs beraubt ist, verlischt brennbare Körper und erstickt lebende Thiere. Daher hat auch dieses Gas seinen Namen erhalten. Inzwischen ist es nicht positiv tödtlich; ein Thier kann darin, wie im reinen Wasserstoffgase, eine Weile leben und stirbt nicht an der Schädlichkeit des Stickstoffs, sondern am Mangel des Sauerstoffs.

Man glaubte einige Zeit, das Stickgas werde durch das Athmen vom Blute eingesogen. Spätere genauere Versuche scheinen dieß aber zu widerlegen. Allen und Pepys fanden bei den schon angeführten Versuchen, die sie mit dem Athmen der Meerschweinchen in einer Atmosphäre von Wasser- und Sauerstoffgas anstellten, daß Stickgas aus dem Blute verdunstete, was gleichwohl beim Einathmen der gewöhnlichen atmosphärischen Luft nicht der Fall ist.

Das Stickstoffgas wird, wie Sauer- und Wasserstoffgas, nur in geringer Menge vom Wasser eingesogen.

Es ist schon längst die Frage entstanden, ob der Stickstoff ein einfacher Körper sey, oder nicht; auch ist sie zur Zeit noch nicht hinlänglich entschieden. Götting fand, daß Phosphor in einem vollkommen reinen Stickstoffgase leuchtete, und da dieses Leuchten von einem langsamen Verbrennen des Phosphors herrührt, so glaubte er, daß das Stickstoffgas aus Licht und Sauerstoff bestehe. Man wiederholte seine Versuche und glaubte jedesmal zu finden, daß Stickstoffgas, in welchem der Phosphor leuchtete, mit Sauerstoffgas und Wasser verunreiniget sey, auf deren Kosten er verbrenne und leuchte. Seitdem hat man die Erfahrung gemacht, daß sowohl der Phosphor als der Schwefel beim Verdunsten ein schwaches Licht verbreiten, und Böckmann hat gezeigt, daß Phosphor wirklich in reinem Stickstoffgase leuchtet, daß dieß aber aufhört, sobald das Gas mit Phosphordämpfen angefüllt ist; eben so wird

durch eine sehr geringe Beimischung eines fremden Stoffes, z. B. von oxidiertem Stickstoffgase, geschwefelten Wasserstoffgase, u. d. m. diese Erscheinung verhindert. Böckmann schloß das Stickstoffgas in feuchte Pferdedärme ein, und ließ es durch eine Gläseröhre, worin Phosphor lag, hin und her streichen, wobei er fand, daß das Gas allmählig verschwand, und der Phosphor in Säure verwandelt wurde. Man hat jedoch neuerlich angenommen, daß äußere Luft in das Wasser eindringt, womit die Därme angefeuchtet sind, und daß eben so, wie das Stickstoffgas von innen nach aussen durch das Wasser hindurchdringe, auch Sauerstoff aus der Luft von aussen nach innen eindringe, auf dieselbe Weise, wie da, wo von der Absorption der Gasarten durch Wasser die Rede seyn wird, näher entwickelt werden soll.

Dessen ungeachtet haben spätere Versuche über die chemischen Proportionen, verglichen mit der Reduktion des Ammoniaks zu einem metallartigen Körper (wovon weiter unten —), bewiesen, daß der Stickstoff ein zusammengesetzter Körper seyn und aus einem eigenthümlichen brennbaren Radikale, für welches ich die Benennung: Nitricum, vorschlage, bestehen dürfte. Das Stickstoffgas würde dann die erste Oxidationsstufe, ein Suboxid von Nitricum, seyn und zur Hälfte seines Volumens aus Sauerstoff, zur andren Hälfte aus Nitricum, oder, dem Gewichte nach, in 100 Theilen aus 55,68 Theilen Sauerstoff und 44,32 Nitricum, bestehen.

3. S c h w e f e l.

Der Schwefel kommt sehr häufig in der Natur vor; theils rein, in fester Form, kristallisirt in länglichen 4seitigen Pyramiden und in anderen, aus diesen entspringenden regelmässigen (prismatischen) Gestalten; theils verbunden mit Metallen und Erdarten, theils mit Sauerstoff, und theils mit anderen einfachen Körpern; als Bestandtheil der Pflanzen und Thiere, in welchen er sich jedoch nur in sehr geringer Menge vorfindet.

Man erhält den Schwefel, gereinigt, theils von der Natur, bei feuerspeienden Bergen, theils durch die Kunst, dergestalt, daß man ihn aus seiner Vereinigung mit Metallen, besonders mit Eisen ausscheidet. Das geschwefelte Eisen kommt ziemlich häufig in der Natur vor und wird Schwefelkies genannt. Man erhält den Schwefel daraus durch Destillation in großen, länglichen, cylindrischen Gefäßen, die theils aus Eisen, wie auf Schwefelwerke zu Dylta, theils aus Töpfergut, wie an mehreren Orten Deutschlands, gefertigt sind. Diese werden in einem besonders dazu errichteten Ofen in horizontaler Stellung eingemauert und an der Oeffnung derselben werden kleine eiserne Kolben eingekittet. Wenn der Schwefelkies in diesen Destillations - Gefäßen, bis zu einem gewissen Grade erhitzt ist, verflüchtigt sich ein grosser Theil seines Schwefels und sammet sich in den kleinen Eisenkolben, welche kühl erhalten werden. Nebenbei sichert ein Theil Schwefel durch die Masse des Kolbens durch; welcher

Tropfschwefel heißt und ganz rein ist. Der im Kolben selbst angelegte Schwefel wird nachher herausgenommen, umgeschmolzen, und in besonderen Holzformen zu Stangen ausgegossen. Diese ist der im Handel vorkommende Stangenschwefel.

Zu Fahlun und bei Oestra Silfverberg in Dalekarlien wird der Schwefel auf eine weit ökonomischere Weise bereitet, welche da sie nunmehr bekannt worden ist, die zu Dylta gebräuchliche, unnöthigerweise Holz verwüstende Methode wohl verdrängen dürfte. Man setzt nämlich den Schwefelkies in eigene Oefen ein, welche lange, liegende Schornsteine haben, die zunächst am Ofen von Ziegeln gemauert, übrigens aber aus Holz gebaut sind. Die Schwefelkiese werden im Ofen angezündet und brennen dann von selbst fort. Durch die dabei erzeugte Hitze wird der Schwefel ausgetrieben und folgt dem aufsteigenden Rauche, setzt sich aber in den Holzschloten, durch welche er zieht, ab. Im Schwefelkiese ist das Eisen mit zwei Theilen Schwefel vereinigt, wovon der eine Theil durch Erhitzung ausgetrieben werden kann. Wenn man nun den Schwefelkies unten anzündet, so wird der Schwefel in die nächste obere Lage getrieben, dann, wenn die Hitze höher steigt, auch diese Lage entzündet und ihr Ueberschuß an Schwefel aus- und wieder in die darüber liegende Schicht gejagt. Der dadurch erhaltene Schwefel ist in Mehlgestalt und wird in besonderen eisernen Destillationsgefäßen colütert.

In manchen Gegenden von Sicilien und Italien findet sich der natürliche oder gediegene Schwefel in solcher Menge, daß er durch Bergbau gewonnen und als Handelswaare verführt wird, und zwar theils ohne weitere Reinigung, theils nach vorgängiger Destillation, welche in irdenen Krügen geschieht, von deren oberem Theile ein gekrümmtes Rohr ausgeht, welches den verflüchtigten Schwefel in eine, stets kühl gehaltene Vorlage führt.

Der Schwefel hat eine schöne hellgelbe Farbe und der kristallisirte gediegene ist zugleich halb durchsichtig. Der Stangenschwefel ist zuweilen hell graulich und äusserst unrein. Das eigenthümliche Gewicht des reineren Schwefels ist 1,98; der unreinere aber ist bis 2,35 eigenschwer. Er ist hart, giebt einen eigenen Geruch beim Reiben, und einen schwachen Geschmack, wenn man ihn lange auf der Zunge behält. Durch Reiben wird er elektrisch und springt bei schneller Erwärmung von einander. Daher knistert ein Stück Schwefel, wenn man es in die warme Hand nimmt. Der Schwefel schmilzt bei $+ 100^{\circ}$ oder bei der Wärme des siedenden Wassers; bei $+ 104\frac{1}{2}$ Grad ist er völlig flüssig und durchscheinend, nimmt aber beim Abkühlen seine gelbe Farbe wieder an. Läßt man ihn langsam erkalten, und gießt, wenn der Umkreis schon erstarrt ist, das noch Flüssige in der Mitte aus, so erhält man eine kristallinische Rinde, aus welcher lange, nadelförmige Kristalle hervorstehen. Erhitzt man den Schwefel noch höher, so wird er allmählig braun, zäh, und verliert bei $+ 165^{\circ}$ seinen flüssigen Zustand ganz;

beim Verkühlen aber verschwindet die braune Farbe und der Schwefel wird wieder dünnflüssig. Schmelzt man den Schwefel lange, oder setzt man ihn schnell einer um vieles erhöhten Temperatur aus, und gießt ihn dann in Wasser aus; so erhält man eine teigige braune Masse, die erst nach einiger Zeit ihre Festigkeit und Farbe wieder erlangt. Man kann dieselbe formen und zu Münzabdrücken gebrauchen, welche in der Luft allmählig erhärten; sein eigenthümliches Gewicht soll sich dann bis zu 2,32 erhöhen.

Erhitzt man den Schwefel in verdeckten Gefäßen bis zu 143° , so wird er in ein pomeranzenfarbiges Gas verwandelt, was sich an kalten Körpern wieder in fester Gestalt, als ein gelbes Mehl, absetzt, welches man Schwefelblumen nennt. Wenn man den Schwefel bis zu $+ 316^{\circ}$ erhitzt, so geräth er völlig ins Kochen. Auf diese Weise wird er in England und Holland, durch Destilliren in eigends dazu eingerichteten Gefäßen, fabrikmäßig gereinigt. Damit sich der Schwefel in Mehlgestalt absetze, muß das Destillirgefäß einen weiten Hals haben, so daß der grössere Theil des Schwefels sich in der Luft verdichten kann, wo er sich dann als Pulver niederschlägt und an den Wänden herabfällt. Versucht man hingegen den Schwefel in einer Retorte zu destilliren, so geht er in flüssiger Gestalt über und erstarrt in der Vorlage zu einer harten gelblichen Masse. Die Schwefelblumen, die man dabei erhält, sind reiner Schwefel, der indessen mechanisch mit etwas Schwefelsäure verunreinigt ist, welche sich beim

Verbrennen des Schwefels, auf Kosten der in den Destillations - Gefäßen befindlichen Luft erzeugt hat. Daher reagiren alle Schwefelblumen auf Lakmuspapier als Säure, und bisweilen sind sie so sauer, daß sie feucht werden und in der Luft sich klümpern. Will man daher vollkommen reinen Schwefel haben, so muß man sie vorher mit warmen Wasser waschen und trocknen. Diefs ist z. B. nothwendig, wenn man die Schwefelblumen zu mancherlei elektrischen Versuchen anwenden will.

An mehrern Orten Deutschlands, wird der Schwefel durch Rösten arsenikhaltiger Erze erlangt. Dieser Schwefel ist von Arsenik veranreinigt, und wenn man ihn zur Bereitung von Schwefelblumen anwendet, so werden diese giftig. Man braucht zwar deshalb nicht in Besorgnis zu seyn, weil dergleichen Schwefel zu solchem Behuf nicht mehr gebraucht wird. Indessen kann man den Arsenikgehalt leicht entdecken, wenn man die Schwefelblumen in Salzsäure einweicht, die erhaltene Lösung zur Trockenheit abdunstet, und sodann in ein wenig destillirtem Branntwein auflöst. Diese Auflösung enthält nun eine Verbindung von Arsenik mit Salzsäure, und wenn man ein kleines Stückchen reines Zink hineingelegt, so scheidet dieses den Arsenik aus, und überzieht sich mit kleinen dünnen dunkelfarbigen Metallschuppen, welche auf glühende Kohlen gelegt, sich mit dem knoblauchartigen Geruche des Arseniks verflüchtigen.

Der Schwefel kann sich in verschiedenen Proportionen mit Sauerstoff verbinden. Er nimmt ein beinahe völlig gleiches Gewichtstheil Sauerstoff auf, um sich in schwefelsaures Gas, oder in das stinkende, saure Gas zu verwandeln, was sich bildet, wenn Schwefel mit blauer Flamme in der Luft brennt. Mit $1\frac{1}{2}$ mal soviel Sauerstoff bildet er die Schwefelsäure. Inzwischen hat der Schwefel noch zwei andere Oxidationsstufen, die ich bei Beschreibung der Säuren des Schwefels ausführlicher erwähnen werde.

Man sieht die braunrothe Masse, die man bei langem Schmelzen des Schwefels in einem tiefen Gefäße erhält, für ein Schwefeloxid an. Allein dies ist nicht so recht glaublich, weil diese Masse nachher von selbst die Eigenschaften des Schwefels wieder annimmt, wenn auch oft mehrere Monate hingehn, ehe sie die gelbe Farbe wiedererhält.

Streicht man Schwefel im Dunkeln auf einen warmen Ziegelstein oder einen andern erwärmten Körper, der aber nicht so heiß ist, daß er den Schwefel entzünden kann; so bricht eine blaue, hohe, aber äußerst schwache Flamme hervor, die einen eigenen Geruch verbreitet. Diese Flamme entsteht inzwischen, soviel man jetzt weiß, durch kein Verbrennen, sondern begleitet bloß die Verdunstung des Schwefels; denn wenn man einen kalten Körper in das obere Ende der Flamme hält, so setzen sich Schwefelblumen daran ab.

In fetten Oelen, in Alkohol und Naphta kann der Schwefel durch Kochen aufgelöst werden.

Schwefel - Wasserstoff.

Der Schwefel, wie er gewöhnlich vorkommt, ist nicht rein. Er enthält Feuchtigkeit und außerdem ein wenig Wasserstoff, wovon er seinen eigenen Geruch beim Stossen und Reiben hat. Dieser Wasserstoff kann durchs Schmelzen nicht ausgetrieben werden, und macht nur etwa $\frac{4}{10}$ pC. vom Gewichte des Schwefels aus. Davy nahm früherhin zufolge seiner Versuche über das Verhalten des Schwefels in der elektrischen Säule, an, daß der Schwefel ein aus Sauerstoff, Wasserstoff und einem eigenen Radikal zusammengesetzter Körper sey, zu welchem der Schwefel sich verhalte, wie Harz zur Kohle, scheint jedoch diese Ideen jetzt selbst wieder aufgegeben zu haben.

Der Schwefel vereinigt sich nicht unmittelbar mit dem Wasserstoffe; man kann Schwefel in Wasserstoffgase schmelzen, ohne daß sie sich mit einander verbinden, und ohne daß etwas anders als eine Spur von Schwefelwasserstoff dabei hervorgebracht wird. Der Wasserstoff und im Allgemeinen alle Körper, die sich mit dem Schwefel eben sowohl, als mit dem Sauerstoffe verbinden können, beobachten in Hinsicht der Mengen, die sie davon aufnehmen, ein gleichförmiges Verhältniß, indem sie sich gewöhnlich, dem Gewichte nach, mit doppelt soviel Schwefel, als Sauerstoff, verbinden; oder es verhält sich, in bestimmten Zahlen ausgedrückt, die Menge des Schwefels zu der des Sauerstoffs, wie 201,16 zu 100.

Wenn daher ein im Minimum geschwefeltes Metall, am liebsten geschwefeltes Eisen, in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, und das Metall dabei auf Kosten des Wassers oxidirt wird; so läßt dasselbe gerade nur diejenige Menge Schwefel fahren, welche zur Sättigung des frei gewordenen Wasserstoffs erforderlich ist, so daß kein Schwefel im Ueberschusse abgesetzt wird. Man bedient sich dazu des auf Taf. II, Fig. 8. abgebildeten Apparats und erhält dabei das geschwefelte Wasserstoffgas in Gestalt einer beständigen Gasart, die man Schwefel-Wasserstoffgas nennt, und von den älteren Chemikern, hepatische Luft genannt wurde.

Dieses Gas löst sich leicht und in großer Menge im kaltem Wasser auf, wird auch zum Theil von Quecksilber zerlegt, und man muß daher beim Auffangen desselben die Flasche mit warmen Wasser füllen, oder noch lieber das Gas in einer gesättigten Auflösung von Kochsalz auffangen, welche, nach Saussure's Versuchen von den im Wasser löslichen Gasen eine weit geringere Menge auflöst, als das reine Wasser.

Man kann diese Gasart auch erhalten, wenn man gleiche Theile Potasche (unvollkommen kohlen-saures Kali) und Schwefel in einem bedeckten Tiegel zusammenschmelzt, die geschmolzene Masse gröblich zerstößt und in verdünnter Schwefelsäure auflöst, wobei das Gas mit Zischen entweicht. Jedoch ist es mit Kohlensäure verunreinigt. — Das geschwefelte Wasserstoffgas entsteht hier durch Einwirkung des Schwefels auf das

Wasser, auf die Weise, daß in dem Augenblicke, wo die trockene Masse vom Wasser berührt wird, ein Theil des Schwefels sich auf Kosten des Wassers oxidirt, und nach der verschiedenen Menge des Schwefels in Schwefelsäure, oder schwefliche Säure verwandelt, ein anderer Theil aber mit dem Wasserstoffe geschwefelten Wasserstoff bildet, die sich beide mit dem Kali vereinigen. Die Schwefelsäure trägt sonach hierbei nichts zur Bildung des geschwefelten Wasserstoffes bei, sondern treibt ihn bloß aus dem Kali aus.

Das geschwefelte Wasserstoffgas besitzt einen eigenen, starken und unangenehmen Geruch, dem von faulen Eiern ähnlich, und einige wenige Kubikzolle desselben geben der Luft eines Zimmers für einen ganzen Tag einen unangenehmen Geruch. — Es ist schwerer, als Wasserstoffgas, läßt sich entzünden, und brennt mit einer starken blauen Flamme und dem Geruche, nach schweflicher Säure. Mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas vermischt, verbrennt es mit einem Knalle, wie das Wasserstoffgas. — Wenn man in eine mit geschwefeltem Wasserstoffgase gefüllte Flasche einige Tropfen rauchende Salpetersäure gießt, so wird das Gas zerstört; der Wasserstoff oxidirt sich auf Kosten der Salpetersäure und bildet Wasser, der Schwefel aber fällt in fester Gestalt nieder, und es wird Wärme dabei entwickelt. Verschließt man die Oeffnung der Flasche schnell mit dem Finger, so daß das erwärmte Gas sich nicht ausdehnen kann, so wird noch mehr Wärme frei; das Gemenge wird so erhitzt, daß es sich

236 Eigenschaften d. Schwefel-Wasserstoffgases.

entzündet, mit einer schönen Flamme und einer kleinen Verpuffung verbrennt, und dabei den Finger von der Oeffnung wegstößt. Mit einer Flasche von 3 bis 5 Kubikzoll Inhalt kann dieser Versuch ohne die geringste Gefahr ausgeführt werden. —

Mit Sauerstoffgas vermischt bleibt das geschwefelte Wasserstoffgas bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft unverändert.

In einem Maasse oder Volumen Wasser lösen sich gegen $2\frac{1}{2}$ Maasse geschw. Wasserstoffgas auf; das Wasser nimmt den Geruch und Geschmack desselben an und wird dadurch, was man im Allgemeinen hepatisch nennt. Enthält das Wasser atmosphärische Luft, so wird ein Theil des Gases zerlegt, indem der Wasserstoff durch Oxidation zu Wasser, der Schwefel aber ausgeschieden wird, wobei das Wasser ein milchiges Ansehn bekommt. Sobald sich der Schwefel abgesetzt hat, erleidet er in verschlossenen Gefäßen keine Veränderung weiter. In der Luft hingegen verliert das Wasser seinen Gasgehalt sehr bald, und ohne sich zu trüben. Salpetersäure, oxidirte Salzsäure und schwefliche Säure schlagen den Schwefel augenblicklich nieder. Wenn Schwefelwasserstoffgas mit geschmolzenem Zinne in Berührung kommt, so verliert es seinen Schwefel, welchen das Zinn aufnimmt, und der Wasserstoff wird in Freiheit gesetzt, und nimmt einen eben so großen Raum ein, als vorher der Schwefelwasserstoff einnahm.

Das geschwefelte Wasserstoffgas schwärzt die meisten Metalle, so dafs, wenn bei den Versuchen damit etwas Gas entweicht, Silberzeug,

Messingknöpfe u. d. m. davon angegriffen werden. — Thiere, welche man darin einsperret, sterben augenblicklich und können nicht wieder zum Leben gebracht werden. Menschen, welche es zufällig in einiger Menge einathmen, bekommen Lungenentzündungen und können oft nur mit Schwierigkeit gerettet werden. Beim Einathmen kleiner Portionen habe ich niemals üble Wirkungen auf die Gesundheit verspürt. — Brennende Körper werden davon verlöscht. Läßt man das Gas aus dem Entwicklungsrohre auf die Zungenspitze ausströmen, so empfindet man außer dem, seinem eigenthümlichen Geruche ähnlichen Geschmacke, zugleich einen säuerlichen und zusammenziehenden, und wenn man feuchtes Lackmuspapier vor die Oeffnung des Rohrs hält, so röthet sich dasselbe beim Zutritt des Gases. Dieses hat sonach alle Eigenschaften einer Säure, und ich werde es daher bei der Lehre von den Säuren näher beschreiben.

Das Schwefelwasserstoffgas besteht aus 5,824 Theilen Wasserstoff und 94,176 Schwefel. Das eigenthümliche Gewicht, nach der Zusammensetzung desselben berechnet, beträgt 1,181. Gay-Lussac giebt es zu 1,1912, und Thomson zu 1,180 an.

Der Schwefel kann sich auch noch in einem andern Verhältnisse mit dem Wasserstoffe verbinden, und giebt dabei den geschwefelten Wasserstoff in tropfbarer flüssiger Gestalt. Dieser wird erhalten, wenn man in einer concentrirten Auflösung von geschwefeltem Kali,

welches aus kohlen-saurem Kali durch Brennen mit Ueberschuß an Schwefel bereitet worden ist, Salzsäure in kleinen Portionen zusetzt. In jedem geschwefelten Alkali und in jeder geschwefelten Erdart bildet sich, während der Auflösung im Wasser, auf die obenangeführte Weise, eine Portion geschwefelter Wasserstoff. Wenn man ein durch Brennen bereitetes Schwefelalkali in Wasser auflöst, so wird ein Theil des Wassers vom Schwefel zerlegt; der Sauerstoff bildet mit einem gewissen Antheile desselben Schwefelsäure, und der Wasserstoff giebt mit dem übrigen Antheile des Schwefels denjenigen Körper, welcher sich mit dem Alkali in Verbindung erhält, und schwache Kennzeichen einer Säure besitzt. Stärkere Säuren scheiden diesen Körper aus seiner Verbindung mit dem Alkali aus, und da die Bestandtheile desselben eine sehr geringe Verwandtschaft zu einander haben, sobald sie nicht durch die Affinität mit dem Alkali zusammengehalten werden, so fangen sie sogleich an, sich von einander zu trennen, indem das Schwefelwasserstoffgas entweicht, der Schwefel aber zurück bleibt.

In einer starken und gut verkorkten Flasche kann diese liquide Verbindung aufbewahrt werden; man ist aber immer wegen des Zerspringens der Flasche in Gefahr, besonders wenn sie erwärmt wird. In Berührung mit der Luft wird sie in wenigen Augenblicken zersetzt, und wenn man einer Auflösung von Schwefelalkali eine Säure in kleinen Antheilen zusetzt, so wird sie in demselben Augenblicke, wo sie sich bildet, auch wie-

der zerlegt, indem das Schwefelwasserstoffgas mit Brausen entweicht, der Schwefel aber gefällt wird.

Dieser Körper ist seiner quantitativen Zusammensetzung nach noch nicht gehörig untersucht; nach einigen Versuchen über dessen Verbindungen mit Alkali zu schliessen, ist aber der Wasserstoff in selbigem mit dreimal soviel Schwefel, als im Schwefelwasserstoffgase, vereinigt. Seine leichte Zerlegbarkeit hat gemacht, daß man ihm nicht soviel Aufmerksamkeit gewidmet hat, als er verdient, besonders da die Lehre von der Natur der Schwefelalkalien ohne Kenntniss dieses Körpers nicht aufs Reine gebracht werden kann. Wir werden in der Folge noch mehrere Körper kennen lernen, deren Bestandtheile sich leicht von einander scheiden lassen, z. B. die höchste Oxidationsstufe des Wasserstoffs und die niedrigste des Schwefels, u. m. a.

In fester Gestalt erhält man eine Verbindung von Schwefel und einem noch geringeren Antheile von geschwefeltem Wasserstoffe, wenn man geschwefeltes Kali mit irgend einer Säure fällt, die in kleinen Portionen zugesetzt wird. Dabei entweicht das Wasserstoffgas mit Brausen und es schlägt sich ein milchweißes Pulver nieder. Dieses Pulver besteht aus Schwefel und einem sehr geringen Antheile von geschwefeltem Wasserstoffe, der durch Erwärmung leicht ausgetrieben werden kann. Man nennt es in Apotheken präcipitirten Schwefel.

Man glaubte eine Zeitlang, daß das hepatische Wasser von Aachen geschwefelten Stickstoff ent-

240 Phosphor. Dessen Bereitung im Kleinen.

halte; es ist aber jetzt ausgemacht, daß diese nicht der Fall ist, und daß der Schwefel sich nicht mit dem Stickstoffe vereinigen kann.

4. P h o s p h o r.

Der Namen Phosphor, Lichtträger, hat dieser Körper von seiner Eigenschaft, im Finstern zu leuchten, erhalten. Er kommt in der Natur niemals rein vor, sondern muß künstlich bereitet werden. Der Phosphor macht einen Bestandtheil verschiedener Mineralien, der meisten Pflanzen und aller Thiere aus, bei welchen letzteren er sich insonderheit, häufig in den Knochen vorfindet.

Seine Bereitung geschieht in England meist fabrikmäßig. Sie erfordert einen hohen und anhaltenden Wärmegrad, und es ist daher schwierig, taugliche Gefäße dazu zu erlangen. Im kleinen macht man den Phosphor aus Phosphorsäure, deren Bereitung ich weiter unten beschreiben werde. Drei Theile geschmolzene und wieder erstarrte Phosphorsäure werden in einem erhitzten Glas- oder Porphiermörser schnell gepulvert, und mit 1 Theile fein zerstoßener Holzkohle gemengt. Man bringt hierauf das Gemenge so schnell, als möglich, in eine äußerlich mit Thon und Sand beschlagene gläserne, oder auch lieber in eine Porzellan - Retorte. Der Hals derselben wird in einen kleinen Glaskolben geführt, der soweit mit Wasser gefüllt ist, daß die Oeffnung des Halses

davon bedeckt wird. Die Retorte wird dann in einen guten Zugofen oder in einen Windofen eingelegt und vorsichtig bis zum vollen Weißglühen erhitzt. Hierbei verbindet sich die Kohle mit dem Sauerstoffe der Phosphorsäure zu Kohlen säure, die in Gasgestalt entweicht, der Phosphor aber wird frei und destillirt in Tropfen über, welche im Wasser niederfallen und erstarren. Gegen den Schluß der Arbeit geht zugleich eine brennbare Gasart mit über, die einen unangenehmen Geruch hat, vielen Phosphor enthält, und weiter unten beschrieben werden wird.

Man kann auch Phosphor erhalten, wenn man frischen Urin mit salpetersaurem Blei, oder salpetersaurem Quecksilber fället, dann den Niederschlag, der aus einer Verbindung des Phosphors mit dem angewendeten Metalle besteht, mit $\frac{1}{2}$ Kohlenpulver mengt und auf die vorhergehende Weise über treibt. Das phosphorsaure Blei erfordert indessen eine so hohe Temperatur, daß der Versuch in Glasgefäßen niemals glückt. Es ist daher besser, bei kleinen Versuchen den Niederschlag mit Quecksilber zu machen, weil dieses leichter reduziert wird.

Wenn der Phosphor während der Destillation nicht im Wasser aufgefangen und abgekühlt wird, so entzündet er sich in der Vorlage und verbrennt, wobei das Gefäß von der Hitze leicht zersprengt wird. Mit den geringsten Kosten erhält man den Phosphor aus verglastem sauerem phosphorsaurer Kalk, welcher fein gepulvert, mit Kohlenpulver

gemengt, und dann in einer passenden Vorrichtung destillirt wird.

Im Großen wird er stets aus diesem Salze bereitet, und zwar auf die Weise, daß man eine syrupsdicke Auflösung desselben so lange mit Kohlenpulver mengt, bis sie zu einer halbtrockenen Masse geworden ist, die man dann gut durcheinander arbeitet und in einem eisernen Topfe, unter stetem Umrühren trocknet. Man sieht die Masse nicht eher als getrocknet an, als bis sie dunkel geglüht hat, wo man sie dann abkühlt, und so schnell als möglich in eine steinerne Retorte bringt, die vorher mit feuerfesten Thone beschlagen worden ist. Statt einer Vorlage kittet man ein Kupferrohr an, was weit genug ist, um den Hals der Retorte umfassen zu können, und dieses Rohr wird einige Zoll vom Retortenhalse so umgebogen, daß ein Theil davon gerade niederwärts geht. Dieser niedersteigende Schenkel des Rohres wird in einer Flasche mit weiter Oeffnung geführt, welche man soweit mit Wasser gefüllt hat, daß dasselbe ein, oder ein Paar Linien höher als die Oeffnung des Rohres steht, welche sonach unter dem Wasserspiegel sich befindet. Die Flasche wird um das Rohr herum mit einer Korkscheibe verschlossen, durch welche nebenbei eine dünne Glasröhre eingelassen wird, um den bei der Destillation sich entwickelnden Gasarten einen Ausweg zu verschaffen. Die Retorte wird in einen Ofen eingesetzt, der mit einer Haube *) ver-

*) In der schwedischen Handschrift: en dôme; ein Wort, was ich weder in Möllers Wörterbuche

sehen ist, die über und um die Retortenkugel gestellt werden kann, so daß diese auf allen Seiten erhitzt wird. Das Anfeuern geschieht anfangs äußerst langsam, so daß die Retorte etwa in 4 Stunden erst zum Glühen kommt; dann giebt man aber so lange volles Feuer, als man noch etwas Phosphor durch das Kupferrohr in das Wasser herabfallen sieht, was nach der Größe der Retorte, 15, 24 bis 30 Stunden fortauern kann. Eine Retorte, die eine reichliche Kanne faßt, und mit jenem kohlenhaltigen Gemenge ziemlich angefüllt wird, kann ohngefähr ein Pfund Phosphor geben.

Den erhaltenen Phosphor formt man auf folgende Weise in Stangen. Man zerschneidet ihn nämlich und legt ihn in eine Barometerröhre, oder noch lieber in eine etwas kegelförmige Röhre, verschließt die engere Oeffnung derselben gut mit einem Korke, gießt dann oben auf den Phosphor Wasser, und stellt die Röhre in ein Gefäß mit kochend heißem Wasser. Der Phosphor schmilzt dabei und bildet eine Stange, die nach dem Abkühlen herausgenommen wird. Die Unreinigkeiten, die er etwa enthält, und die meistens aus gekohltem Phosphor bestehen, fließen beim Schmelzen heraus und können dann abgesondert werden. Ehedem pflegte man ihn theils noch ein-

noch sonst wo habe erklärt finden können. Da die Zeit zu kurz war, beim Verfasser Erkundigung einzuziehen; so habe ich es durch Haube übersetzt, und glaube wohl keinen Fehler dadurch begangen zu haben.

d. Ueb.

mal zu destilliren, theils unter warmen Wasser durch sämisch gegerbtes Ziegenleder zu pressen. Ist der Phosphor sehr roth, so muß man ihn erst in etwas erwärmten ätzenden Ammoniak, und dann in warmen Weingeist schmelzen, wodurch er seine lichte und klare Farbe erhält.

Der Phosphor wurde im Jahr 1669 zu Hamburg von einem bankerutten Kaufmann, Namens Brand, entdeckt, der dessen Bereitung lange geheim hielt. Da er indessen nicht verheimlichen konnte, daß er ihn aus Urin verfertigte, so versuchte auch Kunkel, ein damaliger Chemiker, ihn hervorzubringen. Dies glückte ihm auch, und die Bereitung des Phosphors wurde nach und nach immer bekannter, bis Markgraff und zuletzt Scheele, eine vortheilhaftere Bereitung desselben aus einem richtigeren chemischen Gesichtspunkte lehrten.

Der Phosphor ist durchscheinend, von gelblicher Farbe; in der Kälte spröde, bei der Mittelwärme der Atmosphäre aber biegsam wie Wachs. Er nimmt selten eine regelmäßige Krystallform an, kann aber zum Krystallisiren gebracht werden, wenn man in einem verdeckten Gefäße, in kochendheißer Naphta soviel Phosphor auflöst, als darin löslich ist, und dann die Auflösung langsam abkühlen läßt, wodurch derjenige Theil des Phosphors, welchen die kochendheisse Naphta mehr, als kalte, aufgelöst behalten kann, sich in Krystallen absetzt.

Sein eigenthümliches Gewicht beträgt 1,77. In freier Luft stößt er weiße Dämpfe aus, die

einen eigenthümlichen, fast knoblauchartigen Geruch haben und im Dunkeln leuchten. Sie rühren von einer Art langsamer Verbrennung her, weshalb der Phosphor stets unter Wasser in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden muß, um den Zutritt der Luft zu ihm abzuhalten. — In verschlossenen Gefäßen schmilzt der Phosphor bei $+35^{\circ}$ und wird farbenlos, fängt bei $+103^{\circ}$ an, sich in einem leichten Rauche zu verflüchtigen, kommt endlich bei $+290^{\circ}$ ins Kochen und destillirt aus einem Gefäße in das andere über.

Das Licht bringt eine eigene Veränderung im Phosphor hervor, deren innere Natur unbekannt ist und wobei, soviel man bis jetzt in Erfahrung gebracht, sein Gewicht nicht verändert wird. Der Phosphor wird nämlich durch das Licht geröthet und dies geschieht nicht nur im luftleeren Raume, und selbst in der Leere des Barometers, sondern auch im Stickstoffgas, Wasserstoffgas, gekohltem Wasserstoffgas, unter Wasser, Spiritus, Oel, und anderen Flüssigkeiten; und wenn man den Phosphor, in Aether, Oel oder Wasserstoffgas aufgelöst, dem Sonnenlichte aussetzt, so wird er sogleich als rother Phosphor daraus ausgeschieden. Sehr leicht ist er dieser Veränderung im violetten Lichte, oder in Gefäßen von violetten Glase unterworfen. Das Sonnenlicht schmelzt den Phosphor leicht im Stickstoffgase, nicht aber im Wasserstoffgase, und im leeren Raume des Barometers sublimirt er sich in Gestalt glänzender rother Schuppen.

Mit Sauerstoff verbindet sich der Phosphor in verschiedenen Verhältnissen. Wir kennen von ihm zwei Oxide und nicht weniger als drei Säuren. Der oxidirte Phosphor ist entweder weiß oder roth. Der weiße ist Phosphor-Oxidul und entsteht auf der Oberfläche des Phosphors, wenn er unter Wasser verwahrt wird, besonders wenn er auf einer Stelle steht, wo ihn das Sonnenlicht treffen kann. Der Phosphor verbindet sich hier mit einem Theile von dem Sauerstoffe des Wassers, und der dadurch entbundene Wasserstoff bleibt mit einem Theile des Phosphors aufgelöst im Wasser zurück. Der rothe oxidirte Phosphor ist Phosphoroxid. Man erhält ihn, wenn man auf einem Glase ein wenig Phosphor verbrennt, wo sich die Stelle, auf welcher der Phosphor lag, mit einer weißen Rinde überzieht, die beim Verkühlen feucht und roth wird. Diefes rührt von etwas Phosphorsäure her, welche aus der Luft Wasser an sich zieht, und mit einem kleinen Zusatze von Wasser weggespült werden kann, wo sodann das Oxid zurückbleibt. Dieses Oxid ist ein dunkelrothes Pulver, was an der Luft nicht leuchtet. Es kann bei höherer Temperatur entzündet werden und brennt mit gelber Flamme, verlischt aber, wenn es aus dem Feuer herausgenommen wird. Von der Salpetersäure wird es unter Entwicklung von salpetricchem Gase aufgelöst und in Phosphorsäure verwandelt. Es ist in den Flüssigkeiten, welche den Phosphor auflösen, nicht löslich.

Entzünd. d. Phosp. u. Bildung d. phosphorich. S. 947

Die phosphorische Säure bildet sich, wenn Phosphor der offenen Luft ausgesetzt wird. Bei einer Kälte von mehreren Graden, erleidet der Phosphor hierbei keine Veränderung; allein schon bei einem oder einigen Graden unter dem Gefrierpunkte, fängt er schwach an zu leuchten, und leuchtet bei einigen Graden darüber schon stärker. Schreibt man mit ein wenig Phosphor auf schwarzen oder blauen Grund, so werden die Buchstaben leuchtend, und geben einen leuchtenden Rauch von sich. Das Licht wird bald schwächer und verschwindet, kommt aber auf einige Augenblicke wieder zum Vorschein, wenn man mit der Hand über die Schrift hinfährt. Am besten erhält sich die leuchtende Schrift, wenn man sie zwischen zwei Glasscheiben legt, wo sie 20 bis 30 Minuten ununterbrochen fortleuchtet, und wenn auch das Licht schon einmal aufgehört hat, so kommt es doch wieder zum Vorschein, wenn man die Vorrichtung an einen warmen Stubenofen hängt. Dieses Licht wird von etwas Wärme begleitet und ist eine Art des Verbrennens, bei welchem Sauerstoff eingesogen wird. Geschieht der Versuch in eingeschlossener Luft, so hört das Licht auf, sobald der Sauerstoff verzehrt ist. In freier Luft überzieht sich der Phosphor mit sauren Tropfen von phosphorischer Säure, was daher entsteht, daß die ungebildete unvollkommene Säure aus der Luft Wasser an sich zieht, und tropfbar flüssig wird. Diese phosphorische Säure ist jedoch

nicht rein, sondern mit Phosphorsäure gemengt, wie ich weiter unten bei dieser zeigen werde.

Im reinen Sauerstoffgas kann der Phosphor nicht leuchten, bevor er nicht bis zu $+ 24^{\circ}$ bis $+ 28^{\circ}$ erwärmt wird; dann leuchtet er aber desto stärker und entzündet sich leicht. Wird das Gas abgekühlt, so hört das Leuchten auf, beginnt aber sogleich von neuem, wenn man etwas Stickstoffgas hinzuläßt. Sauerstoffgas, worin man bei niedriger Temperatur Phosphor verwahrt, riecht nach diesem und leuchtet schwach, wenn es im Dunklen mit atmosphärischer Luft gemengt wird. Diefs rührt nicht daher, daß das Gas mit ein wenig Phosphor chemisch vereinigt ist, sondern daher, daß ein Theil der phosphorischen Säure, welcher im Gase das Wasser zu ihrer Verdichtung ermanget, verdunstet und sich in Gasgestalt mit dem Sauerstoffgase vermischt. Beim Austritte in die Luft oxidirt sich nun dasselbe, durch eine noch unbekannte Einwirkung des Stickstoffgases, noch mehr, und zerfließt auf Kosten des Luft-Wassers. Vielleicht ist es auch nur verdunstender Phosphor, der noch nicht oxidirt worden ist; denn die meisten Gasarten, in welchen Phosphor einige Zeit gelassen wird, leuchten eben so, wenn sie sich nachher mit der Luft mischen.

In verdünnter Luft, z. B. unter der Glocke einer Luftpumpe, entzündet sich der Phosphor und brennt mit einer schwachen, aber hohen Flamme, wenn er, mit Harz gemengt und auf ein Büschelchen Baumwolle gelegt wird.

Dieser Versuch gelingt nicht, wenn die Stiefel der Luftpumpe nicht weit sind, und die Verdünnung nicht schnell vor sich geht. Man kann auch auf einen, bereits luftleer gemachten Recipienten ein kleines Gefäß aufschrauben, was den Phosphor enthält, und dann die Verbindungsrohre zwischen beiden öffnen, wo die Entzündung ebenfalls statt findet.

Anstatt des Harzes kann man auch Schwefel anwenden. Bestreut man einen trockenen Cylinder von Phosphor fleckweise mit Harz oder Schwefel, und bringt ihn dann unter den Recipienten der Luftpumpe, so bemerkt man, daß beim Auspumpen der Luft, der Phosphor auf den bestreuten Stellen mehr zu leuchten anfängt, und daß diese Leuchten mit der mehreren Verdünnung der Luft zunimmt, bis sich der Phosphor endlich entzündet. Van Bemmelen, welcher diese Erscheinung zuletzt untersucht hat, glaubt, daß sie einer Verbindung des Schwefels oder Harzes mit dem Phosphor zuzuschreiben sey, die im luftleeren Raume leichter eintrete, (was auch bei der Vereinigung fester Körper, z. B. des Schwefels und der Metalle der Fall ist), und wobei Wärme entstehe, welche den Phosphor oder dessen neue Verbindung entzünde. Allein da nach van Bemmelen's Beobachtung, die Entzündung des Phosphors auch vor sich geht, wenn er blos in Baumwolle eingewickelt wird, diese Erscheinung aber durch jene Ansicht nicht erläutert wird; so müssen wir dieselbe noch als unerklärt ansehen.

Von selbst entzündet er sich nicht. Dieser

250 Phosphor unter Wasser aufbewahrt.

und mehrere andere Umstände bei dem langsamen Verbrennen des Phosphors, sind noch nicht zur Gnüge erklärt.

Wenn Phosphor in einer Flasche unter Wasser aufbewahrt wird, so oxidirt er sich auf Kosten des Wassers, theils zu Oxidul, theils zu phosphorischer Säure, und das Wasser wird säuerlich. Dieses Wasser besitzt die sonderbare Eigenschaft, daß es in einer wohl verkorkten Flasche leuchtet, so oft es darin umgeschüttelt wird, und bisweilen, ohne wahrnehmbare äußere Ursachen, einen schnell vorübergehenden Schein von sich giebt. Wenn man in schwarzem Papier eine Figur ausschneidet und dasselbe auf eine solche Flasche klebt, so leuchtet die Figur im Dunklen, wenn die Flasche geschüttelt wird. Wenn der Pfropf gelüftet wird, oder nicht fest verschließt, so verschwindet das Leuchtungs-Vermögen des Wassers augenblicklich, und kehrt erst dann wieder zurück, wenn die Flasche wieder eine Zeit lang luftdicht verschlossen da gestanden hat. Auch dieses ist eine noch nicht erklärte Erscheinung.

Wird der Phosphor in freier Luft bis zu $+75^{\circ}$ erhitzt, so entzündet er sich und brennt mit starker Flamme und dickem Rauche. Dieser Rauch ist Phosphorsäure, die sich aus der Flamme in fester Gestalt absetzt. 100 Theile Phosphor nehmen dabei 128 Theile Sauerstoff auf. In der unvollkommenen Säure verbindet sich der Phosphor nur mit $\frac{3}{4}$ dieser Quantität, oder mit 76,9 Theilen Sauerstoff. Durch Reiben entzündet sich der Phosphor leicht; man muß sich daher bei Versu-

chen damit in Acht nehmen, daß man Phosphorstückchen nicht zwischen den Fingern oder an wollene Sachen, z. B. an Tuche oder grauem Löschpapiere, reibt, weil dadurch leicht Unglück entstehen kann.

Phosphor - Wasserstoff.

Der Phosphor verbindet sich mit dem Wasserstoffe in mehreren Verhältnissen, welche quantitativ noch nicht näher bestimmt sind.

1) Läßt man eine Zeit lang Wasserstoffgas mit Phosphor in Berührung, so erhält man eine Gasart, die schwach nach Phosphor riecht, und, mit atmosphärischer Luft gemengt, im Dunklen leuchtet. Diese Gasart ist inzwischen kein Phosphorwasserstoff; denn sie behält übrigens alle Eigenschaften des Wasserstoffgases, nur daß sie eine, nach Verhältnis ihrer verschiedenen Temperatur, bald größere, bald geringere Menge von verdunsteten Phosphor enthält. Wenn man in eine lange Glasröhre, die mit Wasserstoffgas gefüllt ist, ein wenig Phosphor legt, dieselbe sodann spiralförmig mit einem schwarzen Papierstreifen umwickelt, und nachher in die Sonne stellt; so schießen auf den unbelegten Flecken im Innern der Glasröhre kleine Krystall-Verästelungen von rothem Phosphor an. Ob hierbei, außer dem Lichte, auch die stärkere Erwärmung des Glases unter dem schwarzen Papiere mitwirke, ist noch nicht ausgemacht. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch im Stickstoffgase.

256 **Bereitung desselben mittelst Aetzlauge.**

2) Wenn man Phosphor mit einer Auflösung von ätzendem Kali (Aetzlauge) in einer kleinen Retorte (wie Fig. 1. Taf. II.) kocht, so oxidirt sich der Phosphor auf Kosten des Wassers, wird in eine Säure verwandelt und vereinigt sich mit dem Kali, welches hier, durch seine Verwandtschaft zur Säure, auf dieselbe Weise die Verwandtschaft des Phosphors zum Sauerstoffe erhöht, als die Schwefelsäure die (Verwandtschaft) des Eisens (z. Sauerstoffe) vermehrt, wenn von Eisen aus wässriger Schwefelsäure Wasserstoffgas entwickelt wird. Der Wasserstoff, welcher bei diesem Verfahren auf der Oberfläche des schmelzenden Phosphors frei wird, löst einen Theil des Phosphors auf und verbindet sich damit zu einer eigenen Gasart, welche die besondere Eigenschaft hat, daß sie sich in der Luft von selbst entzündet. Die Entwicklung des Gases nimmt nicht eher ihren Anfang, als bis das Wasser dem Siedepunkt nahe kommt. Man sieht dann kleine Bläschen vom Phosphor aufsteigen, die auf der Oberfläche der Flüssigkeit innerhalb der Retorte sich entzünden und mit einer kleinen Flamme brennen. Dabei fängt das Wasser aus dem Gefäße, in welchem das Gas aufgefangen werden soll, nach und nach an, in den Retortenhals zu steigen, sowie der Sauerstoff der in der Retorte befindlichen Luft allmählig verzehrt wird. Sobald dies geschehen und nur noch Stickstoff rückständig ist, sinkt das Wasser wieder zurück, das Gas entzündet sich nicht mehr in der Retorte, und es gehen endlich Luftblasen durch das in den Retortenhals einge-

kittete Rohr. Verstärkt man die Hitze nicht vorsichtig, wenn die kleinen Luftblasen sich in der Retorte zu zeigen anfangen, so entsteht auf einmal eine große Luftblase, die sich mit Explosion entzündet, und bisweilen das Gefäß zerschmettert, wobei aber gewöhnlich nur die erhitzte Luft hervorbricht, deren Raum in der Retorte durch das aus der Wanne hineintretende Wasser ausgefüllt, und wodurch der Versuch verdorben wird. Man muß daher die Vorsicht anwenden, die Retorte allmählich zu erhitzen, bis das Gas nach und nach durch das Rohr zu gehen anfängt, oder auch vorher die Retorte mit Wasserstoffgas zu füllen. — Statt der Lauge von ätzendem Kali kann man auch eine Auflösung von ätzendem Kalk in Wasser zu diesem Versuche anwenden; allein er mißlingt dann öfter, besonders wenn er von Ungeübten angestellt wird.

Die Luftblasen, welche zuerst zum Vorschein kommen, haben einen sehr unangenehmen Geruch, fast wie verfaulte Fische; sie entzünden sich gleichwohl schnell und verbrennen mit heller Flamme. Man stürzt dann eine mit Wasser gefüllte Flasche über die Oeffnung des Rohres und fängt sie auf. Zum Auffangen dieses Gases darf man indessen nicht gewöhnliches Quellwasser anwenden, sondern muß vorher alle darin enthaltene atmosphärische Luft, durch Kochen entfernen, und das Wasser noch warm bei dem Versuche anwenden, und am besten ist es, wenn man dasselbe mit Kochsalz sättiget. Denn außerdem wird das Gas theils im kalten Wasser gelöst,

254 Eigenschaften des Phosp. Wasserstoffgases.

theils durch den Sauerstoff der darin enthaltenen Luft zerlegt; auf dem Wasser schwimmt rother oxidirter Phosphor, und das Gas verliert größtentheils seine Eigenschaft, sich in der Luft zu entzünden. Am besten ist es daher, dasselbe über reinem Quecksilber aufzufangen. —

Gekochtes und sodann in einem verdeckten Gefäße abgekühltes Wasser löst, nach G i n g e m b r e, $\frac{1}{2}$ seines Volumens Phosphorwasserstoff auf, nach T h o m s o n aber nur $\frac{1}{30}$. Diese Lösung ist hellgelb, von unangenehmen Geruche, schmeckt bitter, leuchtet nicht im Dunklen, und kann in verschlossenen Gefäßen lange aufbewahrt werden, ohne sich zu zerlegen. Beim Kochen geht das Gas unverändert fort und behält seine Eigenschaft, sich in der Luft zu entzünden, bei.

Das Phosphorwasserstoffgas und das damit geschwängerte Wasser, haben nicht die Eigenschaften einer Säure, wie der geschwefelte Wasserstoff. Sie röthen die Lakmuskintur nicht, wenn sie von phosphorischer Säure sorgfältig gereinigt worden sind. Sie vereinigen sich nicht mit Alkalien oder Erdarten; doch schlägt das mit diesem Gase geschwängerte Wasser verschiedene Metallsalze nieder, vorzüglich Silber- Quecksilber- und Kupfersalze, welche dadurch reduzirt und als Phosphormetalle mit dunkler Farbe gefällt werden.

Läßt man eine kleine Blase von dieser Gasart aus Wasser oder Quecksilber aufsteigen, so entzündet sie sich auf der Oberfläche desselben, mit einem kleinen Puffe, und läßt einen schön

gewundenen Ring von dickem Rauch zurück, der in die Luft steigt, sich allmählig erweitert und dann verschwindet. Dieser Versuch gelingt besonders dann, wenn das Wasser oder Quecksilber etwas erwärmt ist.

Dieses Gas ist etwas leichter als die atmosphärische Luft; sein eigenthümliches Gewicht beträgt nach Thomson 0,9022. Es kann lange über Wasser aufbewahrt werden; besonders über gekochtem; wird die Flasche vom Sonnenlichte beschienen, so zerlegt es sich, setzt auf der, der Sonne angekehrten Seite rothen Phosphor ab und das Gas entzündet sich an der Luft nicht mehr. Ueber Quecksilber oder über einem, mit Phosphorwasserstoffgas gesättigten Wasser kann es im Dunkeln lange aufbewahrt werden. —

Die Gasart, welche zurückbleibt, wenn das Phosphoroxid sich abgesetzt hat, ist Phosphorwasserstoffgas mit einem geringeren Gehalte von Phosphor. Es hat einen unbeschreiblich stinkenden Geruch, wie verfaulte Fische, erhält sich über Wasser unverändert und kann ohne Zuthun eines brennenden Körpers nicht entzündet werden. Demohngeachtet pflegt es zu geschehen, daß dieses Gas sich selbst entzündet: wenn es noch nicht allen Phosphor, den es absetzen kann, verloren hat, und man dasselbe durch warmes Wasser aufsteigen läßt. Eine Blase von dieser Gasart leuchtet im Dunkeln und unterliegt einer langsamen Verbrennung; man hat daher geglaubt, daß die sogenannten Iyrwische aus Phosphorwasserstoffgas bestehen möchten, was aus faulenden Stoffen

256 Phosph. Wasserstoffgas in Max. und Minimo.
entwickelt würde und in der Luft langsam verbrennte. Allein diese Vermuthung ist unwahrscheinlich.

Der Phosphor kann sich sonach mit dem Wasserstoffe in zweierlei Verhältnissen verbinden. Mit Phosphor im Maximum entzündet sich das Gas an der Luft von selbst, mit Phosphor im Minimum hingegen nicht. Houton - Labillardiere hat die Beobachtung gemacht, daß Phosphorwasserstoffgas im Minimum, wenn es über Quecksilber mit atmosphärischer Luft gemengt wird, sich nicht entzündet, so lange das Quecksilber innerlich und äusserlich noch gleich hoch steht, oder so lange das Gas in dem Gefäße noch comprimirt ist. Lüftet man aber das letztere, so, daß das Quecksilber innerlich 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll höher zu stehen kommt, als äusserlich, und das Gas sonach verdünnt wird; so entzündet es sich und verpufft; daher man das Gefäß mit einem Netze von Eisendrath umgeben muß. Man sieht hieraus, daß der Phosphor auch in Gasgestalt noch die Eigenschaft behält, sich in verdünnter Luft leichter, als beim gewöhnlichen Drucke derselben, zu entzünden.

Die Zusammensetzung dieser Gasarten ist noch nicht recht bekannt. Gay-Lussac bemerkte, daß Phosphorwasserstoffgas im Maximum, welchem man den Phosphor durch ein geschmolzenes Metall entzog, sein Volumen $1\frac{1}{2}$ Male erweiterte. Dr. Thomson aber fand, daß das Volumen des Wasserstoffgases unverändert bleibe; daß dieses Gas, dem Gewichte nach, aus 1 Theile Wasserstoffe und 12

Theilen Phosphor bestehe, und von der Elektricität zerlegt werde, so daß der Phosphor ausgeschieden wird, der Wasserstoff aber zurückbleibt. Dagegen beobachtete derselbe, daß das weniger phosphorhaltige Wasserstoffgas, wenn es mit Kalium erhitzt wird, seinen Phosphorgehalt verliert und sein Volumen verdoppelt. Dasselbe geschieht, wenn es mit Schwefel erhitzt wird. Auf der andern Seite hat Houton Labillardiere gefunden, daß das Phosphor in Maximum enthaltende Wasserstoffgas seinen Ueberschuß an Phosphor ohne Veränderung seines Volumens verliert, was mit der allgemeinen Erfahrung übereinstimmt, und z. B. bei Zersetzung dieser Gasart durch das Sonnenlicht der Fall ist. Die Resultate von beiderlei Erfahrungen stehen daher mit einander im Widerspruche, und dieser kann nur durch neue Untersuchungen beseitigt werden.

Die Verbindung des Phosphors mit Wasserstoff hat gar keine Eigenschaften einer Säure, auch keine Verwandtschaft zu den Alkalien und Erden. Zu mehreren Metalloxiden äußert dieselbe eine Affinität, aber von anderer Art, indem der Wasserstoff die Metalle, welche sich mit dem Phosphor verbinden, reducirt, und daher Wasser und ein Phosphormetall dabei erzeugt wird.

Nach Grotthusens Versuchen kann man das Phosphorwasserstoffgas in tropfbar flüssiger Gestalt erhalten, wenn man Phosphor mit einer Lösung von Kali in Alkohol kocht. Der Phosphor wird dabei flüssig und bleibt es auch im Kalten; kocht man ihn mit luftfreien Wasser, so entweicht Phos-

258 Verbindung von Phosphor und Schwefel.

phorwasserstoffgas, ohne daß man im Wasser Phosphorsäure aufgelöst findet, d. h., ohne daß Wasser zerlegt wird, und der Phosphor gerinnt nach dem Abkühlen. Diese Verbindung hat man mit den liquiden Verbindungen des Schwefels mit Schwefelwasserstoff Aehnlichkeit.

Phosphor und Schwefel.

Phosphor und Schwefel können sich in allen Verhältnissen vereinigen, und diese Verbindungen sind leichter entzündlich, als der Phosphor für sich. Man erhält sie, wenn man entweder Phosphor und Schwefel zusammenreibt, wobei sie sich aber leicht entzünden, oder noch besser, wenn man beide in warmen Wasser zusammenschmelzt. Beide werden durch ihre Vereinigung leichter schmelzbar als vorher. Eine Mischung

von 1 Th. Phosph. u. 9 Th. Schwef. schmilzt bei $+25^{\circ}$

- 1 - - - 18 - - - - $+15^{\circ}$

- 2 - - - 1 - - - - $+10^{\circ}$

- 1 - - - 1 - - - - $+5^{\circ}$

Läset man eine solche Mischung mit Wasser übergossen stehen, so entwickelt sie, besonders im Lichte, geschwefeltes Wasserstoffgas; das Wasser wird von phosphoricher Säure sauer, und dieß dauert so lange fort, bis einer von beiden Gemengtheilen gänzlich verzehrt ist, und nur noch Schwefel oder Phosphor allein zurückbleibt. Hat der letztere das Uebergewicht, so wird er dennoch vom Lichte nicht geröthet. Kocht man die Mischung von beiden mit Wasser, so entsteht dieselbe Gasentwicklung, ist aber mitunter von ei-

Gas aus Phosphor, Schwefel und Wasserstoff. 259
ner Explosion begleitet, welche das Gefäß zertrümmert.

Phosphor, Schwefel und Wasserstoff, eine eigene Gasart.

Dieses Gas erhält man, nach Brugnatelli, wenn man in einem Apparate, wie zur Entwicklung des Phosphorwasserstoffgases gebraucht wird, $1\frac{1}{2}$ Unze frisch gelöschten Kalk, 40 Gran Phosphor und 120 Gran trockenes gepulvertes Schwefelkali unter einander mengt, mit $\frac{1}{2}$ Unze Wasser übergießt und damit kocht. Im Anfange entsteht ein dicker weißer Rauch von Phosphor, welcher auf Kosten der im Gefäße eingeschlossenen Luft verbrennt; nachher aber entwickelt sich die dreifach zusammengesetzte Gasart völlig durchsichtig. Sie muß über Kalkwasser aufgefangen und etwas damit umgeschüttelt werden, um das Schwefelwasserstoffgas und die unvollkommene Phosphorsäure, die darin enthalten seyn können, daraus zu entfernen. Dieses Gas entzündet sich nicht von selbst; vermischt man es aber mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas, und zündet es an, so verbrennt es mit einem heftigen Knalle. Füllt man damit eine Flasche, die eine enge Oeffnung hat, und zündet das Gas an, so brennt es mit einer schwachen phosphorischen Flamme, und es strömt dabei ein weißer Rauch in die Flasche hinein, der aus Phosphorsäure, Schwefelsäure und Wasser besteht. Das Gas ist im Wasser unlöslich, schlägt aber verschiedene

Metzlaflösungen nieder, wenn man sie damit umschüttelt. Die Existenz dieses Gases, so wie dessen Eigenschaften erheischen eine nähere Untersuchung, weil es wohl möglich wäre, daß es bloß aus einem Gemenge von geschwefelten - und Phosphor-Wasserstoffgas im Minimum bestünde.

Phosphor verdunstet zwar im Schwefelwasserstoffgas und macht, daß das Gas beim Zutritt der atmosphärischen Luft eine voluminöse, bläuliche schwache Flamme giebt, welche von der Verwandlung des Phosphors in phosphorische Säure herrührt; allein das dreifache Gas wird dadurch nicht hervorgebracht. Man erhält bloß geschwefeltes Wasserstoffgas, worin Phosphor verdunstet ist. Ein feuchter Schwamm, den man darin eintaucht, leuchtet, nachdem man ihn wieder herausgenommen hat, noch lange in der Luft.

Phosphor und Stickstoff.

Man nimmt an, daß, wenn Phosphor in eingeschlossener atmosphärischer Luft so lange leuchtet, bis aller Sauerstoff verzehrt ist, das zurückbleibende Gas eine dreifache Verbindung von Phosphor, Stickstoff und wenigem Sauerstoffe sey, wodurch das eigenthümliche Volumen des Stickstoffgases um $\frac{1}{10}$ vermehrt werde. Dieses Gas leuchtet im Dunkeln, wenn es mit Luft gemengt ist; ist aber keine chemische Vereinigung zwischen Phosphor und Stickstoff. Es enthält bloß einen Antheil verdunsteten Phosphor, mit oder ohne Sauerstoff, wie ich bereits beim Phosphorwasserstoff angeführt

habe; und das Leuchten des Phosphors in dieser Gasart rührt blos von der Verdunstung des ersteren her, wie schon beim Schwefel erwähnt worden ist.

Ausser den Verbindungen mit diesen einfachen Stoffen, kann der Phosphor auch in Naphta, Fett, und in fetten und flüchtigen Oelen aufgelöst werden. Alle diese Auflösungen leuchten beim Zutritte der Luft im Dunkeln.

Phosphor - Feuerzeuge.

Der Phosphor ist in den Künsten wenig brauchbar; seine allgemeinste Anwendung findet er bei mancherlei Arten von Feuerzeugen, deren Gebrauch aber oft gefährlich und daher im allgemeinen verboten ist. Es sind folgende:

1) Phosphorlichter. Eine Glasröhre von 5 Zoll Länge und zwei Linien Durchmesser wird an dem einen Ende zu einer kleinen Kugel ausgeblasen. In diese legt man ein wenig Phosphor und schiebt sodann ein kleines Wachslicht in die Röhre, was dünn genug ist, das es leicht hineingesteckt werden kann. Der Docht desselben wird vorher mit etwas Nelkenöl oder gutem Wachsöle angefeuchtet und dann in einem fein gepulverten Gemenge von gleichen Theilen Schwefel und Kampher eingerieben. Man steckt sodann das Licht so tief in die Röhre hinein, das es den Phosphor erreicht, und erwärmt die Kugel vorsichtig, um den Schwefel und Phosphor zusammen zu schmelzen. Hierauf bläset man das offene Ende zu und macht

einen Zoll von der Kugel abwärts einen Feilstrich in die Röhre. Soll nun das Licht gebraucht werden, so bricht man die Röhre beim Feilstriche entzwei und zieht das Licht schnell heraus, wobei es sich entzündet, so wie es an die Luft kommt.

2) Man füllt eine trockene Flasche mit engem Halse bis zur Hälfte mit wohl getrocknetem Phosphor, zündet diesen sodann mit einem heißen Eisendrathe an, und läßt ihn so lange fort brennen, bis er verlöscht, oder bis er im Dunkeln ziemlich zu leuchten aufhört, wo man dann die Flasche verkorkt. Oder man stellt auch die Flasche, ohne den Phosphor anzuzünden, und nur leicht mit Papier zugepfropft, auf einen warmen Stubenofen, läßt sie da so lange stehen, bis der Phosphor braun geworden ist, und verkorkt sie dann gut. Die Flasche erhält nun ein Gemenge von Phosphorsäure, Phosphoroxid und noch völlig unverbrannten Phosphor. Fährt man nun mit einem Schwefelhölzchen hinein, so daß es die Masse etwas derb berührt, und zieht es dann schnell wieder heraus, so entzündet es sich von selbst, und zwar dadurch, daß die Phosphorsäure das Wasser aus der atmosphärischen Luft so schnell an sich zieht und dabei zerfließt, daß das mit Schnelligkeit aus der Gasform in die tropfbar flüssige Gestalt versetzte Wasser eine hinlängliche Portion Wärme fahren läßt, um das Gemenge zu entzünden, welches der Schwefel und Phosphor auf dem Schwefelhölzchen bilden.

Eine Hauptsache bei diesem Feuerzeuge ist,

dafs der Pfropf gut eingeschliffen und so mit Talg eingeschmiert wird, dafs er vollkommen dicht schliesst, und dafs ferner dieser Pfropf jedesmal beim Verschliessen der Flasche in der Oeffnung derselben einigemale herumgedreht, auch wenn er trocken zu werden anfängt, wieder von neuem mit Talg eingeschmiert wird. Kommt Feuchtigkeit aus der Luft in die Flasche, so ist alles verdorben. Man hat den Vorschlag gethan, dem Phosphor vor der Erhitzung etwas gebrannte Magnesia zuzusetzen; allein dies ist unnöthig. Der Zweck ist immer blos darauf gerichtet, die obere Rinde des Phosphors in einen selbstentzündlichen Zustand zu versetzen, und diese pflanzt sich durch den Luftwechsel bei jeder Oeffnung der Flasche, wo die Oberfläche des Phosphors entblöst wird, nach unten zu fort. Diese Feuerzeuge sind unter den sogenannten chemischen Feuerzeugen, nächst der elektrischen Lampe, immer die brauchbarsten, die sich am besten halten und am wenigsten kosten.

3) Man drückt mit einem Schwefelhölzchen auf ein in Weifsblech eingefasstes Stückchen Phosphor so auf, dafs von diesem ein wenig daran hängen bleibt, und reibt das Schwefelhölzchen dann gegen einen Kork, wobei es sich durch die beim Reiben entwickelte Wärme entzündet.

5. Kohle. Kohlenstoff.

Die Kohle kommt in der Natur selten vollkommen rein vor, und kann von der Kunst nicht hervorgebracht werden. Im Mineralreiche findet

sie sich in großer Menge und in den festen Körpern des Thier- und Gewächsreiches ist sie einer der häufigsten Bestandtheile. In ihrem höchsten Grade der Reinheit bildet sie einen Edelstein, den Demant.

Die Demanten finden sich in mehreren Gegenden der beiden Indien, besonders in Golkonda, Visapur, so wie in Brasilien. Sie sind meist mit einer undurchsichtigen Rinde umgeben und kristallisirt, theils in regelmässigen Oktaedern, theils in kleinen Kristallen, welche von 48 dreiseitigen gekrümmten Flächen gebildet werden. Wird die natürliche Rinde durch Kunst weggenommen, so erscheinen die Kristalle klar und völlig durchsichtig. Sie sind am gewöhnlichsten farbenlos; bisweilen aber auch gelblich, citronengelb, hellbraun, und manchmal rosenroth, grün oder blau, (auch dunkelbraun und schwarz). Es sind die härtesten aller bekannten Körper; der härteste Stahl ritzt ihre Oberfläche nicht. *) Ihr eigenthümliches Gewicht beträgt 3,50 — 3,53. Sie brechen

*) Man hat geglaubt, daß die äußere Rinde des Demants härter als sein Inneres sey, weil ungeschliffene Demanten zum Glasschneiden gebraucht werden, geschliffene aber nicht dazu taugen, indem sie bloß das Glas ritzen, ohne es zu zerknicken; allein Wolaston hat neuerlich bewiesen, daß dieß daher rühre, daß die Ecken der rohen Demanten durch krumme Flächen gebildet werden. Ein Rubin, der so geschliffen wird, daß seine Flächen von gekrümmten Linien eingeschlossen sind, schneidet ebenfalls Glas, behält aber seine Schärfe nicht lange.

die Lichtstrahlen stärker als andere durchscheinende feste Körper, und da dieses stärkere Brechungsvermögen eigentlich den brennbaren Körpern angehört, so vermuthete schon Newton, daß der Demant ein brennbarer Stoff seyn dürfte. Auf Veranlassung des Großherzogs Cosmus III. untersuchte die Akademie zu Florenz, im Jahre 1694 das Verhalten des Demants im Brennpunkte eines großen Brennsiegels und fand, daß er sich nach und nach verzehre. Durch spätere, theils in verschlossenen Gefäßen, theils in offenem Feuer angestellte Versuche fand man, daß der Demant wirklich durch Brennen zerstört wird, und Macquer entdeckte 1771, daß er dabei selbst mit einer kleinen Flamme brenne. Lavoisier bewies endlich, daß beim Verbrennen des Demants im Sauerstoffgase dieses in Kohlensäure verwandelt werde.

Der Demant ist, wie alle Kohle, völlig feuerbeständig und erleidet durch die höchsten, uns bekannten Hitzgrade keine Veränderung, sobald er in verschlossenen Gefäßen, und gut in Kohlenpulver eingefüttert, oder in solchen Gásarten erhitzt wird, welche keinen Sauerstoff enthalten. — In der atmosphärischen Luft und im Sauerstoffgase verbrennt er, verlangt aber dazu eine weit höhere Temperatur, als die gewöhnliche Holzkohle, und entwickelt dabei nicht so viel Wärme, als zur Unterhaltung seines Verbrennens erforderlich ist. Daher verlischt er in der Luft in wenigen Augenblicken, wenn man ihn aus dem Feuer oder aus dem Focus des Brennsiegels herauanimmt; im Sauerstoffgase hingegen fährt er fort zu brennen, selbst

wenn er ſich nicht mehr im Brennpunkte befindet; und verbrennt, wenn das Sauerſtoffgas hinreichend iſt, ohne allen Rückſtand; wobei man zugleich auf ſeiner Oberfläche ein geringes Aufwallen bemerkt. Das Produkt der Verbrennung iſt Kohlenſäure, und das Volumen der Luft oder des Sauerſtoffgases wird nicht im mindeſten verändert, wenn die Verbrennung über Queckſilber geſchieht.

Außer dem Demant ſind die merkwürdigſten und reinſten Kohlenarten:

1) Reiſsblei, Graphit (Blyerz der Schweden), die bleigraue Maſſe, aus welcher unſere gewöhnlichen Bleiſtife gemacht werden. Er iſt ein eigenes Mineral, was in den Gebirgen der Urformation, und zwar vorzüglich im Granit, Glimmer- und Thonſchiefer in einzelnen Lagern vorkommt, und in mehreren Ländern gefunden wird. Am reinſten hat man ihn bis jetzt in England, bei Borrowdale in Cumberland gewonnen. Er iſt indessen nicht als chemiſch reine Kohle zu betrachten, ſondern beſteht aus einer Verbindung von Eiſen mit Kohle, welche auf 95 Theilen der letztern 5 Theile Eiſen enthält. Dieſe Art Kohle brennt faſt eben ſo ſchwierig als der Demant und kann daher nicht als Brennmaterial benutzt werden; wird ſie aber mit Hülfe anderer Kohle verbrennt, ſo hinterläßt ſie 7 bis 8 Prozent Aſche, die aus Eiſenoxid beſteht, was mit Erdarten verunreinigt iſt.

2) Kohlenblende, (Glanzkohle) Anthrazit, eine andere Art fossiler Kohle, welche der Steinkohle ähnelt, ſich aber dadurch von ihr un-

terscheidet, daß sie beiegehöriger Erbitzung ohne Flamme, Geruch und Rauch verbrennt.

3) Coaks; so nennt man in England die kohlige Masse, welche zurückbleibt, wenn man aus gewöhnlicher Steinkohle alle darin enthaltene flüchtige Theile durch Hitze austreibt. Sie ist eine schwammige, eisenschwarze, fast metallisch glänzende Masse, die in kleinen Stücken gar nicht brennt, hingegen in größeren Massen entzündet, mit dem höchsten Hitzgrade verbrennt, den man im Großen hervorbringen kann.

4) Holzkohle wird aus Pflanzen, besonders aus Holz erhalten, indem man durch verschiedenartige Behandlungen, die man Verkohlen nennt, alle flüchtige Stoffe durch Hitze aus ihnen her austreibt, wobei die Kohle, welche den häufigsten Bestandtheil des Holzes ausmacht, in Gestalt des Holzes zurückbleibt, und von einer unzählbaren Menge Poren durchzogen ist, die von den verflüchtigten Stoffen herrühren. Die Kohle von hartem Holze ist schwer und fest, von weicheren Holzarten aber leicht und locker, und die wärmegebende Kraft der Kohle beim Verbrennen verhält sich wie ihre Dichtigkeit.

5) Die thierische Kohle ist der vorigen ähnlich, behält aber selten die Gestalt des verbrannten Körpers. Dieser schmilzt gewöhnlich beim Verkohlen, und die entweichenden Stoffe verursachen eine Art von Kochen, was die Kohle voller großen Blasen macht. Sie ist übrigens oft metallisch glänzend, wie die Coaks.

Die große Unähnlichkeit dieser Kohlenarten

268 Ursachen der Unähnlichkeit dieser Kohlenarten.

mit dem Demant hat mancherlei Untersuchungen über den Grund derselben veranlaßt. Biot und Arrago schlossen aus ihren Versuchen über die strahlenbrechende Kraft des Demants, daß er ohngefähr $\frac{1}{3}$ seines Gewichts Wasserstoff enthalten dürfte. Allein Guyton, und besonders Davy haben bewiesen, daß es sich nicht so verhalte, und letzterer, welcher neuerdings eine sehr interessante Reihe von Untersuchungen darüber angestellt hat, glaubt den Unterschied zwischen dem Demant und unserer gewöhnlichen schwarzen Kohle bloß in der Aggregationsform und in dem kristallisirten Zustande des erstern suchen zu müssen.

Nun ist es wohl möglich, daß sich diese wirklich so verhalte. Allein wenn wir die übrigen Kohlenarten mit dem Demant vergleichen, so finden wir, daß jene allemal einen fremden Stoff enthalten, und bei der Verbrennung ein Produkt geben, was keine Kohlensäure ist; — welches hingegen beim Demant nicht der Fall ist. Der Graphit z. B. giebt Eisenoxid, und es ist jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen, daß sich das Eisen darin mit der Kohle in einer chemischen Verbindung befindet und daher an dem eigenthümlichen Charakter des Graphits Theil nimmt. Die Kohlen von Pflanzen- und Thierstoffen hinterlassen eine Asche, die aus Alkalien, Erdarten und einigen Metalloxiden besteht, und der größere Theil dieser Asche befindet sich nicht als Alkali, Erde oder Metalloxid in der Kohle, weil er vor ihrer Verbrennung nicht durch Säuren aus ihr herausgezogen

gen werden kann, und weil eine mit Säuren behandelte Kohle noch dieselbe Asche giebt, wenn man sie, nach dem Auswässern der Säure verbrennt. Die Bestandtheile dieser Asche waren demnach mit der Kohle chemisch vereinigt, und, allem Vermuthen nach, im brennbaren Zustande mit Kohlenstoff übersättigt, wie das Eisen im Graphit.

Es giebt indessen noch eine Art Kohle, die ohne allen Rückstand verbrennt; man erhält dieselbe, wenn man Lampen- oder Kienrufs in verschlossenen Gefäßen einer heftigen Hitze aussetzt, oder wenn man Dämpfe von flüchtigen Oelen durch glühende Glasröhren leitet, wo sich in diesen Kohle absetzt. Diese Kohle giebt zwar keine Asche, allein Davy hat dennoch gefunden, daß sie beim Verbrennen im Sauerstoffgas nicht soviel Köhlensäuregas giebt, daß das Volumen des verzehrten Sauerstoffgases dadurch ersetzt würde, wie dies beim Verbrennen des Demants der Fall ist. Da man nun aber weiß, daß das Sauerstoffgas, wenn es in kohlen-saures Gas verwandelt wird, sein Volumen nicht verändert: so ist leicht einzusehen, daß diese Kohle noch irgend einen brennbaren Stoff enthalten haben müsse, durch welchen Sauerstoffgas absorhirt und condensirt worden ist. Wenn das Gas, in welchem die Kohle verbrannte, abgekühlt wird, so setzt sich an der inneren Seite des Glases, worin die Verbrennung geschah, Wasser an, und dies beweist, daß die Kohle Wasserstoff enthielt. Da dieser Wasserstoff selbst bei sehr hoher Temperatur nicht aus der Kohle

entfernt werden konnte; so liegt es am Tage, daß er mit chemischer Kraft von ihr zurückgehalten wurde. Auch darf man nicht glauben, daß die, im Vergleich gegen die Kohle, geringe Menge des Wasserstoffs einen Beweis gegen die chemische Verbindung desselben mit der Kohle abgebe; denn da im Graphit 1 Gewichtstheil Eisen mit 19 gleichen Theilen Kohle vereinigt ist, und da man durch genaue Versuche weiß, daß die Menge Wasserstoff, welche mit dem Eisen gleiche Sättigungs-Capacität hat, nur $\frac{1}{52}$ soviel, als das Eisen wiegt; so folgt daraus, daß der verbrannte Kienrufs, um seinen Wasserstoff in demselben Grade mit Kohlenstoff zu sättigen, als im Graphit das Eisen damit gesättigt ist, nicht mehr als $\frac{1}{1000}$ seines Gewichts Wasserstoff enthalten könne.

Es ist demnach nicht unwahrscheinlich, daß diese Kohlenarten mit Kohlenstoff übersättigte und dem Graphit analoge Körper sind, in welchen die Stelle, welche das Eisen im Graphit einnimmt, theils durch die metallischen Radikale der Alkalien oder Erden, theils durch den Wasserstoff ersetzt wird. Sie enthalten überdem auch nicht selten mit Kohle übersättigtes Eisen. Wir nennen dergleichen Verbindungen nach der lateinischen Nomenclatur: Supercarbureta. Die Kohlen von thierischen Körpern enthalten ausser den genannten auch noch Supercarbureta von Phosphor und Schwefel. Man erhält auch eine schwarze Kohle, wenn man Kohlensäure durch Kalium oder Phosphor zerlegt; ist nun das Vorhergehende richtig, so muß diese Kohle im ersten Falle ein Su-

percarburetum des Kaliums, im letzten aber ein Supercarburetum des Phosphors seyn.

Die Holzkohle ist vollkommen feuerbeständig, und ein sehr schlechter Wärmeleiter; sie leitet aber die Elektrizität leicht, wogegen der Demant, so wie der Schwefel, Nichtleiter sind und durch Reiben elektrisirt werden können.

Der Kohlenstoff hat bei höherer Temperatur eine weit wirksamere Verwandtschaft zum Sauerstoffe, als der größte Theil der übrigen Körper, und wird deshalb in der Chemie und Metallurgie zu Ausscheidung der Metalle und Metalloide aus ihren Verbindungen mit Sauerstoff angewendet, wobei die vom Kohlenstoffe mit letzterm eingegangenen Verbindungen allemal in Gasgestalt entweichen.

Der Kohlenstoff kann sich mit dem Sauerstoffe in zweierlei Verhältnisse vereinigen. Die niedrigste Stufe ist eine brennbare Gasart, das Kohlenoxidgas, welches sein halbes Volumen Sauerstoffgas enthält, und dem Gewichte nach aus 43 Theilen Kohlenstoff und 57 Theilen Sauerstoff besteht. Die zweite ist eine Säure, die allezeit Gasgestalt behält, und Kohlensäure, Kohlensäuregas, genannt wird. Sie enthält ein gleich großes Volumen Sauerstoffgas, so daß das Sauerstoffgas, welches in Kohlensäure verwandelt wird, sein Volumen nicht verändert; besteht dem Gewichte nach aus 27,4 Theilen Kohlenstoff und 73,6 Theilen Sauerstoff, und der Kohlenstoff nimmt darin doppelt so viel Sauerstoff als im Kohlenoxide auf.

Ehe ich die Beschreibung des Kohlenstoffs

verlasse, muß ich noch zweier hauptsächlichlicher Eigenschaften der gut ausgebrannten Kohle Erwähnung thun, die sowohl in chemischer als physikalischer Hinsicht sehr merkwürdig sind. Nämlich:

1) der Eigenschaft der Kohle, aus Flüssigkeiten unterschiedliche darin aufgelöste Stoffe aufzunehmen. Befreit man die gewöhnliche Holzkohle durch starkes Brennen in verschlossenen Gefäßen von Wasser und flüchtigen Stoffen, so erlangt sie die Eigenschaft, verschiedene Gewächsfarben zu zerstören, und faulenden Körpern Geruch und Geschmack zu benehmen. Dieses Brennen kann in einem Tiegel oder in einem eisernen Topfe geschehn, wenn man die Kohle, theils um sie vor der Luft zu verwahren, theils um Wärmestoff in das Gefäß zu leiten, in feinem Sande einfüttert, und dann den Deckel des Gefäßes mit ein wenig Thon luftdicht darauf festkittet. Der Tiegel oder Topf wird hierauf in eine Schmiedeesse oder in einen guten Windofen gesetzt und eine Stunde lang gut durchgeglüht. Wenn man dann die dadurch erhaltene ausgebrannte Holzkohle grob zerstößt und mit unterschiedlichen Auflösungen von gefärbten Pflanzenkörpern (z. B. von Lakmus) mit Wein oder Essig, mit Salzlösungen, die durch Extraktivstoff oder durch Anbrennen braun oder gelb geworden sind, oder mit Wasser, worin Fleisch oder andere Stoffe verfault sind, — vermengt, und sodann das Gemenge nach einer Weile durchsieht; so geht die Flüssigkeit, besonders wenn sie vorher mit der Kohle gelind aufgeköcht worden ist, hell, und in den meisten

Fällen, ohne Farbe, Geruch und Geschmack, durch, und ist dem Ansehn nach von den Pflanzen- oder thierischen Stoffen frei, die sie vorher erhielt. — Das faulige Wasser wird dadurch trinkbar; der Wein verliert Farbe und Stärke; der Essig wird klarer, aber weniger sauer; die Lakmuskintur farbenlos, u. s. w. — Hierbei werden indessen nicht alle diese Stoffe (von der Kohle) eingesogen; bei den meisten verändert sich blos die Zusammensetzung, und das faulige Wasser, welches durch das Filtriren mit Kohlenpulver, Geruch und Geschmack verlor, wird nach einiger Zeit wieder faul und stinkend.

Man bedient sich, dieser Eigenschaft halber, der Kohle theils zur Reinigung verschiedener chemischer Präparate im Großen, z. B. zu der Läuterung des Salpeters, zur Reinigung des Hirschhornsalzes, u. d. m., theils hat man sie dazu angewendet, schlechtes Wasser wieder gut zu machen. Zu diesem Behufe hat man in Paris eine Art von Filtrir-Maschine erfunden, die ihrem Zwecke recht gut entspricht, die aber das Zutrauen, was sie verdient, beinahe gänzlich verloren hatte, weil ihre Erfinder, Smith und Cuchet glaubten, die reinigende Wirkung der Kohle höre niemals auf, und weil sie dieselbe daher für unveränderlich ausgaben. Die Grundsätze, auf welche sich diese Filtrir-Maschine gründet, sind folgende: Das Wasser wird zuerst durch einen Schwamm durchgeseiht, um es von Sand und anderen beigemengten Unreinigkeiten mechanisch zu befreien, und kommt dann in einen Raum, wo es chemisch gereinigt

274 Reinigung schlechten Wassers durch Kohle.

werden soll. Dieser Raum wird von mehreren über und in einander gesteckten cylindrischen Steinkrügen, wie Fig. 13. Tafel II., gebildet. *a a* ist ein kleiner Krug, der mit seinem Boden mitten in dem größeren *b b* befestigt ist und bei *d* ein Loch hat, was durch den Boden beider durchgeht. Ueber diesen kleineren Krug wird ein etwas größerer, *c c*, gestürzt, mit dem Boden nach oben, und so, daß er mit seinem nach unten gekehrten Rande auf kleinen Erhöhungen aufruhet, welche das Wasser ungehindert durchfließen lassen. Die Zwischenräume zwischen diesen Krügen werden mit grob zerstoßener, wohl ausgebrannter Holzkohle und mit zerstoßenem Feldspath oder Marmor angefüllt, die schichtenweise über einander liegen. Diese Vorrichtung nöthiget das Wasser, ehe es bei *d* herauslaufen kann, einen $2\frac{1}{2}$ Male weiteren Weg zu machen, als die Höhe des äußeren Krugs beträgt. Die Gestalt dieser Maschinen kann übrigens sehr mannichfältig seyn. Da sie leicht auseinander genommen werden kann, ist es am besten, die Filtrirmasse auszuwechseln, wenn sie nach einiger Zeit durch Gebrauch ihre reinigende Kraft verloren hat. Dergleichen Apparate sind auf der See sehr brauchbar, wenn das Trinkwasser zu faulen anfängt. Es wird nach einer einzigen Durchseihung gut und trinkbar, fault aber nach einiger Zeit gewöhnlich wieder, was man indessen durch Aufkochen verhindern kann.

Wenn man Wasser mit Kohlenpulver gemengt aufbewahrt, so fault es nicht, oder wenigstens

höchst selten, und man bedient sich daher jetzt zur See zu Aufbewahrung des Wassers mit dem größten Nutzen Holzfässer, welche vor dem Binden inwendig gut verkohlt worden sind. Diese glückliche Entdeckung wurde von Bérthollet gemacht. In diesem Falle scheint die Kohle vielmehr dem Anfange der Verfaulung vorzubeugen, oder sie abzuhalten, als das bereits verfaulte allmählig wieder herzustellen.

Die Kohle von thierischen Körpern übertrifft in den angeführten Eigenschaften, die Kohle von vegetabilischen Körpern. Man gebraucht hierzu entweder in verschlossenen Gefäßen stark durchgebrannte Knochen, (sogenannte Beinschwärze) oder, wenn die darin enthaltene Knochenerde Ungelegenheit macht, verdünnt man Blut, mit zweimal soviel Wasser; dem Volumen nach, coagulirt dasselbe durch Kochen und verkohlt das Coagulum bei strenger Hitze in verschlossenen Gefäßen. Die beste von allen Kohlen ist jedoch die, welche bei Bereitung des Berlinerblaus nach dem Auslaugen der Blutlauge auf dem Filtrum zurückbleibt. Sie macht jetzt in Frankreich einen Handelsartikel aus, und wird ziemlich theuer bezahlt, weil sie beim Sieden des Runkelrübenzuckers dem Syrup die Farbe benimmt. Vermuthlich wirkt diese Kohle hauptsächlich wegen ihrer feinen mechanischen Zertheilung viel vortheilhafter, als jede andere.

Vermöge der Eigenschaft der Kohle, verschiedene durch Fäulnis gebildete Stoffe in sich aufzunehmen, kann man auch dem Faulen organi-

276 Condensirung der Gase in den Poren d. K.

scher Körper durch Einwickelung derselben in Kohlenpulver vorbeugen. Man hat z. B. Fleisch zwischen dicke Schichten von Kohlenpulver in luftdichten Gefäßen eingepackt, und dann mehrere Monate lang bei $+ 10^{\circ}$ Wärme stehen lassen. Wenn man das Fleisch wieder herausnahm, fand man es vollkommen frisch, und erst nachdem es mehrere Tage der Luft ausgesetzt gewesen war, fing es an in Fäulniß überzugehen. Man benutzt auch in der Haushaltung diese Eigenschaft der Kohle oft bei Aufbewahrung thierischer Körper.

2) Die Eigenschaft der Holzkohle, und der porösen Körper im Allgemeinen, in ihren Poren die Gase bis auf einen gewissen Grad zu condensiren.

Wenn man glühende Kohle in einem luftdicht verschlossenen Gefäße auskühlen läßt, oder während sie noch glühend ist, in Quecksilber eintaucht, so erhält sie dadurch die Eigenschaft, die Gasart, in welche sie nachher gebracht wird, einzusaugen und gewöhnlich ihr mehrfaches Volumen davon in sich aufzunehmen. Dieses Verhalten wurde zuerst von Fontana bemerkt, dann durch Versuche von Rouppe, Morozzo und Norden bestätigt, die Ursache davon aber erst neuerlich durch Saussure untersucht.

Er stellte seine Versuche mit Kohle von Buchsbaumholze an, die er nach strengem Glühen unter Quecksilber ablöschte. Sie absorbirte, bei 12° und 26,895 Barometerstand, von nachfolgenden Gasen sovielmal ihr eigenes Volumen, als die beigetzten Zahlen anzeigen; nämlich Ammoniakgas

90; Salzsäuregas 85; Schweflichsaures Gas 65; Schwefelwasserstoffgas 55; Gasförmiges Stickstoffoxid 40; Kohlensäuregas 35; Kohlenwasserstoffgas im Maximum 35; Kohlenoxidgas 9,40; Sauerstoffgas, 9,25; Stickstoffgas, 7,5; Wasserstoffgas 1,75. Von dem Stickstoffoxidgas nahm sie ein 33 faches Volumen auf, zerlegte es aber zum Theil. Nach 24 bis 36 Stunden hört alle Absorption auf, ausgenommen beim Sauerstoffgas, was unaufhörlich, jedoch im abnehmenden Verhältnisse, eingesogen und wobei Kohlensäuregas gebildet wird, was die Kohle an sich behält. Demohngeachtet geht die Absorption des Sauerstoffgases in einem ganzen Jahre nicht weiter, als bis ohngefähr zum 14fachen Volumen der Kohle.

Ist die Kohle von Feuchtigkeit durchzogen, so vermindert sich ihr Vermögen, Gase einzusaugen, um ein Bedeutendes, so daß sie nunmehr nicht halb soviel mehr aufnehmen kann, und gießt man Wasser auf eine mit Gas gesättigte Kohle, so läßt sie einen Theil davon wieder fahren. Vom Kohlensäuregas löset die Kohle 17 Volumina wieder los, und behält nur 18 zurück; vom Sauerstoffgas giebt sie $3\frac{1}{4}$, vom Stickstoffgas $6\frac{1}{2}$, vom Wasserstoffgas $1\frac{7}{8}$ Volumina wieder von sich; das Uebrige bleibt in der feuchten Kohle zurück. Während dem, daß die Gasarten von der Kohle eingesogen werden, entsteht durch ihre Verdichtung Wärme, so daß das Thermometer um mehrere Grade steigt, und dies geschieht um so merklicher, je schneller und stärker die Einsaugung vor sich geht. Wird diese Kohle unter die

Luftpumpe gebracht, so giebt sie das Gas wieder von sich, es entsteht Kälte, und man kann unter der Luftpumpe eine gewöhnliche Kohle so luftfrei machen, daß sie, in ein Gas gebracht, fast eben so viel davon einsaugt, als ob sie geglüht worden wäre.

Die eingesogenen Gasarten können durch Hitze aus der Kohle wieder ausgetrieben werden, und man findet sie durch ihren Aufenthalt in der Kohlenmasse nicht im mindesten verändert. In einer dünneren Atmosphäre saugt die Kohle dem Gewicht nach eine geringere, dem Volumen nach aber eine größere Menge Luft ein, wenn man das Volumen der Kohle mit dem Volumen der Luft in ihrem verdünnten Zustande vergleicht. So verschluckte z. B. Buchsbaumkohle bei 27 Zoll Barometerhöhe $34\frac{1}{2}$ Male ihr Volumen Kohlen-säuregas, bei $9\frac{3}{4}$ Zoll Barometerhöhe hingegen 69 Volumina. Diese Eigenschaft beruht daher nicht auf chemischer Verwandtschaft, sondern ist eine mechanische Erscheinung. Durch welche Kraft dieselbe aber hervorgebracht wird, ist noch nicht ausgemittelt.

Diese Eigenschaft, in ihren Poren Luftarten einzusaugen und zusammenzudrücken, ist aber der Kohle nicht allein eigenthümlich, sondern kommt allen porösen Körpern gemeinschaftlich zu. Jedoch erleidet sie mancherlei Veränderungen, nicht allein durch die Größe und Anzahl der Poren, sondern auch durch die chemische Beschaffenheit des porösen Körpers, so daß ungleichartige Substanzen

nicht nur überhaupt ungleiche Mengen Gas verdichten, sondern auch manche Körper gewisse Gasarten in größeren relativen Verhältnissen, als andere Körper, condensiren; z. B. poröses Holz verdichtet, im Verhältniß seines allgemeinen Absorptions-Vermögens, mehr Wasserstoffgas als andere Körper. Die Größe der Poren hat vielen Einfluß auf die Quantität der Absorption; zu große, oder zu kleine Poren verhindern dieselbe gänzlich: z. B. Kohle von Kork hat so große Poren, daß sie gar nichts absorhirt; kieferne Kohle hat größere Poren, als Buchsbaumkohle, und verdichtet daher kaum mehr, als halb soviel Gas, wie diese. Das Pülvern verstört eine Menge Poren und vermindert die Absorption.

Der Graphit ist so dicht, daß er nichts condensirt. Saussure hat gefunden, daß verschiedene poröse Fossilien, z. B. Meerschaum, Klebschiefer von Menil-Montant, Asbest, u. d. m., ferner verschiedene Holzarten, Wollen- und Seidenzeuche, aus welchen man die Luft unter der Luftpumpe ausgepumpt hat, Gasarten bis zu ihrem mehrfachen Volumen condensiren, jedoch in geringeren Verhältnissen als Buchsbaumkohle, auch von einem Gase relativ mehr, als von dem andern.

Wenn poröse Körper mit gemengten Gasarten in Berührung gebracht werden, so werden die letztern nach dem zusammengesetzten Verhältnisse ihrer Anziehung zu dem porösen Körper von diesem eingesogen. Am besten wird dies bemerklich, wenn man eine Kohle, die schon mit einem

Gase gesättigt ist, in ein anderes Gas bringt, wo dieses sich in die Kohle eindringt, und einen Theil von dem vorher darin aufgenommenen Gase her austreibt. Das Volumen der Gasart, welches durch eine andere aus der Kohle ausgetrieben wird, ist verschieden, und hängt von dem Verhältnisse ab, in welchem die beiden Gasarten in dem nicht absorbirten Rückstände sich befinden. Je größer die Menge des austreibenden Gases ist, desto mehr treibt es auch von einem anderen Gase aus; doch kann ein Gas niemals das Andere völlig austreiben. Manche Gasarten werden in Gesellschaft mit einander mehr verdichtet, als ein einzelnes von ihnen für sich; z. B. Sauerstoff- und Wasserstoffgas, Kohlensäure- und Sauerstoffgas; es bildet sich aber dabei nicht einmal eine theilweise Verbindung zwischen zwei solchen Gasen, sondern das Sauer- und Wasserstoffgas z. B. können, ohne eine Spur vom gebildeten Wasser zurückzulassen, durch Wärme wieder verjagt werden. Hiervon machen jedoch das Schwefel-Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine Ausnahme, die, wenn sie zusammen von Kohle eingesogen werden, nach Thenard's Versuchen, Wasser bilden und Schwefel in der Kohle absetzen.

Man hat schon längst gewußt, daß poröse und gepulverte Körper das Vermögen besitzen, selbst in trockener Luft Feuchtigkeiten einzusaugen. Kohle nimmt sehr viel davon auf, und es ist bei chemischen Arbeiten oft recht schwierig, eine geglühte poröse Masse so zu wägen, daß sie nicht während des Wägens selbst, in der trocken-

Absorption der Luftfeuchtigkeit durch Kohle. 28a
sten Luft an Gewichte zunimmt. Dies wird durch das Angeführte erklärt. Die Luft enthält gasförmiges Wasser, was der poröse Körper verdichtet, und weil dasselbe leicht flüssig wird, so wird es in weit größerer Gewichtsmenge, als permanente Gasarten, condensirt. So hat auch die Erfahrung bewiesen, daß das Gas von Alkohol und Aether in weit größerem Verhältnisse als z. B. Kohlensäuregas, welches permanent ist, verdichtet wird.

Diese Umstände dienen auch zur Erklärung einer von unsern Köhlern schon längst bemerkten Erscheinung, daß nämlich Kohle, welche an der Luft liegt, um 10 bis 20 Prozent am Gewichte zunimmt. Dieser Zuwachs rührt sowohl von der atmosphärischen Luft her, welche die Kohle einsaugt und in ihren Poren zusammendrückt, als auch vom Wassergas, welches aus der Luft in großer Menge absorbiert und verdichtet wird. Wenn man diese Kohle erhitzt, so giebt sie Luft und Wasser wieder von sich; jedoch werden beide bei schneller Erhitzung leicht zerlegt, so daß die Gasarten, die man erhält, aus Kohlensäuregas, Kohlenwasserstoffgas, Kohlenoxidgas und Stickstoffgas bestehen.

Kohlenwasserstoff.

Kohlenstoff und Wasserstoff können sich in zwei verschiedenen Verhältnissen vereinigen und diese Verbindungen sind gasförmig.

1) Kohlenwasserstoffgas mit wenig Kohle (gewöhnliches Kohlenwasserstoffgas). Beim Destilliren mancher organischen Körper kommen, aufer Wasser und brenzlichem Oele, eine Menge stinkende Gasarten zum Vorschein, welche theils aus Kohlensäure, theils aus Kohlenwasserstoffgas, und theils aus Kohlenoxidgas bestehen. Von dem Kohlensäuregas kann das Kohlenwasserstoffgas durch Umschütteln mit Kalkwasser leicht befreit, vom Kohlenoxidgas aber nur mit großer Schwierigkeit gereinigt werden.

Wenn man Kampher, Alkohol oder Naphta in einer kleinen Glasretorte erhitzt, und die Dämpfe durch eine glühende Röhre von Glas, Porzellan oder Kupfer leitet; so erhält man ebenfalls ein Gemenge von diesen Gasarten, nämlich Kohlensäure, Kohlenoxidgas und Kohlenwasserstoffgas. — Man erhält diese Gasart auch, wenn man schwefelfreie und trockene Steinkohle für sich destillirt, und das Gas, ehe man es aufammelt, durch ein glühendes Rohr leitet. Sie enthält jedoch stets ein wenig Kohlenoxidgas, was bei allen diesen Versuchen erzeugt wird. Die ungleichen Mengen desselben machen, daß die erhaltenen Gasgemenge auch ungleiche Quantitäten Sauerstoffgas zum Verbrennen erfordern und daher auch ungleiche Mengen Kohlensäure dabei geben *).

*) Dieser Umstand hat verschiedene Chemiker verleitet, diese Gasgemenge als Kohlenwasserstoff-Gasarten von ungleichem Kohlenstoffgehalte zu betrachten. Man hat z. B. geglaubt, daß das Gas, was man erhält,

Als die beste bis jetzt bekannte Art, dieses Gas zu erhalten, wird folgendes Verfahren angegeben. In stehenden Wassern, die sich auf lokaleren, morastigen Boden befinden, und in welchen dieses Gas durch die Zerstörung organischer Körper gebildet wird, stürzt man eine mit Wasser gefüllte Flasche um, in deren Oeffnung ein weiter Trichter befestigt ist, und rührt dann mit einem Stocke den Boden auf, wo Luftblasen emporsteigen, die man mittelst des, gerade über die aufgerichtete Stelle gehaltenen Trichters auffängt und in die Flasche steigen läßt. Dies setzt man

wenn Wasserdämpfe durch glühende Kohlen geleitet werden, (wenn z. B. ein Flintenlauf Fig. 7. Taf. II. mit Kohlenpulver gefüllt wird), Kohlenwasserstoffgas sey; es enthält aber im Gegentheil nur wenig von diesem Gas, und besteht hauptsächlich aus reinem Wasserstoffgas, was mit Kohlenoxidgas gemengt ist. 100 Theile desselben (dem Volumen nach) nehmen beim Verbrennen nur 10 Theile Sauerstoffgas mehr, als das reine Wasserstoffgas, also nur 60 Theile Sauerstoffgas auf, und geben doch 35 Theile Kohlenäuregas. Es besteht nach Henry's Versuche aus 5 Theilen Kohlenwasserstoffgas, 25 Theilen Kohlenoxidgas und 70 Theilen reinem Wasserstoffgas. Neuerdings sind diese unrichtigen Vorstellungen noch mehr berichtigt worden, seitdem man gefunden hat, daß das Kohlenoxidgas vom Kalium zerlegt wird, daß dabei Kali mit Kohle gemengt entsteht, und das Gas condensirt wird. Auf diese Weise kann man dieses Gas stets vom Kohlenwasserstoffgase scheiden, weil letzteres von jenem brennbaren Metalle nicht angegriffen wird.

284 Eigenschaften des gem. Kohlenwasserst. Gas.

an mehreren Stellen fort, bis die Flasche gefüllt ist, und schüttelt dann das Gas mit Kalkwasser um, damit es von der Kohlensäure befreit werde. Gewöhnlich enthält es außerdem auch noch etwas atmosphärische Luft.

Das Kohlenwasserstoffgas besitzt einen unangenehmen Geruch; ist schwerer als reines Wasserstoffgas, aber leichter als atmosphärische Luft. Sein eigenthümliches Gewicht verhält sich zu dem der letztern, wie 0,57072: 1,000.

Sein Vermögen das Licht zu brechen, verhält sich gegen das Brechungs-Vermögen der Luft = 2,0927: 1,000. 100 Theile Kohlenwasserstoffgas (dem Volumen nach) erfordern zu ihrer völligen Verbrennung 200 Theile Sauerstoffgas und geben dabei 100 Theile Kohlensaures Gas und ein wenig Wasser. Es besteht sonach aus $7\frac{1}{4}$ Theilen Kohlenstoff und 26 Theilen Wasserstoff. Es brennt mit einer schwachen blauen Flamme, die nicht leuchtet. Durch wiederholte elektrische Schläge wird es zerlegt, setzt dabei seinen Kohlenstoff ab, und zuletzt bleibt ein doppeltes Volumen Wasserstoffgas zurück. Eine eben solche Zerlegung erleidet dasselbe, wenn man es durch ein stark glühendes Rohr öfter hin- und herstreichen läßt. Im Wasser ist es schwerlöslich; 14 Cubikzoll Wasser nehmen nur 1 Cubikzoll davon auf. Es verbindet sich weder mit Alkalien, noch mit Erdarten, schlägt die Metallsalze nicht nieder, und zeigt keine Eigenschaften einer Säure.

Dieses wenig Kohlenstoff enthaltende Kohlenwasserstoffgas kommt oft in Steinkohlenflötzen, und zwar in einem sehr zusammengedrückten Zustande, in den Klüften desselben eingeschlossen, vor. Wenn man beim Arbeiten in Steinkohlengruben solchen Klüften nahe kommt, so öffnen sie sich und das Gas fängt an heraus zu strömen, um sich mit der Atmosphäre in Gleichgewicht zusetzen, was oft mehrere Wochen dauern kann. Das Gas hat an sich keinen gefährlichen Einfluss auf die Gesundheit der Arbeiter; allein, wenn es sich bis auf einen gewissen Grad mit der atmosphärischen Luft gemischt hat, wird es durch die Lampen der Arbeiter entzündet, explodirt mit großer Gewaltamkeit und tödtet die Arbeiter. Davy hat inzwischen ein Mittel entdeckt, solchen Unglücksfällen vorzubeugen, was darin besteht, dass man die Flamme der Lampe mit einem dichten Gewebe von Messingdrath umgiebt. Ist das Gas explosiv, so entsteht zwar innerhalb des Drathgeflechtes eine Verpuffung; allein, weil das Gas vom Metalle abgekühlt wird, kann sich die Entzündung dem Gase ausserhalb des Gewebes nicht mittheilen. Die nähere Beschreibung dieser merkwürdigen Entdeckung, wird man im 3ten Theile dieses Lehrbuchs, unter dem Artikel Lampe finden.

2) Kohlenwasserstoffgas mit mehr Kohle, (Gaz oléfiant; ölbildendes Gas). Man erhält diese Gasart, wenn man 1 Theil Alkohol und 4 Theile concentrirte Schwefelsäure in einer Retorte untereinander mengt, in deren Hals zum

Auffangen des Gases ein krummes Rohr eingekittet ist. Das Gas entwickelt sich sogleich in kleinen Bläschen, die noch häufiger zum Vorschein kommen, wenn die Masse gelinde erwärmt wird, wo man das Gas in grosser Menge erhält. Es ist sehr oft mit schwefelsaurem Gase verunreiniget, von welchem es durch Umschütteln mit Wasser oder Kalkwasser befreit werden kann. Die gegenseitige Einwirkung des Alkohols und der Schwefelsäure auf einander, durch welche die Entwicklung des Gases verursacht wird, werde ich weiter unten, bei Beschreibung der Naphta-Arten, aus einandersetzen.

Das ölbildende Gas ist beinahe so schwer als die atmosphärische Luft; die eigenthümlichen Gewichte beider verhalten sich, nach Saussure wie 0,9852: 1,000. Sein Vermögen, das Licht zu brechen, verhält sich zu dem der Luft, = 1,81863: 1,0000. Seine eigenthümliche Wärme beträgt, mit der Luft verglichen, dem Volumen nach = 1,553, dem Gewichte nach 1,5763; und mit gleichem Gewichte Wasser = 0,4207.

Läset man es in die atmosphärische Luft ausströmen und entzündet es, so brennt es mit einer helleren Flamme, als irgend ein Kerzen- oder Lampenlicht, und man sieht aus der Gleichheit seiner Flamme mit der eines brennenden Lichts, daß es vornehmlich die Bildung dieses Gases im Dochte des brennenden Lichts ist, welche die leuchtende Flamme desselben verursacht, wie weiter unten, bei Erklärung des Verbrennens in atmosphärischer Luft, näher gezeigt werden wird.

Vermischt man dieses Gas mit seinem dreifachen Volumen Sauerstoffgas und verbrennt es damit, so erhält man ein doppeltes Volumen Kohlensäuregas und ein wenig Wasser. Allein diese Verdoppelung des Volumens ist mit einer so gewaltigen Detonation verbunden, daß die stärksten Rohre, die man bisher dazu angewendet hat, stets mit Heftigkeit zersprengt worden sind. Will man daher die Produkte der Verbrennung des Gases bestimmen, so muß dies auf andere Weise geschehen.

Dieses Gas besteht aus 15 Theilen Wasserstoff und 85 Theilen Kohlenstoff, und der Wasserstoff ist darin mit doppelt soviel Kohle, als im vorherigen Gase, verbunden.

Sowohl dieses, als das erste Kohlenwasserstoffgas wird durch schnell auf einander folgende elektrische Schläge zerlegt; der Wasserstoff wird frei, der Kohlenstoff aber niedergeschlagen, wobei sich das Volumen des Gases verdoppelt. Es wird leichter, als das vorbergehende im Wasser aufgelöst; 100 Cubikzoll Wasser nehmen 15,3 Cubikzoll Gas auf. Es kann lange ungestört aufbewahrt werden, und wird durch Säuren, Alkalien oder Phosphor nicht verändert. Mengt man das Gas mit oxidirten salzsaurem Gase, so verschwinden beide Gase augenblicklich, und es bildet sich statt ihrer ein grauliches Oel. Daher hat das Gas seinen Namen erhalten. Hat man das rechte Verhältniß zwischen beiden Gasen getroffen, und sind beide rein, so verschwinden sie ohne Rückstand von Luft. Setzt man zuviel oxidirt salzsaures Gas hinzu, so

wird das Oel dick und sinkt im Wasser unter; sonst schwimmt es oben auf und nimmt einen angenehmen Geruch und süßlichen Geschmack an, wenn man die Säure durch Auswaschen mit einer schwachen Lauge von einem kohlen-sauren Alkali daraus entfernt hat. Das Oel wird zu einem kleinen Theile im Wasser aufgelöst, was davon dessen Geruch annimmt.

Wird dieses Gas durch eine glühende Röhre geleitet, so erhält man Wasserstoffgas und in der Röhre setzt sich schwarze Kohle ab. Läßt man es durch eine Röhre mit geschmolzenem Schwefel durchgehen, so wird der Schwefel im Wasserstoff aufgelöst, bildet Schwefelwasserstoffgas und die Kohle schlägt sich auf dem ungelösten Schwefel nieder, welcher davon schwarz wird. Wenn Dämpfe von Alkohol, Naphta, und insbesondere von Kampher durch glühende Röhren von Steingut oder durch Glasröhren geleitet werden, in welchen Thon, Alaun oder Quarz eingelegt worden ist; so erhält man, neben dem zuerst beschriebenen Kohlenwasserstoffgase, auch eine kleine Menge von diesem, was sich leicht durch oxidirte Salzsäure entdecken läßt, wobei es sich sogleich in Oel verwandelt, das weniger kohlenhaltige Gas aber zurückbleibt, und von der oxidirten Salzsäure nur langsam zersetzt wird.

Ehe ich diese Gasarten verlasse, muß ich noch etwas über deren Anwendung zum ökonomischen Behuf sagen, die in den letzten Jahren sich sehr verbreitet hat, und vorzüglich in England zu vieler Vollkommenheit gebracht worden

ist. Man destillirt nämlich Steinkohle in eigenen gußeisernen Gefäßen bis zum Rothglühen, und leitet das Gas, was sich dabei entwickelt, durch ein Gemenge von Kalk und Wasser, in welchem das Schwefelwasserstoffgas und Kohlensäuregas verschluckt wird. Das übrig bleibende Gas ist nun ein Gemenge der beiden Kohlenwasserstoffgasarten mit etwas Kohlenoxidgegas, dessen leuchtende Eigenschaft beim Verbrennen einzig und allein von der Menge des darinn enthaltenen ölbildenden Gases abhängt. Dieses Gasgemenge wird in großen Gasbehältern aus Eisenblech über Wasser gesammelt, aus welchen es dann durch einen ganz gelinden Druck von $\frac{1}{4}$ Zoll Wasserhöhe durch luftdichte Röhren zu der Stelle geleitet wird, wo es entzündet werden und brennen soll, die oft sehr weit entlegen seyn kann. Das Verfahren, die bei der Destillation organischer Stoffe sich entwickelnden Gasarten zu benutzen, wurde im Großen zuerst von dem Franzosen Lebon angewendet, welcher seine Vorrichtung dazu eine Thermolampe nannte. Er entwickelte die Gasarten aus Holz. Der Engländer Murdoch wendete Steinkohle statt des Holzes dazu an, die mehr leuchtendes Gas und bei der Destillation weniger stinkende Nebenprodukte giebt. Man nennt nunmehr diese Art zu beleuchten ziemlich allgemein: die Gasbeleuchtung. *)

*) Ueber die beste Einrichtung der Gasbeleuchtungs-Apparate und über den großen Umfang, welchen diese Beleuchtungsart in England gewonnen hat, sind A-

Da Oele, Talg und Wachs mehr ölbildendes Gas als andere Körper liefern, so hat der Engländer Taylor einen Apparat erfunden, der so eingerichtet ist, daß schlechtes Oel, was sonst in Lampen nicht gut brennt, tropfenweise in ein schwach glühendes Rohr von Gußeisen fließt und hier zerlegt wird, und aus welchem dann das Gas in einen Behälter geleitet wird, und nachher, unter ähnlichen Vorrichtungen, wie das Steinkohlengas angebrannt werden kann; und nach Taylor's Versicherung soll diese Beleuchtung vortheilhaft seyn.

Henry hat gezeigt, daß die verschiedenen Steinkohlenarten auch verschiedene Mengen ölbildendes Gas geben, und daher für die Gasbeleuchtung nicht von gleicher Brauchbarkeit sind, indem z. B. die englische Cannel-Kohle $\frac{1}{3}$ mehr Licht, als die gewöhnliche Steinkohle, giebt. *) Im

cum's Schriften nachzulesen, welche Lampadius für Deutschland bearbeitet hat.

*) Mit dieser Angabe stimmen die neusten Versuche von Thomson (M. s. dessen Annals of Philos. Aug. 1819. S. 8. flg.) zusammen, welcher die vorzüglichsten englischen Steinkohlenarten, die er in vier Hauptarten (Caking-Coal, Splint-Coal, Cherry-Coal und Cannel-Coal) eintheilt, in chemischer und technischer Hinsicht untersucht hat. Die Hauptresultate seiner Untersuchung sind folgende:

- 1) Die nachbenannten vier Kohlensorten enthalten (nach Abzug der Erde und Asche) dem Gewichte nach:

Anfange der Arbeit erhält man ein größeres Verhältniß von ölbildendem Gase, als gegen den Schluß hin, weil das Gas bei höherer Temperatur seinen Kohlenstoff bis zu einem gewissen Grade verliert. Die Menge des ölbildenden Gases macht bei der Cannel-Kohle anfangs 16 Procent von dem Volumen des Gases aus, zuletzt aber nur 6 bis 4 Prozent. Die gewöhnliche Steinkohle giebt anfangs 10 Procent, gegen den Schluß nur noch 2 Procent und zuletzt gar kein ölbildendes Gas mehr. Die Anwendung des Oels zur Gasbeleuchtung scheint den Vortheil mit sich zu führen, daß es ganz in der Macht des Arbeitenden steht, durch Anwendung eines heftigen oder geringeren Hitzgrades die möglich größte Menge ölbildendes Gas hervorzubringen.

Pfaff hat gefunden, daß diese brennbaren Gasarten, wenn man sie mit ihrem 2 bis 2 $\frac{1}{4}$ fa-

	Kohlenst.	Wasserst.	Stickstoff	Sauerstoff	Summa
Caking-C.	75,28	4,18	15,96	4,58	100
Splintcoal.	75,00	6,25	6,25	12,50	100
Cherry-C.	74,45	12,40	10,22	2,95	100
Cannel-C.	64,72	25,56	13,72	0,00?	100

2) Geben beim Verkohlen:

	770,6 Coaks und	229,4 flüchtige Theile.
Caking-C.	770,6	229,4
Splint-C.	610,3	589,7
Cherry-C.	469,4	530,6
Cannel-C.	325,8	674,2

3) Die Sorten, welche den meisten Kohlenstoff enthalten, geben demnach die meisten Coaks und die größte Hitze; diejenigen aber das meiste ölbildende Gas, welche den meisten Wasserstoff enthalten.

Anm. d. Ueb.

T. 2

chen Volumen Sauerstoffgase mischt, im Neumannschen Gebläse noch mit größerem Vortheile, als reines Wasserstoffgas, gebraucht werden können, weil sie eine noch höhere Temperatur hervorbringen und eine größere Menge von Knallgas auf Einmal angewendet werden kann, indem diese Gasarten weniger leicht entzündlich sind, als das reine Wasserstoffgas, und daher, ohne Gefahr einer Explosion, ein weiteres Ausmündungsrohr gebraucht werden kann.

Stickstoff - Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff kann sich mit Stickstoff verbinden und damit eine eigene selbstständige Gasart bilden, die neuerlich von Gay-Lussac entdeckt worden ist, der ihr den Namen Cyanogen (Blaustoff) gegeben hat, weil sie das Radikal der Blausäure, oder derjenigen Säure ist, welche mit Eisen das Berlinerblau giebt. Da die Eigenschaften desselben mit der Blausäure in naher Berührung stehen, so werde ich es bei dieser genauer beschreiben.

Schwefel - Kohlenstoff.

Bei höherer Temperatur vereinigt sich der Schwefel mit Kohlenstoff in mehreren ungleichen Verhältnissen und bildet Schwefelkohlenstoff in fester, flüssiger und Gasgestalt.

Aus einem Gemenge von Schwefel und Kohlenpulver, die man einer höheren Temperatur

aussetzt, kann diese Verbindung nicht erhalten werden, weil sich der Schwefel schon bei einer geringeren Temperatur, als zu dieser Verbindung erfordert wird, verflüchtigt; sondern man muß Schwefeldämpfe über glühende Kohle streichen lassen. Man füllt deshalb eine Röhre von Porzellan, Fig. 14. Taf. II. c d, oder eine gut beschlagene Glasröhre, mit gut ausgebrannter Holzkohle, und kittet an dem einen Ende derselben eine Glasröhre a b ein, deren Oeffnung a luftdicht mit einem Korke verschlossen ist, durch welchen ein Stempel e von dickem Eisendrathe hineingeschoben werden kann. In die Röhre werden vom Korke an bis b kleine passende Schwefelstangen eingelegt. Am anderen Ende der Porzellanröhre wird eine andere, wie f gekrümmte, Glasröhre eingesetzt, die zu einer tubulirten, mit eiskaltem Wasser angefüllten Flasche niederführt, aus deren zweiter Oeffnung eine, zu Gasversuchen gehörig gebogene Glasröhre nach der Wanne geleitet wird. Die Porzellanröhre wird nun bis zum völligen Rothglühen erhitzt, worauf man anfängt, den Schwefel in der glühenden Röhre nach und nach mit dem Stempel vorwärts zu schieben. Der Schwefel verwandelt sich nun in Dämpfe, die sich mit der glühenden Kohle verbinden, und einen flüchtigen Körper, den Schwefelkohlenstoff, bilden, der aus der Röhre austritt, und sich unter Wasser in der Flasche sammelt. Man muß Acht darauf haben, daß nicht etwa zu viel oder zu wenig Schwefel auf einmal die Kohle trifft. Denn tritt zu wenig Schwefel hinzu, so wird fast

nichts von der flüchtigen Feuchtigkeit gebildet; wenn man dagegen zu viel Schwefel auf einmal über die Kohle streichen läßt, so erhält man in der Röhre eine gelbliche, theils teigige, theils feste und kristallisirte Masse, die sich allmählig im kälteren Theile der Röhre anhäuft, diese verstopft und den Versuch mißglichen läßt. Während des Versuchs entwickelt sich zugleich eine geringe Menge von einer eigenen beständigen Gasart, dem Schwefelkohlenstoffgase. Bedient man sich dazu, statt gut ausgebrannter Holzkohle, gewöhnlicher ungebrannter Kohle, so erhält man, aus leicht bezureichenden Ursachen, zugleich eine Menge Schwefelwasserstoffgas.

Dieser Versuch gelingt nicht immer gleich gut und liefert unter verschiedenen, noch nicht gehörig ausgemittelten Umständen, sehr verschiedene Quantitäten von diesem Gase. Am leichtesten erhält man es, wenn man in einem Ofen eine, mit gut ausgebrannter Holzkohle gefüllte Porzellanröhre in etwas schiefer Richtung, nämlich so befestiget, daß von den beiden Enden der Röhre, welche aus dem Ofen herausstehen, das eine $\frac{2}{3}$ Viertel höher, als das andere liegt. Von der unteren Oeffnung aus, leitet man eine weite Glasröhre in das Wasser nieder, und die obere wird mit einem Kork verschlossen. Wenn die Kohle im Innern der Röhre gut glüht, steckt man im oberen Ende Schwefel hinein und verkorkt es wieder. Der Schwefel schmilzt, rinnt durch die Kohle niederwärts, und bildet geschwefelten Kohlenstoff, der im Wasser gesammelt wird. Hört

die Entwicklung auf, so steckt man ein neues Stück Schwefel in die Röhre, und fährt auf diese Weise fort. Man muß hierbei jederzeit darauf sehen, daß ein Ueberschuß von Schwefel durch das Rohr geht; denn ausserdem erhält man bloß geschwefeltes Kohlenstoffgas, wovon sich nichts condensirt. Die größte Schwierigkeit bei dieser Arbeit ist, dem vorzubeugen, daß das Rohr von dem durch die Kohle durchgegangenen und wieder gerinnenden Schwefel, ausserhalb dem Ofen, nicht verstopft wird.

Die Arbeit gelingt auch, wenn man den Schwefel aus einer Retorte in Dampfgestalt in glühende Kohlen hineintreibt, und dieses Verfahren hat den Vortheil, daß die Vorlage nicht mit Schwefel angefüllt und verschlossen wird.

Man kann auch Schwefel-Kohlenstoff entwickeln, wenn man Schwefel-Antimon (Antimonium crudum) in einem Destillationsgefäße mit Kohle glüht; man erhält ihn ganz rein von einem Ueberschuße an Schwefel, nur in geringerer Menge; auch erfordert diese Arbeit eine höhere Temperatur und eine längere Unterhaltung des Feuers.

Man kann ihn auch bereiten, wenn man 4 Theile Schwefelkies (natürliches Schwefeleisen mit Ueberschuß von Schwefel) mit 1 Theil oder etwas mehr gut ausgebrannter Kohle in einer Porzellan-Retorte destillirt. Dabei kommt alles darauf an, daß beide Körper sehr gepulvert und hinreichend durcheinander gemengt sind. Wenn man ein Gemenge von Wachs oder Zucker mit Schwefel destillirt, so erhält man, neben Schwefelwas-

296 Eigenschaften des Schwefelkohlenstoffs.

serstoff, eine große Menge tropfbar flüssigen Schwefelkohlenstoff, der aber von bräunlichem Oele verunreinigt ist.

Der auf diese Weise enthaltene Schwefelkohlenstoff ist gelb, oder gelblichgrün, schwerflüssig und trübe. Er enthält noch Schwefel aufgelöst, von welchem er durch Destillation befreit werden muß, wodurch er, bei ganz gelinder Wärme; völlig klar und farblos wird. Ist er nach dem Destilliren noch unklar; so rührt dies vom Wasser her, was sich nach einigen Tagen absetzt. Er hat einen scharfen, stickenden, etwas aromatischen Geschmack, und einen ecklen Geruch, der dem Geruche des Schwefelwasserstoffs ähnlich, aber doch noch anders ist. Sein eigenthümliches Gewicht ist 1,272 und sein Lichtbrechungsvermögen 1,645. In freier Luft kocht er bei $+ 42^{\circ}$ und bei $+ 12^{\circ}$ verdunstet er mit solcher Kraft, daß er eine Quecksilbersäule von 7,6 Zoll Höhe trägt, und die Luft, welche er sättigt, um $\frac{1}{3}$ ihres Volumen ausdehnt. Es ist noch nicht bekannt, daß er bei irgend einem Kältegrade zum Erstarken gebracht werden könnte. Durch seine Verdunstung unter der Luftpumpe kann eine Kälte; bis zu 60° hervor gebracht werden, wobei der noch unverdunstete Theil noch flüssig bleibt.

Der Schwefelkohlenstoff ist höchst entzündlich, bedarf dazu kaum der Temperatur des kochenden Quecksilbers, und faugt, wenn man ihn einem brennenden Körper nähert, schon in ziemlicher Entfernung Feuer. Er brennt mit blauer Flamme, giebt dabei schwefelichsaures Gas und

Kohlensäure, und entwickelt beim Verbrennen eine sehr hohe Temperatur. Er löst sich nicht im Wasser auf, dieses nimmt aber den Geruch von ihm an, und enthält wahrscheinlich einen Theil verschlucktes Gas von diesem Körper, sowie es auch andere Gase aufnimmt. Vom Alkohol und Aether wird er in allen Verhältnissen gelöst. Er läßt sich leicht mit fetten und flüchtigen Oelen mengen und löst den Kampher auf. Er wird von Luft und Wasser nicht zerlegt; wenn man ihn aber in einer verschlossenen Flasche mit ein wenig Wasser längere Zeit aufbewahrt, so daß er von Luft und Wasser zugleich berührt wird, so wird er gelb, und das Wasser enthält Schwefelsäure, die Luft aber Kohlensäuregas. — Bei der gewöhnlichen Lufttemperatur wirkt er nicht auf die Metalle; wenn er in Dampfgestalt mit glühenden Metallen in Berührung kommt, so schwefeln sich diese auf seine Unkosten, und die Kohle schlägt sich auf den geschwefelten Metallen nieder. — Kalium, in Dämpfen von Schwefelkohlenstoff erhitzt, entzündet sich, verdichtet, unter Erscheinung von Feuer, den Schwefel, und bildet Schwefelkalium mit Kohle gemengt.

Leitet man Dämpfe von Schwefelkohlenstoff durch glühende Metallöxide; so entsteht Kohlensäuregas, schwefelichsaureres Gas, und die reduzierten Metalle werden geschwefelt. — Der Schwefelkohlenstoff löst den Schwefel auf; die Auflösung ist dunkel gelb und setzt beim Abdunsten den Schwefel in Kristallen ab. Er wird von Alkohol und Aether gefällt, wobei sich der Schwefel in

nadelförmigen Kristallen absetzt. Schüttelt man die Auflösung des Schwefels im Schwefelkohlenstoff mit einem Blei- oder Silber-Amalgam, so nimmt das Metall den aufgelösten Schwefel auf. Der Schwefelkohlenstoff löst den Phosphor, und zwar in großer Menge, nämlich bis zum 8fachen Betrage seines Gewichts, auf. Man hat angegeben, daß diese Lösung sich in der Luft von selbst entzündet; ich habe dies aber nicht gefunden. Sie wird von Alkohol gefällt, welcher den Phosphor ausscheidet.

Der Schwefelkohlenstoff hat, wie der Schwefelwasserstoff, mehrere Eigenschaften einer Säure. Wenn man ihn in Gasform über erhitzte wasserfreie Alkalien oder alkalische Erdarten leitet; so wird er von diesen verschluckt; und dabei die Temperatur, während die Verbindung vor sich geht, schnell bis zur völligen Glühhitze hinangetrieben. Diese Verbindungen werden, wenn man sie im Wasserbau löst, versucht, größtentheils zerlegt und in ein Gemenge von kohlensauren und hydrothionsauren (d. h. mit Schwefelwasserstoff verbundenen) Alkalien oder Erdarten verwandelt. — Eine Lauge von ätzendem Kali oder Natron löst den Schwefelkohlenstoff langsam auf; ein guter Theil davon wird hierbei vom Alkali unverändert aufgenommen, ein anderer Theil aber auf Kosten des Wassers zersetzt, so daß die Auflösung ein Gemenge von geschwefelten kohlenhaltigen, geschwefelten Wasserstoffgashaltigen, geschwefelten (und wenn die Lösung mit der Luft in Berührung ist, sogar) von schwefelichsauren Alkali enthält. Mit

diesen Auflösungen kann man aus mehreren Metallen und Erdsalzen eigene Verbindungen von Schwefelkohlenstoff mit Erden oder Metalloxiden niederschlagen, wovon manche beständig sind, die meisten aber sich nach einigen Stunden in ein Gemenge von einem kohlensauren und einem hydrothionsauren Salze verwandeln.

Der Schwefelkohlenstoff besteht aus 84,37 Theilen Schwefel und 15,63 Theilen Kohlenstoff, oder aus 100 Theilen Schwefel und 18,54 Theilen Kohlenstoff. Dieses Verhältniß ist so beschaffen, daß, wenn der Kohlenstoff sich auf Kosten des Wassers oxidirt, dabei gerade soviel Wasserstoff frei wird, als zur Verwandlung des Schwefels in Schwefelwasserstoff erforderlich ist.

Der Schwefelkohlenstoff wurde von Lampadius entdeckt, welcher denselben zufällig bei Destillation eines Schwefelkieses mit Kohle erhielt, nachher aber nicht von neuem wieder hervorbringen konnte. Er nannte ihn Schwefel-Alkohol. Einige Zeit nachher entdeckten ihn Clement und Desormes von neuem, und zugleich die Methode seiner Bereitung; sie fanden, daß er aus Schwefel und Kohle zusammengesetzt sey. Berthollet d. J. suchte zu beweisen, daß er keine Kohle, sondern Schwefel und Wasserstoff enthalte, und mehrere Chemiker nahmen an, er sey ein im Maximum geschwefelter Wasserstoff. Cluzel suchte darzuthun, daß er Wasserstoff, Kohle, Stickstoff und Schwefel enthalte, den letztern aber in einem solchen Zustande, daß er mehr Schwefelsäure als der gewöhnliche Schwefel gebe,

300 Schwefelkohlenstoffgas.

und daß dieser Schwefel ein Oxid des Schwefelradikals sey, was im Schwefelkohlenstoff enthalten seyn sollte. Endlich bewiesen Berthollet d. Ä. und Thienard, daß er aus Schwefel und Kohle ohne Wasserstoff bestehe, was auch durch einige Versuche bestätigt wurde, die ich in Gesellschaft von D. Marcet in London anstellte.

Die bei der Bereitung des Schwefelkohlenstoffs übrig bleibende Kohle ist sehr zerfressen, und nicht mehr reine Kohle, sondern enthält vielen Schwefel. Der Schwefel hat nämlich den Wasserstoff daraus verjagt, (wodurch während der Arbeit viel geschwefeltes Wasserstoffgas gebildet wird), dabei die Stelle des Wasserstoffs eingenommen, und ein Supercarburetum des Schwefels gebildet, aus welchem der letztere durch Hitze nicht vertrieben werden kann. Verbrennt man es in einem Tiegel mit Salpeter, so erhält man unter den Produkten auch schwefelsaures Kali.

Schwefelkohlenstoffgas.

Wenn Schwefelkali, (was aus ätzendem Kali und Schwefel zusammengeschmolzen ist) mit gut ausgebrannter gepulverter Holzkohle gemengt, und in einer, mit dem Gasentwicklungsrohre versehenen Retorte (wie Fig. 1. Taf. II.) destillirt wird; so erhält man eine ansehnliche Menge einer eigenthümlichen Gasart, die etwas nach Schwefelwasserstoffgas riecht, aber im Wasser ganz unlöslich ist und nicht als Säure reagirt. Es ist entzündlich und brennt mit Entwicklung von Schwefelsäure

und Kohlensäure. Von oxidirtem Salzsäuregas wird es augenblicklich zerstört, und ein Theil Schwefel dabei abgesetzt. Es soll keinen Wasserstoff enthalten, ist von Scheele entdeckt, seitdem aber fast gar nicht weiter untersucht worden, und verdient daher wohl eine nähere Prüfung.

Gekohlter Phosphor.

Wenn man Phosphor bereitet, verbindet sich ein Theil der zur Zerlegung der Phosphorsäure angewendeten Kohle mit Phosphor. Diese Verbindung schmilzt nicht wie der Phosphor, und wird erhalten, wenn man den in die Vorlage übergegangenen Phosphor in kochend heissem Wasser durch sämisch gegerbtes Ziegenleder preßt, wo der gekohlte Phosphor zurückbleibt. Er enthält noch ein wenig überschüssigen Phosphor, der durch Destillation bei gelinder Wärme ausgeschieden werden kann. Das in der Retorte zurück gebliebene ist die vollkommen gesättigte Verbindung der Kohle und des Phosphors. Er hat eine dunkel pommeranzengelbe Farbe, leuchtet nicht im Finstern, und verändert sich in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht. In bedeckten Gefäßen wird er bei Glühhitze zerlegt, indem der Phosphor überdestillirt, die Kohle aber zurückbleibt. Der gekohlte Phosphor entzündet sich in der Luft bei höherer Temperatur, verbrennt, und läßt eine mit Phosphorsäure umgebene Kohle zurück.

Phosphor - Kohlenoxidgas.

Bei der Bereitung des Phosphors geht gegen Ende der Arbeit, neben der Kohlensäure, noch eine eigene beständige, brennbare Gasart über, welche durch Umschütteln mit Kalkwasser von dem ihr anhängenden Kohlensäuregas befreit werden kann. Sie hat einen unangenehmen Geruch, wird vom Wasser nicht aufgelöst, von Alkalien und Erdarten nicht verändert, brennt in der Luft mit einer hellen, phosphorähnlichen Flamme, schlägt Gold, Silber und Platin aus ihren Auflösungen in metallischer Gestalt nieder, und verliert ihren Phosphorgehalt, wenn man sie mit Schwefelsäure, Salpetersäure oder oxidirter Salzsäure umschüttelt. Sie scheint aus einer Verbindung des Phosphors mit Kohlenoxidgas, und vielleicht etwas Wasserstoffgas zu bestehen. Sie nimmt einen ziemlichen Theil Phosphor an sich, und vermindert daher das Quantum desselben, was man ausserdem erhalten würde, bedeutend. Man hat daher versucht, sie in einem Apparate zu verbrennen, wo man die dabei gebildete Phosphorsäure auffangen kann.

Nach Grotthufs erhält man ein ähnliches Gas, wenn man Phosphor in einer Lösung von Kali im Alkohol kocht. Dieses ist aber nicht selbstständig, und wird sowohl von rauchender Salpetersäure, als auch von Salpetergas, was mit Sauerstoffgas gemengt ist, sowie von oxidirter Salzsäure entzündet. Es giebt Kohlensäure und Phosphorsäure.

6. Boracium; Boron.

Dieser Körper, welcher das brennbare Radical der Boraxsäure ausmacht, wurde in England von Davy, in Frankreich von Thenard und Gay-Lussac entdeckt. Man erhält ihn auf die Weise, daß man geschmolzene Boraxsäure mit gleichen Gewichtstheilen Kalium in einem verschlossenen Glasgefäße erhitzt, wobei das Kalium mit dem Sauerstoffe der Boraxsäure Kali bildet und das Boron frei dargestellt wird. Die Reduktion erfolgt mit großer Heftigkeit und mit Erscheinung von Feuer. Man erhält eine graue erdartige Masse, die aus Kali, boraxsaurem Kali und Boron zusammengesetzt ist. Wasser zieht die beiden ersteren aus, und läßt das Boron ungelöst zurück, was nun gewaschen und getrocknet wird.

Das Boron ist in dieser Gestalt eine pulvrige, sehr dunkel olivenfarbige Masse; das Pulver ist nicht hart, ritzt das Glas nicht und ist kein Leiter für Elektrizität. Es wird bei höherer Temperatur im luftleeren Raume oder im Wasserstoffgase weiter nicht verändert, außer daß es dunkler von Farbe wird und zusammenschrumpft, ohne zu schmelzen oder sich zu verflüchtigen. Dabei vermehrt sich jedoch dessen eigenthümliches Gewicht, indem es nachher in concentrirter Schwefelsäure untersinkt, was es vorher nicht thut. In der atmosphärischen Luft entzündet es sich bei einer Temperatur, die etwas unter der Siedehitze des Baumöls ist; es brennt mit rother Flamme und knistert wie Kohlenpulver. In Sauerstoffgas brennt

es mit noch größerer Lebhaftigkeit; kann aber nie auf Einmal verbrennen, weil die sich bildende Säure, welche feuerbeständig ist, zurückbleibt, den noch unverbrannten Theil des Borons umgiebt und von der Berührung der Luft ausschließt. Um es vollständig zu verbrennen, muß man daher die erzeugte Boraxsäure mitunter mit Wasser abwaschen.

Das Boron oxidirt sich nicht beim Kochen im Wasser; allein die Salpetersäure löst es mit Entwicklung von oxidirtem Stickgas auf, und verwandelt es in Boraxsäure. Das Boron kann mit Schwefel zu einer olivengrünen Masse zusammengeschmolzen werden, — und verbindet sich schwer mit dem Phosphor. Man hat angenommen, daß es Boronwasserstoffgas gebe; allein dessen Existenz ist noch zweifelhaft. Es löst sich weder in Alkohol oder Aether, noch in flüchtigen oder fetten Oelen.

Anmerkung. Eigentlich sollten hier die Metalle unter den brennbaren Körpern mit aufgeführt werden; weil aber zu einer vollständigen Abhandlung derselben die Bekanntschaft mit den Säuren und Alkalien nothwendig ist, so werde ich erst nach Beschreibung dieser, von den Metallen und ihren Oxiden und Salzen (im 2ten Theile dieses Lehrbuchs) handeln.

Die Atmosphäre.

Unter der Atmosphäre oder dem Dunstkreise unserer Erde verstehen wir eine Schicht von gasförmigen Körpern, welche die Oberfläche

der Erdkugel umgiebt und aus solchen Stoffen besteht, denen es an hinlänglicher Cohäsionskraft fehlt, um feste oder tropfbar flüssige Gestalt anzunehmen, und die durch ihre Vereinigung mit Wärmestoff der Einwirkung der Schwerkraft und anderer mechanischer Kräfte, — die sie in festere Gestalt zu versetzen suchen, — widerstehen. Sie werden bloß durch die Anziehungskraft der Erdmasse zurückgehalten, und würden sich, wenn diese nicht wäre, in das Unendliche ausbreiten. Daher sind sie auch zunächst der Erdoberfläche, wo die Anziehungskraft am stärksten ist, am dichtesten, und nehmen je höher, desto mehr an Dichtigkeit ab, und zwar auf solche Weise, daß ihre Dichtigkeit in geometrischer Progression sich vermindert, sowie die Höhe in arithmetischer Progression zunimmt, so daß sie sich, nach der bisher angenommenen Meinung, in einem luftleeren Raume endigen würden. Ob es aber einen solchen luftleeren Raum gebe, oder nicht, ist unmöglich zu beweisen. Man könnte aber wohl vermuthen, daß die beständigen Gasarten, aus welchen unsere Atmosphäre gebildet wird, da, wo die Anziehungskraft der Erde sich soweit vermindert, daß sie so gut als ganz aufhört, noch in einem unendlichen Grade von Verdünnung fortbestehen und sich so über den ganzen Weltraum verbreiten könnten, und daß jeder darin sich bewegende Körper eine, seiner Masse und Anziehungskraft angemessene Menge dieser Gasarten um sich herum zu condensiren vermöge. Dies gewinnt noch mehr Wahrscheinlichkeit, wenn man sich erinnert, daß die Gase

306 Höhe, Gestalt, Ebbe und Fluth der Atmosph.

ihre Expansionskraft unvermindert beibehalten, während die Anziehungskraft der Erde fortdauernd abnimmt, und daß daher das Ausdehnungsvermögen der Gase in einem stets überwiegenden Verhältnisse zunimmt, je weiter sie sich von der Erdoberfläche befinden.

Demohngeachtet scheint dieser Meinung die unverminderte Geschwindigkeit der Weltkörper beim Durchlaufen ihrer Bahnen zu widerstreiten, welche durch den Widerstand der Luft vermindert werden müßte. Auch will man aus astronomischen Beobachtungen mit Zuverlässigkeit wissen, daß der Mond keinen Dunstkreis besitze, was bei der Ausfüllung des Weltalls mit verdünnter Luft unmöglich wäre. Es scheint daher ausgemacht zu seyn, daß es keine solche Ausdehnung der Atmosphäre über das Universum gebe.

Wie hoch die Atmosphäre hinauf reiche, ist jedoch unmöglich zu bestimmen; man nimmt ihre Höhe nach einer Mittelzahl zu $9\frac{2}{3}$ geographische Meilen an. Ihre Gestalt ist, wie die der Erdkugel, sphäroidisch; aber der, durch ihren Aequator gehende Durchmesser ist im Verhältnisse gegen ihre Axe weit größer, als es bei der Erde der Fall ist, weil die Erwärmung des mittleren Theils der Erdkugel die Luft hier verdünnt, und einen nach den Wendekreisen emporsteigenden Strom bildet, welcher von den Polen aus in gleichem Maaße wieder ersetzt wird.

Die Atmosphäre hat, wie das Meer, Ebbe und Fluth, die durch Einfluß der Sonne und hauptsächlich des Mondes erzeugt wird, jedoch am Ba

rometer nicht wahrgenommen werden kann, weil die erhöhte Luftsäule von der Anziehungskraft des Mondes getragen wird. Zwischen den Wendekreisen hat die Atmosphäre zugleich eine tägliche Ebbe und Fluth, die auf das Barometer wirkt. Die Luft wird nämlich jeden Tag von 4 Uhr des Morgens an immer schwerer und schwerer, erhält sich so bis um 12 Uhr; wird dann wieder nach und nach leichter bis 4 Uhr Nachmittags, nimmt hernach bis 10 Uhr Abends wieder an Schwere zu, und bleibt so bis 12 Uhr der Nacht stehen, und wird endlich bis 4 Uhr des Morgens wieder leichter. Jedoch sind die Verminderungen bei Nacht nur halb so groß, wie die am Tage. Die Ursache davon liegt aller Wahrscheinlichkeit nach in der ungleichen Erwärmung der Atmosphäre, wodurch über denjenigen Theilen des Erdbodens, welche am stärksten erwärmt werden, ein steter aufsteigender Strom von erwärmter Luft unterhalten wird; dies ist am Tage zwischen 10 Uhr und 4 Uhr der Fall, wo die Atmosphäre auf der entgegengesetzten Erde, welche Nacht hat, in derselben Gestalt erhalten werden muß.

Die Stoffe, aus welchen die Atmosphäre zusammengesetzt ist, können sehr mannichfaltig, und auf vielerlei Weise verschieden seyn. Ihrer Hauptbestandtheile sind indessen nur vier, nämlich Stickstoffgas, Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Kohlensäuregas, wovon die beiden ersteren so wenig veränderlich sind, daß man sie mit vollem Rechte als in einem unveränderlichen Verhältnisse

beigemengt betrachten kann. Man hat bei aërostatistischen Versuchen mehrere 1000 Klaftern über der Erdoberfläche, ferner auf hohen Bergen, in Thälern, unter der Mittagslinie und in der Nähe der Pole Luft aufgefangen, und sie allenthalben von einerlei Zusammensetzung gefunden. — Ihr Gehalt an Wassergas hingegen ist, je nach der verschiedenen Temperatur der Luft und je nachdem die Erdoberfläche mehr oder weniger Feuchtigkeit enthält, äußerst veränderlich; die Menge des Kohlensäuregases aber verändert sich nach den Jahreszeiten, und nachdem durch Thiere, Pflanzen und das Verbrennen mehr oder weniger davon entwickelt wird. Die atmosphärische Luft besteht aus $78 \frac{2}{1000}$ Theilen Stickstoffgas, 21 Theilen Sauerstoffgas, und etwa $1 \frac{7}{1000}$ Kohlensäuregas, nach dem Volumen gerechnet.

Jeder Cubikzoll atmosphärischer Luft wiegt nach einer Mittelzahl 0,4681 Gran oder nicht ganz $\frac{3}{2}$ Gran; die Luft ist sonach über 800 Male leichter als das Wasser, und die Erdoberfläche wird von derselben mit gleicher Kraft gedrückt, als wenn sie von einer 76 Centimeter (= 28 Zoll $\frac{2}{3}$ Linie altfranzösisches Maafs) hohen Schicht Quecksilber bedeckt wäre. Dieser Luftdruck verursacht die Erscheinung, welche die Alten durch den Abscheu vor dem leeren Raume erklärten. Es wird nämlich dadurch Wasser oder Quecksilber in einer umgestürzten Flasche erhalten, wenn die Oeffnung derselben fein genug ist, oder unter die Oberfläche eines flüssigen Stoffes gesenkt wird. Ist aber ein solches Gefäß so hoch, daß die darin einge-

geschlossene Wasser- oder Quecksilbersäule mehr wiegt, als eine gleich starke Säule Luft von der Höhe der ganzen Atmosphäre, so sinkt dieselbe so weit nieder, bis sie mit der entgegenwiegenden Schwere des Luftkreises ins Gleichgewicht kommt. Wenn man z. B. eine 30 Pariser Zoll lange Glasröhre mit Quecksilber füllt, sie sodann umwendet und das untere offene Ende in Quecksilber stellt; so sinkt das Quecksilber in der Röhre bis zu 28 Zoll $\frac{2}{3}$ Linien herab, und läßt einen leeren Raum von 1 Zoll $\frac{1}{3}$ Linien. Daraus entstand das Barometer, ein Werkzeug, womit sich durch die abwechselnde Hitze der Quecksilbersäule die Veränderung des Luftdrucks bestimmen läßt. —

Jeder Quadratfuß der Erdoberfläche trägt bei 76 Centimeter oder 336,9 Pariser Linien Barometerhöhe ein Gewicht von $2216\frac{2}{3}$ Pfund, was bei jeder Linie, welche, wenn das Barometer steigt oder fällt, um 6,5795 oder ohngefähr $6\frac{1}{8}$ vermindert wird.

Die eigenthümlichen Gewichte der in der Luft enthaltenen Gasarten, sind, wenn man das Gewicht der Luft = 1,000 annimmt, folgende: das Stickstoffgas wiegt 0,96913; das Sauerstoffgas 1,105; das Kohlensäuregas 1,51961, Wassergas 0,625. Dem zufolge müssen die Verhältnisse dieser Gasarten, dem Gewichte nach, seyn: = Stickstoffgas 75,55; Sauerstoffgas 23,39; Wassergas (nach der Wassergehalts-Capacität der Luft bei ihrer Mitteltemperatur von $+ 10^{\circ}$ berechnet,) 1,03, und Kohlensäuregas 0,10. — Der Druck, welchen jede die-

§10 Eigenth. Wärme der Luft- (und Gasarten)

ser Gasarten für sich bei 76 Centimeter oder 336,9 Pariser Linien Barometerstande auf die Quecksilber- säule ausübt, entspricht folgenden Barometerhö- hen;

das Sticktgas =	57,4180 Centim.	od.	254,52798 p. L.
— Sauerstgas =	17,7232	—	78,56508
— Wassergas =	0,7828	—	3,47007
— Kohlensäure =	0,0760	—	0,35690
	<u>76,0000</u>	—	<u>336,90000</u>

Das absolute Lichtbrechungs - Vermögen der Luft ist: 0,0005891712, und ihr relatives wird zu 1,000 angenommen. Die eigenthümliche Wärme nimmt man, bei der Vergleichung mit Gasarten, ebenfalls zu 1,00 an; mit der eigenen Wärme eines gleichen Gewichts Wasser aber verglichen, beträgt sie 0,2669 *). Bei Verdünnung der Luft wird ihre Wärme - Capacität nach einem noch nicht ausgemittelten Verhältnisse erhöht, was je-

*) Vielleicht dürfte es den Lesern dieses Lehrbuchs an- genehm seyn. die relative specifische Wärme der bis jetzt darauf untersuchten luftförmigen, tropfbar flüssigen und festen Körper hier zusammengestellt zu fin- den. Ich füge sie daher aus Biot's *Traité de Physi- que* T. IV, S. 726 und S. 694, hier bei, mit der Bemerkung, daß die Bestimmungen der specifischen Wärme der Gasarten von Lavoche und Berard, die der flüssigen und festen Körper aber, von Lavoisier und Laplace, herrühren. Allen Angaben liegt die specifische Wärme des Wassers = 1,0000 zum Grunde.

Eigenthüm. Wärme der Luft- (und Gasarten) 311

doch, soviel man jetzt gefunden hat, mit der Verdünnung nicht proportional zu seyn scheint.

A. Gasarten.	Relative spec. Wärme.
Kohlensäure	0,2210.
Sauerstoff	0,2351.
Stickstoffoxid	0,2369.
Atmosph. Luft	0,2669.
Stickstoffgas	0,2754.
Kohlenstoffoxid	0,2884.
Oelgebendes Gas	0,4207.
Wassergas	0,8470.
Wasserstoffgas	3,2936.

Jede dieser Zahlen drückt die Erhöhung der Temperatur aus, welchen 1 Gramme eines jeden Gases in 1 Gramme flüssigen Wassers hervorbringt, während sich das Gas um 1° Centes. abkühlt. Wenn man sie mit 75 dividirt, erhält man die Anzahl der Grammen Eis von 0°, welche durch die Abkühlung des Gases schmelzen würden, und theilt man sie mit 100, so erhält man die Anzahl Grammen flüssigen Wassers, welche dadurch von der Temperatur des schmelzenden Eises bis zum Siedepunkte erwärmt werden könnten.

B. Tropfbar flüssige und feste Körper.

Gasarten	Relative spezifische Wärme.
Blei	0,02819.
Quecksilber	0,02900.
Zinn	0,04754.
Roths. Quecksilber Oxid	0,05011.
Roths. Bleioxid	0,06227
Geschmiedetes Eisen u. Blech	0,11051.
Glas ohne Bleisatz	0,19290.
Schwefel	0,20830.
Gemeiner lebendiger Kalk	0,21699.
Olivöhl	0,30961.

Die Luft ist höchst elastisch; sie kann so zusammengedrückt werden, daß die stärksten Werkzeuge sie nicht mehr einzuschließen vermögen, ohne daß sie deshalb ihre Spannkraft und

Gasarten	Relativ. spezifische Wärme.
Schwefelsäure v. 1,87 spec. G.	0,33460.
Gemenge von Wasser und ungelöschtem Kalk in dem Verhältnisse 9: 16	0,43912.
Nicht rauchende Salpetersäure von 1,298 specifisch Gew.	0,66139.

Nach dem bei Berechnung dieser Angaben befolgten Grundsätzen, können die specifischen Wärmen der benannten Körper unmittelbar auf einander übertragen werden. So deutet die beim Quecksilber angegebene Zahl 0,029 an, daß eine Masse Quecksilber, indem sie sich um 1° abkühlt, eine hinlängliche Menge Wärmestoff abgibt, um die Temperatur einer gleichen Masse Wasser um 0°,029 zu erwärmen. Eine Masse ungelöschter Kalk, die sich um 1 Grad abkühlt, kann dadurch die Temperatur einer gleichen Masse Wasser um 0,21689 erhöhen.

Wenn man übrigens die Zahlen dieser Tafel mit $\frac{1}{32}$ (was die absolute specifische Wärme des Wassers in Reaumürschen Graden ausdrückt,) oder mit $\frac{1}{100}$ (die selbe in Centesimalgraden) multiplicirt, so erhält man die Gewichtsmengen Eis, welche durch ein gewisses Gewicht 1 dieser Substanzen geschmolzen werden, wenn letztere sich um 1° derselben Skala abkühlen. Dadurch erhält man die absolute specifische Wärme der in der Tabelle angegebenen Substanzen. Z. B. die relative specifische Wärme der Salpetersäure = 0,66139 mit $\frac{1}{32}$ multiplicirt, giebt die absolute specifische Wärme derselben = 0,02067.

A. d. Ueb.

Gasgestalt einbüßt; eben so läßt sie sich bis ins Unendliche verdünnen. Dabei verhält sich ihre Elasticität, oder richtiger ihre Ausdehnungs- (Expansions-) Kraft allezeit umgekehrt, wie ihre Dichtigkeit, d. h. das Vermögen der Luft sich auszudehnen, nimmt in demselben Verhältnisse zu, in welchem ihr Volumen beim Zusammendrücken abnimmt, oder vermindert sich in demselben Maasse, als dieses beim Ausdehnen größer wird. (Mariotte's Gesetze). — Das Werkzeug, womit man die Veränderungen der Dichtigkeit der Luft mißt, heißt ein Manometer. — Eine Luftpumpe hingegen ist ein Instrument, womit man die Luft aus dazu eingerichteten Gefäßen auspumpen kann. Man kann damit keinen völlig luftleeren Raum hervorbringen, sondern nur die Luft bis ins Unendliche verdünnen. In der Baromerröhre ist das obere leere Ende ein vollkommen luftleerer Raum; man pflegt ihn, nach dem Erfinder des Barometers, die Torricellische Leere zu nennen.

Die Luft wird durch die Wärme von 0° bis $+ 100$ etwas weniger über $\frac{1}{3}$ ihres Volumens ausgedehnt, so daß 100 Cubikzoll 0° warme Luft wenn sie bis zu $+ 100^{\circ}$ erbitzt werden, 137,5 Cubikzoll einnehmen; oder die Luft dehnt sich auf jeden Thermometergrad um 0,0375 ihres Volumens aus, und diese Ausdehnung bleibt sich bei allen Graden so ziemlich gleich, ohngeachtet man zwischen $+ 79^{\circ}$ und $+ 100^{\circ}$ unbedeutende Abweichungen bemerkt hat. Die erwärmte und ausgedehnte Luft wird leichter, steigt in die Höhe und wird von kälterer und dichter Luft ersetzt,

so lange die Erwärmung fort dauert, wodurch ein aufsteigender Strom oder Zug über der erwärmten Stelle entsteht.

Die Temperatur des Luftkreises ist zunächst der Erde am wärmsten, weil die Luft, als Lichtleiter, die Lichtstrahlen nicht zerlegen, und daher durch sie nicht erwärmt werden kann, bevor nicht der Wärmestoff auf der undurchsichtigen Oberfläche des Erdbodens ausgeschieden worden ist. Die dadurch erwärmte Luft steigt empor, mischt sich aber allmählig wieder mit der oberen kälteren Luft und wird dadurch abgekühlt. Daher findet man die Atmosphäre desto kälter, je höher man kommt, so daß ihre Temperatur einige tausend Klafter über der Erdoberfläche, selbst im wärmsten Sommer, tief unter den Gefrierpunkt herabsinkt. Dies muß auch, wiewohl in weit ansehnlicher Höhe, über dem Aequator der Fall seyn; und die Wärme der Luft muß hier in der Höhe, wo die dichteren Regionen der Luft aufhören, völlig eben so gering, als unter den Polen seyn. Daher schmilzt auch der Schnee auf hohen Bergen nicht, selbst wenn diese unter der Linie liegen, und solche Berge stellen im kleinen Landstriche von gleichen Clima und Naturprodukten dar, wie sie die Natur von der Linie bis zu den Polen im Großen aufstellt.

Ich habe schon oben bemerkt, daß die verschiedenen Wärmegrade des Sommers und Winters im Ganzen in der Stellung der Erde gegen die Sonne ihren Grund haben; allein die unregelmäßigen Abwechslungen in der Kälte des Winters

und der Wärme des Sommers, beruhen auf andern Ursachen. Eine der hauptsächlichsten davon ist der Wind. Bei Mittagwind ist in Schweden der Sommer wärmer und der Winter milder, als er außerdem, (im Verhältnisse der geographischen Breite des Landes) bei vollkommener Windstille seyn würde, weil eine wärmere Luft aus den mittäglichen Landstrichen herbeiströmt, und die Erdoberfläche erwärmt, während sie selbst nach und nach abgekühlt wird. Bei Windstille ist der Winter kälter; noch kälter aber bei Nordwinde, wo die Kälte bisweilen bis zum höchsten Grade ansteigt, den sie in diesem Clima erreichen kann, weil eine kältere Luft von den Polen herwehet. — Zu den kleineren Temperatur-Veränderungen tragen verschiedene chemische Prozesse im Luftkreise bei, z. B. Verdunstung, Regen, Hagel, Nebel, u. d. m., welche wieder mit Umständen zusammenhängen, die auf das Barometer wirken, und den Luftkreis an gewissen Stellen bald schwerer, bald leichter machen, wodurch das Barometer zu einem einigermaßen zuverlässigen Witterungs-Anzeiger wird. — Alle diese Umstände sind indessen bei weitem noch nicht bis zur Zuverlässigkeit ausgemittelt.

Wenn das Gleichgewicht der Luft durch ungleiche Erwärmung der Atmosphäre auf einzelnen Stellen unterbrochen wird, so entsteht Luftzug, Sturm, oder was wir überhaupt Wind nennen. Zu ihrer Entstehung können aber wohl noch mehrere Ursachen mitwirken, die uns noch nicht genügend bekannt sind.

Die Winde sind theils regelmäßige, theils unregelmäßige. Jene findet man zwischen den Wendekreisen; diese herrschen zwischen letzteren und den Polen. Die regelmäßigen Winde bestehen hauptsächlich aus einem unausgesetzt wehenden Ostwinde, welcher dadurch, daß die von der Erdoberfläche unablässig emporsteigende warme Luft durch kältere ersetzt wird, welche von den Polen herbeiströmt, jedoch nicht dieselbe Umschwungs-Schnelligkeit besitzt, als diejenigen Stellen der Erdoberfläche haben, zu welchen sie hinweht. Sie bleibt daher zurück, und macht gegen die, sich schneller umschwingenden Erhöhungen der Erdoberfläche eine Art von Widerstand. — Diese Ostwinde wehen durch einen Theil des Jahres mehr nördlich, im andern mehr südlich, je nachdem sich die Sonne dem nördlichen oder südlichen Wendekreise mehr nähert. Hierdurch entstehen auf dem Meere die sogenannten Passatwinde, die ein halb Jahr lang in einer Richtung, das andere halbe Jahr hindurch aber in entgegengesetzter wehen. Diese beruhen einzig und allein auf dem Abprallen des regelmäßigen Ostwindes, an den erhöhten Landküsten.

Einen deutlichen Beweis, dass diese regelmäßigen Winde hauptsächlich von der ungleichen Erwärmung der Luft entspringen, liefern die sogenannten Land- und Seewinde auf den im großen Weltmeere, zwischen den Wendekreisen gelegenen Inseln. Weil nämlich das Land am Tage stärker als das Meer erwärmt wird, welches den größten Theil der Lichtstrahlen wieder zurück-

wirft; so steigt die warme Landluft fortwährend empor, und die kältere Seeluft weht von allen Seiten auf die Inseln ein, in deren Mittelpunkte der Wind seine Endschaft erreicht. Bei Nacht hingegen, wo die unebene Oberfläche des Erdbodens schneller abkühlt, als der Spiegel des Meeres, weht die Luft in umgekehrter Richtung, und die abgekühlte Landluft strömt auf allen Seiten nach dem Meere aus, wo sie sich allmählig verliert. Diese Winde sind daher an den Meeresufern am stärksten. — Eine weitere Erklärung dieser Erscheinung unterlasse ich, weil sie auf aërostatischen Gesetzen beruht.

Außerhalb den Wendekreisen sind die Winde unregelmässig, wehen nach allen Himmelsgegenden, und sind bald heftig, bald kaum merklich. Es ist bis jetzt noch gänzlich unbekannt, wie diese unaufhörlichen Abweichungen von den allgemeinen Gesetzen der Jahreszeiten und Witterung entstehen können. Unsere Vermuthungen darüber geben durchaus keine gnügliche Aufklärung. — Verschiedene Landwinde, welche schädlichen Einfluß auf die Gesundheit haben, z. B. der Harmattan auf der Westküste von Afrika, besonders am Senegal, der Sirocco in Italien und auf Sicilien, der Chamsin oder Samum in Egypten, sind ihrer chemischen Natur nach noch gar nicht untersucht. Der erstere von diesen Winden kommt aus den Wüsten Afrikas, und führt eine Menge Staub mit sich, der, wenn der Wind sich gelegt hat, eine Linie dick den Erdboden bedeckt; dasselbe thut auch der Chamsin, der zugleich der

318 Das Verbrennen in atmosphär. Luft.

Luft ein röthliches Ansehen und einen eigenthümlichen Geruch mittheilt. Menschen und Thiere sollen darin sterben, und nur dann der Lebensgefahr entgehen, wenn sie sich mit dem Gesichte auf die Erde niederlegen. Was den italienischen Sirocco anlangt, so ist dieser blos ein ohngefähr $+ 34^{\circ}$ warmer, mit Feuchtigkeit gesättigter Wind, durch welchen Menschen und Thiere insofern leiden, als sie sich nicht durch Verdunstung abkühlen können, weil die Luft keine Wasserdämpfe mehr aufzunehmen vermag. Er kommt allemal aus Afrika, und wird bei seinem Uebergange über das Mittelmeer mit Wasser geschwängert.

Das Verbrennen in atmosphärischer Luft.

Wenn man brennbare Körper in der atmosphärischen Luft bis zu einem gewissen Grade erhitzt, so entzünden sie sich und brennen, wobei die Luft ihr Sauerstoffgas einbüßt, und der Stickstoff zurückbleibt. Beim Verbrennen bildet die erhitzte, und ihres Sauerstoffgases beraubte Luft, einen aufwärts steigenden Strom, und wird fortwährend durch den Zutritt kälterer Luft von unten wieder ersetzt. Ohne diesen Umstand würde das Verbrennen nach wenigen Augenblicken aufhören, sobald nämlich das Sauerstoffgas verzehrt wäre, was den brennenden Körper zunächst umgiebt. Daher brennt das Feuer schlecht, oder verlöscht gänzlich in solchen Feuerstätten, die wenig Zug

haben, d. h. wo die wärmere und Stickstoffreichere Luft verhindert ist, mit Leichtigkeit aufzusteigen und der kälteren Luft Platz zu machen, die ihr Sauerstoff noch enthält. Je heftiger dagegen der Zug ist, desto schneller geht der Luftwechsel um den brennenden Körper von statten, desto heftiger muß dieser brennen und desto mehr Sauerstoff muß er verzehren. Daher kann man durch starkes Zublasen den Luftwechsel bis zu solchem Grade erhöhen, daß der brennende Körper in einer gegebenen Zeit mit soviel Sauerstoff in Berührung kommt, als ob er in reinem Sauerstoffgas verbrannt wäre. Deshalb wird die Hitze in unseren Heerden durch Blasbälge, in unseren Windöfen durch Zug vermehrt, und die Kenntniß, Feuerstätten und Oefen zu bauen, beruht hauptsächlich darauf, sie so anzulegen, daß die erhitzte Luft so ungehindert und schnell, als möglich, aufsteigen kann.

Ich habe schon oben erwähnt, worin das Verbrennen besteht, und werde daher hier nur einige Worte über die Erscheinungen sagen, welche die Feuer in der atmosphärischen Luft begleiten. Die Körper verbrennen mit oder ohne Flamme. Das Letztere ist der Fall mit solchen Körpern, welche sich nicht verflüchtigen können; das Erstere bei solchen, aus welchen sich bei höherer Temperatur gasförmige Theile entwickeln; die Flamme aber ist nichts anderes, als dieses Gas, was verbrennt. Der Unterschied zwischen einem Körper, der beim Brennen bloß glüht, und einem anderen, welcher Flamme giebt, besteht sonach darin, daß im erste-

ren Falle ein feuerbeständiger Körper, im letzteren aber nur ein entwickeltes Gas brennt. Daher brennt z. B. Kohle und Eisen ohne Flamme; das Zink aber, was ein flüchtiges Metall ist, brennt mit Flamme, weil es nicht der geschmolzene oder flüssige Theil desselben ist, welcher brennt, sondern der durch die Hitze in Gas verwandelte. —

Wenn die Kohle bei höherer Temperatur in einem unvollkommenen Luftzuge brännt, giebt selbst diese eine kleine blaue, oder in größeren Massen eine lichtrothe, schwache Flamme; diese kommt daher, daß die Kohle, bei Zutritt von wenig Sauerstoffgas, in eine brennbare Gasart, das Kohlenoxidgas, — von welcher oben die Rede gewesen ist — verwandelt wird, welches beim Verbrennen eine Flamme bildet. Gasarten, welche für sich selbst brennen, geben leichte, isolirte Flammen, wie ich im Vorhergehenden, bei den Versuchen mit dem Wasserstoffgase, und seinen verschiedenen Verbindungen gezeigt habe. Die Flamme ist oft verschiedentlich gefärbt, von Zink und Phosphor ist sie weiß, von Schwefel blau, von Kupfer grün, u. s. w., wovon in der Folge mehrere Beispiele angeführt werden sollen.

Nach Verschiedenheit der Körper ist auch die Flamme, die sie beim Verbrennen geben, mehr oder weniger stark leuchtend, und dieses Erleuchtungs-Vermögen steht mit der Hitzkraft in keinem Verhältnisse. Sobald die Stoffe, die sich beim Verbrennen bilden, sich in Gasgestalt in der Flamme erhalten, leuchtet diese wenig; wie z. B. die Flamme des Wasserstoffgases, des gasförmigen

Verschiedene Leuchtungsvermögen der Flamme. 391

Kohlenoxids und des Alkohols. Allein wenn beim Verbrennen ein dichter Körper hinzukommt, welcher von der Flamme ins Glühen versetzt wird, so leuchtet dieser glühende Körper so lange, als er in der Flamme glühend erhalten wird. Daher leuchten brennender Zink und Phosphor so stark, weil bei ihrem Verbrennen Zinkoxid und Phosphorsäure in fester Gestalt ausgeschieden und glühend wird.

Wenn man in der Flamme des Wasserstoffgases, die beinahe gar nicht leuchtet, einen festen Körper, z. B. Platindrath, erhitzt, so wird dieselbe weit leuchtender, als sie an und für sich ist. Dafs die Flamme der ölbildenden Gasarten und unsrer Kerzenlichter, und Lampen so stark leuchten, rührt daher, dafs bei der ersten Berührung der brennbaren Gase mit der Luft das darin enthaltene ölbildende Gas nur theilweise verbrennt, und einen Antheil seines Kohlenstoffs in der Flamme niederschlägt, der hier so lange glüht, bis er an den Rand der Flamme gelangt, wo er dann von der Luft berührt wird und verbrennt. Ein Beweis dafür ist, dafs, wenn man einen kalten Körper, z. B. eine Messerklinge, in die Flamme hält, der niedergeschlagene Kohlenstoff sich daran ansetzt und den sogenannten Lampenrufs bildet.

Diese an sich einfache Erklärung des ungleichen Erleuchtungs - Vermögens der Flamme war den Naturforschern ganz entgangen, bis sie vor Kurzem Davy in einer höchst interessanten Abhandlung über die Natur der Flamme entwickelte.

322 Erklärung d. verschied. Theile der Flamme.

Wenn einfache Körper brennen, so ist die Flamme, welche sie bilden, einfach und allenthalben gleichartig; brennen aber zusammengesetzte Körper, so ist sie, nach Verschiedenheit der dabei entwickelten gasförmigen Stoffe, der Stärke und Farbe des Lichts nach oft verschieden. Als Beispiel dafür möge die Flamme eines brennenden Talglichts dienen. Betrachtet man diese genauer, so sieht man, daß ihr unterer Rand ringsum (Fig. 17 a b Taf. II.) schön hellblau gefärbt ist; über dem Dochte hat sie einen kegelförmigen Raum, c d e, welcher durchscheinender und weniger leuchtend, als der übrige Theil der Flamme ist, wogegen der denselben umgebende Raum a f a am stärksten leuchtet. Aeußerlich wird die Flamme von einer dünnen, wenig leuchtenden Hülle h g h eingeschlossen, welche aber weit heißer, als irgend ein anderer Theil derselben ist. Bei a ist diese Hülle am heißesten, nimmt aber nach der Spitze g und nach der Basis der Flamme h zu an Hitze ab. Hält man einen etwas feinen Eisendrath quer in die Flamme, so bemerkt man, daß er in den Rändern und am stärksten in der Hülle h g h schwillt und weißglühet, während er in dem dunkleren Raum c d e kaum zum Glühen kommt. Die Ursache hiervon ist folgende. Die kleinen Zwischenräume des Doctes pumpen, wie andere Haarröhrchen, den geschmolzenen Talg in die Höhe; dieser, welcher aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, wird durch die Hitze der Flamme zerlegt, und in brenzliches Oel, in

beide Kohlenwasserstoff - Gasarten und in Kohlenoxidgas verwandelt, welche Gasarten brennen und die Flamme bilden. Im äußeren Umkreise, wo sie mit der kälteren Luft und ihrem ganzen Sauerstoffgas - Gehalte in Berührung treten, ist die Flamme am heißesten, weil hier die Verbrennung auf jedem Punkte am stärksten vor sich geht und der meiste Wärmestoff entwickelt wird. Der schmale blaue Rand entsteht vom Kohlenoxidgas und ein wenig Kohlenwasserstoffgas, die schon bei der ersten und schwächsten Einwirkung der Hitze entwickelt werden. Der innere, dunklere, kegelförmige Raum ist mit brennbaren Gasarten angefüllt, welche hier nicht vollständig verbrennen können, weil die Luft, die bis dahin einzudringen vermag, den größten Theil ihres Sauerstoffgases schon verloren hat.

Bei Versuchen mit dem Löthrohre (wovon weiter unten die Rede seyn wird) verhält sich die Flamme fast auf dieselbe Weise, nur in umgekehrter Ordnung; denn hier fällt der heißeste Punkt die Mitte, auf diejenige Stelle, wo die größte Menge der hineingeblasenen Luft verzehrt wird. Der blaue Rand a b, welcher sich in Figur 17 beim Zutritt der Luft am untersten Theile der Flamme bildete, zeigt sich hier (Figur 18 a b) beim Zutritt der durch das Rohr zugeblasenen Luft mitten in derselben, und sowie die Hitze in Fig. 17 bei a am stärksten war, so ist sie es auch hier, nur mit dem Unterschiede, daß der heißeste Theil der Flamme, welcher im ersten Falle einen Gürtel um die ganze Flamme

X a

324 Rauch u. Rufs beim Verbr. mancher Körper.

herum bildete, hier in einem einzigen Punkte in der Mitte, gleich von der Spitze der langen blauen Flamme *a b*, zusammengedrängt ist, und nach der Spitze zu, noch schneller und stärker aber nach dem Löthrohre zu, an Hitze abnimmt. Daher rührt die bei der Lehre vom Löthrohre zu erwähnende Anwendung der äußeren und inneren Flamme, je nachdem man den zu untersuchenden Körper bei höherer oder niederer Temperatur verbrennen will.

Gewisse Körper geben beim Verbrennen einen mehr oder weniger dicken Rauch von sich, welcher sich auf kalten Körpern mit schwarzer Farbe verdichtet und den Rufs bildet. Dieser entsteht aus kohlenstoffhaltigen Körpern, welche bei niedriger Temperatur oder bei schwachem Luftwechsel und geringem Zutritt von Sauerstoffgas brennen, auf die Weise, daß der Wasserstoff in den von der Hitze gebildeten Gasarten verbrennt, ohne daß die Temperatur und der Sauerstoff zureichen, zugleich allen Kohlenstoff zu verbrennen, der daher niedergeschlagen und fein mechanisch zertheilt von der aufsteigenden warmen Luft fortgeführt wird. Er setzt sich an den Körpern ab, die er berührt, und auf diese Weise sammlet sich der Rufs in unseren Schornsteinen. Der Rufs, welchen man von Birkenrinde, Terpentin, Pech, Kampher u. dergl. m. erhält, ist reine Kohle; der Rufs von Hölzern aber enthält brenzliches Oel, mit Kohlensäurem und essigsäurem Ammoniak, die beim Verbrennen gebildet werden und sich mit der Kohle verdichten.

Rauch und Rufs können durch starken Luftzug vermieden werden, weil dadurch der Zutritt von Sauerstoff und die Hitze vermehrt wird; den Beweis dafür liefern Thilorier's Ofen ohne Rauch und Argand's Lampen. Diese letztern, welche besonders häufig im Gebrauche sind, geben eine ringförmige Flamme, die von der Luft innerlich und äusserlich berührt, und bei welcher der Luftwechsel ringsum noch durch einen um die Flamme herum angebrachten Glascylinder beschleuniget wird, der die aufsteigende heisse Luftsäule erhöht, und dadurch, nach aërostatischen Gesetzen, den Zug verstärkt. In dem Luftzuge dieser Lampen brennt die Flamme fast mit demselben Glanze, wie im Sauerstoffgase, und der Rauch wird vollkommen verzehrt.

Die Körper, welche man als Brennmittel anwendet, sind insonderheit Holz und Holzkohle, Steinkohle, Braunkohle, Torf, fette Oele, Talg, Wachs, Weingeist u. d. m. Die Hauptbestandtheile dieser Körper sind Kohlenstoff, Sauer- und Wasserstoff, und die Produkte ihrer Verbrennung sind, aufser Rauch und Rufs, Kohlensäure und Wasser. Je mehr Wasserstoff ein Körper enthält, eine desto grössere Flamme giebt er, und desto weniger Hitze kann in unseren gewöhnlichen Feuerstätten daraus entwickelt werden. Die wasserstoffreicheren Brennmittel werden deshalb meistens zum Erleuchten benutzt, wogegen Holzkohle und Steinkohle vorzüglich zu Hervorbringung höherer Wärmegrade, oder zu Unterhaltung einer gleichförmigeren Hitze angewendet werden, weil

das Flackern der Flamme des Brennholzes u. s. w. ungleiche Hitze giebt. Zu solchen Versuchen, wo Glasgefäße einer höheren Temperatur ausgesetzt werden müssen, kann man daher nur Kohlen brauchen.

Wenn in unseren Stubenöfen die Klappe verschlossen wird, ehe noch alle flüchtige Theile des Holzes ausgebrannt und alle Scheite vollständig verkohlt sind, so entsteht durch die nicht verbrannten verflüchtigten Stoffe ein unangenehm riechendes Luftgemenge im Zimmer, was wir Kohlendunst nennen. Dieser schädliche gasförmige Körper ist weder Kohlensäuregas, noch Kohlenoxidgas, sondern ein brenzlicher Stoff von eigenthümlicher Zusammensetzung. Bei einem kurzen Aufenthalte in einem solchen Zimmer bekommt man Schwindel, Kopfschmerzen, Erbrechen, u. d. und stirbt, wenn man nicht schnell ins Kühle und in frische Luft zu kommen sucht. Menschen, die in einem solchen Zimmer einschlafen, sterben oft im Schlafe, aber nicht am Mangel von Sauerstoffgas, da diese Luft eben so sauerstoffhaltig, als die reine atmosphärische Luft ist. *)

Wenn um einen brennenden Körper herum kein Luftwechsel mehr statt findet, und der Sauer-

*) Man hat die Wirkungen des Kohlendampfs der Anwesenheit eines geringen Antheils von Kohlenwasserstoffgas in minimum zuschreiben wollen; dem widerspricht aber die Erfahrung, daß die Luft in Steinkohlengruben dieses Gas in beträchtlicher Menge enthalten kann, ohne daß die Arbeiter davon erkranken.

stoff verzehrt ist, so verlöscht er; da aber die Hitze seiner Masse nicht so schnell mit aufhört, so verflüchtigen sich noch fortdauernd eine Menge Stoffe, und bilden einen aufsteigenden Rauch. Dieser Rauch, welcher vorher die Flamme ausmachte, entzündet sich beim Zutritt der Luft von neuem, wenn der verloschene Körper seine Temperatur noch beibehalten hat, oder ein brennender Körper ihm genähert wird. Wenn man z. B. ein brennendes Licht ausbläst, so wird der Docht durch den heftigen Luftwechsel so abgekühlt, daß das Gas nicht mehr brennen kann; der Docht glüht aber noch und entwickelt die brennbaren Gasarten in Rauchgestalt, und wenn man daher in geringer Entfernung über den rauchenden Docht ein anderes brennendes Licht hält, so entzündet sich das Gas und die Flamme scheint von dem brennenden Lichte zum ausgeblasenen herunter zu fahren. Hat der Docht aufgehört zu glühen, so ist der Rauch, der nun bei einer niedrigen Temperatur gebildet wird, unentzündlich, und besteht meist aus Wasser, brenzlichem Oele und Essig, wogegen bei größerer Hitze der Kohlenstoff diese Körper zerlegt, und Kohlenoxidgas, Kohlenwasserstoff und ein wenig Kohlensäure mit ihnen gebildet haben würde.

Alles was den Zutritt der Luft zu der Oberfläche eines brennenden Körpers verhindert, löscht ihn auch aus. Wir bedienen uns daher zum Feuerlöschen des Wassers, theils weil es die Oberfläche des brennenden Körpers überzieht, theils ihn abkühlt. Wird das Wasser mit Thon

398 Verlöschen d. Feuers durch Entziehung d. Luft.

rother Farbe, Salz, Vitriol oder ähnlichen Körpern gemischt, so bleiben dieselben zurück, wenn das Wasser verdampft ist, und verhindern zum Theil, daß der verbrannte Körper sich von neuem entzündet. Daher hat man unterschiedliche Feuerlöschungs-Stoffe, die bei kleinen Feuersbrünsten von einigem Nutzen seyn können, bei großen aber dem Zwecke nicht entsprechen. Die Versuche, welche man mit dergleichen Feuerlöschungsstoffen, selbst in Schweden, mit Häusern angestellt hat, die mit Theer bestrichen und mit Stroh und fettigen Körpern angefüllt waren, haben die Zuschauer bloß geblendet und betrogen; denn diese Körper brennen zwar mit einer glänzenden Flamme, aber mit geringerer Wärme, und erlöschen von gemeinem Wasser eben so leicht, als von jenen feuerlöschenden Gemengen. — Wenn bei einer Feuersbrunst die Temperatur sehr hoch und die brennende Masse so groß ist, daß das Wasser, womit man sie zu löschen sucht, die Stelle nicht abkühlen kann, auf die es fällt; so wird die Heftigkeit des Feuers dadurch vermehrt. Die Kohle verbrennt nämlich auf Kosten des im Wasser enthaltenen Sauerstoffs, und das Wasserstoffgas, was sich nebst Kohlenoxidgas entwickelt, verbrennt mit einer heftig hervorbrechenden hohen und blasen Flamme, was man oft beim Abbrennen großer Gebäude sehen kann. In diesem Falle ist mit Spritzen nichts auszurichten *) — Schweflich-

*) Im Kleinen kann man dies nachbilden, wenn man im Aschenherde eines Windofens etwas Wasser auf

saures Gas erstickt das Feuer sehr schnell, man kann daher einen brennenden Schornstein sehr oft dadurch löschen, daß man Schwefel auf dem Heerde verbrennen läßt.

Wenn Luft auf einer Stelle eingesperrt ist, wo sich organische Körper oder Ueberreste davon befinden, so wird der Sauerstoff nach und nach, während der langsamen Verwandlung derselben, verzehrt, und der Stickstoff bleibt allein, oder mit gasförmigen Ausdünstungen dieser Körper vermengt, zurück. Bringt man ein brennendes Licht hinein, so verlischt es, und Thiere und Menschen sterben augenblicklich, ohne wieder ins Leben zurückgebracht werden zu können. Die schwarze Dammerde besteht aus Ueberresten von Pflanzen und Thieren, mit mehr oder weniger Erden vermengt, und zerlegt deshalb die Luft sehr schnell; daher ist die Luft in Kellern, die nicht mit Zuglöchern versehen, oder lange verschlossen gewesen sind, zum Athemholen wenig dienlich und bisweilen so schlecht, daß Menschen darin sogleich sterben. Dadurch werden oft Unglücksfälle, besonders in Gruben, veranlaßt. Zuweilen findet man in letzteren einen ungewöhnlich grossen, bis zu 0,07 steigenden, Gehalt von Kohlen-

die heisse Asche gießt; die dabei gebildeten Wasserdämpfe durchstreichen die Feuerstätte, wo sie von den Kohlen zerlegt werden. Hierbei bilden sich die brennenden Gasarten, die, wenn sie im Ofen nicht hinlänglichen Sauerstoff zu ihrer Verbrennung finden, sich außerhalb des Schornsteins entzünden und eine mehrere-Fuß hohe, flackernde Flamme bilden.

330 Ist d. atmosphär. Luft eine chemische Verbind.

säuregas, der auf die Gesundheit der Arbeiter einen höchst schädlichen Einfluss hat, selbst wenn die Luft übrigens richtig gemengt ist. Steigt der Kohlensäuregehalt der Luft bis zu 9 Prozent des Volumens derselben, so ist er erstickend, weil die eingeathmete Luft dann eben soviel Kohlensäuregas, als die ausgeathmete gewöhnlich, enthält.

Es ist längst in Frage gewesen, ob die atmosphärische Luft eine chemische Verbindung von Sauer- und Stickstoff, oder nur ein mechanisches Gemenge dieser Gasarten sey, und man hat aus den geringen Abänderungen ihrer Grundmischung den Schluss ziehen wollen, dass sie eine chemische Verbindung, ein oxidirter Stickstoff sey. Als einen vorzüglichen Grund für diese Vermuthung hat man angeführt, dass das Sauerstoffgas, da es schwerer als das Stickgas sey, bei vollkommener Luftstille niedersinken und dann der untere Theil der Atmosphäre einen größeren Gehalt an Sauerstoff haben müsste. Diese Folgerung ist aber völlig unrichtig; denn die Gasarten mengen sich ganz so, wie die Flüssigkeiten, und das Gemenge bleibt auf allen Punkten völlig verhältnissmäßig, ohne dass die Schwere bei vollkommener Ruhe eine Absonderung darin hervorbringen kann; so vermengen sich z. B. Alkohol und Wasser dergestalt, dass die längste Ruhe sie nicht wieder trennt.

Wenn daher z. B. eine Menge Wasserstoffgas in die atmosphärische Luft gebracht wird, so steigt es zwar anfänglich, vermengt sich aber

Ist d, atmosphär, Luft eine chemische Verbind. 331

beim Aufsteigen mit der Luft, so daß es sich endlich gleichförmig darin vertheilt. Auf gleiche Weise sinken Kohlensäuregas und Sauerstoffgas anfangs nieder, vertheilen sich aber nachher allenthalben, — Eine offene Flasche, die man mit Sauerstoffgas füllt und auf einen ruhigen Platz hinstellt, sollte dieses Gas, wegen seiner Schwere nicht verlieren; gleichwohl aber ist die Luft nach Verlauf zweier Stunden in der Flasche nicht sauerstoffhaltiger als die Luft im Zimmer. Eine umgestürzte Flasche mit Wasserstoffgas sollte dieses Gas zurückhalten; allein nach ein Paar Stunden ist es gänzlich daraus verschwunden. *)

*) Die Luftarten haben eine gewisse Neigung, sich mit einander zu mengen, welche macht, daß sie einander schnell durchdringen und eine in der anderen, wie in leeren Zwischenräumen sich ausbreiten. Diese hat mehrere Mißgriffe bei Beurtheilung des Ausfalls solcher chemischer Versuche veranlaßt, die in porösen Gefäßen, z. B. von Thon oder Steingut, angestellt worden sind, weil die Luft in den Poren dieser Gefäße eine Gemeinschaft zwischen der äußeren und der im Gefäße eingeschlossenen Luft herstellt. Daher muß in einer Thonretorte oder in einem hessischen Tiegel die Luft, welche das Gefäß umgiebt, nach und nach in dasselbe eindringen und auf die darin befindlichen Stoffe einwirken. Priestley fand, daß poröse Gefäße, wenn sie auch so dicht waren, daß die Luft bei gewöhnlicher Temperatur mittelst der Luftpumpe in selbigen verdünnt werden konnte, dennoch die darin eingeschlossenen Gasarten leicht durchließen, und statt ihrer Atmosphäre Luft einsegen, wenn sie einer höheren Temperatur ausgesetzt wurden. — Füllt man eine trockene Ochsenblase

332 Ist d. atmosphär. Luft eine chemische Verbind.

Neuerdings haben sehr achtungswerthe Naturforscher beweisen wollen, daß die atmosphärische Luft ein Oxid des Stickstoffs sey, und zwar aus dem Grunde, weil sie fast genau aus 4 Maastheilen Stickstoffgas und 1 Maastheile Sauerstoffgas bestehe, und sonach halb so viel Sauerstoffgas als das Stickstoffoxidül enthalte. Allein wenn dieß wirklich der Fall wäre, so würde die atmosphärische Luft das erste Beispiel abgeben, wo ein mechanisches Gemenge völlig dieselben Eigenschaften, wie eine, aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzte chemische Verbindung hätte. Denn künstliches Gemenge aus 4 Theilen Stickstoffgas und 1 Theil Sauerstoffgas unterscheidet sich, seinen chemischen und physischen Eigenschaften nach, durchaus nicht von der atmosphärischen Luft, und daß bei dieser Mengung keine chemische Vereinigung eintrete, ergiebt sich daraus deutlich, daß dabei weder eine Veränderung im Volumen, noch in der Temperatur vorgeht. Da überdem das Stickstoffoxid auf Kosten der Luft in salpetriche Säure verwandelt wird, so müßte ein höheres und mit mehr Sauerstoff gesättigtes Oxid, ohne Mitwirkung irgend eines fremden Körpers, auf eine niedrigere Oxidationsstufe hinab reduziert werden können, wofür die

mit Sauerstoffgas und läßt sie 24 Stunden hängen, so findet man nachher die darin enthaltene Luft nur wenig reicher an Sauerstoffgas, als die umgebende Luft, weil sich diese mit dem Sauerstoffgas durch die Poren der Blase vermengt hat.

Wie wird das absorbirte Sauerstoffgas ersetzt. 335

Chemie kein entsprechendes Beispiel anzuführen vermag.

Die atmosphärische Luft ist daher kein gasförmiges Stickstoffoxidül, sondern ein mechanisches Gemenge von Stickstoffgas und Sauerstoffgas.

Bestände die atmosphärische Luft blos aus Sauerstoffgas, so würden die Thiere, durch die übermäßige Oxidation des Bluts in ihren Lungen, schnell darin sterben, und die geringste Unvorsichtigkeit mit Feuer würde den grösten Theil der Erdoberfläche schnell in Brand setzen. — Auf welche Weise übrigens das, bei allen organischen und unorganischen chemischen Prozessen, unaufhörlich verzehrt werdende Sauerstoffgas wieder ersetzt werde, ist uns völlig unbekannt. Wir kennen keinen einzigen desoxidirenden Prozess, welcher zu Wiederentwicklung alles gebundenen Sauerstoffes und zu Erhaltung der niemals veränderlichen Proportionen zwischen den beiden Gasen groß und allgemein genug wäre. Die Auflösung dieses Problems ist von der höchsten Wichtigkeit für die chemische Theorie; vielleicht dürfte auch dieses Geheimniss mit der Zeit der in so manchen Fällen geheimnissvollen Natur abgelockt werden. —

Man glaubte, wie ich schon erwähnt habe, lange Zeit, das die Gewächse im Sonnenschein das Wasser in ihren Säften zerlegten und den Sauerstoff in Gasform entwickelten; allein dies ist unrichtig, und die Luft bleibt sich Sommer und Winter in ihrer Zusammensetzung gleich. Wollte man von der oben erwähnten Vermuthung,

dafs die Luft möglicherweise in einem unendlichen Grade von Verdünnung über den ganzen Weltraum verbreitet seyn könnte, eine stete Erneuerung der Erdatmosphäre herleiten; so würde jene Aufgabe dadurch nicht im mindesten erklärt werden, weil wir keine merkliche Vermehrung der Menge des gebundenen Sauerstoffs und der oxidirten Körper auf der Erdoberfläche bemerken.

Prevost hat berechnet, dafs der Sauerstoff, welcher während eines Jahrhunderts durch die organischen Geschöpfe des Erdbodens verzehrt wird, nicht mehr als $\frac{1}{7155}$ der ganzen Gewichtsmasse des in der Atmosphäre enthaltenen Sauerstoffs ausmachen dürfte, und daher durch das Eudiometer sich nicht messen lasse. Diefs mag sich nun wirklich so verhalten, oder nicht, (— denn die Richtigkeit solcher Berechnungen läfst sich nicht erweisen —) so ist doch soviel gewifs, dafs uns die Weltgeschichte mit keinem Umstande bekannt macht, aus welchem sich die Vermuthung ableiten liefs, dafs die Atmosphäre in der Vorzeitreicher an Sauerstoffe gewesen sey, als jetzt.

Die Atmosphäre ertheilt dem über uns befindlichen Himmel eine blaue Farbe. Wahrscheinlich gehört diese blaue Farbe der Luft an, und vermuthlich ist sie so schwach, dafs man sie nur bemerkt, wenn man die Luft in Masse sieht. Wäre die Luft ein vollkommener Lichtleiter, so würde der Himmel schwarz aussehen; wir würden in ein unbeschreibliches Dunkel blicken, und das Tagelicht würde sehr ungleich auf unsere Erde fallen; statt dafs nun die Lichtstrahlen von

Chemische Untersuchung der Atmosphäre. 335

der Atmosphäre zurück geworfen werden und zu einer stärkeren und gleichförmigeren Vertheilung des Lichts beitragen. Die eigentliche Farbe der Luft scheint dunkelblau zu seyn. *) Wenn man den Himmel von hohen Bergen aus betrachtet, so erscheint er dunkler, je höher man kommt, weil die Atmosphäre hier niedriger wird und der sie umgebende dunkle Raum ihre Farbe verdunkelt. Das Verlaufen der Farbe des Himmels aus dem Dunkelblauen bis ins Hellblaue und endlich fast bis ins Weisse, rührt von Wasserdämpfen her, die in der Luft schweben, von der Sonne erleuchtet werden und ihr Licht zurückwerfen. Je größer die Menge solcher Dämpfe in der Luft ist, desto heller blau erscheint diese, und umgekehrt. Daher ist sie des Morgens und Abends heller, des Mittags und Nachts aber dunkler von Farbe, besonders im Winter.

Chemische Untersuchung der Atmosphäre. Eudiometrie.

Die Art den Sauerstoffgas-Gehalt der Luft zu untersuchen, nennt man Eudiometrie.

Man glaubte lange, daß dieser Gehalt sich verändere, und daß hiernach die Luft mehr oder

*) Man hat zum Messen der Intensität der blauen Farbe der Luft ein eigenes Instrument — Cyanometer — erfunden, wovon der berühmte Humboldt auf seinen Reisen fortdauernd Gebrauch gemacht hat.

336 Chemische Untersuchung der Atmosphäre.

weniger schädlich für die Gesundheit seyn können. Ich habe mehrmalen angeführt, daß die Mischung der Atmosphäre in freier Luft sich immer gleich bleibe, und daß jenes sonach unrichtig sey. Die Stoffe hingegen, welche die Luft für die Gesundheit nachtheilig machen, und bei Menschen und Thieren Krankheiten befördern, sind in ihr als Dünste enthalten, und verändern ihren Gehalt an Sauerstoff so unbedeutend, daß man die stinkende Atmosphäre um Leichen herum, sowohl im Freien, als in Zimmern, die dem Zutritte der Luft nicht ganz vollkommen verschlossen sind, eben so sauerstoffgashaltig, als die übrige Luft gefunden hat. Dergleichen Stoffe findet man in äußerst geringen Quantitäten der Luft beigemischt, auf eben die Weise, wie Phosphor im Wasserstoffgas, Stickstoffgas u. s. w. verdunstet, ohne die Natur dieser Gase zu verändern. Sie können nicht durch Eudiometrie entdeckt werden, ohngeachtet wir in neuerer Zeit sie zu zerstören und ihre schädlichen Einflüsse auf die Gesundheit aufzuheben gelernt haben. (S. die Saueroxide der Salzsäure).

Es giebt verschiedene Arten, den Gehalt der Luft an Sauerstoffgas zu untersuchen, wovon ich die vornehmsten anführen werde.

1) Das Wasserstoffgas - Eudiometer. Dieses besteht aus einer Glasröhre, die ohngefähr 8 Zoll Länge und 2 Linien Durchmesser hat. Sie ist an einem Ende zugeschmolzen und erweitert sich nahe dabei zu einer Kugel, (Fig. 16. A. Taf. 11.) in welcher man zwei Dräthe von Eisen,

oder lieber von Platin, einlöthet. Diese Dräthe werden an den Enden abgerundet und stehen in der Kugel etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie von einander ab. Die Röhre wird so graduirt, daß man sich ein kleines Maas von einer Glasröhre macht, was an einem Ende zugeblasen, am anderen aber eben so geschliffen wird, wie Fig. 19. Taf. II. Dieses füllt man mit Quecksilber und streicht das Ueberflüssige mit einer kleinen Glasscheibe vom Maase ab. Dieses ist nun die Einheit, und man graduirt damit die grössere Röhre, wenn man ein Maas nach dem andern in letztere hineinfüllt, und den Stand jedesmal durch einen Strich mit der Feile oder einem Demante auf der Aussenseite bemerkt. Will man das Volumen dieser Einheit vorn nach Cubikzollen bestimmen, so läßt sich dies leicht durch das Abwägen des Quecksilbers machen. — Soll nun eine Portion atmosphärische Luft untersucht werden, so mengt man sie in der Röhre mit etwa halb soviel Wasserstoffgas (wozu sich das aus Zink und verdünnter Salzsäure gewonnene anwenden läßt, ohne daß aus dessen geringen Kohlengehalte bedeutende Fehler entstehen). Man läßt sodann den Funken eines elektrischen Schlagers durch die Dräthe der Kugel gehen, wobei die Gase verbrennen und der Sauerstoff nebst dem Wasserstoff in Wasser verwandelt werden. Auf 1 Theil verzehrtes Sauerstoffgas kommen 2 Theile Wasserstoffgas, so daß in diesem Versuche beim Verbrennen von 100 Theilen atmosphärischer Luft mit 50 Theilen gewöhnlichen Wasserstoffgas, 63 Theile verschwinden, wovon 21 Theile aus Sauer-

stoffgas und 42 Theile aus Wasserstoffgas bestanden. —

Der Versuch kann über Wasser gemacht werden, geschieht aber am besten über Quecksilber, in einer Vorrichtung, wie Fig. 15. Taf. II. dargestellt ist. Die äußere, geräumigere und am offenen Ende sich erweiternde Röhre B wird mit Quecksilber gefüllt, und die Röhre A hineingestellt. Ist die Verbrennung geschehen, so wartet man ab, bis das davon erwärmte rückständige Gas wieder bis zur Temperatur der Zimmerluft abgekühlt ist und drückt dann die Röhre A so tief in die Röhre B hinunter, bis das Quecksilber in jener so hoch steht, wie um sie herum in B. Man muß dabei das Thermometer mit beobachten, damit man für den Fall, daß inmittelst die Temperatur des Zimmers sich verändert haben sollte, das erhaltene Resultat darnach berichtigen kann. — In England und Frankreich bedient man sich dazu cylindrischer Röhren von sehr starkem Glase, die $\frac{1}{2}$ Zoll innern Durchmesser und eine Glasstärke von wenigstens $\frac{1}{8}$ Zoll haben. Dieses Rohr wird an die Quecksilberwanne mit einer Sprungfeder befestiget, welche das Rohr im Augenblicke der Detonation etwas in die Höhe läßt, doch nur soweit, daß es nicht aus dem Quecksilber herauskommt, wodurch das Glas weniger auszuhalten hat.

2) Phosphor-Eudiometer. Eine Glasröhre von 16 Zoll Länge und 2 Linien Durchmesser, wird an einem Ende zu einer Kugel aufgeblasen, und unterhalb der Kugel etwas eingezo-

gen, wie Fig. 16 Taf. II., so daß a b einen geringeren Durchmesser als b c erhält. Man macht sich nun Stängelchen von Phosphor, welche durch a b durchgehen, legt ein solches Stängelchen Phosphor hinein, und füllt die Röhre mit Quecksilber. Der Phosphor, welcher schieß in die Kugel fällt, kann von selbst nicht wieder herausfallen. Die Röhre wird nun umgekehrt in eine andere mit Quecksilber gefüllte Röhre (wie B. Fig. 15) gestellt, worauf man die zu untersuchende Luft hineinbringt, und den Apparat ruhig stehen läßt. Der Phosphor fängt nun an, einen Rauch von phosphorischer Säure von sich zu geben, welcher immer fort niedersinkt. Wenn sich dieser Rauch nicht mehr bildet, und der Phosphor im Dunklen zu leuchten aufgehört hat, wird die Röhre soweit hinabgedrückt, bis das Quecksilber in und aufer derselben in gleicher Höhe steht. Die verschwundene Luft war Sauerstoffgas, die zurückbleibende aber ist Stickstoffgas, in welchem der Phosphor verdunstet, und welches dadurch um $\frac{1}{5}$ seines Volumens ausgedehnt worden ist, welcher Zuwachs in Abrechnung gebracht werden muß. Man wird bei diesem Versuche finden, daß die atmosphärische Luft 0,21 an ihrem Volumen verloren hat; indessen giebt jeder Versuch kleine Abweichungen, so daß man 0,20 bis 0,21 verzehrt findet. Dies rührt jedoch nicht von einer Verschiedenheit des Gehalts der Luft an Sauerstoffgas, sondern von kleinen unvermeidlichen Zufälligkeiten beim Versuche selbst her. Es versteht

340 Salpetergas- und Schwefelkali-Eudiometer.

sich von selbst, daß auch hierbei das Thermometer beobachtet werden muß.

Wenn man die Eudiometerröhre krümmt, wie in Fig. 16. B., so kann man den Phosphor mit Hülfe eines Lichts erhitzen, so daß er sich entzündet und die Luft auf Einmal zertheilt; dann muß man aber beim Einfüllen des Gases so viel Quecksilber in der Röhre zurücklassen, daß kein Theil des unter dem Verbrennen sich ausdehnenden Gases herausschlüpfen kann.

3) Das Eudiometer mit Salpetergas ist häufig von Humboldt und von den französischen Chemikern gebraucht worden, und war eine Hauptursache von den unrichtigen Begriffen, die man sich anfangs von der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft machte. In allen chemischen Schriften vor 1802 findet man die Verhältnisse ihrer Bestandtheile zu 27 bis 28 Theilen Sauerstoffgas und 72 bis 73 Theilen Stickstoffgas angegeben, indem man annahm, daß, so wie die Witterung veränderlich ist, auch der Sauerstoffgehalt der Luft, steten Veränderungen unterworfen sey. Dies rührte von der Eigenschaft des Salpetergases her, sich nach verschiedenen Verhältnissen mit Sauerstoffe zu vereinigen, je nachdem die Eudiometerröhre von unterschiedlicher Weite ist, oder verschiedene Mengen Gas zugesetzt werden, wie ich weiter unten, bei Beschreibung dieser Gasart, auseinander setzen werde.

4) Das Eudiometer mit Schwefelkali, wurde von Scheele eingeführt, welcher uns zuerst den Unterschied zwischen den Bestandtheilen

der Luft kennen lehrte. Es gründet sich darauf, daß Auflösungen von Schwefelalkalien das Sauerstoffgas verzehren, während ein Theil ihres Schwefels sich damit zu schweflicher Säure verbindet. Es ist für die Prüfung großer Luftmengen passend. Wenn die Lösungen warm sind und umgeschüttelt werden, geht die Zertheilung weit schneller vor sich. Hierbei ist aber zu erinnern, daß das Schwefelkali in kaltem, nicht in kochendheißem Wasser gelöst werden muß, weil es sonst beim Schütteln in der Eudiometerprobe einen Theil des durch Kochen ausgetriebenen Stickstoffgases wieder aufnimmt, und dadurch die Absorption zu groß wird.

Man hat lange, wiewohl ohne haltbare Gründe dazu, angenommen, daß die Atmosphäre 0,01 ihres Volumens Kohlensäuregas enthalte. Diefs ist bisweilen in solchen Räumen der Fall, wo Menschen oder Thiere leben, wo sich viele Lichter befinden, oder Kohle langsam verbrennt, wie in unseren Stubenöfen, wenn die Klappe des Zugrohrs verschlossen ist: in freier Luft hingegen steigt dieser Kohlensäuregehalt nicht bis zu 0,001. Dalton hat neuerdings bewiesen, daß die Luft nicht mehr als $\frac{1}{14700}$ ihres Volumens Kohlensäuregas enthält. Man untersucht die Anwesenheit dieses Gases mittelst Kalkwasser, was dadurch getrübt wird, und kohlensauren Kalk absetzt. Allein diese Probe muß mit sehr großen Mengen Luft gemacht werden, weil sonst das Volumen des verzehrten Kohlensäuregases kaum wahrnehmbar wird. Auch geschieht es wohl, daß das Kalkwasser, wenn es

durch Kochen frisch bereitet wird, während der Probe die durch Kochen ausgetriebene Luft wieder aufnimmt, und einen weit größeren Ausfall giebt, als es geben sollte.

Ehe ich die Beschreibung der atmosphärischen Luft ganz verlasse, werde ich erst noch einige Worte über die Erscheinungen des Feuers oder Lichts sagen, die sich in ihr zutragen und deren Natur uns grösstentheils noch verborgen ist.

1) Feuerkugeln. Zuweilen sieht man in der Atmosphäre eine große leuchtende Kugel, deren Licht manchmal ins Rothe fällt, die sich mit großer Schnelligkeit bewegt und einen glänzenden Schweif von Funken nach sich zieht. Die Grösse dieser Kugeln ist verschieden; bald haben sie blos die Hälfte von dem scheinbaren Durchmesser des Mondes, bald hat man sie grösser, als den Vollmond, und ihr Licht weit stärker als dieses, gesehen, so dass man bei ihrem Lichte eine feine Schrift hat lesen können. Zu den grössten beobachteten Feuerkugeln gehören die, welche im Jahr 1719 zu Bologna und am 17. Juli 1771 in Paris erschienen. Nach den an mehreren Orten über die letztere gemachten Beobachtungen zeigte sie sich 20,600 Klaftern über der Erde, hatte 250 Klaftern im Durchmesser und eine Schnelligkeit von 6 Meilen in der Sekunde. Andere kleinere Kugeln gehen so tief, dass man das Knistern ihres Verbrennens hören kann. Ihre Richtung gegen die Erde ist sich fast immer einigermaßen gleich. Hoch oben in der Luft scheinen sie horizontal zu gehn und sich nur wenig nach der Erde zu nei-

gen; tiefer unten sieht man ihr Sinken deutlicher. Wenn eine solche Feuerkugel eine gewisse Strecke gegangen und unterwegs immer heller und heller geworden ist, so zerspringt sie öfters mit einem erschrecklichen Knall, der Häuser und Gebäude erschüttert, und zuweilen stürzt die Kugel selbst ganz herunter. In beiden Fällen ist es eine eisenhaltige Steinmasse, die entweder in einem Klumpen, oder in einem Regen von kleinen, äußerlich halbgeschmolzenen Stücken vom Himmel herabfällt.

Dergleichen Feuerkugeln hat man in allen Ländern gesehen, auch bei uns, und unsere Urväter haben sie bereits beobachtet. *) Die niederfallenden Steine wurden von den Griechen und Römern Bätylien genannt; wir haben aber ihre Berichte darüber als Fabeln betrachtet, bis die Sache durch die seit dem Anfange des jetzigen Jahrhunderts gefallenen Steine außer Zweifel gesetzt worden ist. Diese Steine sind einander, sowohl dem äußeren Ansehn, als ihrer Zusammensetzung nach sehr ähnlich, sie mögen nun unter der Linie oder in den, den Polen nahe gelegenen

*) Ein vollständiges Verzeichniß aller von den ältesten Zeiten an bis jetzt bekannt gewordenen meteorischen Massen, nebst einer Revision der über ihre Entstehung aufgestellten Theorien und aller bei deren Beurtheilung einschlagenden Umstände findet man in dem so eben erschienenen Werke: Ueber Feuermeteore und über die mit denselben herabgefallenen Massen, von Chladni, welcher sich um die Erörterung dieser Gegenstände große Verdienste erworben hat.

Ländern unsers Erdbodens gesammelt worden seyn. Ihr äusseres ist dunkelfarbig, glatt und wie durch angehende Schmelzung glasirt, innerlich sind sie graulichweiss, braun oder hellgrau gefleckt, und enthalten ausserdem Körnchen von metallischem Eisen und von weissem Schwefelkies, mit völlig blättrigem Bruch. Die Masse des Steins selbst besteht aus Kieselerde, Talkerde, Eisen (was zum Theil verbrannt oder oxidirt ist) Nickel, Schwefel, und enthält bisweilen nebenbei noch Mangan, Chrom und Kohle, in abwechselnden Verhältnissen. Die regulinischen Eisenkörner bestehn aus Eisen mit etwas Nickel und Schwefel.

Man hat diese Steine Meteorsteine genannt. Die gleichartige Zusammensetzung und Bewegung solcher Massen bei ihrem Herabfallen giebt zu erkennen, das sie einerlei Ursprungs sind. Welche Kraft mag das aber wohl seyn, die diese Kugeln zu einer so ausserordentlichen Höhe im Luftkreise erhebt und ihnen eine solche Schnelligkeit mittheilt, das sie bei einem Gewichte von mehreren 1000 Pfunden die Luft durchstreichen, ohne auf ihrem mehrere Meilen langen Wege von der Anziehungskraft der Erde bedeutenden Einfluß zu erleiden? Eine Kanonkugel geht selten über $\frac{1}{2}$ Meile weit. Werden diese Feuerkugeln von Vulkanen ausgeworfen? Unmöglich! — denn, ungerechnet, das sie in ihrer Zusammensetzung vulkanischen Produkten ganz unähnlich sind, so müßten sie sich in diesem Falle auch in einer schiefen Wurflinie bewegen, ungefähr wie Bomben, die aus einem Mörser geworfen werden;

denn man kann sich nicht vorstellen, daß sie in horizontaler Richtung ausgeworfen worden seyn sollten, sondern sie müßten aus dem Krater in senkrechter Richtung ausgeworfen seyn. — Bilden sie sich in der Luft? — Dem widerspricht alles, was wir von der Natur dieser Körper und ihrem Verhalten zum Wärmestoffe wissen; sie sind, den Schwefel ausgenommen, sämmtlich feuerbeständig, und es ist uns keine Art von Auflösung derselben in der Luft bekannt. — Die Vermuthung, daß diese entweder aus den großen, unaufhörlich feuer-speienden Vulkanen des Mondes mit solcher Kraft ausgeworfen seyn sollten, daß sie aus dem Schwerkreise desselben in den der Erde gerathen könnten, läßt sich eben so wenig erweisen, als die Hypothese über ihren kosmischen Ursprung, nach welcher sie isolirte Massen seyn sollen, die gleich den Planeten sich um die Sonne bewegen und bei ihrer Annäherung an die Erde allmählig von ihrer Bahn abgelenkt und auf die Erde zu fallen genöthiget würden.

Die Vermuthung ihres kosmischen Ursprungs, so wenig befriedigend sie auch übrigens ist, ver trägt sich noch am besten mit der Schnelligkeit, dem Wärmegrade und der Richtung derselben; allein ihre stets gleichartige Zusammensetzung vermehrt wenigstens die Wahrscheinlichkeit dieser Vermuthung nicht, wenn sie ihr auch nicht geradezu widerstreitet. Ueberdem hat man Steinregen beobachtet, die schwerlich nach dieser Hypothese erklärbar sind; z. B. der am 26. April 1803 im Departement l'Aigle in Frankreich gefallene. Man

sah um 1 Uhr Nachmittags zu Caen eine große Feuerkugel, die am lichten Tage mit unglaublicher Schnelligkeit umherfuhr, und wenige Augenblicke nachher einige 1000 größere und kleinere Steine aus einer länglichen, vierseitigen, schwarzen Wolke, die 5 Minuten lang unaufhörlich krachte, und dabei ganz still zu stehen schien, — herabregnete. *)

Die ausserordentliche Schnelligkeit, womit diese Feuerkugeln, selbst in den dünneren Theilen der Atmosphäre, die Luft vor sich zusammendrücken, entwickelt Wärmestoff, welcher, je näher sie der Erde kommen und je mehr die Luft an Dichtigkeit zunimmt, sich vermehren muß, so daß sie zu glühen anfangen, sich entzünden und mit den gewöhnlichen Verbrennungs-Phänomenen des Eisens brennen, bis sie endlich bei einer gewissen höheren Temperatur, wenn der in ihrer Masse befindliche Schwefel durch die Hitze in Gasgestalt versetzt wird, mit einem Knalle zerspringen und in Stücken niederfallen. Die Einwirkung der Hitze auf sie ist zwar hinreichend gewesen, ihre Oberfläche zu verglasen, kann aber doch nur einen Augenblick gedauert haben. Denn sie sind zwar immer äusserlich mit einer dunklen verglasten Rinde umgeben; unter dieser aber findet man Schwefelkies, der bei höherer Temperatur zersetzt wird, und daher einen Beweis giebt, daß die Hitze nicht tiefer eingedrungen sey. Sie

*) Man lese darüber Chladni's angeführtes Werk nach.

sind beim Niederfallen gewöhnlich warm, aber niemals glühend oder so heiss, dass sie die Körper, auf welche sie fallen, entzünden oder verkohlen sollten.

2) Lichtstreifen. Bei hellen und ruhigen Abenden, besonders im Herbste und gegen den Winter hin, sieht man bisweilen einen Lichtstreifen in sehr schiefer Richtung gegen die Erde hervorbrechen, der eine Flamme bildet, die in der Mitte am breitesten ist, und nach dem unteren Ende scharf und spitzig zuläuft. Die Erscheinung dauert nur einen Augenblick und verschwindet ohne Knall, sie erleuchtet die ganze Gegend stärker als ein Blitz, dauert auch ein wenig länger, als dieser. Sie zeigt sich zuweilen sehr hoch oben in der Luft, und wird von weit entlegenen Orten gesehen. Man nimmt genau wahr, dass die Erscheinung in einer Verbrennung besteht, und aus ihrer Richtung sieht man, dass es ein fallender Körper ist, welcher brennt; allein die Natur des brennenden Körpers selbst und die Produkte seiner Verbrennung sind uns unbekannt.

3) Sternschnuppen. Dieses sehr gemeine Meteor ereignet sich sehr hoch in der Luft und gehört wahrscheinlich ebenfalls dem Verbrennen an. Bald verschwindet der anscheinend niederfallende Stern sehr schnell, bald, wiewohl seltener, sieht man den Strahl durch die ganze Atmosphäre bis zur Erdoberfläche niederfahren. Man weiss noch nicht zuverlässig, dass der brennende Körper auf irgend einer Stelle niedergefallen und untersucht worden wäre.

4) Irrlichter oder Irrwische nennt man kleine Flammen, welche bisweilen bei warmen und ruhigen Abenden nahe über dem Erdboden in der Luft erscheinen. Sie folgen dem Luftzuge und weichen dem aus, der ihnen nahe zu kommen sucht. Fludel und Chladni versichern, welche gefangen, und darin einen schleimigen, geruch- und geschmacklosen, dem Froschlaich ähnlichen Stoff gefunden zu haben, welcher leuchtete, aber nicht brannte, und wahrscheinlich seinen Ursprung von verfaulten Vegetabilien haben mochte. Manche haben behauptet, daß diese Erscheinung durch Phosphorwasserstoff veranlaßt werde; dies ist aber unmöglich, weil, wie man sich erinnert, die Gasarten die Eigenschaften besitzen, sich schnell mit der Luft zu mengen, und weil dann der eigenthümliche widrige Geruch jener Gasart an allen Stellen verbreitet seyn müßte, wo Irrlichter entstehen. — (Die sogenannten Elmsfeuer sind schon bei der Elektrizität erwähnt worden).

5) Nordscheine. Dieses allgemein bekannte Phänomen zeigt sich, jedoch etwas schwächer, auch nach dem Südpole zu, und wird häufiger und stärker, je mehr man sich den Polen nähert. Bisweilen bleiben die Nordlichter mehrere Jahrzehende lang ganz aus, kehren aber dann mit abwechselnd mehr oder weniger Stärke zurück. Sie erscheinen in den höchsten Theilen der Atmosphäre, wo diese im höchsten Grade verdünnt ist; sind dem elektrischen Lichte im luftleeren Raume ähnlich, und man hat gefunden, daß sie die

Magnetnadel ein wenig beunruhigen. Ihre Natur ist uns unbekannt. Benj. Franklin erklärte sie für Elektricität, welche die von den wärmeren Erdtheilen in die Luft aufsteigenden Dünste begleite und in der Nähe der Pole mit jenem Lichte wieder niederströme. Die wahrscheinlichste Vermuthung darüber ist, daß der elektrische Stoff des Erdkörpers, eben so wie der magnetische, sich in einem gewissen Grade der Vertheilung zwischen beiden Polen befinde und fortdauernd das Gleichgewicht dadurch wiederherzustellen suche, daß die getheilten $+$ und $-$ E über der Atmosphäre, also gleichsam in einem luftleeren Raume, ausströmen, sich hier begegnen und gegenseitig sättigen. Aus der ungleichen Stärke der Vertheilung der elektrischen Materie des Erdkörpers läßt sich auch die ungleiche Stärke des Phänomens, die beständigen Veränderungen während seiner Dauer und sein Aussenbleiben von Zeit zu Zeit, sehr leicht erklären. Daß die Erklärung zugleich voraussetzt, daß die Erscheinung mit der Annäherung an die Pole immer stärker, auf den mittleren Theilen der Erde aber niemals sichtbar werden könne, ist leicht einzusehn.

Professor H a n s t e n hat unterschiedliche Beobachtungen bekannt gemacht, welche zu beweisen scheinen, daß das Nordlicht allemal einen Pol des Erdmagnetismus zum Mittelpunkte hat. In jedem Falle bleibt es unausgemacht, ob es eine elektrische Erscheinung ist, oder, nach den Vermuthungen dieses scharfsinnigen Forschers, ein, dem elektrischen Lichte ähnliches, magnetisches Licht seyn könne.

Regenbogen, Nebensonnen, Mondhöfe und ähnliche Erscheinungen, die von der Brechung des Lichts durch die in der Luft schwebenden Wasserdünste herrühren, gehören nicht in das Gebiet der Chemie und lassen bloß eine rein mathematische Erklärung zu.

W a s s e r

Ich habe schon oben erwähnt, daß das Wasser aus Sauer- und Wasserstoff bestehe, auch gezeigt, wie diese Bestandtheile von einander geschieden werden können. Hier wird nunmehr gezeigt werden, wie aus ihnen das Wasser wieder zusammengesetzt werden kann.

Wenn man in dem S. 112 beschriebenen Versuche, das Wasser durch Entladung der elektrischen Säule zu zerlegen, statt der Dräthe von leicht oxidirbaren Metallen, beide Dräthe, oder wenigstens den positiven, von Gold oder Platin macht; so wird zwar das Wasser so gut wie vorher in seine Bestandtheile zerlegt, allein der Sauerstoff verbindet sich nicht mit den Metallen, sondern entweicht in Gasgestalt und vermischt sich mit dem, vom entgegengesetzten Drahte aufsteigenden Wasserstoffgase. Sammelt man nun dieses entwickelte Gasgemenge und verbrennt es in einzelnen kleinen Portionen im Wasserstoffgas-Eudiometer; so verschwindet das Gas jedesmal vollkom-

men *) und es bildet sich in der Eudiometerröhre dem Gewicht nach eben so viel Wasser, als die verbrannten Gase wogen, und das Wasser im Zerlegungs-Apparate während des Versuches am Gewichte abgenommen hatte.

Ich halte es für überflüssig, alle die genauen Versuche hier zu beschreiben, die man angestellt hat, um das Wasser aus seinen Bestandtheilen zusammen zu setzen, und die relativen Mengen der letztern auszumitteln. Genug, — man verbrannte Sauer- und Wasserstoffgas in Apparaten, wo man das Gewicht der Gasarten vor dem Verbrennen mit dem Gewichte des dadurch erhaltenen Wassers und des übrig gebliebenen Gases genau bestimmen konnte, und fand allemal, daß das erhaltene Wasser eben soviel, als die verschwundenen Gase, wog. Bei den Versuchen, welche Fourcroy, Vauquelin und Seguin ziemlich im Großen in der Absicht anstellten, um aus abgewogenen Mengen Gas wägbares Wasser hervorzubringen, glaubte man zu finden, daß das Wasser aus 85 Theilen Sauerstoff und 15 Theilen Wasserstoff bestehe. Seitdem aber durch genaue Versuche ausgemittelt worden ist, daß 2 Volumen Wasserstoffgas sich genau mit 1 Theile Sauerstoffgas verbind-

*) Hierzu wird jedoch erfordert, daß das dazu angewendete Wasser frei von atmosphärischer Luft sey, weil sonst jederzeit ein kleiner Theil der vorher im Wasser enthaltenen Luft zurückbleibt, welcher nachher mit den neugebildeten Gasarten allmählig ausgetrieben wird.

den, und nachdem die relativen Gewichte beider Gase bestimmt worden sind, hat man gefunden, daß das Wasser aus 88,94 Gewichtstheilen Sauerstoff und 11,06 Gewichtstheilen Wasserstoffgas besteht.

Außer der Wiegung der Gase selbst, ist die beste Art, die genaue Zusammensetzung des Wassers bestimmt zu untersuchen, die, daß man in einer dazu geeigneten Glasröhre eine abgewogene Portion Kupferoxid erhitzt, und dann reines Wasserstoffgas in die Röhre leitet, wobei das Oxid reducirt und Wasser gebildet wird. Man sammelt hierauf das Wasser und wägt es, sowie das rückständige Kupferoxid, wo sodann das Uebergewicht, welches das Wasser mehr wiegt, als was das Kupferoxid am Gewicht verloren hat, die relativen Quantitäten des zur Bildung des Wassers verwendeten Wasserstoffs und Sauerstoffs anzeigt. Diefes stimmt auch mit den Resultaten überein, welche man durch die Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts beider Gasarten erhält. Durch eine etwas fehlerhafte Angabe dieser Resultate hat man das Wasser zeither als aus 11,75 Wasserstoff und 88,25 Sauerstoff bestehend angesehen, wie aus Biot's und Arrago's Bestimmung des eigenthümlichen Gewichts des Wasserstoffs hervorging.

Bei dem Versuche, das Wasserstoffgas aus Wasserdämpfen zu gewinnen, die man durch glühende Stückchen Eisendrath leitet, hatte man ferner gefunden, daß man dabei ein Volumen Wasserstoffgas erhielt, was der Gewichtszunahme des Eisens durch den aufgenommenen Sauerstoff entsprach.

Man hatte sonach sowohl durch Zusammensetzung, als durch Zerlegung des Wassers übereinstimmende Resultate erhalten. Ich werde hier noch einen Versuch anführen, bei welchem die Erzeugung des Wassers durch Verbrennen des Sauer- und Wasserstoffgases mittelst sehr einfacher Werkzeuge bewerkstelliget werden kann, der aber freilich keine solche Genauigkeit zuläßt, daß die Produkte gewogen werden könnten.

Man bereitet sich Sauer- und Wasserstoffgas auf eine der vorher beschriebenen Weisen, und fängt diese Gase, jedes für sich, in solchen Gasbehältern auf, wie ich im Anfange unter diesem Artikel beschreiben werde. An das Ableitungsrohr dieser Behälter befestiget man, mittelst eines biegsamen Zwischenrohrs von elastischem Gummi, eine Glasröhre, die so gebogen ist, wie Figur 21. Taf. II. zeigt. Zugleich läßt man sich eine Glocke von Kristallglas blasen, die wie Fig. 20. A. gestaltet ist. Diese Glocke muß bei Anstellung des Versuches inwendig völlig trocken seyn, und wird deshalb, um Wasser und Quecksilber gänzlich entbehren zu können, auf folgende Weise mit Sauerstoffgas gefüllt. Man stürzt nämlich die Glocke, wie in Fig. 20. B., um, und setzt in ihre, nach oben gekehrte, weitere Oeffnung einen gut passenden Kork ein, in welchen man vorher zwei Löcher gemacht hat. Durch das eine dieser Löcher wird eine, bis zu dem Pfropfe der unteren Oeffnung der Glocke gehende Glasröhre eingesetzt, deren oberes (wie in der Figur) gekrümmtes Ende mittelst eines Rohres von elastischem Gummi in dem

Ableitungsrohre des Sauerstoffgas - Behälters befestiget wird. Durch das andere Loch wird eine kurze Glasröhre gesteckt, die in der Glocke nicht aus dem Korke hervorsteht, sondern mit diesem sich endiget. Man läßt, nun Sauerstoff, anfangs langsam, dann schneller in die Glocke einströmen; durch seine Schwere senkt es sich zu Boden und treibt die leichtere atmosphärische Luft oben zu der kurzen Röhre heraus. Aus dem, was ich über die Neigung der Gasarten, sich mit atmosphärischer Luft zu vermengen, angeführt habe, sieht man leicht ein, daß ein Theil des Sauerstoffgases sich mit der Luft mengen müsse, ehe diese oben heraus getrieben wird; allein man merkt leicht, ob die Glocke mit Sauerstoffgas angefüllt ist, wenn man dem kleinen Röhrchen einen glimmenden Span nähert, der sich mit der im Sauerstoffgase gewöhnlichen Heftigkeit entzündet, so bald die Luft völlig ausgetrieben ist und das Sauerstoffgas zu entweichen anfängt. Gebraucht man die Vorsicht etwas Sauerstoffgas ausströmen zu lassen, so wird die an Sauerstoffgas reichere atmosphärische Luft, welche sich über dem einströmenden reinen Sauerstoffgas bildete, zugleich mit ausgetrieben, und das Gas in der Glocke wird um so mehr vom Stickstoffe befreit. — Nun werden die im Gasbehälter befestigten gekrümmten Glasröhren zusammen in ein, zur Hälfte mit Quecksilber gefülltes Glas gestellt, wie Fig. 21. Taf. II. zeigt. Der Wasserstoffgas - Behälter wird nun geöffnet, und das hervorströmende Gas angezündet, wobei man mittelst des Ventils das Ausströmen so

zu leiten sucht, daß die Flamme nicht zu groß wird. Hierauf wird der Kork aus der mit Sauerstoffgas gefüllten Glasglocke herausgenommen und diese schnell über die Röhren gestürzt, so daß das offene (weite) Ende der Glocke in das Quecksilber zu stehen kommt. Dabei wird zugleich das Ventil des Sauerstoffgas-Behälters geöffnet, jedoch mit der Vorsicht, daß nur $\frac{1}{2}$ soviel Sauerstoffgas als Wasserstoffgas in die Glocke ströme, weil sich außerdem diese mit mehr Sauerstoffgas anfüllt, als der Wasserstoff zu verzehren vermag, das Quecksilber nieder gedrückt wird und die Gase durch die Oeffnung herausdringen. Das Wasser, welches sich bildet, wird von der Glocke abgekühlt, setzt sich an den Wänden derselben in Dampfgestalt an, fließt endlich in Tropfen herunter und sammelt sich in den Vertiefungen der Glocke bei b Fig. 20. A. Je langsamer der Versuch von statten geht, desto weniger wird die Glocke erhitzt, und desto vollkommener glückt derselbe.

Das Wasser, was man dabei erhält, schmeckt gewöhnlich säuerlich, und enthält ein wenig Salpetersäure. Diefs rührt daher, daß der Braunstein, aus welchem das Sauerstoffgas gemeinlich bereitet wird, Stickstoff enthält, dessen Beimengung schwerlich vermieden werden kann, und daß — (den Stickstoff ungerechnet, welcher von der atmosphärischen Luft unter der Glocke zurückgeblieben seyn kann) — derselbe durch die Flamme des Wasserstoffgases mit erhitzt und durch das Verbrennen in Salpetersäure verwandelt wird.

Durch große Sorgfalt bei der Bereitung des Sauerstoffgases und beim Füllen der Glocke kann man es inzwischen dahin bringen, völlig reines und von Salpetersäure freies Wasser zu erhalten. Bleibt dagegen beim Anfange des Versuches atmosphärische Luft, statt reinen Sauerstoffgases, in der Glocke zurück, so kann der Gehalt an Salpetersäure ziemlich bedeutend werden.

Die Entdeckung der Zusammensetzung des Wassers gehört dem Engländer Cavendish an, und ist noch kein halbes Jahrhundert alt. Sie wurde von den französischen Chemikern bestätigt und genauer bestimmt, fand aber dennoch ihre hartnäckigen Widersacher. Man glaubte nämlich zu finden, daß Wasser, was auf glühende Metalle getropft oder durch glühende Thonröhren geleitet werde, sich zum Theil in Stickstoffgas verwandele. Allein von Hauch bewies, daß dieses Stickstoffgas von der benachbarten atmosphärischen Luft herrühre, und daß man keines erhalte, wenn man Apparate von Metall anwendet und die aus porösen Körpern, wie Thon oder Steingut, vermeidet. Eben so glaubte man gefunden zu haben, daß Wasser, theils durch Reiben im Mörser, theils durch Kochen in Glasgefäßen, in Erde verwandelt werden könne; allein im ersteren Falle entstand die Erde durch Abnutzung des Mörsers, im letztern durch Auflösung des Glases. Lavoisier digerirte 14 Wochen lang Wasser bei $+ 85^{\circ}$ in einem verschlossenen Glasgefäße, und fand, daß das Glas eben so viel am Gewichte verloren habe, als die mit dem Wasser gemengte Erde, mit den

bei Verdunstung des Wassers zurückgebliebenen Stoffen zusammen genommen, am Gewichte betrug.

Bei der Mitteltemperatur unserer Atmosphäre bleibt das Wasser stets flüssig; vermindert sich aber die Wärme bis unter 0° am Thermometer, so nimmt es feste Gestalt an, und verwandelt sich in Eis. Das Eis ist daher nichts anders, als Wasser in fester Gestalt und unterscheidet sich vom flüssigem Wasser eben so, wie sich ein Stück fester Schwefel von geschmolzenem Schwefel unterscheidet. Ich habe schon angeführt, daß ein großer Theil der festen Masse des Erdkörpers aus Wasser in fester Gestalt, oder Eis, bestehe, und daß man es nur auf denjenigen Theilen der Erdoberfläche flüssig findet, welche von den Sonnenstrahlen erwärmt werden können. Sowie der Atmosphäre in einer gewissen Höhe, selbst mitten über dem Erdäquator, die Wärme ausgeht, so muß diese auch in der Erdmasse selbst abnehmen und in einem gewissen Abstände von ihrer Oberfläche ganz fehlen.

Wenn das Wasser erstarrt, so nimmt es, wie die meisten übrigen Körper, Kristallgestalt an, wie unsere gefrorenen Fenster im Winter deutlich beweisen. Betrachtet man Wasser, was in einem dünnen Glase, bei mäßiger Kälte langsam zu frieren anfängt; so sieht man erst ein dünnes Eisblatt auf der Oberfläche, dann aber Eisnadeln entstehen, die unter bestimmten Winkeln von 60° und 120° hervor schießen; an diesen setzen sich neue, an diesen wieder andere an, u. s. f. bis endlich die

ganze Masse erstarrt ist. Diese Kristalle zeigen, wie die Kristalle anderer Körper, mancherlei Gestalten; welche theils von der Heftigkeit der Kälte und der Schnelligkeit ihrer Bildung, theils von den verschiedenen Graden der Ruhe beim Frieren und dergleichen Umständen mehr abhängen. So findet man das Wasser bald in langen geraden Nadeln kristallisirt, bald in federartigen Kristallen, bald in glänzenden schuppenähnlichen Blättchen, welche vielseitige Zwischenräume zwischen sich lassen, u. s. w.

Bei voller Ruhe wird ein weit niedriger Wärmegrad, als der Frostpunkt, zur Versetzung des Wassers in die feste Gestalt erfordert, und ich habe schon oben erwähnt, daß es bei völliger Ruhe mehrere Grade unter 0° seine flüssige Gestalt beibehalten kann, und erst dann erstarrt, wenn man es umschüttelt. Im luftleeren Raume gefriert das Wasser niemals eher, als bis es fast bis -5° abgekühlt ist, erwärmt sich aber im Augenblicke der Erstarrung wieder bis zu 0° .

Kristallisirte Körper sind im allgemeinen leichter, als sie vorher im flüssigen Zustande waren; dieß ist auch der Fall mit dem Eise, dessen eigenthümliches Gewicht nur 0,916 beträgt. Die Ursache dieser größern Leichtigkeit liegt darin, daß während des Anschiefens der Kristalle die Zusammenhangs - Verwandtschaft (Cohäsion) nicht auf alle kleinste Theilchen gleichförmig wirkt, sondern dieselben in gewissen Richtungen mit stärkerer Kraft zusammenfügt, als an anderen Stellen. Dadurch wird die Gestalt der Kristalle bestimmt; es entstehn aber auch dadurch an denjeni-

gen Stellen, wo die Cohäsionskraft schwächer wirkt, kleine Zwischenräume, welche verursachen, daß sich die Masse beim Anschließen ausdehnt. Die Ausdehnung des Eises kann man inzwischen auch einer anderen Ursache zuschreiben, die auch in freier Luft allzeit dazu mitwirkt, und das Eis weit leichter macht, als es vermöge seiner Kristallisation allein seyn sollte. Diese Ursache ist, daß das Wasser eine bestimmte Menge Luft enthält, welche keine feste Gestalt annehmen kann, sondern während des Gefrierens in unendlich feinen Luftbläschen ausgesondert wird, die das Eis undurchsichtig machen und dem bloßen Auge deutlich sichtbar sind. Man hat versucht, das Wasser durch Kochen oder unter der Luftpumpe von dieser Luft zu befreien, demungeachtet aber das Eis immer blasig gefunden. Inzwischen kann man, wenn man destillirtes Wasser in einem kleinen Glaskolben lange kocht, so daß die Luft aus dem oberen Theile des Kolbens ausgetrieben und durch Wassergas erhitzt wird, dann aber den Kolben während des Kochens luftdicht verkorkt, nachher durch Gefrieren dieses Wassers eine völlig luftfreie und durchsichtige Eismasse erhalten, in welcher sich die Brechung der Lichtstrahlen nach den verschiedenen Richtungen der Kristallflächen beobachten läßt. Allein selbst dieses Eis ist leichter, als Wasser. Die Ausdehnung des Eises geschieht mit solcher Kraft, daß eine kupferne Kugel oder ein Flintenlauf, wenn man sie voll Wasser füllt und stark zupfropft, beim Gefrieren des Wassers zerspringen.

360 Wärmeleitung und Elektricität des Eises.

Wasser, welches andere Stoffe, z. B. Salze, Säuren, Alkohol u. d. mehr enthält, gefriert, mit wenigen Ausnahmen, langsamer, und das zwar um so mehr, je mehr es von diesen Beimengungen enthält. Wenn ein Theil einer solchen Lösung gefriert, so gefriert gemeinlich fast blos das Wasser und die rückständige Lösung ist dann um so viel mehr concentrirt. Daher pflegt man auf diese Weise, z. B. Essig und Citronensaft zu concentriren.

Das Eis ist wärmeleitend für alle Wärmegrade unter 0° , wiewohl es die Wärme sehr schlecht leitet. Ueber den Frostpunkt hinaus saugt es den Wärmestoff ein und verwandelt sich damit in Wasser. Durch Reiben kann es elektrisch werden und ist sonach ein Nichtleiter für die Elektricität. — Wenn das Eis aufthaut, erhalten sich die regelmäßigen Kristalle, nebst den zuerst gebildeten Nadeln, länger, als das übrige, minder regelmäßig angeschossene. Beim Schmelzen zu Wasser von 0° Temperatur bindet es eben soviel Wärmestoff, als zu Erwärmung einer gleichen Menge eiskalten Wassers bis zu $+80^{\circ}$ erforderlich seyn würde.

Das Wasser in flüssiger Gestalt ist, wie alle Flüssigkeiten, wenig elastisch, und läßt sich so unmerklich wenig zusammendrücken, daß man es für unmöglich halt, es in ein engeres Volumen zu zwingen. Der Druck einer ganzen Atmosphäre vermindert seinen Umfang kaum um $\frac{4}{100000}$; allein durch seine eigene Schwere wird es dennoch in Seen und im Meere so zusammengedrückt, daß dessen Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Boden zu immer mehr zunimmt. Sein eigenthüm-

Größte Dichtigkeit des Wassers bei $4\frac{1}{3}^{\circ}$ C. 361

liches Gewicht wird zu 1,000 angenommen und dient zum Maasstabe für die eigenthümlichen Gewichte aller anderen Körper. Reines Wasser hat weder Farbe, Geruch, noch Geschmack und ist an und für sich selbst völlig unveränderlich.

Das Wasser wird durch den Wärmestoff ausgedehnt, wie alle andere Körper; allein diese Ausdehnung unterscheidet sich auf eine merkwürdige Weise von der Ausdehnung anderer Körper. Sie ist sehr gering und macht von 0° bis $+100^{\circ}$ und 0,012 vom Volumen des Wassers aus. — Dabei ist die Dichtigkeit des Wassers nicht bei 0° am größten, sondern tritt erst bei $4\frac{1}{3}^{\circ}$ über dem Gefrierpunkte ein; von diesem Punkte an dehnt es sich beständig aus, sowohl beim Abkühlen, als bei der Erwärmung, so daß es bei 0° genau dasselbe Volumen, wie bei $+11^{\circ}$ einnimmt. Dieser Umstand läßt sich durch einen sehr einfachen Versuch darthun. Man stellt nämlich in ein Glas mit Wasser von $+0^{\circ}$ zwei Thermometer, so daß die Kugel des Einen ein Stückchen über der andern steht. So wie nun das Wasser erwärmt wird, steigt das Thermometer, dessen Kugel zu unterst steht, weil das wärmere Wasser in dem kältern niedersinkt. Ist das unterste bis zu $+4\frac{1}{3}^{\circ}$ gekommen, so steigt es nicht mehr; allmählich aber steigt das obere bis zu $+4\frac{1}{3}^{\circ}$ und beide stehen nunmehr gleich. Hat dieß einige Augenblicke gedauert, so steigt das obere in weit schnellerem Verhältnisse, als das untere, weil nunmehr das erwärmte Wasser auf dem kältern schwimmt.

Das Wasser bricht gleichwohl in diesem Zu-

362 Größte Dichtigkeit des Wassers bei $4\frac{1}{3}^{\circ}$ C.

stande der höchsten Dichtigkeit das Licht nicht stärker, als bei niedrigeren Graden. Arago und Fresnel haben beobachtet, daß das Brechungsvermögen desselben bis zum Gefrierpunkte beständig zunimmt, ganz so, als ob das Wasser bis zu seinem Erstarren sich fortdauernd zusammenzöge.

Diese in ihrer Art einzige Ausnahme von den, für die Einwirkung des Wärmestoffs auf liquide Körper, bestehenden Regeln, verdient um so mehr große Aufmerksamkeit, weil, wenn sich dies nicht so verhielte, ein großer Theil der kälteren Zonen unseres Erdballs unbewohnt bleiben würde. Das Wasser würde nämlich im Winter ziemlich bald, selbst in den größeren Seen, bis 0° und darunter abgekühlt werden, und seiner ganzen Masse nach auf Einmal erstarren, alle Fische würden sterben, die übrigen Klassen der lebenden Wesen aber Mangel an flüssigem Wasser leiden und die Sommer kaum hinreichen, diese ungeheuren Eismassen wieder zu schmelzen. So aber sinkt das Wasser, sobald es bis zu $+4\frac{1}{3}^{\circ}$ abgekühlt ist, in den Seen zu Boden, und wenn endlich die ganze See diese Temperatur angenommen hat, so kann nur die Oberfläche derselben noch unter diese Temperatur hinab abgekühlt werden, weil nun das kältere Wasser leichter, als das warme ist, und weil das Wasser, wie alle tropfbare Flüssigkeiten, den Wärmestoff sehr langsam leitet. Der Grund der Seen behält daher die Temperatur von $+4\frac{1}{3}^{\circ}$, und das Wasser, was aus ihnen ausfließt, ist stets 3 bis 4° über den Eispunkt erwärmt, behält auch diese Temperatur auf dem Boden der

Tralles Tafel für specif. Gewichte bei $4\frac{1}{3}^{\circ}$ C. 363

Flüsse, so daß selbst in unseren kältesten Wintern Ströme und große Bäche selten bis zum Boden ausfrieren.

Im Meere hingegen, wo das Wasser sehr viel Salz aufgelöst enthält, tritt, nach Marcet's Versuchen, diese Abweichung nicht ein. Das salzige Meerwasser ist bei $+ 4\frac{1}{3}^{\circ}$ nicht am dichtesten, und hat keinen entsprechenden dichteren Punkt, sondern es zieht sich beständig zusammen, bis es gefriert, und auch dann erstarrt nur das Wasser, das Salz aber bildet mit dem gefrorenen Wasser eine um so mehr concentrirte und schwerere Flüssigkeit; daher auch auf dem Meere nur die Oberfläche des Wassers zu Eise gefrieren kann.

Man hat vorgeschlagen bei allen Berechnungen des eigenthümlichen Gewichts der Körper die Dichtigkeit des Wassers bei $+ 4\frac{1}{3}^{\circ}$ zur Einheit anzunehmen. Tralles hat zu diesem Behufe folgende Tabelle über das verschiedene eigenthümliche Gewicht des Wassers bei den gewöhnlichen Temperaturen der atmosphärischen Luft nach Fahrenheit's Skala gegeben:

Thermom. Gr.	Eigenth. Gew. des Wassers.	Eigenth. Gew. der Luft.
40°	1,00000	0,00128
45	0,99992	0,00127
50	0,99974	0,00126
55	0,99944	0,00125
60	0,99906	0,00124
65	0,99856	0,00123
70	0,99800	0,00122
75	0,98736	0,00121

Von $+ 11^{\circ}$ (Cels.) an dehnt es sich sodann allmählig aus, bis sein Volumen bei $+ 100^{\circ}$ am größten ist. Dann kommt das Wasser ins Kochen und wird in Gas verwandelt. Einige Augenblicke zuvor ehe es zu kochen anfängt, hört man bisweilen einen tönenden Laut. Diefs rührt daher, daß die Blasen von Wassergas, welche sich auf dem Boden bilden, während des Aufsteigens sich abkühlen und verdichten, wodurch ein luftleerer Raum entsteht, welcher vom Wasser ausgefüllt wird und diesen Laut verursacht. Sobald die ganze Wassermasse die Temperatur von $+ 100^{\circ}$ angenommen hat, steigen die Dämpfe unverändert empor, der Laut verschwindet und es entsteht das gewöhnliche polternde Geräusch des Kochens. Um das Wasser vom Kochpunkte an in Gasgestalt zu verwandeln, wird eben soviel Wärme erfordert, als zur Erhitzung desselben von $+ 100^{\circ}$ bis $+ 458\frac{2}{3}$ Grad nöthig ist, das heißt 4,586 Mal soviel Wärme, als zu Erhitzung desselben von 0° bis $+ 100^{\circ}$ erfordert wird. Nach Gay-Lussac nimmt ein gewisses Volumen Wasser, wenn es in Wassergas verwandelt wird, bei 76 Centimeter Barometerhöhe und $+ 100^{\circ}$ Temperatur, 1696, 4 Male soviel Raum ein, als vorher in tropfbarflüssiger Gestalt.

Das Wassergas behält seine Gasgestalt vom Kochpunkte an, bei allen höheren Graden in freier Luft und wenn es nicht zusammengedrückt wird, beständig bei. Das Volumen des Wassergases vermehrt sich bei Zunahme der Wärmegrade, auf dieselbe Weise, wie es mit anderen Gasarten der Fall

ist. Es hat einen so hohen Grad von Elasticität, das dasselbe in die stärksten Gefäße eingeschlossen, diese bei steigender Hitze zersprengt. Auf diese Eigenschaft des Wassergases gründen sich die Dampfmaschinen, oder unrichtig sogenannten Feuermaschinen.

Wird das Wassergas unter $+ 100^{\circ}$ abgekühlt, so verdichtet es sich wieder zu flüssigem Wasser. Geschieht diese Abkühlung in der Luft, so geht das Gas in den Mittelzustand über, wo wir es Dampf oder Dunst nennen (S. 48) und bildet eine mit den Wolken gleichartige Zusammenhäufung von Wasser in seiner feinsten mechanischen Vertheilung. Das gefällte Wasser nimmt aber dabei nicht die Gestalt von Tropfen, sondern von kleinen unendlich feinen Bläschen an. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man mit einem Mikroskop von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Brennweite die Wasserdämpfe betrachtet, welche sich über einer etwas erhitzten dunklen Flüssigkeit, z. B. Kaffe oder Tinte bilden; man sieht hier diese kleinen Bläschen sich nach mehreren Richtungen bewegen, nämlich nach den Luftströmen, welche durch die Erwärmung der Oberfläche der Flüssigkeit entstehen. Dasselbe kann man in den Wolken auf hohen Bergen, oder an einem nebligen Tage beobachten, wenn man mit einem ähnlichen Mikroskope nach einem dunklen Körper, z. B. den Boden einer schwarzen Schnupftabacksdose hin sieht. Hier und da sieht man zugleich einen wirklichen kleinen Tropfen durch den Brennpunkt des Vergrößerungsglases gehen, wodurch man in den Stand

366 Verdunstung des Wassers in der Luft.

gesetzt wird, jene Bläschen damit zu vergleichen. Sie sind von verschiedener Größe; nach Saussure's Messungen beträgt der Durchmesser der kleinsten $\frac{1}{1500}$ Zoll, bei den größten aber $\frac{1}{12}$ Zoll. — Wenn diese Bläschen an einander stoßen, so zerspringen sie und bilden einen kleinen Tropfen. — Geschieht die Abkühlung des Wassergases auf einer kalten Flüssigkeit oder auf einem festen Körper, so entsteht kein Dampf, sondern das Wasser setzt sich darauf gleich in völlig flüssiger Gestalt ab.

Was ich hier von der Verdichtung des Wassergases und von der Bildung der Wasserdämpfe gesagt habe, gilt auch für alle andere, durch Kochen verflüchtigte Flüssigkeiten, die sich in der Luft oder auf kälteren Körpern verdichten.

Verdunstung. Luftwasser.

Läßt man Wasser in offener Luft stehen, so verliert es nach und nach am Gewichte und trocknet zuletzt ganz ein. Diefs nennt man Verdunstung, und sie geht um so schneller von statten, je höher die Temperatur ist, je größere Oberfläche das Wasser hat, und je schneller die Luft darüber wechselt.

Man hat darüber gestritten, ob das Wasser hierbei von der Luft aufgelöst werde, wie ein Salz im Wasser, oder ob es in ein Gas verwandelt werde, was nicht von der Luft, sondern blos von der Temperatur herrühren würde. — Die letztere Meinung ist durch genaue Versuche

bestätiget worden. Man hat nämlich Wasser in den luftleeren Raum des Barometers eingeschlossen, und gefunden, daß dasselbe hier eben so gut, als in freier Luft, Gasgestalt annimmt, und daß bei gleichem Thermometergrade eine gleich große Menge Wasser in Dämpfe verwandelt wird, als wenn die Luft zugleich Zutritt hat. Auch sind wir durch diesen Versuch belehrt worden, daß unsere Erde, sie möchte nun von atmosphärischer Luft umgeben seyn, oder nicht, dennoch eine Atmosphäre von Wassergas um sich haben würde, deren Quantität von der Temperatur abhinge, und bei gleichen Temperaturen, mit oder ohne Luft, immer gleich groß seyn würde.

Dies beweist sonach, daß die chemische Verwandtschaft der Luft zum Wasser dessen Verdunstung nicht vermehrt, und das um so mehr, als alle Gasarten bei gleichen Temperaturen gleiche Wassermengen aufnehmen. Auf der anderen Seite scheint damit im Widerspruche zu stehen, daß die Verdunstung des Wassers durch Luftwechsel oder Wind vermehrt wird, und daß das Wasser dabei soviel Wärmestoff bindet, daß dessen verdunstende Oberfläche dadurch abgekühlt wird. Dieser Widerspruch ist indessen nur scheinbar, denn der Luftwechsel erleichtert die Verdunstung nur insoweit, als er das über der Wasserfläche stehende Wassergas fortführt. Wenn man sich eine verdunstende Wasserfläche vorstellt, findet man, daß sich in der nächsten oberen Luftschicht eine Lage von Wassergas bilden muß, welche auf ihr aufruht, und von dem neu hinzukommenden Gase gehoben

werden, dadurch aber die Verdunstung immer langsamer fortschreiten muß, je dicker diese Lage von Wassergas wird. Das Wassergas wirkt hier der Verdunstung theils durch seine Schwere entgegen, theils durch seine Trägheit, (*vis inertiä*, oder den Widerstand, den ein jeder ruhender Körper gegen denjenigen ausübt, welcher ihn in Bewegung setzen will). Die Luft ist demnach mehr ein Hinderniß der Verdunstung, als ein Beförderungsmittel derselben, weil sie den Raum einnimmt, in welchem sich das Wassergas ausbreiten würde. Daher geht die Verdunstung auf hohen Bergen, in einer dünneren Luft, weit schneller von statten, wo das Wassergas mehr Raum zu seiner Ausbreitung hat; und im luftleeren Raum verbreitet sich das Verdunstende mit der Geschwindigkeit einer abgeschossenen Kanonkugel.

Ueberdem muß der Verdunstung auch die Abkühlung der verdunsteten Oberfläche zu statten kommen, ohngeachtet das Aufsteigen des Wassers in Gasgestalt nur durch die Wärme dieser Oberfläche bestimmt wird. Denn wenn eine Wasseroberfläche z. B. bei $+ 15^{\circ}$ in trockener Luft (d. h. in solcher, welche nicht vorher schon Wassergas enthielt,) verdunstet; so steigt das erste Gas mit der Expansionskraft *) des Wassers auf, welche das letztere bei $+ 15^{\circ}$ besitzt. Das Wasser muß

*) Hierunter versteht man den Grad des Strebens flüchtiger Körper nach Gasgestalt, wovon weiter unten die Rede seyn wird.

aber, um sich in Gas zu verwandeln, Wärmestoff binden, und dadurch die Fläche, von welcher es in Gasgestalt aufsteigt, abkühlen. Hätte diese Abkühlung $\frac{1}{2}$ Grad betragen, so behielte das zurückgebliebene Wasser $+ 14\frac{1}{2}$ Grad und verdunstete nun mit der ihm bei diesem Wärmegrade zukommenden Expansionskraft. Wenn nun zugleich das neugebildete Wassergas entfernt wird, so geschieht die Verdunstung um so viel schneller, und die Abkühlung wird verhältnißmäßig desto stärker, weil die verlorene Wärme des Wassers nicht mit gleicher Schnelligkeit von der Luft und den benachbarten Körpern hinlänglich ersetzt wird. Dadurch kann das Wasser bei niedrigen Wärmegraden in trockener Luft bis zum Gefrieren abgekühlt werden, und Naphta, Schwefelkohlenstoff, und andere sehr flüchtige Körper können aus ganz gleichem Grunde bei der Sommertemperatur der Luft, durch Verdunstung, auf vorgedachte Weise, einen noch weit höheren Kältegrad hervorbringen. Jede verdunstende Oberfläche muß daher eine niedrigere Temperatur, als die benachbarten Körper, haben, und das um soviel mehr, je schneller die Verdunstung vor sich geht, und je weniger der Wärmestoff von den Umgebungen vollständig ersetzt wird.

Aus allem diesen ergibt sich, daß der Wassergehalt der Atmosphäre nicht von dem Lösungsvermögen der Luft herzuleiten ist, sondern daß das in derselben enthaltene Wasser ein wahres Wassergas sey, was unabhängig von ihr, bei un-

370 Vermisch. d. Wasserg. mit anderen Luftarten, veränderlicher Temperatur, bis zu einer unveränderlichen Menge den Erdkreis umgeben würde. — Weil ich hier vom Gas rede, muß ich nochmals an den Unterschied zwischen Gas und Dunst oder Dampf erinnern, daß nämlich der letztere ein in der Luft niedergeschlagenes Gas ist, in welchem der, aus der Gasgestalt versetzte Stoff sich noch in der feinsten mechanischen Zertheilung, in Gestalt eines unklaren Rauches, schwebend erhält; — vor allen Dingen aber darf man nicht das unbeständige Gas mit dem Dampfe verwechseln, obschon manche Schriftsteller unrichtiger Weise beide als gleichbedeutend betrachten.

Das Wassergas hat auch die allen Gasarten gemeinschaftliche Neigung, sich stets mit anderen Luftarten zu vermischen; daher breitet es sich allenthalben in der Luft aus, so daß der Druck der Atmosphäre der Verdunstung des Wassers nur insofern hinderlich ist, als er die Ausbreitung des Wassergases erschwert. Ueberhaupt kann die Verdunstung keinesweges durch den Druck irgend einer anderen Gasart behindert werden, als durch das Wassergas selbst, oder überhaupt durch dasjenige Gas, was durch die Verdunstung selbst erst neugebildet wird. Deshalb geht die Verdunstung desto schneller vor sich, je weniger Wassergas in der Luft enthalten ist, und hört so gut als ganz auf, wenn diese soviel Gas aufgenommen hat, als sich bei der Temperatur der verdunstenden Oberfläche darin erhalten kann.

Alles was ich hier vom Wasser gesagt habe, gilt auch von allen andern gewissermaßen flüch-

Zunahme d. Luftgew. durch d. verdunst. Gase. 371
tigen Körpern, z. B. Naphta, Alkohol, Schwefel,
Phosphor, Schwefelsäure, Quecksilber u. dergl. m.
obgleich die Verdunstung bei den letztern, weni-
ger flüchtigen Körpern so wenig bedeutend ist,
dafs sie bei der gewöhnlichen Temperatur der
Luft für 0 angesehen werden kann.

Wenn Wasser oder irgend eine andere flüchti-
ge Flüssigkeit verdunstet, und das Gas davon mit
der Luft sich vermischt, so wird die ganze Masse
der Luft dadurch um so viel schwerer, als die zu-
getretene unbeständige Gasart mehr, als die Luft
für sich, wiegt, und folglich mufs dieselbe auch
eine um soviel höhere Quecksilbersäule tragen.
Man kann sich hiervon leicht durch einen ganz
einfachen Versuch überzeugen. Man biege näm-
lich einer Glasröhre, von $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Zoll innerem
Durchmesser, in Gestalt eines Hebers (Siphon) zu-
sammen und schmelze den einen Schenkel dersel-
ben am Ende zu. In den offenen Schenkel giefse
man dann soviel Quecksilber, dafs es etwas über
die Hälfte des Schenkels zu stehen kommt, —
lasse dann durch Neigung des Hebers aus dem an-
dern verschlossenen Schenkel desselben soviel Luft
heraus, dafs das Quecksilber in beiden Schenkeln in
gleicher Höhe steht, wenn man den Heber auf-
recht stellt. Ist dies geschehn, so befestiget man
den Heber in dieser Stellung. Hierauf bindet man
an das Ende eines geglühten und weichen Eisen-
draths ein kleines Stück feinen Waschwamm
fest, welches man mit irgend einer flüchtigen Flüs-
sigkeit, als Wasser, Alkohol oder Aether ange-
feuchtet hat, und führt diesen Schwamm durch

das Quecksilber hindurch in den verschlossenen Schenkel, wo man ihn einige Augenblicke läßt. Hier verdunstet nun die Flüssigkeit so lange, bis soviel von diesem Gase, als bei der bestehenden Temperatur sich erhalten kann, die Gasgestalt angenommen hat. Wenn man hierauf den Drath nebst dem Schwamme wieder heraus nimmt, bemerkt man, daß das Quecksilber im offenen Schenkel höher als im anderen Schenkel steht. Beim Wasser beträgt dieser höhere Stand in der gewöhnlichen Lufttemperatur nicht mehr als eine oder ein Paar Linien, beim Alkohol aber mehr, und beim Aether sogar ein Paar Zolle.

Stellt man den Versuch auf die Art an, daß man mehrere Barometerröhren mit Quecksilber füllt und sie dann umgekehrt in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäße neben einander stellt, so wird man, (wenn von diesen Röhren, vor der Füllung mit Quecksilber, das eine völlig rein und ausgetrocknet gewesen, das zweite aber mit Wasser, das dritte mit Alkohol und das vierte mit Aether angefeuchtet worden ist,) finden, daß das Quecksilber in allen diesen Röhren eine ungleiche Höhe einnimmt, und daß es hier bei derjenigen Flüssigkeit am niedrigsten steht, bei welcher es im vorigen Versuche den höchsten Stand einnahm. In beiden Fällen wirkt aber einerlei Ursache; im ersten nämlich hebt die Schwere des unbeständigen Gases eine Quecksilbersäule bis zu einer gewissen Höhe; im zweiten Falle hingegen hält die Schwere einer gleich hohen Quecksilbersäule der Atmosphäre das Gleichgewicht.

Tabelle über die Tension des Wassers. 373

Man bedient sich der Höhe der Quecksilbersäule als eines Maasses für die Neigung flüchtiger Flüssigkeiten Gasgestalt anzunehmen, und nennt diese Neigung deren Expansionskraft oder Tension; so sagt man z. B. die Tension des Wassers betrage bei $+ 15^{\circ}$ Wärme $\frac{1}{2}$ Zoll, oder genauer 12,837 Millimeter, weil das Wassergas bei dieser Temperatur eine Quecksilbersäule von dieser Höhe tragen kann. Folgende, (aus Biot's *Traité de Physique expérimentale et mathématique*, T. 1. S. 531. entlehnte) Tabelle zeigt die

Tension des Wassers in Millimetern für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers.

Grad	Tension	Grade	Tension	Grade	Tension
— 20	1,333	0	5,059	+ 20	17,314
— 19	1,429	+ 1	5,393	21	18,317
— 18	1,531	2	5,748	22	19,417
— 17	1,638	3	6,123	23	20,577
— 16	1,755	4	6,523	24	21,805
— 15	1,879	5	6,947	25	23,099
— 14	2,011	6	7,396	26	24,462
— 13	2,152	7	7,871	27	25,881
— 12	2,302	8	8,375	28	27,390
— 11	2,461	9	8,909	29	29,045
— 10	2,631	10	9,475	30	30,643
— 9	2,812	11	10,074	31	32,410
— 8	3,005	12	10,707	32	34,261
— 7	3,210	13	11,378	33	36,188
— 6	3,428	14	12,087	34	38,254
— 5	3,660	15	12,837	35	40,404
— 4	3,907	16	13,630	36	42,743
— 3	4,170	17	14,468	37	45,038
— 2	4,448	18	15,353	38	47,579
— 1	4,745	19	16,288	39	50,147

374. Tabelle über die Tension des Wassers.

Grade	Tension	Grade	Tension	Grade	Tension
+ 40	52,998	+ 71	239,45	+ 102	815,26
41	55,772	72	250,23	103	843,98
42	58,792	73	261,43	104	873,44
43	61,958	74	273,03	105	903,64
44	65,227	75	285,07	106	934,81
45	68,751	76	297,57	107	966,31
46	72,393	77	310,49	108	994,79
47	76,205	78	323,89	109	1032,04
48	80,195	79	337,76	110	1066,06
49	84,370	80	352,08	111	1100,87
50	88,742	81	367,00	112	1136,43
51	93,301	82	382,38	113	1172,78
52	98,075	83	398,28	114	1209,90
53	103,06	84	414,73	115	1247,81
54	108,27	85	431,71	116	1286,51
55	113,71	86	449,26	117	1325,98
56	119,39	87	467,38	118	1366,22
57	125,31	88	486,09	119	1407,24
58	131,50	89	505,38	120	1448,83
59	137,94	90	525,28	121	1491,58
60	144,66	91	545,80	122	1534,89
61	151,70	92	566,95	123	1578,96
62	158,96	93	588,74	124	1623,67
63	166,56	94	611,18	125	1669,31
64	174,47	95	634,27	126	1715,58
65	182,71	96	658,05	127	1762,56
66	191,27	97	682,59	128	1810,25
67	200,18	98	707,63	129	1858,63
68	209,44	99	733,46	130	1907,67
69	219,06	100	760,00		
70	229,07	101	787,27		

Wenn wir zu dem oben angeführten Beispiele vom Heber zurückkehren, und uns vorstellen, daß auch das Glas des zugeblasenen Schenkels desselben das Vermögen besitze, sich auszudehnen, so sollte das Quecksilber im offenen Schenkel herabsinken, während daß die Luft im anderen Schen-

kel durch das hinzukommende Volumen des Wassergases ihren Umfang erweitert. Allein, wenn man die Expansionskraft oder Tension der verdunsteten Flüssigkeit kennt, so ist leicht zu berechnen, um wieviel die Luft durch den Zutritt derselben ausgedehnt wird, weil die Summe der Tensionen von beiden dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht halten, das heißt: der Barometerhöhe, bei welcher der Versuch gemacht wird, gleich seyn muß. Nehmen wir an, daß wir bei 76 Centimeter Barometerhöhe eine Flüssigkeit, deren Tension 38 Centimeter beträgt, in der Luft verdunsten lassen; so bleibt die Summe der Tensionen von beiden, so lange sie eingeschlossen sind, 1,14 Meter; erhalten sie aber Freiheit sich auszudehnen, so vermehrt sich ihr Volumen, bis ihre gemeinschaftliche Tension nur noch 76 Centimeter beträgt. Dann muß man aber das Volumen der Luft verdoppeln, so daß deren Tension nur 38 Centimeter ausmacht, d. h. das Volumen des zugetretenen Gases war dem Volumen der Luft gleich. Beträgt hingegen die Tension der Flüssigkeit 19 Centimeter; so muß sich die Luft ausdehnen, bis ihre Tension 57 Centimeter wird; d. h. ihr Volumen vermehrt sich um $\frac{3}{4}$; denn $19:76 = 1:4$, und das Volumen des neugebildeten Gases macht $\frac{3}{4}$ vom Volumen der Luft aus. Wäre ferner die Tension der Flüssigkeit 72 Centimeter (z. B. wie die des Aethers nahe an seinem Siedepunkte,) so müßte die Luft sich so weit ausdehnen, bis ihre Tension nur noch 4 Centimeter betrüge, d. h. um ihr 19faches; weil $4:76 = 1:19$.

376 Gleichh. d. Tens. all. flücht. Flüss. b. ihr. Siedep.

Wir wählen noch ein Beispiel aus Biot's Tabelle. Wir sehen aus dieser, daß die Tension des Wassers bei $+ 18^\circ = 15.353$ Millimeter beträgt, d. h. daß die eigenthümliche Expansion der Luft dann 744.647 Millimetern entsprechen muß. Da nun $15.35 : 760 = 1 : 49.5$; so muß die Luft sich um 1 Procent ihres Volumens ausgedehnt haben, welches das Volumen des Wassers ausmacht.

Die Tension aller flüchtigen Flüssigkeiten ist bei dem Siedepunkte sich gleich (d. h. \equiv mit der Barometerhöhe) und da alle Gase vom Wärmestoffe gleichförmig ausgedehnt werden, so nimmt auch, bei einer gleichen Anzahl von Graden über ihren Siedepunkt hinaus, die Tension derselben gleichförmig zu. Dasselbe gilt auch für die Abnahme ihrer Tension unter ihrem Siedepunkte, so daß dieselbe bei einer gleichen Anzahl Graden unter ihrem Kochpunkte auch für alle und jede flüchtige Flüssigkeiten sich gleich bleibt. Z. B. das Wasser kocht bei $+ 100^\circ$, der Alkohol bei $+ 80^\circ$ und der Aether bei $+ 39^\circ$; daher haben das Wasser bei $+ 80^\circ$, der Alkohol bei $+ 60^\circ$ und der Aether bei $+ 19^\circ$ gleiche Tension, weil alle drei 20° unter ihrem Siedepunkt abgekühlt worden sind. Hat man daher einmal den Siedepunkt irgend einer flüchtigen Flüssigkeit bei 76 Centimeter Barometerhöhe bestimmt; so ist dann die oben mitgetheilte Tabelle über die Tension des Wassers zu Bestimmung der Tension aller anderen flüchtigen Flüssigkeiten brauchbar, sobald man deren Siedepunkt an die Stelle des Siedepunkts vom Wasser

setzt und dann eine gleiche Anzahl Grade ab- und hinzurechnet.

So wie sich ein unbeständiges Gas bei der Verdunstung in der Luft verhält, eben so verhält es sich auch, wenn es in einer anderen unbeständigen Gasart verdunstet. Daher kann man bei der Destillation zweier mit einander gemengter, aber nicht chemisch verbundener, Flüssigkeiten, wenn man den Siedepunkt beider kennt, das relative Volumen, was von ihnen in Gasgestalt übergeht, im Voraus bestimmen, und wenn auch das eigenthümliche Gewicht ihrer Gase bekannt ist, läßt sich sogar die relative Gewichtsmenge, die von beiden überdestillirt, im Voraus berechnen, (wenn man nämlich die Tension einer jeden Flüssigkeit bei dem Siedepunkte des Gemenges mit dem Eigengewichte ihres Gases multiplicirt).

Das Wasser verliert an seiner Neigung zum Verdunsten, d. h. an seiner Expansionskraft oder Tension, wenn es fremdartige Körper aufgelöst enthält, und erfordert dann zum Kochen eine um so höhere Temperatur, je größer seine Verwandtschaft zu den aufgelösten Stoffen ist. Dasselbe hat zwar dann bei einer gleichen Anzahl Graden unter dem höheren Siedepunkte gleiche Tension mit reinem Wasser; allein sie wird durch die Verdunstung des Wassers und der relativen Menge der darin aufgelösten Stoffe verändert, und die Tension wird daher immer schwächer und schwächer, jemehr sich die Flüssigkeit concentrirt. Ist dann die Flüssigkeit mit den aufgelösten Stoffen völlig gesättigt, so bleibt die Tension unveränderlich.

378 . Eigenschaften des reinen Wassergases.

Gewisse Körper verbinden sich mit dem Wasser mit solcher Kraft, daß dessen Tension = 0 wird; dies geschieht aber nur dann, wenn das Wasser eine chemische Verbindung mit den stärkeren Säuren oder den stärkeren Basen eingeht.

Das Wassergas besitzt in seinem reinsten, von allen fremdartigen Beimengungen befreiten Zustande, folgende Eigenschaften. Es ist leichter, als die atmosphärische Luft und sein eigenthümliches Gewicht beträgt nicht mehr als 0,6206.

Wenn Sauerstoffgas und Wasserstoffgas sich verbinden, und die Temperatur dieser Verbindung über $+ 100^{\circ}$ erhalten wird, wobei das Wasser seine Gasgestalt beibehält; so entstehen aus 2 Volumen Wasserstoffgas und 1 Volumen Sauerstoffgas 2 Volumen Wassergas, so daß ein Volumen gänzlich verschwindet. Auf diese Weise, so wie durch den Umfang, welchen ein gewisses Gewicht Wasser in Gasgestalt einnimmt, hat Gay-Lussac die genaue Zahl für das eigenthümliche Gewicht des Wassergases bestimmt. Die unmittelbaren Versuche zur Wägung desselben sind mit großen Schwierigkeiten verbunden und geben es selten unter 0,66. Da das Wassergas leichter als die Luft ist, so muß eine mit Wassergas gemengte oder feuchte Luft, nach ihren verschiedenen Graden von Feuchtigkeit, auch leichter als trockene Luft seyn. Um das Gewicht des Wassergases in atmosphärischer Luft zu bestimmen, berechnet man dessen relatives Volumen nach der Tensionstabelle, und multiplicirt dasselbe mit dem eigenthümlichen Gewicht beider in Gasgestalt.

Die eigenthümliche Wärme des Wassergases ist 1,960; mit einem gleichen Gewicht Luft verglichen = 3,136, und mit einem gleichen Gewichte flüssigen Wassers = 0,8407. Hierbei muß man sich erinnern, daß der gebundene Wärmestoff des Gases dabei nicht mit in Rechnung, sondern nur dasjenige ungleiche Quantum Wärmestoff in Frage kommt, was dazu erfordert wird, das Wasser in jenen beiden verschiedenen Zuständen auf gleich hohe Wärmegrade zu bringen. Hier verhält sich nämlich die Menge Wärmestoff, welche dazu erfordert wird, flüssiges Wasser bis $+ 10^{\circ}$ zu erwärmen, zu derjenigen Wärmemenge, wodurch die Temperatur des Wassergases bis zu $+ 10^{\circ}$ erhöht wird, wie 1,0000 : 0,8407.

Das in der Luft enthaltene Wassergas oder die Feuchtigkeit der Luft kann durch unendlich viele Umstände Veränderungen erleiden. So verändert sie sich nach der Beschaffenheit des Landes; sie ist größer am Meere und in der Nachbarschaft großer Seen, — geringer auf dem festen Lande, und wenn es lange nicht geregnet hat. Hauptsächlich hängen ihre Veränderungen von der Temperatur ab. Wenn diese in einer Luft abnimmt, welche mit soviel Wassergas gemengt gewesen ist, als dieselbe bei diesem Wärmegrade hat aufnehmen können, d. h., welche mit Feuchtigkeit gesättigt gewesen ist; so verliert ein Theil des Wassergases seine Luftgestalt, wird niedergeschlagen und in Dünste verwandelt. Die Durchsichtigkeit der Luft wird dadurch vermindert, und sie wird, je nachdem die Menge des gefällten Wassers größer oder

kleiner ist, mehr oder weniger undurchsichtig und nebelartig. Wenn man z. B. im Winter, bei sehr strenger Kälte, eine Thüre öffnet, so strömt ein Theil der äusseren kalten Luft unten herein, vermengt sich mit der wärmeren Zimmerluft, und es wird, wenn die Sonne hinein scheint, eine Wolke sichtbar. Diese Wolke ist nichts anderes, als der Wasserdampf, der sich aus der wärmeren Stubenluft niederschlägt, wenn sie durch die von aussen eindringende kalte Luft abgekühlt wird. Bei gewöhnlicher Kälte geschieht dies selten, weil da die eindringende Luft sogleich bis zu einem Grade erwärmt wird, bei welchem sich das Wassergas erhalten kann. Aus demselben Grunde erscheint die ausgeathmete Luft im Winter, nicht aber im Sommer, in Gestalt eines Rauches; denn die Winterkälte schlägt das Wassergas nieder, was beim Ausathmen von der inneren Oberfläche der Lungen ausdünstet; im Sommer aber verhält es sich als Gas und breitet sich in der wärmeren Luft aus. Ist jedoch diese schon vorher mit Feuchtigkeit gesättigt, wie während oder zunächst vor einem Regen, so kann man den Hauch des Athems oft selbst bei 18 und 20 Grad Wärme noch sehen, wenn er auch weit schwächer als im Winter sichtbar ist.

Wenn man einen sehr kalten Körper in warme Luft bringt, so überzieht er sich mit Wasser, oder beschlägt, wie man zu sagen pflegt. Dieses Wasser schlägt derselbe aus der Luft nieder, indem er die ihn umgebenden Luftschichten abkühlt, und dem darin enthaltenen Wassergase seinen

Feuchtwerden kalter Körper in warmer Luft. 381

Wärmestoff entzieht. Wir sehen dies an frisch gefüllten Wasserflaschen und im Winter an unseren Fensterscheiben. Die Luft in unseren Zimmern hat gewöhnlich $+ 18^{\circ}$ bis $+ 20^{\circ}$ Wärme, und enthält zugleich sehr viel Wassergas durch unser Athmen und unsere Ausdünstung; diese Luft wird aber im Winter durch die kälteren Fensterscheiben fortdauernd abgekühlt, daher sich das Wasser auf diesen niederschlägt, und, bei hinreichender Kälte, in Eis verwandelt wird. Ist die Luft im Zimmer sehr trocken, so beschlagen die Fenster nicht, wenn auch die innere und äussere Temperatur sehr verschieden ist. Bringt man aber eine Schale mit warmen Wasser in das Zimmer, durch dessen Verdunstung die Luft ihre volle Sättigung mit Wassergas erhält; so fangen sie nach wenig Minuten an zu beschlagen.

Ausserdem wird der Wassergehalt der Luft auch verändert, durch lebendige Thiere und Pflanzen, deren stete Ausdünstungen ihn vermehren, sowie durch verschiedene Salze und durch eine Menge anderer auf der Erdoberfläche befindlicher Körper, welche, durch ihre Verwandtschaft zum Wasser, dasselbe aus seiner Gasgestalt in der Luft niederschlagen und deren Feuchtigkeit dadurch vermindern.

Die Eigenschaft poröser Körper, gasförmige Stoffe in ihren Zwischenräumen aufzunehmen und zusammen zu drücken, wird mit weit stärkerer Kraft auf das in der Luft befindliche Wassergas, als auf die beständigen Gasarten ausgeübt. Das Wasser wird von ihnen in bedeutender Menge

382 Einsaugen des Wassergases in poröse Körper.

condensirt, und wir sagen daher, daß diese Körper Feuchtigkeit einsaugen. Werden sie dann in einer kleinen Glasretorte oder in einer, an dem einen Ende zugeblasenen Glasröhre erhitzt; so geben sie das Wasser wieder von sich, was sich in Tropfen an dem kälteren Theile der Röhre anlegt. Körper; deren Poren so weit sind, daß sie beständige Gasarten nicht bedeutend einsaugen, verdichten dennoch die unbeständigen Gase, und daher kommt es, daß gepülverte Körper, wenn man sie einige Stunden stehen läßt, selbst in trockener Luft, Wassertropfen geben, wenn man sie auf die angeführte Weise in einer Glasretorte oder Glasröhre erhitzt. Werden sie nach der Erwärmung wieder herausgenommen, so ziehen sie wieder, wie vorher, Feuchtigkeit an. Die Mengen des auf solche Weise condensirten Wasser sind, nach der unterschiedlichen Natur der Körper und nach dem ungleichen Wassergehalte der Luft verschieden. In einer feuchten Luft wird mehr Wassergas condensirt, und wenn die Luft trockener wird, verdunstet wieder ein Theil des verdichteten Wassergases. Aus dieser Ursache ist es sehr schwierig, gepülverte Körper zu sehr feinen chemischen Versuchen abzuwägen, weil sie, wenn auch durch Glühen alles Wassers aus ihnen ausgetrieben worden ist, während des Wägens wieder soviel Wasser aus der Luft verdichten, daß es Einfluß auf den Erfolg der Versuche haben kann. In feuchter Luft darf deshalb, nach meinen Erfahrungen, kein gepülverter Körper gewogen wer-

den, wenn man recht genaue Untersuchungen anstellen will.

— Die Lehre vom Messen des Wassergas-Gehalts der Luft nennt man Hygrometrie, und die dazu bestimmten Werkzeuge Hygrometer oder Hygroskope. Die Feuchtigkeit der Luft steht, nach dem, was ich darüber angeführt habe, in genauem Verhältnisse mit der Temperatur, so daß sie mit derselben Menge Wassergas, die ihr z. B. bei $+ 5^{\circ}$ das Maximum von Feuchtigkeit giebt, bei $+ 20^{\circ}$ ganz trocken seyn kann. Der Zweck des Hygrometers ist daher, uns zu unterrichten, bei welchem Wärmegrade die Luft, mit dem Wassergase, was sie enthält, ihr Maximum an Feuchtigkeit erreicht habe; oder, um einen bestimmteren Ausdruck zu brauchen: wie ihr Wassergehalt zu ihrer Expansionskraft bei einem gewissen Wärmegrade sich verhalte; folglich, um wieviel die Luft abgekühlt werden könne, ohne etwas von ihrem Wasser abzusetzen, oder wieviel Wassergas sie, ausser demjenigen, was sie schon vorher enthielt, noch aufzunehmen vermöge.

Um nun zu finden, welchem Grade der Temperatur der Wassergehalt der Atmosphäre entspricht, füllt man Wasser in ein längliches cylindrisches Glasgefäß; beschlägt das Glas, so wird das Wasser wieder ausgegossen, das Glas äusserlich wieder völlig gut abgetrocknet, und das Wasser abermals hineingegossen. Setzt sich wieder Schweiß am Glase an, so wird es nochmals ausgefüllt und äusserlich sorgfältig getrocknet, und dies so oft wiederholt, als das Glas nach dem Füllen mit Wasser

äusserlich noch nass wird. Dann untersucht man die Temperatur des Wassers, welche nun zu erkennen giebt, bei welchem Wärmegrade die Luft mit der Menge Wasser, die sie enthält, gesättigt seyn würde; wenn man dann auf der Tabelle diesen Wärmegrad aufsucht, so findet man die Expansionskraft des Wassergases, welche durch die Höhe der Quecksilbersäule ausgedrückt ist, die sie zu tragen im Stande seyn würde.

Noch genauer und leichter kann der Wassergehalt der Luft bestimmt werden, wenn man sich eine Thermometerkugel von Stahl oder Silber machen, solche äusserlich aufs feinste poliren lässt, und ein Thermometer von gehöriger Länge luftdicht in sie einkittet. Das Thermometer wird auf die gewöhnliche Weise mit Quecksilber, oder, bei einer Silberkugel, mit gefärbten Alkohol gefüllt. Will man nun den Wassergehalt der Luft prüfen; so nimmt man kaltes Wasser, oder macht sich, wenn es nicht kalt genug zu haben ist, erkältende Gemenge von Salmiak mit Wasser oder Schnee, nach den Umständen. Man umgiebt dann die Thermometerkugel mit einem wasserdichten Futterale von Wachstaffet und steckt sie in das kalte Wasser; bei jeden ein oder zwei Graden, um welche das Thermometer sinkt, nimmt man es aus seinem Futterale heraus, um nachzusehn, ob die Kugel beschlägt. Endlich kommt man dabei auf einen Punkt, wo sie beim Herausnehmen sich mit einem Hauche überzieht, der aber schnell wieder vergeht. Man betrachtet nun diesen Wärmegrad und findet dabei in der Tabelle

die Expansionskraft des Wassergehalts der Luft. Je größer der Unterschied zwischen der Lufttemperatur und dem gefundenen Wärmegrade ist, desto trockener ist die Luft, und umgekehrt. Wenn z. B. die Temperatur der Luft $+ 20^{\circ}$ ist, und das Hygrometer beschlägt erst dann, wenn es bis zu $+ 8^{\circ}$ abgekühlt ist; so ergibt sich daraus, daß die Luft um 12° abgekühlt werden konnte, ehe sie etwas Wasser absetzte, und daß alle Verdunstung mit einer Kraft geschehen mußte, welche gleich ist dem Unterschiede zwischen der Expansionskraft des Wassers bei $+ 8^{\circ}$ und bei $+ 20^{\circ}$.

Man hat noch verschiedene andere Instrumente zu Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, die auf ganz anderen Grundsätzen beruhen und einen weit unvollkommneren Ausfall geben. Diese nennt man eigentlich Hygroskope, weil sie den Grad der Trockenheit der Luft nur ungefähr angeben. Von dieser Art sind: Saussure's Haar- und de Luc's Fischbein-Hygrometer, ingleichen die Hygrometer von Darmsaiten und Tannenbretchen. Sie gründen sich sämtlich darauf, daß die Körper, aus welchen sie gefertigt sind, nach dem verschiedenen Feuchtigkeitszustande der Luft, mehr oder weniger Wasser aus derselben anziehen, und sich hiernach ausdehnen oder zusammenziehen.

Saussure's Haarhygrometer zeichnet sich vor andern durch seine Brauchbarkeit und durch die Richtigkeit seiner Resultate aus. Es giebt aber nicht, wie die oben angeführte Methode, den ganzen Gehalt der Luft an Wassergas, sondern nur

deren relative Trockenheit, d. h. die Entfernung derselben vom Maximum der Feuchtigkeit bei ihrer dermaligen Temperatur, an.

Gay - Lussac ist es demnach gelungen, eine Tabelle zusammen zu stellen; worin die Grade des Haarhygrometers in entsprechenden Tensionen des Wassergases angegeben sind; ich muß aber, um mich hier nicht zu lange bei diesem Gegenstande aufzuhalten, meine Leser deshalb auf den Artikel Hygrometer im 3ten Theile verweisen. Die Darmsaiten und Tannenbretchen-Hygrometer kommen bei uns im täglichen Handel vor. Das erstere besteht aus einer Darmsaite, die durch ein kleines Gewicht angespannt wird, und an deren frei herabhängendem Ende auf einem kleinen Bretchen zwei Püppchen befestigt werden, wovon das eine mit einem Regenschirme versehen ist. Das Ganze steckt in einem kleinen Häuschen mit zwei Thüren. Nimmt nun die Saite in feuchter Luft Wasser an, so windet sie sich auf, und dreht die Puppe mit dem Regenschirme heraus; in trockener Luft hingegen dreht sie sich wieder zusammen, führt diese Puppe in das Häuschen hinein und bringt die andere zum Vorascheine. — Das zweite besteht aus einem dünnen Tannenbretchen, was aus einem größeren Brete so ausgeschnitten wird, daß die Safringe auf der einen Seite weiter, als auf der andern, von einander abstehen. In trockener Luft ziehen sich nun die größeren Zwischenräume stärker zusammen, und das Bretchen krümmt sich auf dieser Seite; in feuch-

ter Luft hingegen schwellen sie mehr auf und krümmen das Bretchen nach der anderen Seite.

Leslie's Thermo-Hygrometer besteht aus zwei gleichgehenden Thermometern, wovon die Kugel des einen mit Leinwand umwickelt, und diese mit Wasser angefeuchtet wird. In feuchter Luft zeigen beide einerlei Temperatur; in trockener Luft hingegen steht das umwickelte desto tiefer, je trockener die Luft ist und je stärker die Kugel durch die Verdunstung abgekühlt wird. Leslie hat noch ein anderes Werkzeug zum Messen des Wassergehalts der Luft erfunden, was aus einer Kugel von porösem Steingut besteht, in welche eine gradirte Glasröhre eingekittet ist; die Kugel wird durch die Röhre mit destillirtem Wasser gefüllt und die Oeffnung der Röhre verschlossen, damit die Höhe der Wassersäule nicht auf die Wände der Kugel drückt. Die poröse Masse der Kugel läßt nun das Wasser durchgehen, so daß sich das Aeußere der Kugel stets feucht hält. Je trockener die Luft ist, desto mehr Wasser verdunstet von der Oberfläche der Kugel und desto schneller sinkt das Wasser in der Röhre nieder. Wäre die Luft um die Kugel herauf in voller Ruhe, so würde die Schnelligkeit des Herabsinkens des Wassers in der Röhre sich verhalten, wie die Trockenheit der Luft, und das Werkzeug würde ein Hygrometer seyn; allein da die Bewegung der Luft die Verdunstung befördert, so kann das Instrument nur dazu dienen, die Stärke der Verdunstung zu messen, und Leslie hat es daher *Atomometer, Verdunstungsmesser* genannt.

Die sowohl in chemischer als physischer Hinsicht interessante Lehre von der Verdunstung ist ein Resultat von den Untersuchungen der neuesten Zeit. Leroy, welcher die Behauptung vertheidigte, daß das Wasser in der Luft eben so aufgelöst werde, wie ein fester Körper im Wasser, hat durch seine Versuche viel zur näheren Ausmittlung dieses Gegenstandes beigetragen. Er bediente sich zuerst eines mit Eis gemengten Wassers, was er mit einem Thermometer umrührte, um die Temperatur zu bestimmen, bei welcher die Aussenseite des Glases zu beschlagen anfängt. De Luc, welcher Leroy's Ansichten verwarf, bildete sich ein, daß das Wasser in der Luft auf eine uns unbekante Weise in seine Bestandtheile zerlegt, und wenn der Himmel sich trübt und Regen zu fallen anfängt, wieder zusammengesetzt werde. Dalton bewies durch Versuche in der Barometer - Leere, daß die Tension des Wassergases nicht von der Anwesenheit der Luft, sondern bloß von der Temperatur abhängt; er bestimmte die Tension des Wassers bei verschiedenen Temperaturen, (nach welchen Bestimmungen die oben mitgetheilte Biotsche Tabelle berechnet ist) und mittelte den größten Theil der Gesetze für die Verdunstung flüchtiger Körper aus. Gay-Lussac bestätigte Daltons Angaben und brachte die Lehre von der Verdunstung flüchtiger Körper und deren Tension bei ungleichen Temperaturen in ein zusammenhängendes System, indem er die Entdeckung machte, daß die Tension aller unbeständigen Gas-

arten bei einer gleichen Anzahl Thermometergrade unter ihrem Siedepunkte sich völlig gleich sey.

W a s s e r - M e t e o r e .

Der Wassergehalt der Luft ist unaufhörlichen Veränderungen unterworfen, die theils von der beständigen Bewegung, welche die ungleiche Vertheilung des Wärmestoffs in ihr verursacht, theils von dem minderen eigenthümlichen Gewichte der wassergashaltigeren Luft, und theils von der ungleichen Temperatur der verschiedenen Stellen des Erdbodens und der Luftschichten, herrühren.

Hörte die Sonne auf zu scheinen, so würde der tropfbar - flüssige Theil der Erdmasse in der vollkommensten Ruhe bleiben, und die Luft stets eine unveränderliche Menge von Wassergas enthalten, welche der Expansionskraft des Wassers bei der bestehenden Erdtemperatur entspräche, wenn diese nicht etwa so absolut kalt wäre, daß die Expansionskraft 0 würde. — So aber treffen die Sonnenstrahlen unsere Erde, werden von der festen Masse derselben zersetzt, und lassen dabei ihren Wärmestoff fahren; dadurch wird die unterste Schicht der Atmosphäre stark ausgedehnt und muß in die Höhe steigen, um einer kälteren Luft Platz zu machen, welche allenthalben in ihr niedersinkt und eine Art Bewegung in der Luft verursacht. Dabei erwärmen die Sonnenstrahlen die verschiedenen Theile der Erdoberfläche ungleich stark, das Land mehr, als das Wasser, welches den größten Theil der Sonnenstrahlen zurückwirft, wodurch ei-

ne zweite, stärkere Bewegung der Luft verursacht wird. Endlich wird auch der mittlere Theil der Erde stark erwärmt, während um die Pole herum eine strenge Kälte herrscht, und daraus muß die stärkste Bewegung in der Atmosphäre entstehen. Denn über den erwärmten Erdstrichen muß die warme Luft stets emporsteigen, und allmählich von der Luft aus den kälteren Gegenden wieder ersetzt werden, die höhere, wärmere und leichtere Luftströme, welche emporstieg, muß sich aber seitwärts wieder herabziehen und den Gegenden zuströmen, wo die kältere Luft herkam, und so im Großen ein ähnlicher Kreislauf in der Luft entstehen, wie ich oben beschrieben habe, wo von der Art der Erwärmung flüssiger Körper und von der Fortpflanzung des Wärmestoffs in selbigen die Rede war. In diesem großen Kreislaufe müssen, durch die ungleiche Erwärmung einzelner Stellen u. s. w. noch tausend andere (kleinere Kreisläufe) sich bilden, und die Atmosphäre muß auf diese Weise in einer unaufhörlichen Unruhe erhalten werden. *)

Alle diese Veränderungen sind inzwischen sehr

*) Beispiele davon sieht man, wenn größere oder kleinere Erdstrecken mit Wolken bedeckt sind und die Luft unter diesen abgekühlt wird. Wenn an einem klaren und warmen Sommertage eine kleine Wolke vor der Sonne vorbeizieht und diese bedeckt, so bemerkt man dabei allemal einen, mehr oder weniger starken Luftzug, welcher nach dem Schatten hereinströmt, weil sich die Luft hier abkühlt und zusammen zieht.

oft so unbedeutend, daß sie von uns nicht wahrgenommen werden, und weder Sturm noch Wind erzeugen, wovon ich bei der Atmosphäre einige Worte gesagt habe. Diese letzteren entspringen zwar ebenfalls aus jenen allgemeinen und langsameren Veränderungen in der Bewegung der Atmosphäre, stehen aber nebenbei auch mit den Bewegungen des Barometers im Zusammenhange, deren Hauptursachen uns zur Zeit noch verborgen sind. Sie heben übrigens den Gang der, durch die ungleiche Erwärmung der Erdkugel entstehenden Bewegungen der Atmosphäre nicht auf, ob sie sie gleich fleckweise verändern.

Die Luft kommt sonach über der Oberfläche des Erdbodens und der Seen niemals so lange zum Stillstehen, daß sie sich dem höchsten Grade der Feuchtigkeit nähern könnte. Vielmehr wird diese durch Verdunstungen bis zu einem gewissen Grade feuchte Luft durch die mehr oder minder starken Bewegungen der Atmosphäre in Regionen des Luftkreises oder nach Gegenden der Erde geführt, wo sie abgekühlt wird und den (dieser Abkühlung) entsprechenden Theil ihres Wassers absetzt, welcher dann Wolken, Regen, Nebel u. dergl. m. bildet. Strömt nun diese, durch Erkältung von ihrer vorigen Feuchtigkeit befreite Luft wiederum nach wärmeren Ländern oder den unteren Regionen der Atmosphäre wieder zu, so ist sie, im Verhältniß der Temperatur der letztern, im hohen Grade trocken und kann sich von neuem wieder mit Wassergas mengen. Wegen diesen unaufhörlichen Veränderungen kann der Gehalt der Luft an

392 Bildung der Wolken und des Regens.

Wassergas niemals so gleichförmig seyn, wie ihr Gehalt an beständigen gasförmigen Gemengtheilen ist, und durch diesen Umstand werden Quellen, Flüsse, Seen und beinahe die ganze lebende Natur erhalten.

Wolken und Regen.

Um die Bildung der Wolken und die Entstehung des Regens richtig zu begreifen, muß man sich vorstellen, daß beides über einem großen, gleichförmig erwärmten Landstriche und bei einer vollkommenen Ruhe in den oberen und unteren Regionen der Atmosphäre vor sich gehe. — Das Wasser der Seen, Flüsse, und des feuchten Erdreichs verdunstet mit der, seiner Temperatur angemessenen Expansionskraft; die Luft aber, welche das hierbei entstehende Wassergas aufnimmt, wird theils durch dessen Beimengung, theils durch die Erwärmung vom Sonnenlichte, leichter, und muß kraft dessen aufsteigen und einer, minder feuchten Luft Platz machen. Sie zieht sich auf diese Weise nach und nach bis zu Luftschichten empor, wo sie soviel abgekühlt wird, daß das Wasser, was sie mit sich führt, seine Gasgestalt nicht mehr behalten kann, sondern in Gestalt eines Dampfes niedergeschlagen wird. Je wärmer die Luft und je weniger sie mit Wasser gesättigt ist, in desto größerer Höhe geht dieser Niederschlag vor sich, welcher nur dadurch sichtbar wird und Wolken bildet, daß die Masse der Dämpfe theils von der Sonne erleuchtet wird, theils

dieselbe verdeckt. Je dichter die Dämpfe sich zusammenhäufen, desto weniger durchsichtig werden sie, und desto dunkler erscheinen sie uns. Die lichtereren nennt man im Schwedischen *skyar*, die dunkleren aber mit dem eigenthümlichen Namen, *möln*, (Wolken).

Die Wolken wachsen nach und nach, und erhalten sich, weil die kleinen Bläschen mit der Luft ziemlich gleiches eigenthümliches Gewicht haben, einige Zeit in den höheren Regionen der Luft schwebend. Haben sie endlich einen gewissen Grad von Dichtigkeit erlangt, so fangen sie allmählich an sich zu senken, und wenn die Dämpfe nun wieder in eine niedrigere, wärmere Luftschicht kommen, werden sie nach und nach wieder aufgelöst, bis die Luft ihr Maximum von Feuchtigkeit erreicht hat. Man sieht dabei deutlich, wie ganze Wolken sich senken, ohne daß noch ein Tropfen Regen gefallen ist. Die Luft zwischen der untern Fläche der Wolken und der Erde wird dadurch ihrem höchsten Grade von Feuchtigkeit nahe gebracht, daß die Wolken die Sonne verdecken, diese Luft dadurch abgekühlt und die Expansionskraft des Wassers vermindert wird. Hat die Luft endlich dieses Maximum erreicht, so fängt es an zu regnen. Beobachtet man dabei das Hygrometer, so sieht man, wie die Feuchtigkeit der Luft sich nach und nach vermehrt, bis sie aufs Aeußerste gebracht ist, wo dann einige Augenblicke vorher oder nachher die ersten Regentropfen fallen.

Die Regentropfen werden durch die kleinen

Luftbläschen gebildet, die, wenn sie bei ihrem Falle von der feuchten Luft nicht mehr aufgelöst werden, einander immer mehr und mehr berühren und kleine Wasserkugeln bilden. Diese nehmen beim Niederfallen an Grösse zu, theils durch den Zutritt anderer Bläschen und Tropfen, theils dadurch, daß sie gewöhnlich aus einer kälteren in eine wärmere Luftregion fallen, und so wie jeder andere kalte Körper in warmer und feuchter Luft, während des Falles Wasser an ihrer Oberfläche niederschlagen. Deshalb sind im Sommer die Tropfen beim Anfange eines Regens gröfser, und werden nachher allmählich kleiner. Im Winter hingegen und in den kälteren Jahreszeiten, wo der Unterschied zwischen der Temperatur der oberen und unteren Luftschichten geringer ist, oder wenn, wie bisweilen geschieht, die in der Höhe niedergeschlagenen Wasserdünste zum Theil die Temperatur des Landstrichs, aus welchem sie hergeführt worden sind, noch beibehalten, und daher wärmer als die untere Luft sind, ist jener Unterschied weniger merklich. Bei Stürmen, Gewitter und Regenwetter kommen ebenfalls vielfältige Veränderungen vor. — Ganz allmählig schlägt sich auf diese Weise die Wolke gänzlich nieder, der Himmel heitert sich auf, die Sonne kommt wieder zum Vorschein, und die vom Regen abgekühlte Luft wird wieder erwärmt. Das Hygrometer zeigt nun ein schnelles Zunehmen der Trockenheit, weil das Wasser, womit die Luft während des Regens gesättigt war, durch die kalten Regentropfen gefällt wurde, und je kälter der Regen war, desto

trockener wird die Luft nachher, aus leicht begreiflichem Grunde.

Diese sind die Grundregeln für den Regen überhaupt, und fast ganz so beschaffen ist der Regen, welcher nach einem aufgestiegenen Morgenthau fällt. Allein höchst selten trägt sich dieses Phänomen bei vollkommener Windstille und so einfach zu, als ich es beschrieben habe. Die beständigen Bewegungen der Atmosphäre und die Elektricitäten bringen Veränderungen darin zuwege, die zwar zum Theil leicht begreiflich sind, zum Theil aber bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse unerklärlich bleiben.

Selten fällt der Regen gerade auf der Stelle nieder, von welcher vorher das Wasser durch Verdunstung aufstieg, sondern meistens wird dieses von der Luft eine kürzere oder längere Strecke weit fortgeführt, ehe es abgekühlt, verdichtet und niedergeschlagen wird. Das meiste verdunstet von der Oberfläche der Meere und Seen, auch fällt eine Menge davon wieder dahin zurück; indessen wird auch ein guter Theil davon auf das Land geführt.

Vermöge der Neigung der Erde auf ihrer Bahn, hat jeder Landstrich zwei Hauptjahreszeiten, eine entschieden wärmere, den Sommer, und eine andere kältere, den Winter; zwischen beiden bilden der Herbst und Frühling bloße Uebergänge. Während der wärmeren Jahreszeiten verdunsten die Seen und die Feuchtigkeiten des Erdbodens, und das verdunstete Wasser folgt der warmen aufsteigenden Luft, vermöge des oben erwähnten all-

gemeinen großen Kreislaufes, nach den kälteren Ländern, deren kühlere und trocknere Luft die entwichene (wärmere und feuchtere) Luft wieder ersetzt. Jene wärmere, mit Wassergas gemengte Luft wird allmählich auf diesen Stellen abgekühlt, und bildet Wolken und Regen, und zwar dergestalt, daß, wenn sie in einer Temperatur einen gewissen Vorrath davon abgesetzt hat, sie dann in einem kälteren Klima noch mehr absetzen kann. Daher sind die Sommermonate im Allgemeinen mehr trocken, und der Herbst, Frühling und Winter feucht und reicher an Regen und Schnee. Auch gilt dies für den ganzen Erdball, selbst für den Aequator, wo der Winter bloß einige Grade kühler als der Sommer ist, wo aber diese geringe Abkühlung dennoch hinreicht, das Wasser zu verdichten, was von den wärmeren Erdstrichen verdunstet. Daher rührt es auch, daß das Wasser in unseren Seen und Flüssen im Sommer sich vermindert, in den drei folgenden Jahreszeiten aber nach und nach wieder vermehrt.

Inzwischen regnet es im Sommer ebenfalls, und das kommt daher, daß theils die warme Luft an der Erdoberfläche oft mehr Wasser aufnimmt, als sie bei ihrem Aufsteigen in höhere Luftschichten in Gasgestalt an sich behalten kann, welches sich dann verdichtet und wieder niederfällt, theils daß die unregelmäßigen Winde außerhalb den Wendekreisen die Sommerluft oft unmittelbar aus einem wärmeren nach einem kälteren Lande treiben, wo ihr Wassergehalt verdichtet wird und Regen bildet. Der Sommer hat im allgemeinen

meist klare Tage; der Winter hingegen hat selten klare, sondern meist neblige Tage.

Der Regen ist von verschiedenen Graden der Heftigkeit, und erhält hiernach besondere Namen, z. B. Staubregen, Platzregen u. s. w. Der Unterschied zwischen diesen Regen rührt von den ungleichen Höhe der Wolken über der Erdoberfläche her, wenn sie nicht durch die Elektrizität entstehen. Bei einem Staubregen streichen die Wolken oft ganz auf der Erde hin, bei einem stärkeren Regen gehn sie weit höher. Je höher die Wolken ziehn, desto größer werden die Tropfen beim Fallen und desto schneller stürzen sie herab. Daher sind Platzregen in wärmeren Ländern gewöhnlicher, als im Norden, weil hier die wärmeren Schichten der Atmosphäre tiefer liegen und das Wassergas sonach verhindert wird, vor seiner Verdichtung zu Wolken, in eine größere Höhe aufzusteigen. Daher werden die Regentropfen zwischen den Wendekreisen bisweilen so groß, daß sie $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haben, und unter dem Aequator hat man sie sogar manchmal von einem ganzen Zoll im Durchmesser beobachtet.

Gewitterregen nennen wir einen solchen Regen, welcher von den oben, beim Donner, erwähnten Erscheinungen der Elektrizität begleitet ist. Die Gewitterwolken kommen oft sehr schnell heran, ziehen gegen den herrschenden Wind, und haben oft heftige Sturmtwinde zu Vorläufern, welche ganz schmale Erdstreifen einnehmen. Ihre Entstehung, ihr Zusammenhang mit der Elektrizität, ob sie durch diese allein oder nur durch

398 Fallen des Barometers vor einem Regen.

Beihülfe derselben gebildet werden, u. s. w., ist uns gänzlich unbekannt. Manche haben die unge reimte Vermuthung aufgestellt, der Knall des Donners werde in den höheren Luftschichten durch die Entzündung eines Gemenges von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, mittelst des elektrischen Funkens hervorgebracht, und der herabfallende Regen werde dadurch erzeugt. Allein es lassen sich die augenscheinlichsten Beweise gegen diese Behauptung aufstellen, die sich blos auf die Aehnlichkeit des Schalles und auf den Umstand gründet, daß die Gewitterwolken Regen geben.

Ein Regen wird gewöhnlich durch das Fallen des Barometers angekündigt. Diefes rührt wahrscheinlich daher, daß die Luft in dem Maasse, als ihre Feuchtigkeit zunimmt, leichter, folglich die Atmosphäre höher, als bei trocknerer Luft, wird, wodurch der obere Theil der feuchten Luftsäule sich seitwärts niedersenkt und sonach keiner so hohen Quecksilbersäule, als vorher, das Gegengewicht halten kann. Man hat auch, wiewohl vielleicht weniger richtig, den Regen für eine Folge von der Verdünnung der Luft erklärt, welche das Fallen des Barometers zu erkennen giebt; ungefähr auf dieselbe Weise, wie die Luft in einer feuchten Glocke über der Luftpumpe trübe wird und sich mit Wasserdämpfen füllt, wenn man sie durch einige Pumpenzüge verdünnt, weil die in der Glocke sich ausdehnende Luft, Wärmestoff von dem Wassergase einsaugt, dessen Expansionskraft vermindert, und dasselbe sonach theilweise niederschla-

gen muß. Dieses nimmt indessen seine vorige Gasgestalt und Durchsichtigkeit in wenigen Augenblicken wieder an, sobald man wieder Luft zuläßt.

Schnee. Wenn sich Wolken bei einer Temperatur unter 0° bilden, so verwandeln sich die Wasserdünste in unendlich kleine und nadelförmige Kristalle, von welchen sich immer mehrere unter Winkeln von 60° und 120° zusammensetzen, wie die Nadeln des gefrierenden Wassers, und dadurch sehr verschiedenartige Kristallgestalten, vom schönsten Ansehn, bilden, welche einander bei einem und demselben Schneewetter immer gleich sind. Sie wachsen im Fallen, wie die Regentropfen, und kleben oft zu großen Flocken zusammen. Ueberhaupt gilt von Schnee alles das, was ich vom Regen gesagt habe, und der Unterschied liegt bloß in der Temperatur.

Bei einem windstillen und sehr kalten Tage fällt kein Schnee, weil kein Wassergas gefällt werden kann; sondern wenn es da schneien soll, muß uns eine weniger kalte und feuchtere Luft zugeführt werden. Diese wird dann abgekühlt, setzt ihr Wasser ab und bildet Schnee. Daher pflegt auch die Luft kurz vor dem Schneien milder zu werden, als vorher. Gewöhnlich schreibt man diese Erscheinung der Kristallisation des Wassers zu, wobei der Wärmestoff des Gases frei werden soll; allein in diesem Falle würde der Wärmestoff von neuem die Expansionskraft des Wassers vermehren, und es könnte sonach jedenfalls nicht mehr Schnee gebildet werden, als die

Abkühlung gestattete. — Wenn wir bei Nordwind zuweilen Schnee mit starker Kälte und Sturm bekommen, so ist dieser Schnee gewöhnlich in der aus wärmeren Ländern kommenden Luft gebildet, welche die höheren Regionen der Atmosphäre in entgegengesetzter Richtung durchstreicht.

Wenn Nordwind ohne Schnee weht, so ist die Luft gewöhnlich klar, und Schnee und Eis verdunsten. Diese Luft ist nämlich in nördlichen Ländern stärker abgekühlt worden, und hat dort ihr Wasser abgesetzt. Wenn sie nun auf ihrem Wege nach Süden allmählich weniger kalt wird, so nimmt ihr Vermögen zu, mehr und mehr Wassergas an sich zu behalten, und dieses verdunstet, nach Verhältniß der Lufttemperatur, von dem Schnee und Eise, über welches die Luft hinstreicht.

Hagel wird ebenfalls durch Kälte erzeugt, aber unter ganz anderen Umständen. Er entsteht nur im Sommer, oder in wärmeren Ländern, und zwar, einer allgemeinen Beobachtung zufolge, nur wenn die Sonne sich über dem Horizont befindet und die Luft nicht so kalt ist, daß die Wasserdämpfe selbst erstarren können, jedoch in den höheren Regionen der Atmosphäre schnell eine so starke Kälte entsteht, daß die schon gebildeten Regentropfen zu Eis gefrieren. Der Hagel besteht daher aus runden Körnern und nicht aus regelmäßigen Kristallen, wie der Schnee. Gewöhnlich sind diese Hagelkörner so kalt, daß das Wasser, was sich im Herabfallen an sie ansetzt, sogleich zu Eiskrüsten gefriert, in welchen das ursprüngli-

che Hagelkorn als ein weißer und durchsichtiger Kern eingeschlossen ist. In wärmeren Ländern, wo die Wolken oft sehr hoch gehen und die Luft mehr Feuchtigkeit enthält, wird der Hagel oft weit größer, als bei uns, und bisweilen fallen Klumpen von mehreren Pfunden Schwere. Diese bilden sich jedoch nicht auf einmal in der Luft, sondern vergrößern sich erst im Herunterfallen, theils durch das Wasser, was sich wegen ihrer Kälte auf ihnen niederschlägt, theils durch das Zusammenfrieren mehrerer Körner, was sich mit jedem Augenblicke vermehren muß, weil die Schnelligkeit der größeren Hagelkörner in größerem Verhältnisse, als bei den kleineren zunimmt, diese daher von den größern im Fallen ereilt werden und sich an ihnen festsetzen.

Die Ursache einer so schnell entstehenden Kälte in der Sommer-Atmosphäre ist uns unbekannt. Jedes Hagelwetter ist, wo nicht stets von Donner, doch wenigstens immer von sehr deutlichen Merkmalen von Elektricität begleitet; in welchem Zusammenhange aber die Elektricität mit jener schnellen Erzeugung von Kälte stehe, können wir bis jetzt nicht ausfindig machen,

Der Nebel rührt von denselben Ursachen, wie die Wolken her, und ist eigentlich nichts anders, als eine Wolke, die sich nahe an der Erdoberfläche bildet. Er entsteht, wenn die Luftwärme schnell um mehrere Grade gegen die Temperatur des Erdbodens abgekühlt wird, wobei das Wasser mit der, der Wärme der Erde angemessenen Expansionskraft von der Oberfläche der Erde und

der Gewässer zu verdunsten fortfährt, das neugebildete Wassergas aber sogleich in der Luft wieder abgekühlt und niedergeschlagen wird, nachher aber, wegen der Bewegung der wärmeren Luft am Erdboden allmählich höher und höher steigt. Der Nebel beginnt auf diese Weise, einige Stunden nach Sonnenuntergange oder eine Stunde vor ihrem Aufgange, über Wasser und sumpfigen Wiesen und dauert fort, bis er entweder durch seine eigene Schwere als eine Art von Staubregen niederfällt, oder bis er nach Aufgange der Sonne durch die erwärmte Luft aufgelöst wird. Oft sieht man dabei, wie er vom Erdboden zu verschwinden anfängt, und dann auch nach oben zu allmählich abnimmt, in dem Maße, wie die Luftschichten immer höher und höher hinauf erwärmt werden. Da die Oberfläche des Wassers stärker verdunstet, als das trockene Land, so ist der Nebel über Seen und dann zunächst an den Seeküsten am häufigsten und dichtesten, weniger allgemein aber zu Lande. Er kann sich eben so gut im Winter, als im Sommer bilden, und man sieht in kalten Wintertagen oft Quellen und nicht zugefrorene Ströme rauchen. Wenn der Nebel bei starker Kälte fällt, so setzt er sich in wollähnlichen Kristallen an Bäumen und Häusern an und bildet den Reif.

Thau. Der Unterschied zwischen der Temperatur des Tages und der Nacht verändert den Wassergehalt der Luft; aber statt daß das Wassergas sich in Gestalt eines Dampfes in der Luft niederschlagen sollte, setzt es sich auf dem Erdboden ab und die Luft behält ihre Durchsichtigkeit. Es ist schwierig

alle beim Niederfallen des Thaues wirkende Kräfte zu bestimmen; seine Grundursache aber ist die Abkühlung, und daß er sich nicht in der Luft, sondern auf dem Erdboden niederschlägt, kommt ohne Zweifel von der Anziehung der festen Körper zum Wasser, und von dem Umstande her, daß der Niederschlag in der, dem Erdboden am nächsten gelegenen Luftschicht, als der wärmsten und wasserreichsten, seinen Anfang nimmt. Das Wassergas der oberen Luftschichten breitet sich dann allmählich nach der unteren, als nach einer von Wassergas freieren Luft, aus, und daher kommt es, daß der Niederschlag nach unten seinen Fortgang hat. Die Anziehung der festen Körper zum Wasser wird übrigens dadurch bewiesen, daß sich der Thau nicht auf allen Körpern gleichförmig anlegt. Nichtleiter für den Wärmestoff werden meist davon befeuchtet, Leiter hingegen weniger, und Metalle werden sehr selten davon feucht, wenn es nicht ungewöhnlich stark gethauet hat. Wahrscheinlich hat dies indessen wenig Zusammenhang mit der wärmeleitenden Kraft dieser Körper. Man hat sich die Erklärung dieses Phänomens durch die Beobachtung erschwert, daß der Erdboden beim Fallen des Thaues, allezeit um einen oder einige Grad wärmer als die Luft sey; dies verhält sich auch für eine Tiefe des Erdbodens von einem oder ein Paar Zollen wirklich so: allein die oberste Kruste des Bodens und die darauf stehenden Gewächse kühlen durch Ausstralen des Wärmestoffs, und folglich mit weit größerer Schnelligkeit, ab, als die Luft. Wells hat durch eine Reihe sehr interessanter Versuche

bewiesen, daß das Niederschlagen des Thaues durchaus eine Wirkung der, durch Ausstrahlung von Wärmestoff entstehenden Abkühlung sey. Er stellte z. B. des Abends eine abgewogene große Menge Wolle unter freiem Himmel, eine andere gleich große und zu einer gleich großen Oberfläche ausgebreitete Menge darneben, jedoch einige Ellen über der letztern einen Tisch. Die unbedeckte Wolle hatte weit mehr an Gewicht gewonnen, als die unter dem Tische liegende, weil zwischen der letztern und dem Tische eine abwechselnde Ausstrahlung von Wärmestrahlen statt gefunden hatte, wodurch diese Wolle weniger schnell abgekühlt worden war, als die offen unter freiem Himmel stehende, deren Wärmestrahlen, ohne ersetzt zu werden, geradezu fortgegangen waren. Daher fällt der Thau sehr oft bei klaren Abenden in größter Menge, seltener aber und nur in geringer Menge bei wolkigem Himmel, weil in diesem Falle die Wärmestrahlen des Erdbodens durch die Wärmestrahlen der über ihm befindlichen Wolkenschichten ersetzt werden.

Wenn die Tageluft so wenig Wasser enthält, daß die Expansionskraft des Wassers bei der Temperatur der Nachtluft dadurch nicht überstiegen wird, so fällt kein Thau. Man kann sich davon überzeugen, wenn man die Expansionskraft des Wassers einige Stunden vor und eine Stunde nach Sonnenuntergange mißt. Findet sich z. B., daß der Wassergehalt der Tageluft der Expansionskraft von $+16^{\circ}$ entspricht, und die Temperatur verändert sich nach Untergang der Sonne auf $+15^{\circ}$, 12° , 10° , u. s. w.

so muß Thau fallen und so lange sich absetzen, als bis die Luft zum niedrigsten Wärmegrade, den sie annehmen kann, abgekühlt ist, d. h. bis zum Wiederaufgehen der Sonne. Bei alledem zeigt das Hygroskop nahe am Erdboden das Maximum der Luftfeuchtigkeit an, fängt aber wieder an auf Trockenheit zu gehen, so wie der Thau in den Morgenstunden verschwindet, und die Expansionskraft des Wassers durch die Wärme des Tages vermehrt wird. Man behauptet, daß ein großer Theil des Thaues von den Ausdünstungen der Gewächse herrühre, welche von der Luft nicht aufgenommen werden könnten. Dies ist aber wenig glaublich; denn diese Ausdünstungen müßten dann in flüssiger Gestalt abgesondert werden, und der Thau würde sich in solchen Fällen, wo die Luft ihr Maximum von Feuchtigkeit aufgenommen hat, auch um Mittag einstellen. Man hat Thau auf Pflanzen unter Glasglocken gefunden, die man über Nacht im Freien gelassen hatte. Dieser Thau entsteht auf dieselbe Weise, wie in freier Luft, und kann eben so stark fallen, weil die wärmere Luft unter der Glasglocke mehr Feuchtigkeit enthält. Daß er nicht von den Ausdünstungen der Pflanzen herrühre, sieht man deutlich daraus, daß die Luft unter der Glocke allemal ihr Maximum von Feuchtigkeit erreicht haben muß, weil sie wenig gewechselt werden kann, und die Aussonderungen der Pflanzen sie in diesem Falle mit einem beständigen Thau überziehen würden. — Bei uns bemerken wir

den Thau nur zu Lande; unter den Wendekreisen fällt er sowohl auf dem Lande, als auf der See.

Eine Art von Thau entsteht im Winter, wenn beim Wechsel der Winde ein wärmerer auf einen kälteren folgt. Der wärmere Wind enthält Wasser, was sich an Mauern, Häusern, Bäumen u. s. w. niederschlägt, welche die Kälte der vorigen Tage noch an sich behalten haben. Sie erhalten sich dadurch immer feucht, bis sie die Temperatur der Luft angenommen haben, oder bis ein trockener Wind eintritt. In der Kälte erstarrt dieser Thau zu Reif. Wenn es nach einem kalten Winter im Frühjahre schnell warm wird, sieht man Mauern, steinerne Häuser und Kirchen sich auswendig mit Reif überziehen. Dies kommt daher, daß die Mauern langsamer, als die Luft, erwärmt werden, und noch so viel Kälte zurück halten, so daß das Wasser sich auf ihnen niederschlagen und zu Eis gefrieren kann. Dann sagt man im gemeinen Leben: die Kälte schlägt in die Gebäude.

Vorkommen des Wassers auf der Erdoberfläche.

Regenwasser, Schneewasser. Dieses ist zuweilen völlig rein, muß aber in weiten Gefäßen und auf freiem Felde und zwar erst dann aufgefangen werden, wenn es schon eine Zeit lang fortgeregnet hat. Gewöhnlich ist das Regen- und Schneewasser mit atmosphärischer Luft, ein wenig Salpetersäure und, wie behauptet wird, von einer äußerst geringen Menge salzsaurem Kalke verun-

reiniget. Was inzwischen den letztern betrifft, so ist dessen Anwesenheit weniger wahrscheinlich; denn dieses Salz ist völlig feuerbeständig, und kommt, so viel wir jezt wissen, nicht in Gasgestalt vor. Salpetersäure hingegen wird in sehr geringer Menge bei Verbrennungen gebildet, und muß sich sonach immer in der Atmosphäre vorfinden. Frisch aufgethautes Schneewasser hat einen eigenen Geschmack, und man glaubte früher, daß es eine große Menge Sauerstoff enthalte; es führt aber im Gegentheil nicht mehr Luft mit sich, als es während des Aufthauens aus der Atmosphäre hat an sich ziehen können.

Die meisten Unreinlichkeiten, welche das Wasser bei sich führt, sind mechanisch beigemischt, und bestehen aus zusammengeschlemmten Staube, der in der Luft herum fliegt und vom Regen oder Schnee mit herabgespült wird. Daher setzt alles Regenwasser ein grauliches Pulver ab und im geschmolzenen Schnee findet man den abgesetzten Staub ebenfalls, selbst wenn der Schnee von der Mitte großer gefrorener Seen hergeholt wird. Daher hört man auch zuweilen von Schwefelregen, Blutregen, u. dgl., das heißt von Regen, welche gelben, röthen, oder verschiedentlich gefärbten Samenstaub von Pflanzen mit sich führen, welche gerade in der Blüthe stehen. Wenn z. B. zur Blüthezeit des Wacholders und der Kiefer schnell ein Regen kommt, so findet man in waldigen Gegenden ein gelbes Pulver auf dem Wasser, was völlig den Schwefelblumen gleicht, bei näherer Untersuchung aber sich als Samenstaub

von diesen Nadelhölzern erweist, der in der Luft angehäuft war und vom Regen herabgespült wurde.

Im Allgemeinen ist indessen das Schnee- und Regenwasser so rein, daß es zu den meisten chemischen Arbeiten gebraucht werden kann, auch mit dem destillirten Wasser einerlei eigenthümliches Gewicht hat.

Quellen. Der größte Theil des atmosphärischen Wassers schlägt sich auf Höhen und Bergen nieder, theils weil die wärmere Luft der Thäler, sumpfigen Stellen und Seen, wenn sie an den Abhängen der Berge emporsteigt, dort abgekühlt wird und ihr Wasser in Gestalt eines gelinden, aber fortwährenden Thaus absetzt; theils deshalb, weil die Wolken sich um hohe Punkte mehr zusammenziehen und Regen da absetzen, während das unten liegende flache Land gutes Wetter hat. Das auf Bergen gesammelte Wasser rinnt theils an ihrer Oberfläche herab und bildet Bäche, theils senkt es sich in die kleinen Klüfte derselben und zieht sich hier in die Tiefe. Am deutlichsten sieht man diesen ersten Ursprung der Quellen in Bergwerken. Die Berge sind im Inneren nach allen Richtungen zerklüftet, und in geringer Tiefe unter Tage träufelt das Wasser aus diesen kleinen Klüften in allen Punkten hervor; allenthalben hört man das Fallen der Tropfen, und dies vermehrt sich, je tiefer man kommt, so daß man in allen Gruben Pumpenwerke zu erhalten genöthiget ist, um diese Tagewasser zu gewältigen. Da diesem hinein dringenden Wasser immer anderes nachfolgt, dessen Schwere es mitzutragen hat;

so sucht es sich allenthalben durch die Klüfte Wege nach unten, bis es endlich auf eine Stelle kommt, wo es verhindert wird, tiefer niederzueinkern, und wahrscheinlich sind die Klüfte der Berge soweit mit Wasser gefüllt, als dieses einzudringen vermag, oder soweit die Klüfte hinlänglich warm sind, um das Wasser in tropfbar flüssiger Gestalt zu enthalten. Die Schwere der in den Klüften auf das untere Wasser drückenden Wassersäule preßt dieses nach den Thälern und niederen Gegenden hin, durch Lager von Sand und Erde, wobei sich das Wasser eine oder mehrere Rinnen aushölet, aus welchen es entweder zugleich, oder einzeln auf gewissen Stellen hervorbricht und Quellen bildet. Nach der verschiedenen Gestaltung und Fortsetzung der Berge unter der Erdoberfläche können diese Quellen dem Berge, in welchem sie entspringen, entweder nahe liegen, oder entfernter von ihm hervorbretchen.

Man hat diese Ansicht von der Entstehung der Quellen um deswillen verwerfen wollen, weil der eigentliche Erdboden selbst schon etwas Wasser durch sich hindurch läßt. Man grub z. B. ein großes Fals in den Erdboden ein, von dessen Boden aus man ein dünnes Röhrrchen in einen tiefen Keller niederleitete, und fand niemals, selbst nach dem stärksten Regen nicht, daß etwas Wasser durch dieses Röhrrchen durchgegangen wäre. Dagegen ist aber zu erinnern, daß es hauptsächlich die Berge sind, welche den Quellen den Ursprung geben, und daß der Erdboden, ob er gleich unter seiner Rinde allenthalben feucht ist, dennoch

ein Wasser stets zurück behält, ohngefähr so, wie ein Schwamm. In gegrabenen Brunnen hingegen sammelt sich das Wasser allmählig aus den benachbarten Erdschichten; sie füllen sich langsam, und der Wasserspiegel bleibt tief unter der Oberfläche des Bodens, je nachdem die Erdschichten mehr oder weniger reich an Wasser sind.

Quellwasser, haben unter einerlei Klima auch fast immer einerlei Temperatur. In Schweden beträgt ihre Wärme im Sommer $+ 7^{\circ}$, und in strengen, schneearmen Wintern etwas drunter. Die Ursache dieser unveränderlichen Temperatur ist, daß die Erdrinde, wenn sie einmal bis zu einem, der wärmenden Kraft der Sonnenstrahlen in jedem Breitengrade entsprechenden Wärmegrade erwärmt ist, im Sommer zu keiner bedeutenden Tiefe weiter erwärmt, auch im Winter weiter nicht abgekühlt werden kann, sondern bis zu einem gewissen Abstände von der äußeren Kruste eine Art von Mitteltemperatur behält, die nachher nach dem Inneren der Erde zu sehr allmählich abnimmt. Diese Mitteltemperatur beträgt in Schweden $+ 6^{\circ}$ und $+ 7^{\circ}$, in Frankreich $+ 49^{\circ}$ oder etwas weniger, und in wärmeren Ländern noch mehr. Die hervorbrechenden Quellwasser behalten diese Temperatur mit unbedeutenden Veränderungen bei, je nachdem sie eine längere oder kürzere Strecke durch die oberste, von der Wärme der Atmosphäre unmittelbar mehr abhängige Erdkruste durchlaufen.

Heiße Quellen erhalten ihre Wärme von feuer-speienden Bergen, oder wenn sie nicht in der Nähe solcher liegen, scheinen sie dieselben entweder von

alten vulkanischen Massen, die noch nicht ausgekühlt und deren obere Oeffnungen durch spätere Erdrevolutionen, mit Zurücklassung von Basalt, Bimsstein- und Lava-Massen, zerstört worden sind — oder auch von langsam sich zersetzenden schwefelhaltigen Lagern — zu erhalten. Im erstern Falle enthalten die Wasser eine große Menge Kohlensäure; im letztern riechen sie nach Schwefelwasserstoffgas.

Das Karlsbader und Achener Wasser hat eine Temperatur von $+ 70^{\circ}$ bis 90° , und das Wasser des Geysers auf Island, den in gewissen Zwischenzeiten eine Wassersäule von 19 Fufs Durchmesser mit unglaublicher Gewalt 100 Fufs hoch in die Luft treibt, ist kochend heiss, — Uebrigens zeigen die Quellen, theils in Hinsicht ihrer Temperatur, theils in ihrer Art zu fließen, manche bewundernswerthe Sonderbarkeiten, die ich hier übergehen muß, theils weil sie in das Gebiet der Physik gehören, theils mit unseren gegenwärtigen chemischen Kenntnissen nicht erklärt werden können.

Auf ihrem Wege durch die Spalten der Berge und durch die innere Erdmasse lösen die Quellwasser eine Menge Stoffe auf, womit sie bei ihrem Hervorbrechen über Tage verunreinigt sind. Diese Stoffe sind Kieselerde, unterschiedliche Salze und Säuren, auch Extraktivstoff, den sie beim Durchdringen durch die oberste Erdrinde aus der Dämmerde aufnehmen. Auf welche Weise das Wasser damit geschwängert werde, ist bis jetzt noch nicht ausgemittelt; denn manche Quellen

412 Fremde Stoffe der Quellwasser.

enthalten gewisse Stoffe so reichlich, das die Umgebungen des Laufes der Quellen sie unmöglich auch nur auf ein paar Monate lang mit einem solchen Vorrathe versehen könnten. So fliessen z. B. mit dem Karlsbader Wasser jährlich 746,884 Pfund kohlen-saures Natron und 1,132,983 Pf. schwefelsaures Natron hervor, ohne die übrigen beigemengten Stoffe zu rechnen. — Wahrscheinlich kommen diese Wasser in Bergen herab, deren innere Masse durch das Wasser allmählich zerlegt und aufgelöst wird, wo das Wasser sonach einen chemischen Prozess erregt, der es mit jenen Stoffen, zuweilen in solcher Menge, versieht, das die Kunst es kaum nachzuahmen vermag. Daher muß der quantitative Gehalt solcher Wasser an fremdartigen Stoffen, nach Verschiedenheit der Umstände, verschieden seyn, und daher müssen sogar dergleichen Quellen nach längerer Zeit, wiewohl vielleicht erst nach mehreren Jahrhunderten, ihren Gehalt bedeutend verändern, je nachdem die löslichen Stoffe entweder fortgeführt werden, oder in größerer oder geringerer Menge noch zum Auflösen vorhanden sind. Welches die in Quellwassern vorkommenden Stoffe sind, und wie man sie darin entdecken und daraus abscheiden soll, werde ich in der Folge, bei der Lehre von der chemischen Analyse, kurz berühren.

Alle Quellwasser enthalten in größerer oder geringerer Menge eine flüchtige Säure, Kohlen-säure genannt, (die ich weiter unten beschreiben werde) und außerdem unterschiedliche, in einem Ueberschusse dieser Säure aufgelöste Erdarten,

insbesondere Kalk- und Talkerde, bisweilen auch oxidirtes Eisen und oxidirtes Mangan. Läßt man Quellwasser einige Zeit offen an der Luft stehen; so verflüchtigt sich der Ueberschufs jener Säure allmählich und die Erd- und Metallsalze schlagen sich darin nieder. Dasselbe geschieht, wenn man das Wasser kocht. Aus dergleichen Erdsalzen besteht die Kruste, welche sich in Theekesseln und ähnlichen Gefäßen absetzt, in welchen Quellwasser gekocht wird; und wenn sich die Erden in den Quellen selbst oder in ihrem Ablaufe auf Steinen oder anderen Dingen, die im Wasser liegen, niederschlagen, so bilden sie um dieselbe eigene steinartige Krusten (Incrustationen), die man Tuffe nennt. In Schweden findet man inzwischen keine solchen reichhaltigen Quellen; in wärmeren Ländern aber, und besonders in der Nähe feuerspeiender Berge, findet man sie zuweilen häufig. Wenn man eine Münze oder irgend eine Form in eine solche Quelle legt, so bildet sich nach einiger Zeit eine Steinkruste um sie herum, die sich leicht abnehmen läßt und inwendig den Abdruck des Körpers enthält, auf welchem sie sich angesetzt hatte.

Die Quellen bilden Bäche, und ihr Wasser verliert beim Forttrinnen seine Kohlensäure, so daß man in Bächen und in den aus ihnen entstehenden Flüssen und Seen nicht die mindeste Spur von den saueren kohlensauren Salzen findet, welche das Quellwasser enthält. Die übrigen Salze bleiben wohl im Wasser zurück; allein da ihre Menge, gegen die der kohlensauren Salze, wenig

414 Seen und große stehende Wasser.

stens in Schweden, so äußerst gering ist, so ist auch das Flusswasser reiner als Quellwasser. Das Flusswasser löst weiße und grüne Seife fast ohne Trübung auf; das Quellwasser hingegen zerlegt sie durch ihre kohlen-sauren Erdsalze, schlägt das Oel mit den Erdarten nieder und hat im Technischen den Namen hartes Wasser erhalten. *)

Die Flüsse sammeln sich in Seen, deren Wasser durch Pflanzen und Thiere verunreinigt wird, die darin leben und sterben. Demohngeachtet wird das Seewasser dadurch nur um ein Weniges unreiner, als das Flusswasser. Die Seen, welche keinen Ausfluß haben, oder deren Ausfluß vielfach gefinger ist, als ihre Zugänge sind, nennt man in Schweden Träsk (große Sümpfe, Moräste). Man glaubte früherhin, daß das Wasser dieser Seen durch Verdunstung fortgehe; allein in diesem Falle müßten dieselben nach und nach zu concentrirten Lösungen derjenigen Salze werden, welche ihnen die Flüsse aus den Quellen zuführen, was man gleichwohl bis jetzt noch nicht ge-

*) In mehreren nördlichen Provinzen Schwedens ist das Flusswasser fast so rein, als das Regenwasser. Gahn fand, daß die Reagentien, welche sonst die meisten natürlichen Wasser trüben, auf das Wasser im Fahlun-Flusse gar nicht wirkten. Kocht man dieses Wasser ein, so hinterläßt es eine dünne gelbliche Haut, die meist aus Extraktivstoff besteht, in welchen aber doch die Reagentien eine Spur von Kochsalz andeuten. Von schwefelsauren Salzen findet sich keine Spur darin auf.

funden hat. Sie müssen daher einen unterirdischen Ablauf haben.

Die Seen bilden große Ströme und (in Schweden sogenannte) Elben — älfvar, — welche das Wasser derselben ins Meer führen. Diese große Wassermasse, welche den größten Theil der Erdoberfläche einnimmt, und alle die Wasser annimmt, welche vom festen Lande herbeifließen, enthält alle Salze der letztern; läßt aber sein Wasser durch Verdunstung wieder fahren. Dadurch entsteht ein beständiger Kreislauf des Wassers, welches vom Spiegel des Meeres aus verdunstet und in Gasgestalt emporsteigt, dann über dem festen Lande, vorzüglich um dessen Höhen und Berge herum verdichtet wird und als Regen herabfällt, nachher, auf die beschriebene Weise, Quellen, Seen und Ströme bildet, und durch diese wieder in das Meer zurückkehrt. Durch diesen Kreislauf werden unsere Quellen, Seen und Ströme beinahe unveränderlich und die lebende Natur unaufhörlich mit süßem Wasser versorgt.

Das Meerwasser hat einen salzigen, etwas bitteren Geschmack und um die Küsten herum einen üblen Geruch. Es enthält eine Menge Salze aufgelöst, welche der Quantität nach $\frac{3}{2}$ bis 4 Procent vom Gewichte des Wassers betragen, und wovon das Kochsalz den größten Theil ausmacht, wiewohl es niemals über $2\frac{2}{3}$ Procent vom Gewichte des Wassers beträgt. Die übrigen Salze bestehen aus salzsaurem Kalk, salzsaurem Talk, und schwefelsaurem Natron.

Nach Marcets Analyse enthält das Meerwasser auf 1000 Theile:

26,6	salzsaures Natron oder Kochsalz,
4,66	schwefelsaures Natron,
1,932	salzsaure Kalkerde,
5,154	Talkerde,

alle Bestandtheile in wasserfreiem Zustande berechnet. Wollaston hat gefunden, daß das Meerwasser außerdem auch salzsaures und schwefelsaures Kali, jedoch nicht über $\frac{1}{1000}$ vom Gewichte des Wassers, enthalte.

Man glaubt, dieser Salzgehalt rühre von Steinsalzlagerstätten her, welche das Meer bespüle und auflöse, und werde Jahr aus, Jahr ein durch die Salze vermehrt, welche die Ströme ihm zuführen. Zwar ist der Salzgehalt des Meeres an manchen Stellen sehr verschieden, nach dem ungleichen Süßwassergehalte der hineinfallenden Ströme; die Winde aber und die dadurch verursachten Meereströme mengen das Wasser so untereinander, daß die Unterschiede nicht sehr bedeutend sind. In Meerbusen, welche eine enge Oeffnung haben, z. B. in der Ostsee und im schwarzen Meere, ist der Salzgehalt geringer als im großen Weltmeere; im Mittelmeere ist er hingegen etwas größer. Nach den Polen zu ist das Wasser weniger salzig, als nach den wärmeren Ländern hin, ohngeachtet wegen des beständigen Durchmengens des Wassers, der Unterschied weniger bedeutend ist. Auch beim Gefrieren des Meeres erstarrt nur das reine Wasser; das aufgethaute Eis enthält wenig Salz und giebt ein süßes, trinkbares Wasser. Zunächst

unter dem Eise, wo das Wasser dem Gefrierpunkte am nächsten ist, ist es nur wenig salzig, nimmt aber tiefer hinab nach und nach an Salzgehalte zu, so daß es in 3 bis 4 Fuß Tiefe so salzhaltig, wie allenthalben, ist. — Nach den zwischen 60° nördlicher und 40° südlicher Breite angestellten Wägungen, wechselt die specifische Schwere des Meerwassers, bei $+ 17^{\circ}$, zwischen 1,0285 und 1,0269.

Man hat das Meerwasser auf mancherlei Weise zu reinigen und trinkbar zu machen versucht; allein nur zwei Arten sind geglückt, und auch diese sind mit soviel Schwierigkeiten verknüpft, daß sie bei Schiffreisen wenig brauchbar sind. Die eine ist die Destillation, die andere das Durchsiehen des Wassers durch Sand. Wenn man in einem Filtrirapparat, welcher die Gestalt eines umgekehrten Hebers hat, Wasser durch eine 15 Fuß hohe Säule von trockenem Sande laufen läßt, so wird das Wasser, welches zuerst herauskommt, süß und trinkbar; allein nach einer Weile fängt das durchgehende Wasser schon an salzig zu werden, und wird es nach und nach immer mehr, bis es zuletzt salziger ist, als vorher, weil das Salz, was zuerst im Sande zurückblieb, allmählich wieder mit herausgespült wird. Der Sand muß dann entweder ausgewechselt, oder mit reinem Wasser ausgewaschen werden, was zur See unmöglich ist. Die Ursache dieser Erscheinung ist, daß die Sandkörner, gleich den Haarröhrchen, das Wasser in ihren Zwischenräumen in die Höhe ziehen. Da dies im ersten Anfange des Verfahrens

mehr von der Attraktion abhängt, als von dem Drucke des nachfolgenden Wassers; so wird das Salz zum Theil von seinem Wasser getrennt und dieses dringt reiner in die Zwischenräume des Sandes ein und füllt sie aus; Wenn man nun, nachdem die Sandmasse völlig angefeuchtet ist, mehr Meerwasser darauf gießt; so wird durch dessen Schwere zuerst das reinere Wasser herausgetrieben, dann aber, wenn die Zwischenräume des Sandes gewaltsam mit Meerwasser angefüllt werden, kommt ein immer mehr und mehr salziges Wasser zum Vorschein. Man erhält sonach bei diesem Durchsiehen nur soviel reines Wasser, als die Zwischenräume eines gewissen, durch die Höhe der Sandsäule und der Salzigkeit des Meerwassers bestimmten Stückes jener Säule enthalten konnten.

Zum Waschen kann das Meerwasser soweit gereinigt werden, daß es die Seife nicht zerlegt, wenn man es nämlich vorher mit Pota-sche mengt, wodurch die Erdsalze gesättigt werden.

Destillirtes Wasser.

Will man ein vollkommen reines Wasser haben, so muß es destillirt werden. Bei der Destillation bleiben die Salze im Destillirkolben zurück, und das reine Wasser, welches in Dämpfen übergeht, sammelt sich im Kühlfasse in flüssiger Gestalt. Sie geschieht in ähnlichen Gefäßen, wie das Brandweinbrennen. Man darf nicht mehr als

$\frac{2}{3}$ des Wassers abdestilliren, weil es sonst vom Rückstande leicht brenzlich wird. In Apotheken destillirt man das Wasser in denselben Gefäßen, die man nebenbei zum Alkohol und Weingeist gebraucht; dies führt aber einen doppelten Nachtheil mit sich. Das was vom Alkohol in der Kühlröhre zurückbleibt, säuert sich beim Zutritte der Luft, und bildet essigsäures Kupfer, was sich während der Destillation auflöst und das Wasser kupferhaltig macht. Daher wird ein solches destillirtes Wasser sehr oft blau, wenn es nach einer gelinden Abdunstung mit Ammoniak gemengt wird; auch bekommt es beim Mischen mit Schwefelwasserstoffgas eine bräunliche Farbe. Dies kann zuweilen von einer, durch andere reagirende Mittel nicht zu entdeckende, geringen Menge Kupfer herrühren. Ausser diesem Kupfergehalte kann aber das Wasser auch noch unzerstörten Weingeist enthalten, der sich dann allmählich zerlegt und wovon nach einigen Wochen das Wasser trübe wird und einen schlammigen Bodensatz absetzt. Zu ganz genauen chemischen Versuchen muß das Wasser in Glasgefäßen *) destillirt oder

*) Hierbei ist jedoch zu erinnern, daß das Glas von guter Beschaffenheit seyn muß, weil es außerdem durch die Wasserdämpfe besonders im Halse der Retorte und in der Vorlage zersetzt und das destillirte Wasser dadurch mit Alkali und Kieselerde verunreinigt wird. Dies ist mir selbst mit solchem Glase geschehen, worin ich ohne Nachtheil Salpetersäure kochen konnte.

wenigstens in einer zinnernen Kühlröhre verdichtet werden. Bei vieler Vorsichtigkeit kann man auf diese Weise ein Wasser erhalten, was vollkommen rein und ohne allen Geschmack und Geruch ist; allein die geringste Unvorsichtigkeit beim Feuern giebt ihm einen eigenen, ein wenig brenzlichen Geschmack, dem von frisch aufgethauten Schneewasser nicht unähnlich.

Wasserstoff - Superoxid.

Der Wasserstoff kann sich noch mit mehr Sauerstoff, als im Wasser, verbinden, und giebt dann ein Superoxid, was erst neuerdings von Thenard entdeckt worden ist, und dessen merkwürdige Eigenschaften mehr Aufklärung über verschiedene wichtige Gegenstände der chemischen Theorie zu versprechen scheinen. Man erhält dasselbe, nach Thenard's Vorschrift, auf folgende Weise:

Barytsuperoxid, *) welches von allen fremdartigen Beimengungen so rein als möglich seyn muß, wird in einem Mörser mit Wasser übergossen, und damit zusammengerieben, wobei sich das Superoxid mit dem Wasser verbindet und als ein weißes Pulver zu Boden fällt. Man bringt

*) Dieses Barytsuperoxid wird so bereitet, daß man reine salpetersaure Baryterde in einer Retorte von ächtem Porzellan brennt, dann die Erde herausnimmt und von neuem in einer Porzellanröhre erhitzt, durch welche Sauerstoffgas geleitet wird.

dasselbe hierauf in kleinen Portionen in verdünnte Salzsäure, welche das Superoxid auflöst, ohne daß irgend etwas Gasförmiges dabei entwickelt wird. Sobald die Säure damit gesättiget ist, setzt man verdünnte Schwefelsäure in kleinen Gaben so lange zu, bis die Baryterde wieder ausgeschieden ist, worauf die dann gereinigte Säure wieder mit Superoxid gesättiget und die Baryterde abermals durch verdünnte Schwefelsäure niedergeschlagen wird. Man filtrirt nunmehr die Flüssigkeit durch Papier und spült das auf dem Filtrum Zurückbleibende mit ein wenig kaltem Wasser aus. Das, was hierbei noch auf dem Filtrum bleibt, wird vom Papier abgenommen, mit mehr Wasser versetzt und wieder durchgeseiht, und die dabei durchgegangene Flüssigkeit beim ferneren Verlaufe der Arbeit als Spülwasser gebraucht.

Die zuerst durchgeseimte saure Flüssigkeit wird hierauf von neuem mit Barytsuperoxid bis zur Sättigung der Säure gemischt, hierauf die Baryterde wieder mit Schwefelsäure gefällt, und auf diese Weise die Arbeit durch successives Sättigen, Niederschlagen und Filtriren, 3 bis 6 und mehrere Male wiederholt, so lange, bis die Flüssigkeit ihr 50faches Volumen Sauerstoff aufgenommen hat. Setzt man sie noch länger fort, so verliert man mehr dabei, als man gewinnt, weil das Sauerstoffgas mit Aufbrausen zu entweichen anfängt. *)

*) Man kann die Menge des Sauerstoffgases in einer Auflösung ausmitteln, wenn man ein kleines Maas davon über Quecksilber in eine mit Quecksilber gefüllte

422 **Bereitung des Wasserstoff-Superoxids.**

Die nunmehr erhaltene Flüssigkeit wird abermals mit Barytsuperoxid gesättiget, sodann der vollständigen Sättigung halber noch mit Barytwasser gemengt und hierauf in Schnee oder Eis gestellt. Dabei schlägt sich etwas Kieselerde, welche durch die Säure aus dem Barytsuperoxid aufgelöst worden ist, ingleichen eine geringe Menge Eisen und Manganoxid nieder. Man filtrirt nunmehr die Flüssigkeit durch Leinwand und drückt das, was im Filtrirtuche zurückgeblieben ist, aus. Dies muß mit der größten Eilfertigkeit geschehen, weil sonst das Sauerstoffgas durch die Berührung mit den niedergeschlagenen Oxiden ausgeschieden zu werden und mit schwachem Aufbrausen zu entweichen anfängt. Während dessen muß die Flüssigkeit eiskalt erhalten, und wenn sich nach dem Filtriren noch ein neuer Antheil von Oxid aus derselben ausscheidet, sogleich wieder durchgeseiht werden. Am besten ist es, sich dazu mehrerer Filtren auf Einmal zu bedienen, um das Filtriren desto schneller zu beendigen, dann aber die Filtra mit den Rückständen zusammen in ein leinenes Tuch zu legen, und das darin zurückgebliebene Liquidum heraus zu pressen. War vieles Manganoxid darin anwesend, so erhitzt

Glasröhre fällt und dann ein wenig Braunstein hineinbringt, wo sodann das Sauerstoffgas sich mit Brausen entwickelt, und der Raum, den es einnimmt, mit dem Maaße der vorher eingelassenen Flüssigkeit verglichen werden kann. Thénard schreibt jedoch vor, daß letztere vorher verdünnt werden soll.

sich dasselbe dabei dergestalt, daß man es beim Auspressen kaum in den Händen erleiden kann.

Die Baryterde wird sodann mittelst verdünnter Schwefelsäure aus der Flüssigkeit niedergeschlagen, diese aber dabei stets mit Eis umgeben erhalten. Hierauf wird derselben schwefelsaures Silberoxid zugesetzt, was aber weder metallisches Silber, noch freies Silberoxid enthalten darf; hier verbindet sich die Salzsäure mit dem Silberoxid, die Schwefelsäure wird in der Flüssigkeit frei. Sobald alle Salzsäure ausgeschieden ist, klärt sich die Flüssigkeit, die vorher trübe war, und wird nunmehr schnell abgefüllt, so daß kein schwefelsaures Silberoxid zugleich mit aufgelöst werden kann. Sollte dieß aber dennoch geschehen seyn, so muß das Silberoxid wieder sorgfältig mit verdünnter Salzsäure niedergeschlagen werden.

Die Flüssigkeit wird nunmehr wieder filtrirt, und sobald sie völlig klar ist, und weder Silber noch Salzsäure mehr enthält, in einem eiskalten Mörser mit Baryterdehydrath zusammengerieben, was in kleinen Gaben so lange zugesetzt wird, bis die Schwefelsäure beinahe gesättiget ist. Sobald die Flüssigkeit auf Lakmuspapier nur noch unbedeutend als Säure reagirt, wird sie abermals filtrirt und der Niederschlag ausgepresst, dann aber die Flüssigkeit vollkommen mit Barytwasser gesättiget, um definitiv alle Spuren von Manganoxid daraus zu entfernen, hierauf aber unter den oben angegebenen Vorsichtsmaasregeln nochmals filtrirt.

Die Flüssigkeit, welche nunmehr aus Wasser-Superoxid und etwas Baryterde besteht, die zu-

424 Bereitung des Wasserstoff-Superoxyds.

sammen im Wasser aufgelöst sind, wird durch die anwesende Erde leicht zersetzt, hält sich aber besser, wenn sie einen kleinen Ueberschufs von Säure enthält, daher man die Erde wieder daraus niederschlagen und einen äusserst geringen Ueberschufs an Säure zusetzen muss. Die filtrirte Flüssigkeit wird nun im luftleeren Raume über Schwefelsäure abgedunstet, wobei man ganz nach Leslie's Methode bei der Eisbildung verfährt. Das Wasser ist flüchtiger, als das Superoxid, welches durch die Verdunstung immer mehr und mehr concentrirt wird. Dabei muss die Schwefelsäure unter dem Recipienten von Zeit zu Zeit umgeschüttelt werden, weil sonst ihre Oberfläche mit Wasser gesättigt wird und kein Wassergas mehr verschluckt. Wenn nach einer gewissen Dauer der Verdunstung ein Brausen in der Flüssigkeit entsteht, muss dieselbe sogleich herausgenommen, und wenn sie sich warm anfühlt, im Eise abgekühlt werden. Man findet dann gewöhnlich einige Flecken eines fremden Stoffes darin, von welchen das Gas aufsteigt, und wodurch die Flüssigkeit sich gewöhnlich erwärmt und gänzlich zerlegt werden würde, wenn man diese Flecken nicht daraus entfernte. Man gießt daher das klare Liquidum von dem Bodensatze ab, der oft nicht einmal wägbare ist, und bringt es von neuem in den luftleeren Raum, um die Abdunstung fortzusetzen. Gegen das Ende hin steigen zähe Blasen auf, die sich schwer zertheilen, und man sollte glauben, dass vieles Sauerstoffgas dabei entwiche; allein es

zeigt sich, daß demungeachtet das Quecksilber in der Probe binnen 24 Stunden kaum merklich steigt.

Zuletzt bleibt eine syrupdicke, farblose Flüssigkeit zurück, welche wasserfreies, oder doch beinahe wasserfreies Wasserstoff-Superoxid ist. Das eigenthümliche Gewicht desselben beträgt 1,453. Es giebt, wenn man es mit Mangansuperoxid mischt, oder kocht, sein 850faches Volumen Sauerstoffgas von sich, = das Volumen beider bei $+ 14^{\circ}$ Temperatur und 76 Centimeter Barometerhöhe gemessen. Es besitzt einen eigenen eklen Geschmack und Geruch, dem des Bleichwassers nicht unähnlich, welches man erhält, wenn Salzsäure-Superoxidül von Alkali aufgenommen wird. Auf der Haut erzeugt es für einige Augenblicke einen weißen Fleck, die von einer stechenden Empfindung begleitet ist, der aber nach einigen Stunden gänzlich verschwindet, wo auch die Haut ihr voriges Ansehn wieder annimmt.

Es bleicht und zerstört alle Pflanzenfarben. Im Allgemeinen ist dessen Wirkung so heftig, daß sie nicht gut beobachtet werden kann, wenn man nicht das Wasserstoffsuperoxid mit einigen gleichen Maastheilen Wasser verdünnt.

Die ausgezeichnetste von seinen Eigenschaften ist, daß es bei der Berührung mit unterschiedlichen festen, besonders pulverförmigen Körpern, vorzüglich aber mit den Metallen: Gold, Silber, Platin, Palladium und Quecksilber oder deren Oxiden, oder auch bei der Berührung mit anderen Superoxiden, mit vieler Heftigkeit in Sauerstoff-

426 Eigenschaften des Wasserstoff-Superoxids.

gas und Wasser zerlegt wird. Ist die Flüssigkeit verdünnt, so entsteht durch das Fortgehn des Sauerstoffgases ein starkes Aufbrausen, und das Gemisch wird warm, oft so, daß man es nicht mehr in der Hand halten kann. War das Wasserstoffsuperoxid concentrirt und man läßt einen Tropfen davon auf einen jener Körper in Pulvergestalt fallen, so geschieht die Zersetzung mit einer Verpuffung und man sieht im Finstern einen schwachen Feuerschein. Bedient man sich hierzu, anstatt der fein zertheilten edlen Metalle selbst, ihrer Oxide, so ist die Explosion noch weit stärker; das Metall wird reducirt und sein Sauerstoff entweicht zugleich mit dem Sauerstoffe des Wasserstoffsuperoxids. Diefs geschieht selbst dann, wenn das letztere mit Wasser verdünnt ist, und sonach durch die Zerlegung keine so hohe Temperatur hervorgebracht wird, daß man sagen könnte, das Metalloxid sey dadurch zum Metalle reducirt worden.

War das Superoxid sehr mit Wasser verdünnt, so werden die Oxide so zerlegt, daß ein Theil des Sauerstoffs entweicht und eine niedrigere Oxidationsstufe zurückläßt. Thenard hat dergleichen niedrigere Oxidationsstufen des Gold- und Silberoxids erhalten, die bisher unbekannt gewesen zu seyn scheinen.

Leicht oxidirbare Metalle, deren Oxide Säuren bilden, veranlassen ebenfalls eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxids; allein der Sauerstoff des letztern geht dann nicht fort, sondern verbindet sich mit dem Metalle, welches er zur Säure oxidirt.

Dies ist der Fall mit Selenium, Arsenik, Wolfram und Molybdän. Die zwei erstern oxidiren sich unter Erscheinung von Feuer, wenn das Superoxid nicht zu sehr verdünnt ist. — Dagegen wird das Superoxid von solchen Metallen oder deren Oxiden nicht vermindert, deren Oxide Salzbasen bilden.

Einige thierische Stoffe wirken auf dieselbe Weise auf das Superoxid, wie die edlen Metalle, z. B. der Faserstoff des Blutes, welcher das Sauer gas daraus vertreibt, während das Eiweis das Superoxid unverändert läßt.

Ein geringer Gehalt von Säure schützt das Wasserstoffsuperoxid, wie ich schon oben erwähnt, vor der Zerlegung; wogegen Auflösungen der Alkalien dieselbe auf eine so ganz ausgezeichnete Weise beschleunigen, daß das Superoxid selbst durch die bloße Berührung mit Glase, und ohne einen anderen Zusatz, die Flaschen zersprengt; worin es eingeschlossen ist. Dagegen kann man es mit Säure gemischt aufbewahren, wenn man es in einer niedrigen Temperatur hält, und gewisse Säuren, zu welchen die Flus- und Phosphorsäure gehören, haben die Eigenschaft, dasselbe in verdünntem Zustande und sogar wenn es bis zum Kochen erhitzt wird, zu bewahren.

Dies sind die Hauptsachen, welche wir durch Thenard's höchst interessante Versuche über diesen Körper bis jetzt wissen. Thenard glaubte anfänglich, daß die Säuren, womit das Superoxid zerlegt wird, überoxidirt würden und bemühte sich, diese überoxidirten Säuren kennen zu lernen. Allein da er niemals eine Vermehrung des

Sauerstoffs der angewandten Säuren in irgend einem Verhältnisse, auffinden, auch eben so wenig einen Unterschied zwischen den Salzen dieser (vermeintlich) überoxidirten Säuren und den Salzen der gewöhnlichen Säuren entdecken konnte, so fing er endlich an zu untersuchen, ob nicht der Sauerstoff vom Wasser aufgenommen werde, und es gelang ihm endlich, nach einer Reihe von mühsamen und kostbaren Versuchen, das Wasserstoff-Superoxid für sich darzustellen und dessen Natur zu bestimmen.

Ich habe bis hierher blos Thatsachen angeführt, ohne eine Erklärung oder Meinung darüber beizufügen, und werde nunmehr versuchen, diese Thatsachen, so weit es für jetzt möglich ist, unter einer allgemeinen Ansicht zusammen zu stellen.

Das Superoxid der Baryterde ist bis jetzt das einzige unter den bekannten Superoxiden, was sich mit Wasser verbinden läßt; und zwar nimmt dasselbe eine solche Menge davon auf, daß der Sauerstoff des Wassers dem überschüssigen Sauerstoffe des Superoxids gleich ist. Die starke Verwandtschaft der Baryterde zu den Säuren macht, daß jene in Berührung mit diesen sich sowohl vom Wasser, als auch von ihrem überschüssigen Sauerstoffe losreißt, welche beide in dem Augenblicke, wo diese Trennung geschieht, schon verbunden sind, in dieser Verbindung bleiben, und das Superoxid des Wasserstoffs bilden. Eben dasselbe würde auch natürlicherweise bei jedem andern Superoxide eintreten, welches im Verhältnisse seines überschüssigen Sauerstoffes Wasser ent-

hält, allein bei andern Superoxyden tritt diese Erscheinung um deswillen nicht ein, weil bei deren Zerlegung durch Säuren der Sauerstoff entweder in Gasgestalt entweicht, oder sich mit der Säure verbindet, wenn diese Verwandtschaft zu ihm hat. — Die Behandlung des Barytsuperoxids mit Schwefelsäure würde das Verfahren bedeutend abkürzen; allein Thenard fand, dafs in diesem Falle der Sauerstoff größtentheils in Gasgestalt entweicht, und daher rührt der weite Umweg, den man bei Bereitung des Wasserstoff-Superoxids einschlagen muß. Die Salzsäure durch Silberoxyd auszuschcheiden, geht eben so wenig an, weil das Wasserstoff-Superoxid vom Silberoxyd zerlegt wird.

Die Eigenschaft des Wasserstoff-Superoxids, in Berührung mit edlen Metallen oder deren Oxiden in Wasser und Sauerstoff, unter Wärmeentwicklung, zerlegt zu werden, und zugleich diese Oxide zu Metall zu reduciren, ist eine Erscheinung, welche bis jetzt unseren Erklärungen noch Trotz bietet. Wir sehen hier keine chemische Verwandtschaft wirken, vielmehr umgekehrt eine schon bestehende chemische Verbindung aufgehoben, und dabei die Temperatur mitunter bis zum Ausbruche von Feuer sich erhöhen. Thenard hat die Vermuthung geäußert, dafs diese Wirkung elektrisch seyn könne. Diese Muthmaassung wird zwar durch unsere bisherigen Kenntnisse von der Electricität nicht gerechtfertiget, gleichwohl aber dadurch bekräftiget, dafs alle diejenigen Körper, welche bei Berührung des Wasserstoff-Superoxids, dieses letztere zerlegen, sich in der elektrischen

Reihe gegen das Wasser elektronegativ verhalten; dagegen bleibt das Superoxid in Berührung mit solchen Körpern unverändert, welche gegen das Wasser elektropositiv oder indifferent sind. — Wenn man der Flüssigkeit, welche das Wasserstoff-Superoxid enthält, eine lösliche Säure beimengt, so tritt die Flüssigkeit dadurch zur Klasse der elektronegativen Körper über und geräth in eine elektrische Indifferenz, oder nimmt wenigstens einen bedeutend geringeren elektrischen Gegensatz gegen feste elektronegative Körper an, und das Wasserstoff-Superoxid erhält sich dabei unzerlegt. Mengt man aber die Flüssigkeit mit einem darin löslichen alkalischen Stoffe, so geht sie dadurch zur Klasse der elektropositiven Körper über; der elektrische Gegensatz zwischen ihr und den mit ihr in Berührung stehenden, mehr oder weniger elektronegativen Körpern, wird verstärkt, und das Superoxid nunmehr mit Heftigkeit zerlegt, und zwar selbst durch solche Körper, die so wenig ausgezeichnet elektronegativ sind, daß sie in ihrem reinen Zustande wenig darauf wirken.

Wiewohl wir solchemnach wohl nicht einsehen können, warum und auf welche Weise dieser elektrische Gegensatz zwischen dem liquiden Superoxide und den mit selbigem in Berührung kommenden festen Körpern eine Zerlegung desselben hervorzubringen vermöge; so können wir doch durch diese Ansicht jene Erscheinung auf ein allgemeines Verhalten zurückführen, was unausweichlich macht, a priori zu bestimmen, welche Körper eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxids

hervorbringen, oder nicht. Ob die hierbei statt findende Entwicklung von Wärmestoff eine Folge des elektrischen Gegensatzes, oder eines bei der Zersetzung selbst eintretenden Umstandes sey, läßt sich schwer ausmachen.

Wir werden in der Folge noch ein anderes Superoxid (der Salzsäure) kennen lernen, was bei einer gewissen Temperatur auf gleiche Weise in Sauerstoff und einen niedrigen Oxidationsgrad des Radikals zerlegt, und wobei ebenfalls Wärme bis zur Feuererscheinung entwickelt wird, und ich werde bei Beschreibung desselben meine Vermuthungen über die Ursache dieser Wärmeentwicklung anführen.

Ehe ich die Lehre vom Wasser verlasse, muß ich noch, gleichsam im Vorbeigehn, von zwei chemischen Erscheinungen sprechen, deren näheres Kenntniß uns zur Beschreibung der übrigen Körper nothwendig ist. Diese Erscheinungen sind die **Auflösung** und die **Kristallisation**.

Auflösung im Wasser.

Auflösung heißt, wenn sich ein fester Körper mit einer Flüssigkeit (einem tropfbar flüssigen Körper) so verbindet, daß er in dieser Verbindung flüssig wird, z. B. wenn Salz in Wasser gelöst wird. Die Flüssigkeit nennt man dann das **Lösungsmittel**, den vorher festen Körper **aufgelöst**, und die neue Verbindung heißt eine

Auflösung. Kein Vergrößerungsglas entdeckt eine Spur von ungleichartigen Stoffen darin, sondern alles zusammen bildet eine gleichartige Masse. — Man unterscheidet zuweilen Lösung und Auflösung; das letztere deutet dann an, daß der feste Körper, um aufgelöst zu werden, in seiner Zusammensetzung verändert werden muß; z. B. wenn kohlensaurer Kalk in Salzsäure aufgelöst wird, wo die Kohlensäure ausgetrieben wird; oder wenn sich ein Metall in einer Säure auflöst und entweder diese oder das mit anwesende Wasser zersetzt, um sich während des Auflösens oxidiren zu können. Ich habe immer auf diese Unterscheidung keine Rücksicht genommen, da sie besser durch die Natur der in Frage kommenden Körper, als durch Worte bestimmt wird.

Hier ist nur von derjenigen Art der Auflösung die Rede, bei welcher keine chemische Eigenschaft des Körpers durch die Verbindung verändert wird, wie z. B. die Lösung des Salzes in Wasser; nicht aber von einer solchen, wo durch die Verbindung des festen Körpers mit dem Lösungsmittel ein neuer, dem vorigen in seinen Eigenschaften unähnlicher Körper entsteht; wie wenn Alkalien oder Erdarten sich mit Säuren verbinden und Salze bilden.

Das allgemeinste Lösungsmittel ist das Wasser; doch können auch alle andere flüssige Körper, z. B. Alkohol, Naphta, Essig, geschmolzene Metalle, u. s. w. Lösungsmittel abgeben. Man sollte wohl auch den Wärmestoff als Lösungsmittel, und alle geschmolzene Körper, als in Wärmestoff aufge-

Mittel zur Beschleunigung der Auflösung. 433

löst, betrachten. Man nannte früherhin das Schmelzen eine einfache Lösung, und die Auflösung in einer Flüssigkeit eine zusammengesetzte; weil zur Verwandlung eines festen Körpers in die tropfbarflüssige Gestalt die Aufnahme von Wärmestoff erforderlich ist, und derselbe sonach durch Wärme und Flüssigkeit zugleich aufgelöst werden muß.

Auflösungen werden durch Wärme erleichtert, nicht allein insofern, daß die Lösung schneller erfolgt, sondern auch dadurch, daß warme Auflösungsmittel weit mehr als kalte auflösen. Je feiner der feste Körper gepulvert ist, und je mehr das Lösungsmittel damit umgeschüttelt wird, desto rascher geht die Lösung von statten, weil im ersteren Falle die Oberfläche des festen Körpers um soviel größer, und im letztern Falle das Lösungsmittel um soviel öfter gewechselt wird. Läßt man ein Gemenge von Salz und Wasser in völliger Ruhe stehn, so löst das Wasser unten soviel auf, als es vermag, und das Wasser wird oben wenig Salz halten, weil das Salzhaltigste wegen seiner Schwere zu Boden sinkt; schüttelt man aber dann das Gemenge um, so geht die Lösung des Salzes von Neuem los und es wird nun gleichförmig in der Lösung vertheilt. Die Wärme befördert eine Lösung auch noch durch die Strömung, die sie in der kälteren Flüssigkeit veranlaßt, wie ich oben durch Fig. 2. Taf. 1. gezeigt habe.

Es ist zur Zeit noch unbekannt, in welchem Verhältnisse das Lösungsvermögen einer Flüssigkeit durch Erhöhung der Temperatur vermehrt wird,

und ob sich dieses Verhältnifs bei allen löslichen Körpern gleich bleibt, oder Veränderungen unterworfen ist. Genaue Versuche zur Ausmittlung dieser Umstände wären für die ausübende Chemie von großer Wichtigkeit. Hat man z. B. eine Auflösung von Salpeter, in welcher bei $+ 25^{\circ}$ soviel als möglich aufgelöst worden ist, und dann eine andere, die bei $+ 75^{\circ}$ gemacht ist, und mengt dann gleiche Volumina von beiden zusammen, so wird ein großer Theil des Salpeters gefällt, weil Wasser von $+ 50^{\circ}$ das Salz von beiden Lösungen nicht aufgelöst erhalten kann. Man sieht hieraus, daß das Lösungsvermögen des Wassers für den Salpeter in weit größerem Verhältnisse zunimmt, als die Anzahl der Wärmegrade.

Wenn ein Lösungsmittel bei einer gegebenen Temperatur von einem gewissen Körper nichts mehr auflösen kann, so sagt man, es sey damit gesättiget. Es kann jedoch, wenn es mit einem Stoffe gesättiget ist, auch noch einen anderen auflösen. Wenn z. B. Salpeter in Wasser gelöst wird, bis dieses nichts mehr davon aufnehmen kann, so wird das Wasser mit Salpeter gesättiget; setzt man aber dieser Salpeterlösung sodann noch schwefelsaures Natron (Glaubersalz) hinzu, so löst dieselbe noch einen guten Theil davon auf, und kann nachher noch einen dritten, vierten Stoff u. s. w. auflösen.

Oft kann die Lösung dabei, durch die Verwandtschaft der Salze, ein neues Vermögen bekommen, von einem oder dem anderen Salze mehr aufzulösen, womit sie vor der Mengung schon ge-

sättiget war; so kann z. B. Wasser, was vorher Salpeter bis zur vollen Sättigung, dann aber Kochsalz auflöst, nachher noch mehr Salpeter lösen, wenn die Lösung von neuem damit gemengt wird. Dabei hat man inzwischen noch nicht untersucht, ob nicht dieses Phänomen etwa daher rühre, daß bis zu einem gewissen Grade ein Austausch zwischen den Säuren und Basen eintritt, so daß man 4 Salze statt zweien in der Auflösung hat und so nach die ganze Erscheinung nur eine Täuschung ist. Denn salzsaures Kali z. B. wird durch ein Gemenge mit salzsaurem Natron nicht löslicher im Wasser, und eben so wenig das salpetersaure Kali durch Mengung mit salpetersaurem Natron.

Wenn eine Auflösung, sie mag gesättiget seyn, oder nicht, auf einer kalten Stelle stehen bleibt, wo sie allmählich bis zum völligen Gefrieren abgekühlt wird; so wird ihr äußerer Umfang, welcher zuerst verkühlt, weniger salzhaltig, als ihr Inneres, bis zuletzt, wenn alles erstarrt ist, die aufgelösten Stoffe alle in der Mitte zusammengedrängt sind. Wenn man z. B. einer schwachen Auflösung von Kochsalz etwas Lakmus zusetzt, so daß das Wasser eine blauliche Farbe annimmt, und es dann frieren läßt, so wird man sehen, daß die Farbe sich in die Mitte des Eisklumpens zieht, wo derselbe auch am salzigsten ist. War die Lösung so gesättiget, daß sie nicht durchaus gefrieren konnte, so bleibt in der Mitte eine stärker concentrirte Lösung ungefroren zurück.

Die Ursache dieses Umstandes ist, daß das Lösungs-Vermögen des warmen und kalten Was-

436 Ungleiche Verdichtung einer Auflös. d. Kälte.

ders von ungleicher Stärke ist; wenn daher in einer Lösung, worin das Aufgelöste gleichförmig vertheilt ist, ein Theil mehr, als der andere, abgekühlt wird; so vertheilt sich das Aufgelöste so zwischen dem wärmeren und kälteren Theil, daß beide nach Verhältniß ihrer verschiedenen Temperatur auf demselben Grade der Sättigung stehen, oder richtiger: beide von der Sättigung ungleich weit entfernt sind. Dies wird jedoch in den meisten Fällen weniger deutlich sichtbar, und zwar der Bewegung halber, welche durch die Veränderungen des eigenthümlichen Gewichts der abgekühlten Theile in der Auflösung entsteht. Das abkühlende Wasser verliert inzwischen fortdauernd immer mehr von dem aufgelösten Stoffe, das wärmere aber nimmt verhältnißmäßig eben soviel davon auf, bis endlich das, was zu Eis gefriert, nur noch bloßes Wasser ist. Daher dürfte es auch kommen, daß das große Weltmeer, ohngeachtet Ströme und Winde es unaufhörlich unter einander rühren; dennoch mehr Salz zwischen den Wendekreisen und einige Grade über dieselben hinaus, als nach den stets gefrorenen Theilen gegen die Pole hin, enthalten soll; denn dasselbe ist in den kälteren Zonen im Verhältniß seiner Kälte, eben so stark mit den Salzen, die es aufgelöst enthält, gesättigt, als es, im Verhältniß seiner höheren Temperatur, in den wärmeren Zonen und unter dem Aequator gesättigt ist. Dieser Unterschied ist jedoch gering, weil beim Kochsalze, welches den häufigsten Bestandtheil des Meerwassers ausmacht, der Umstand eintritt, daß zwischen seiner

Löslichkeit im kalten und warmen Wasser nur ein geringer Unterschied statt findet.

Läßt man eine Auflösung eines festen Körpers im Wasser oder in einer anderen flüchtigen Flüssigkeit stehen, so verdunstet das Flüssige davon, nach den oben angeführten Gesetzen, und die Lösung wird dadurch allmählich immer mehr und mehr gesättiget, bis endlich ein Theil des festen Körpers sich wieder absetzt und dabei eigene regelmäßige Gestalten annimmt, die man Kristalle nennt.

Anschiefsen. Kristallisation.

Kristallisation entsteht bei den meisten Körpern, welche aus der flüssigen Gestalt in die feste übergehn. Der größte Theil der geschmolzenen Körper nimmt beim langsamen Abkühlen Kristallform an, wie ich schon beim Schwefel erwähnt habe, und beim Kristallisiren der verschiedenen Metalle zeigen werde. Je langsamer die Abkühlung erfolgt, desto deutlicher und größer werden die Kristalle.

Aber auch wenn feste Körper in irgend einer Flüssigkeit aufgelöst sind, schiefsen sie daraus in Kristallen an, wenn die Flüssigkeit sich abkühlt oder verdunstet. Wenn man z. B. kochendheißes Wasser auf zerstoßenen Salpeter gießt, das Gemenge so lange umrührt, als noch Salpeter aufgelöst wird, sodann die Lösung abklärt und bei völliger Ruhe langsam verkühlen läßt; so kristallisirt sich daraus derjenige Theil des Salpeters, welchen

438 Kristallisat. d. Einkochen u. Abkühl. d. Auflös.
das kochendheiße Wasser mehr, als das abgekühlte,
aufgelöst enthalten konnte.

Eben so ist es, wenn man eine nicht völlig gesättigte Auflösung über Feuer so lange abdunstet, bis ein guter Theil des Wassers verflüchtigt ist, und dieselbe dann langsam erkalten läßt, wo der Theil des aufgelösten in Kristallen anschießt, der sich zwar in der kochenden Lösung erhalten konnte, in der abgekühlten aber nicht mehr aufgelöst zu erhalten vermag. Wenn man eine dergleichen Auflösung abdunsten will, kann man das Einkochen so lange fortsetzen, bis sich ein Salzhäutchen auf der Oberfläche zeigt. (welches andeutet, daß soviel Wasser verdunstet ist, daß das kochendheiße nicht mehr alles aufgelöst erhalten kann. —) oder bis ein Tropfen, den man auf kaltes Blech fallen läßt, kleine Kriställchen giebt. Man läßt sodann die Lösung auf einer kühlen Stelle ruhig zum allmählichen Anschiefen stehen. Den nicht kristallisirten Rückstand nennt man die Mutterlauge; er kann durch abermalige Verdunstung von neuem zum Kristallisiren gebracht werden, und wenn das aufgelöste Salz rein war, kann man damit bis zum letzten Tropfen fortfahren. Die Körper, welche im kalten und warmen Wasser beinahe gleichen Grad von Löslichkeit haben, kristallisiren nicht durch Abkühlen, sondern bloß durch fortgesetzte Abdunstung; von dieser Art sind das salzsaure Natron (Kochsalz), der schwefelsaure Kalk (Gips), und mehrere andere.

Ure machte die Beobachtung, daß in einer kristallisirenden Flüssigkeit, wenn man dieselbe

der Ausladung der elektrischen Säule aussetzt, die Kristallisation allemal am negativen Leiter ihren Anfang nimmt. Indessen ist es doch ungewiss, ob die elektrische Vertheilung hierbei einen andern Einfluss hat, als den, dass die freiwerdende Säure, welche in den meisten Fällen die Löslichkeit der Salze im Wasser vermehrt, das Anschliessen der Kristalle auf der positiven Seite verhindert. Es ist überdem bekannt, dass in Lösungen von Salzen mit alkalischer Basis ein Ueberschuss von letzterer zur Beförderung des Kristallisirens beiträgt.

Je langsamer die Kristallisation vor sich geht, desto grösser und deutlicher werden die Kristalle, und umgekehrt, je schneller, desto kleiner und undeutlicher. Am besten und vollkommensten erhält man die Kristalle, wenn die Lösung, sich selbst überlassen, nach mehreren Wochen allmählich verdunstet. Die Grösse und Regelmässigkeit der Kristalle kann auch zuweilen durch gewisse andre Umstände befördert worden. So erhält man z. B. ungewöhnlich grosse und deutliche Kristalle vom Salpeter, wenn man ihn in kochendheissen Kalkwasser auflöst, was jedoch auf andere Salze keine ähnliche Wirkung thut. Auch Ruhe trägt zu einer langsamen und regelmässigen Kristallisation bei, Bewegung hingegen beschleuniget dieselbe zwar, macht aber, dass die Kristalle klein und undeutlich werden. Daher pflegt man z. B. beim Zuckersieden, wo eine schnelle und körnige Kristallisation der eingekochten Zuckerlauge beabsichtigt wird, sobald derselbe in die Zuckerhutformen

440 Anschließen der Salze an festen Körpern.

hineingegossen ist, sie stark und oft mit Holzstücken umzurühren; will man hingegen den Zucker in deutlichen Kristallen anschließen lassen, wie beim sogenannten Kandiszucker, so läßt man die Zuckerlauge weniger stark einkochen und dann auf einer sehr warmen Stelle stehen, wo das Wasser allmählich verdunstet und der Zucker aus seiner Auflösung langsam anschieszt.

Wenn feste Körper, z. B. dünne Holzstäbchen, Fäden, u. d. m. in eine solche kristallisirende Lösung gebracht werden, so setzen sich die Kristalle an dieselben an, so daß sie gleichsam den Kern der Kristallrinde bilden. Daher sieht man im Kandiszucker Fäden quer durch die Kristallmasse gehn, die in das Gefäß eingehangen worden sind, um den Zucker daran anschließen zu lassen; und auf Vitriolwerken steckt man in die eingekochte Vitriol-Lösung kleine Stäbchen, an welchen die Kristalle sich ansetzen und womit sie zugleich herausgenommen werden können.

Dieser Umstand, daß Salze sich besonders leicht an festen Körpern ansetzen, die sich zufällig in der Lösung befinden, veranlaßt eine schwere Krankheit bei Menschen und Thieren, den Stein, wo sich Steine in der Urinblase, den Gedärmen und andern Eingeweiden bilden. Der Urin, z. B. enthält eine Menge aufgelöste Salze, die zum Theil schwer löslich und leicht kristallisirbar sind; setzt sich nun zufällig irgend ein festes Körperchen in der Blase ab, so fangen diese Salze, ehe noch der Urin herausgelassen wird, an sich kristallinisch daran anzusetzen, und bilden so

einen Stein, der fortdauernd zunimmt. Wenn man nach dem Tode des Kranken, oder durch chirurgische Operation den Stein herausnimmt und zerschlägt, so findet man in dessen Mittelpunkte den festen Körper als einen kleinen Kern.

Wenn man in eine Salzlösung einen Kristall gleicher Art bringt, so wird dadurch, vermöge der Zusammenhänge-Verwandschaft, das Anschiefen noch mehr befördert, und man kann aus einer Flüssigkeit, die mehrere Salze aufgelöst enthält, nach Belieben das eine von diesen Salzen allein kristallisiren lassen, wenn man einen Kristall von diesem Salze hineinbringt. Wenn man z. B. 2 Theile salpetersaures Kali (Salpeter) und 3 Theile schwefelsaures Natron (Glaubersalz) in 5 Theilen lauen Wassers löst, die Lösung auf zwei Flaschen gießt, die davon völlig gefüllt werden, und dann in die eine einen Salpeter- in die andere aber einen Glaubersalz-Kristall bringt, nachher die Flaschen in schneegemengtes Wasser stellt; so anschieft in der einen bloß Salpeter, in der andern bloß Glaubersalz an.

Ein großer Theil der Kristalle, welche aus Wasser anschiefen, verbinden sich mit einer größeren oder geringeren Menge desselben; dieses Wasser geht in fester Gestalt in die Zusammensetzung der Kristalle ein, und giebt ihnen sehr oft Durchsichtigkeit oder Farbe und Zusammenhang. Dieses Wasser nennt man Kristallisationswasser, Kristallisationseis. Manche Kristalle enthalten viel Wasser, z. B. Alaun, Glaubersalz, u. s. w. Andere enthalten dagegen gar keines.

442 Kristallisationswasser. Kristallisationseis.

wie z. B. schwefelsaures Kali, Kochsalz, Salpeter. Ein Salz, was sich mit Kristallwasser vereinigt, nimmt allemal ein bestimmtes Verhältniß davon auf, wie ich bei der Uebersicht der Gesetze für die Zusammensetzung der unorganischen Natur, zeigen werde, indem ich hier nur vorläufig bemerke, daß, in der Hauptsache, der Sauerstoff des Wassers ein Multiplum oder Submultiplum nach einer ganzen Zahl von dem Sauerstoffe der Salzbasis (d. h. des Alkalis, der Erde oder des Metalloxyds), sey, welches im Salze enthalten ist. Manche Salze können sich mit zwei verschiedenen Portionen Wasser verbinden, nehmen aber dann gewöhnlich auch verschiedene Gestalten an. Andere hingegen können sich sowohl mit, als ohne Wasser, kristallisiren; die Grundgestalt ihrer Kristalle ist aber dann ebenfalls verschieden.

Alle Kristalle, welche aus Flüssigkeiten anschießen, enthalten aber aufser dem Kristallwasser, noch etwas mechanisch eingeschlossene Mutterlauge, wodurch das kristallisirte Salz mehr oder weniger unrein wird, je nachdem die Mutterlauge mehr oder weniger fremde Beimengungen enthält. Hierauf gründet sich die Nothwendigkeit, die Salze durch wiederholtes Auflösen und Kristallisiren zu reingen. Je größser ein Kristall ist, desto mehr Mutterlauge kann er in seinen Poren einschließen, und umgekehrt. Man hat es daher vortheilhaft gefunden, manche Stoffe, z. B. Salpeter, Alaun, Zucker u. d. m. durch schnelles Abkühlen und stetes Umrühren in kleinen Körnern

anschlüssen zu lassen, die keine bedeutende Menge Mutterlauge einschliessen können

· · · Gewisse Salze haben die Eigenschaft, daß sie bei schneller Erhitzung zerknistern und umherspringen, was man decrepitiren nennt. Die Ursache davon ist, daß das mechanisch eingeschlossene Wasser Gasgestalt annimmt und die Kristalle zersprengt. Das Wasser, was auf diese Weise fortgeht, ist niemals Kristallwasser; denn dieses reißt sich zuerst auf der Oberfläche los, und hinterläßt hier hinlängliche Oeffnungen für das nachfolgende. Sehr wenig decrepitirende Salze enthalten Kristallwasser, wiewohl es nicht an Beispielen von Salzen mit Kristallwasser fehlt, welche zerknistern. Dergleichen sind — z. B. das essigsäure Kupferoxid, der kristallisirte Brechweinstein, u. a. Bei einer Temperatur, welche noch nicht hinreichend ist, das mit dem Kristall chemisch gebundene Wasser zu befreien, nimmt das mechanisch eingeschlossene schon Gasgestalt an und zersprengt die Kristalle gewaltsam.

· · · Zwischen der Art und Weise, wie das Wasser sich mit andern Körpern in der Gestalt von Kristallisationswasser verbindet, und wie feste Körper im Wasser sich zu einer flüssigen Masse auflösen, findet ein sehr wesentlicher Unterschied statt. Man kann das letztere mehr als eine mechanische Erscheinung betrachten, wobei die kleinsten Theilchen des aufgelösten Körpers durch eine Kraft (die zuverlässig ebenfalls auch eine Art von chemischer Verwandtschaft ist) sich zwischen die kleinsten Theilchen des Wassers hineinschieben, so daß sie alle in gleicher Entfernung von ein-

ander zu liegen kommen. Dadurch werden die kleinsten Theilchen des aufgelösten Körpers über ein größeres Volumen ausgebreitet, und je weiter dieselben darin von einander entfernt werden, desto mehr Wärmecapacität gewinnt der aufgelöste Körper; desto mehr sinkt die Temperatur und desto mehr Kälte entsteht. Wenn sich hingegen ein Körper mit Kristallwasser verbindet, so entsteht dabei, wie bei allen chemischen Verbindungen, Wärme, und die Temperatur erhöht sich oft sehr bedeutend. Daher wird allemal Wärme erzeugt, wenn man eine sehr geringe Menge Wasser auf ein Salz gießt, was sein Kristallwasser verloren hat; gießt man aber mehr Wasser zu, und die Auflösung nimmt ihren Anfang, so entsteht Kälte.

Die Benennung: Kristallwasser ist übrigens wenig passend. Viele im Wasser auflösliche Körper enthalten solches Wasser in großer Menge, selbst wenn sie nicht kristallisirt sind, und in Pulverform niedergeschlagen werden; z. B. kohlen-saure Talkerde und die meisten unlöslichen Erd- und Metallsalze, besser ist die Benennung: chemisch- gebundenes Wasser, ob sie gleich länger ist. Körper, welche Wasser chemisch binden können, sind deshalb nicht immer im Wasser löslich, wie dies der Fall mit den eben angeführten Salzen ist; andere hingegen können kein Wasser binden, werden aber leicht davon aufgelöst; wie z. B. Salpeter, Kochsalz, u. m. a.

Gewisse Kristalle verlieren in trockener Luft nach und nach ihr chemisch gebundenes Wasser und zerfallen zu einem weissen, undurchsichtigen

Mehle, wie Glaubersalz, kohlensäures Natron, n. a. m. Dies nennt man verwittern, fatisciren. Wenn man dergleichen Kristalle erhitzt, so schmelzen sie anfangs mit ihrem Kristallwasser, trocknen aber dann während der Verdunstung des Wassers ein, und erfordern nachher zum Schmelzen einen hohen Grad von Glühhitze. Wenn man auf ein solches verwittertes Salz so viel Wasser gießt, als es zum Kristallisationswasser bedarf, so vereinigt es sich damit, und wird, nach längerer oder kürzerer Zeit, zu einer harten, halbdurchsichtigen Masse. Das schwefelsaure Natron z. B. entsält auf 100 Theile 57 Th. Kristallwasser; läßt man es nun verwittern und mengt es dann nach diesem Verhältnisse mit Wasser, oder 2 Theile Salz mit 3 Theilen Wasser, so erhält man nach einer Weile eine feste Masse, wobei sich der Wärmestoff des Wassers langsam entwickelt. Darauf gründet sich z. B. die Bereitung der Gips-Medaillen. Man erhitzt nämlich den Gips so, daß er sein Kristallwasser verliert, pulvert ihn dann fein, rührt ihn mit Wasser zu einem Breie, und gießt diesen in die Formen, wo er nach einer Weile erhärtet, während der Gips das Wasser chemisch bindet und die Masse lau wird.

Verschiedene andere Körper, insonderheit solche, die eine so starke Verwandtschaft zum Wasser haben, daß sie schwer zum Kristallisiren gebracht werden können, besitzen die ganz entgegengesetzte Eigenschaft, in der Luft feucht zu werden, zu deliquesiren. Wenn die Verwitterung daher entsteht, daß das Kristallwasser

in der trockenen Luft verdunstet, so rührt das Deliquesciren daher, daß das Salz, vermöge seiner Verwandtschaft zum Wasser, das der Luft beigemengte Wassergas als tropfbar flüssiges Wasser niederschlägt und sich darin löst.

So wie bei Lösungen Wärme gebunden wird und Kälte entsteht, so wird auch bei jeder Kristallisation Wärme erzeugt, weil sowohl der aufgelöste Körper, als das Kristallwasser, bei Annahme der festen Gestalt den Wärmestoff loslassen, der sie flüssig erhielt. Dies sieht man zuweilen an Lösungen von Alaun, essigsaurem Natron, u. m. Salzen, die unter gewissen Umständen bei vollkommener Ruhe nicht kristallisiren, ohngeachtet sie mehr als hinreichend abgedunstet sind; schüttelt man aber die Lösung um, so schießt sie fast auf einmal an, und wird dabei durch den Wärmestoff erwärmt, welcher sich von den anschliessenden Kristallen losreißt.

Ein großer Theil der kristallisirten Mineralien, welche wir aus dem Schooße der Erde hervorholen, bildet sich auf die Weise, daß Wasser, was ihre Bestandtheile entweder aufgelöst, oder in der feinsten mechanischen Zertheilung zusammenschlemmt, enthält, ganz allmählich und tropfenweise darüber hinfließt, wobei sich jene Stoffe absetzen und bei ihrer langsamen Aneinanderhäufung regelmäßige Kristallgestalten annehmen. In diesen Kristallen findet man daher, wie in den Salzen, sehr oft Kristallisationswasser. Wenn man Steine dieser Art in einer Retorte glüht, so geht dieses Wasser in Dämpfen über und kann in der Vorlage gesam-

melt werden. Fast alle Mineralien enthalten, wie die künstlich bereiteten Salze, eine Portion mechanisch eingeschlossenes Wasser, von $\frac{1}{2}$ bis zu 1 ganzen Prozent ihres Gewichts. Das dieses Wasser ein Theil der Mutterlauge sey, aus welcher sie sich kristallisirt haben, und sonach vom Meerwasser herrühre, ist durch Davy's Versuche höchst wahrscheinlich geworden, bei welchen er mit Hülfe der elektrischen Säule aus allen eine geringe Menge Salzsäure und Natron abschied.

Manche Salze haben die Eigenschaft, oberhalb ihrer Auflösung, an den obersten Rändern der Gefäße, worin sie aufbewahrt werden, in Gestalt körniger Auswüchse anzuschliessen. Diefs nennt man effloresciren. Die Salze, welche sich darin am meisten auszeichnen, sind das saure schwefelsaure Kali, benzoesaures Ammoniak, kohlen-saures Natron, das schwefelsaure Zink u. m. a. Diese Efflorescenzen bilden sich auf die Weise, daß die Lösung an den Wänden des Gefäßes verdunstet, und ein kleines Salzkorn hier anschießt; zwischen diesem Korne und dem Gefäße saugt sich dann wieder etwas wenig von der Lösung ein, was abermals verdunstet und ein neues Korn neben dem ersten ansetzt. Zwischen denselben zieht sich nun immer mehr von der Lösung in die Höhe, und es bilden sich immer neue Ansätze, so lange die auswachsende Efflorescenz ihre eigene Schwere ertragen kann. Eine leichte Art schöne Efflorescenzen zu erhalten, ist, wenn man in eine etwas concentrirte Lösung von saurem schwefelsauren Kali ein Stäbchen von Kiefern- oder Tannenholz

448 Auflösung der Gase in Flüssigkeiten.

stellt. Die Flüssigkeit saugt sich da in die, nach der Länge laufenden Fasern des Holzes ein, und fängt in Kurzem an, am oberen Ende desselben eine sehr schöne Vegetation zu bilden. Eben so findet man oft an alten Mauern Kohlensaures Natron in Gestalt eines ästigen Filzes ausgewittert.

Auflösung der Gase in Flüssigkeiten.

Nachdem ich im Vorhergehenden von der Lösung fester Körper gehandelt habe, werde ich nunmehr noch einige Worte von der Vereinigung der Gase mit tropfbar flüssigen Körpern anführen. Diese Vereinigung ist von doppelter Art; entweder saugt nämlich das Wasser mehr, als sein eigenes Volumen, von dem Gase ein, beide sättigen einander bei demselben Grade von Druck, und das Gas verliert einen großen Theil seiner Wärme, wodurch die Flüssigkeit mehr oder weniger erwärmt wird; oder das Wasser saugt nur ein gleiches Volumen Gas, oder noch weniger ein, wobei der Wärmestoff des Gases nicht frei wird. Im ersten Falle ist es eine wirkliche chemische Vereinigung, eine Auflösung des Gases im Wasser; so wird z. B. Salzsäuregas oder Ammoniakgas im Wasser gelöst. Im letztern Falle betrachtet man es als ein mechanisches Einschleichen des Gases in die Poren des Wassers, die es, wie jeden unausgefüllten Raum, nach und nach durchdringt. In diesem Falle befinden sich das Kohlensäuregas, Sauerstoffgas, Stickstoffgas, Wasserstoffgas, und die meisten übrigen Gasarten.

Ob nicht in der Art, wie diese ungleich löslichen Gasarten vom Wasser aufgenommen werden, doch eine innere Verschiedenheit statt finde, ist uns unbekannt, und wir müssen es unausgemacht lassen, ob nicht etwa in Hinsicht der verschiedenen Grade ihrer Löslichkeit ungefähr ein ähnlicher Unterschied statt finde, wie bei den festen Körpern, von welchen manche in grosser Menge, andere nur in geringer Quantität vom Wasser aufgenommen werden. Dalton glaubte ein bestimmtes Verhältniß aufgefunden zu haben, in welchem die Gasarten von dünnflüssigen Liquidis aufgenommen würden, welchen er sämtlich ein gleiches Absorptionsvermögen zuschrieb. Dieses Verhältniß betrug, nach seiner Meinung, entweder ein gleiches Volumen mit der Flüssigkeit, oder $\frac{2}{3}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{15}$ von dem Volumen desselben, welche Ziffern die Cubikzahlen von $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{5}$ sind. Die Ursache davon konnte er, seinem eigenen Geständnisse nach, nicht einsehen, wollte aber doch diese Verhältnisse, durch Versuche wirklich aufgefunden haben. Spätere Untersuchungen haben jedoch dargethan, daß diese Angaben gänzlich unrichtig sind, und mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

Die besten und fast einzigen Versuche von wahrhaft wissenschaftlichem Werthe, welche wir über das Einsaugen der Gase in Flüssigkeiten besitzen, sind die, welche neuerlich Saussure d. J. angestellt hat. Er fand, daß Dalton sich geirrt habe und es ist, nach seinen Versuchen, höchst wahrscheinlich, daß das Einsaugen der Gasarten vom Wasser eine ganz analoge Erscheinung mit der Ab-

450 Einsaugen der Gase in Flüssigkeiten.

sorption derselben von porösen festen Körpern, (z. B. Kohle) sey. Saussure bediente sich zu seinen Versuchen eines luftfreien Wassers, und fand, daß die Luft, durch ein, mehrere Stunden lang fortgesetztes Kochen, zwar nicht absolut, aber doch fast gänzlich daraus vertrieben werden könne. Dasselbe geschieht auch bei anderen Flüssigkeiten; wiewohl die Luft insofern weniger vollkommen aus ihnen vertrieben wird, als sie bei verhältnißmäßig niederer Temperatur kochen, so daß Alkohol und Aether weniger von der Luft befreit werden können, als das Wasser. Auch unter der Luftpumpe läßt sich die Luft herausziehen, doch weniger vollkommen, als durch Kochen.

Saussure befreite mehrere Flüssigkeiten so vollkommen als möglich von der Luft, und untersuchte dann ihr Vermögen, verschiedene Gasarten einzusaugen. Die Resultate sind in folgender Tabelle enthalten, welche von der Voraussetzung ausgeht, daß 100 Volumen — oder Maastheile der Flüssigkeit angewendet worden sind; die leeren Stellen deuten an, daß hier keine Versuche angestellt worden sind.

Absorbirte Gasarten.	Wasser.	Gesättigte Lösung v. Kochsalz.	Alkohol.	Berg-naphta.	Laven-delöl.	Baum-öl.
Schwefelsaures Gas,	4378,0	—	11577,0	—	—	—
Schwefelwasserstoffgas,	253,0	—	606,0	—	—	—
Kohlensäure gas, Gasförmig.	106,0	67,0	186,0	169	191	151
Stickstoff-Oxidul, Oelbildendes Gas,	76,0	29,0	153,0	254	275	150
Sauerstoffgas,	15,5	10,0	127,0	261	209	122
Kohlenoxidgas,	6,5	—	16,25	—	—	—
Wasserstoffgas,	6,2	5,2	14,5	20	15,6	14.
Stickstoffgas,	4,6	—	5,1	—	—	—
	4,2	—	4,2	—	—	—

Aus diesen Untersuchungen ersehen wir, daß die Capacität der unterschiedlichen Flüssigkeiten für ein und dasselbe Gas verschieden ist, und daß dieselben nicht, wie Dalton glaubte, einerlei Einsaugungs-Vermögen besitzen. Eben so wenig sind die Mengen der verschiedenen Gasarten, welche von den verschiedenen Flüssigkeiten eingesogen werden, untereinander proportional. Hieraus scheint sonach zu folgen, daß die Zusammensetzung einer Flüssigkeit auf ihr Absorptions-Vermögen einen wesentlichen Einfluß habe, welcher entweder in der Verschiedenheit der Verwandtschaften, oder in der unterschiedlichen Gestalt der kleinsten Theilchen und der daraus entstehenden Verschiedenheit ihrer Zwischenräume, in welchen die Gase sich eindringen und zusammengedrückt werden, seinen Grund haben dürfte. Wasser, worin Kochsalz aufgelöst ist, hat einen großen Theil seines Vermögen, Gasarten einzusaugen, verloren, und dies ist, wie wir weiter unten sehen werden, verschieden, je nachdem verschiedenartige Salze im Wasser aufgelöst sind. Sehr wenige Ausnahmen abgerechnet, ist es der Fall, daß je leichtlöslicher ein Salz ist, und je mehr sich sonach davon in ein gegebenes Volumen Wasser eindringen kann, das Vermögen des Wassers, Gas einzusaugen, desto mehr vermindert wird, so daß dieses Einsaugungs-Vermögen in demselben Verhältnisse abnimmt, als das eigenthümliche Gewicht der Lösung zunimmt.

Zähe und breiartige Flüssigkeiten saugen nicht weniger Gas, als dünnflüssige, ein; allein die Einsaugung geht deshalb langsam von statten, weil

452 Einsaugen d. Gase in zähen Flüssigkeiten

sich das Gas langsamer durch die ganze Maase gleichförmig verbreitet. Im Allgemeinen hat ein Liquidum desto grössere Capacität für Gase, je geringer sein eigenthümliches Gewicht ist, daher es den Anschein gewinnt, als beruhte das Einsaugungs-Vermögen einzig und allein auf der Porosität der Flüssigkeit, die bei leichteren weit grösser seyn muß, als bei schwereren Flüssigkeiten. Da das Einsaugungs-Vermögen der Flüssigkeiten vermindert wird, wenn mehrere feste Körper in ihnen aufgelöst sind; so scheint es, als ob diese festen Körper die Poren ausfüllten, in welche sich außerdem die Gasarten eindringen würden. Daraus könnte man möglicherweise wieder den Schluß ziehen, dafs das Einsaugen der Gase und die Auflösung fester Körper, ihrem inneren Verlaufe nach, eine und dieselbe Naturerscheinung sey, und dafs der Unterschied nur darin liege, dafs die Einen feste Gestalt aus der Auflösung anzunehmen, die Anderen aber in Gasgestalt aus ihr zu entweichen streben.

Was das relative Einsaugungs-Vermögen der unterschiedlichen Flüssigkeiten anbelangt, so fand Saussure, dafs die Kohlensäure von nachbenannten Flüssigkeiten in den beigefügten Verhältnissen absorhirt wird:

Namen der Flüssigkeiten	Eigenth. Gewicht	Ein Volumen d. Flüssigkeit nimt den Prozenten nach Kohlensäure auf,	100 Th. d. Auflösung im Wasser enthalten:
Alkohol,	0,803	260	
Schwefelsäure - Aether,	0,727	217	
Lavendelöl,	0,88	191	
Thymianöl,	0,89	188	

Einsaugen d. Gase in zähen Flüssigkeiten; 453

Namen der Flüssigkeiten,	Eigenth. Gewicht,	Ein Volum men d. Flüssig- keit mit den Prozen- ten nach Kohlensäure auf.	100 Th. d. Auflösung im Wasser enthalten:
Weingeist,	0,84	187	
Bergnaphta,	0,784	169	
Terpentinöl,	0,86	166	
Leinöl,	0,94	156	
Baumöl,	0,915	151	
Wasser,	1,000	106	
Salzsaures Ammoniak,	1,078	75	27,53 kristall. Salz gesätt. Auflös.
Arabisches Gummi,	1,092	75	25 Gummi.
Zucker,	1,104	72	25 Zucker.
Alaun,	1,047	70	9,14 kr. Salz gesätt. Auflös.
Schwefelsaures Kali,	1,077	62	9,42 kr. Salz gesätt. Auflös.
Salzsaures Kali,	1,168	61	26 kr. Salz gesätt. Auflös.
Schwefelsaures Natron,	1,050	58	11,14 geglühtes Salz, ges. Aufl.
Salpetersaures Kali,	1,139	57	20,6 kr. Salz gesätt. Auflös.
Natron,	1,206	45	26,4 kr. Salz gesätt. Auflös.
Schwefelsäure,	1,840	45	
Weinsteinsäure,	1,285	41	53,37 kr. Salz ges. Auflös.
Salzsaures Natron,	1,212	32,9	29 Salz; gesätt. Auflös.
Salzsaurer Kalk,	1,402	26,1	40,2 geglühtes Salz, ges. Auflös.

In einer verkorkten Flasche wird das Verhältniß des uneingesogenen und des in das Wasser eingegangenen Gases nicht verändert, die Temperatur mag wechseln, wie sie will, sobald sie nicht

454 Einsaugen d. Gase in versch. Flüssigkeiten.

unter 0° fällt und nicht über $+100^{\circ}$ steigt. Hieraus folgt, daß jedes Gas nur durch den Druck im Wasser zurückgehalten wird, welchen dieselbe Gasart auf die Oberfläche des Wasser ausübt, und daß kein anderes Gas in dieser Hinsicht einen fortdauernden Einfluß darauf hat. Wird die auf die Oberfläche des Wassers drückende Masse des Gases unter Beibehaltung desselben Volumens vermehrt; so nimmt auch die Masse des eingesogenen Gases in demselben Verhältnisse zu. Wenn z. B. in einer Compressions-Maschine Wasser mit seinem dreifachen Volumen Kohlensäuregas vereinigt wird; so ist das Gas in der Maschine zu einem dreimal geringeren Volumen zusammen gedrückt, als es vorher einnahm, so daß das Wasser, in Verhältnisse der Dichtigkeit des über seiner Oberfläche stehenden Gases, dennoch nicht mehr als ein gleiches Volumen Kohlensäuregas aufgenommen hat.

Wenn Wasser, das mit einer Gasart, z.B. mit Sauerstoffgas, geschwängert ist, mit einem anderen Gase umgeschüttelt wird, zu welchem es eine chemische Verwandtschaft besitzt, z. B. mit Stickstoffoxidgas, so saugt es mehr davon ein, als es außerdem aufgenommen haben würde.

Wenn Wasser, was mit einem Gase geschwängert ist, mit einem anderen umgeschüttelt wird, so treibt das letztere einen Theil des aufgenommenen Gases aus. Die Menge des ausgetriebenen Gases richtet sich nach der verschiedenen Löslichkeit desselben im Wasser; ein wenig lösliches Gas treibt große Quantitäten eines stark löslichen aus,

und umgekehrt; ein sehr lösliches Gas wird in großer Menge absorbirt, während von dem minder löslichen eine geringe Menge ausgetrieben wird. Wenn z. B. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser mit Stickstoffgas umgeschüttelt wird, so nimmt das Wasser nur einen sehr geringen Theil von diesem auf, verliert aber sehr viel von seinem Kohlensäuregas; ist das Wasser hingegen mit Stickstoffgas gesättigt und wird mit Kohlensäuregas umgeschüttelt, so saugt es eine große Menge von diesem ein, während von dem Stickstoffgas nur wenig ausgetrieben wird, und dies erreicht seine volle Höhe, wenn das Gasgemenge über dem Wasser mit dem im Wasser in ein gewisses Gleichgewicht gekommen ist, was allezeit theils von ungleichen Absorptions-Vermögen des Wassers gegen die beiden Gasarten, theils von den Verhältnissen, in welchen diese mit einander gemengt sind, abhängig ist.

Das Wasser kann eben so wenig gleiche Mengen von zwei verschiedenen Gasarten aufnehmen, wenn es mit jeder für sich umgeschüttelt wird; vielmehr beruht die Capacität desselben für Gasgemenge einzig und allein auf den verschiedenen Graden von Löslichkeit der Gase im Wasser und auf dem Verhältnisse, in welchem sie gemengt sind, ehe sie mit der Oberfläche des Wassers in Berührung kommen. Wenn man sich vorstellt, daß Wasser mit einem gleichen Volumen eines Gemenges in Berührung kommt, was aus zwei Gasarten von gleicher Löslichkeit besteht, so wird das Wasser von jedem dieser Gase halb so viel

456 Verschiedener Luftgehalt d. natürl. Wasser.

aufnehmen, als es von einem derselben allein aufgenommen haben würde, also von beiden zusammen ein eben so großes Volumen, als sonst von einem einzigen derselben. Sind aber die Volumina der Gase verschieden, so bleiben auch die relativen Volumina der eingesogenen Gase den ersteren proportional. War das eine dieser Gase, doppelt so löslich, als das andere; so wird das Wasser von jenem nur $\frac{2}{3}$, von diesem aber nur $\frac{1}{3}$ der vollen Quantität einsaugen; und waren ungleiche Volumina der Gasarten mit einander gemengt, so werden die eingesogenen Mengen derselben jenem relativen Volumen proportional seyn.

Kommt das Wasser mit mehr als zwei Gasarten in Berührung, so treten dieselben Gesetze ein; nur wird die Berechnung der relativen Verhältnisse der Gasmengen, welche von jedem Gase aufgenommen werden, verwickelter.

Alle Quellwasser, mit Ausnahme derjenigen, welche Schwefelwasserstoff, oder Eisen enthalten, alle fließende Wasser, Meerwasser, Regen- und destillirte Wasser enthalten eine gewisse Menge atmosphärischer Luft, welche nach Saussure 5 bis $5\frac{1}{2}$ Prozent vom Volumen des Wassers ausmacht, und in welchem verhältnißmäßig mehr Sauer- als Stickstoffgas im Vergleich gegen die gewöhnliche atmosphärische Luft enthalten ist, weil das Sauerstoffgas im Wasser leichter löslich, als das Stickstoffgas, ist. Nach Gay-Lussac und Humboldt enthält die atmosphärische Luft, welche durch das Kochen aus dem Wasser getrieben wird, von 31 bis 32,8 Prozent Sauerstoffgas, so daß das Wasser

3,4 Procente seines Volumens Sauerstoffgas und 1,6 proCt. Stickstoffgas enthält. Stillstehende Wasser hingegen und solche, die man längere Zeit in Holzgefäßen aufbewahrt, enthalten keinen Sauerstoff, weil derselbe, in dem Verhältnisse, wie ihn das Wasser einsaugt, von den darin faulenden Stoffen immer wieder verzehrt wird. Dagegen hat solches Wasser seinen vollen Gehalt an Stickstoffgas, und wenn man es mit atmosphärischer Luft umschüttelt, nimmt es aus dieser bloß das Sauerstoffgas auf, was vollkommen absorbiert und zerstört wird, wenn man das Schütteln lange genug fortsetzt.

Ende der ersten Abtheilung.

Fig. 5.

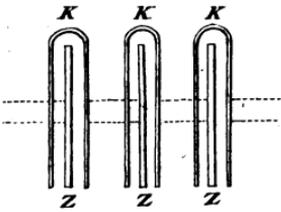
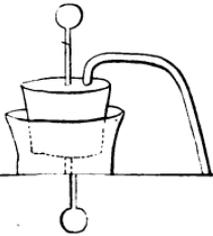
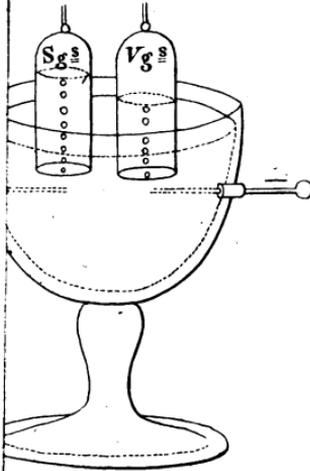


Fig. 7.



F

F

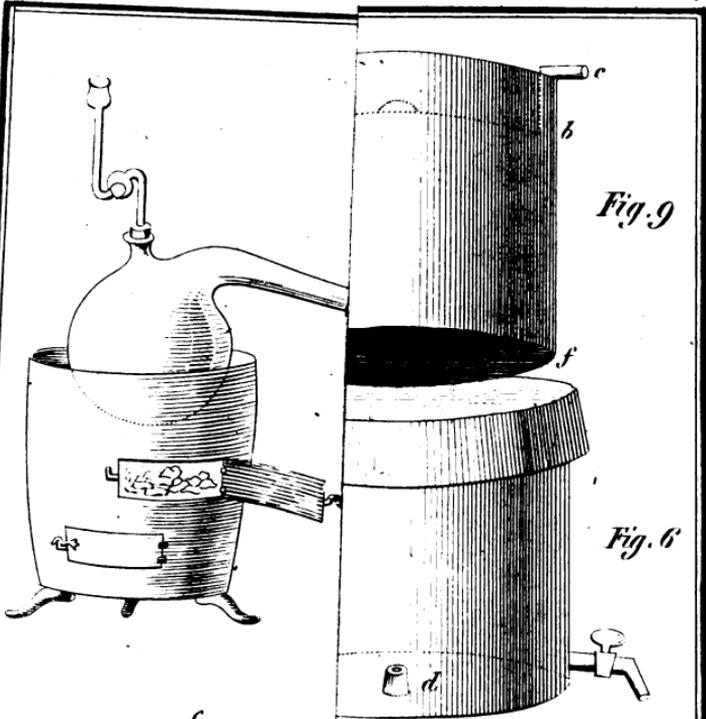


Fig. 9

Fig. 6

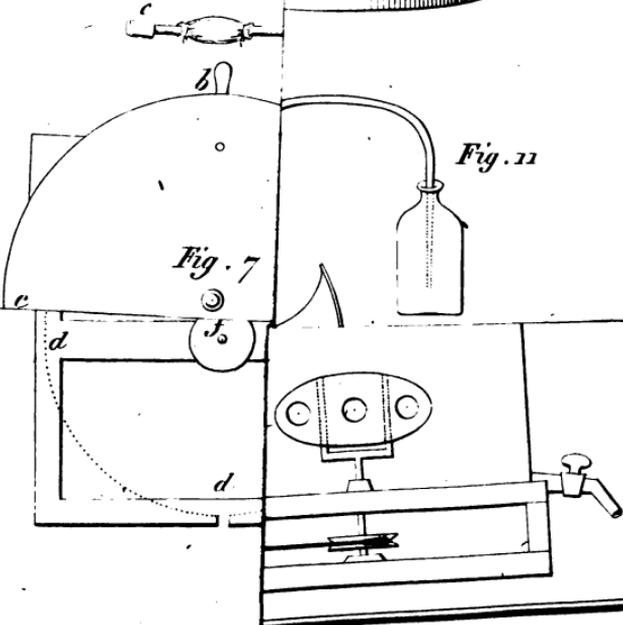


Fig. 7

Fig. 11

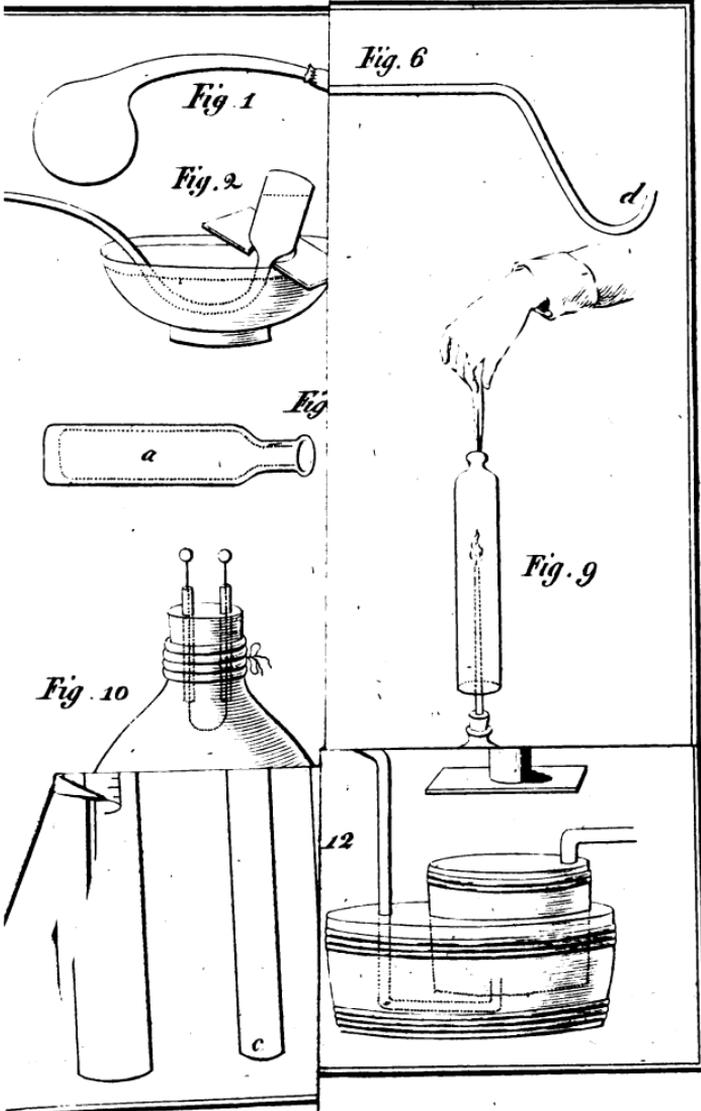


Fig. 2

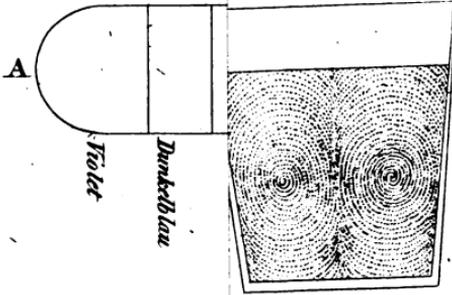
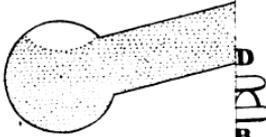


Fig. 3



B

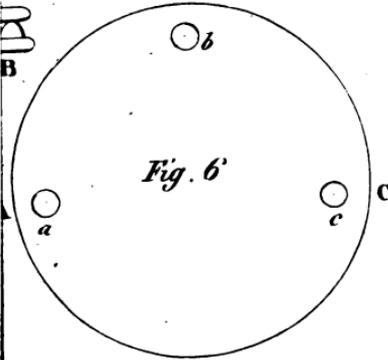


Fig. 13



Fig. 22

D d

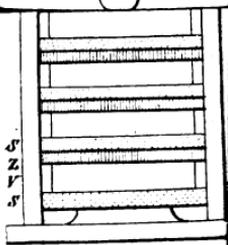
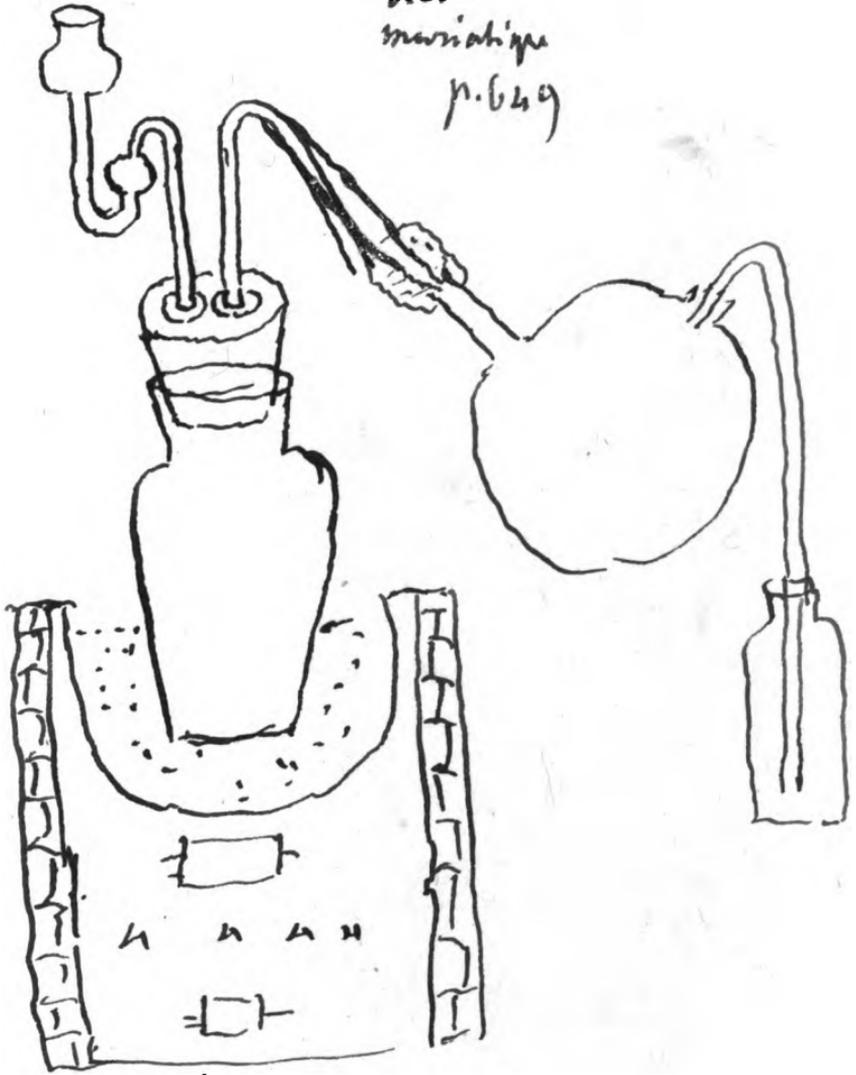
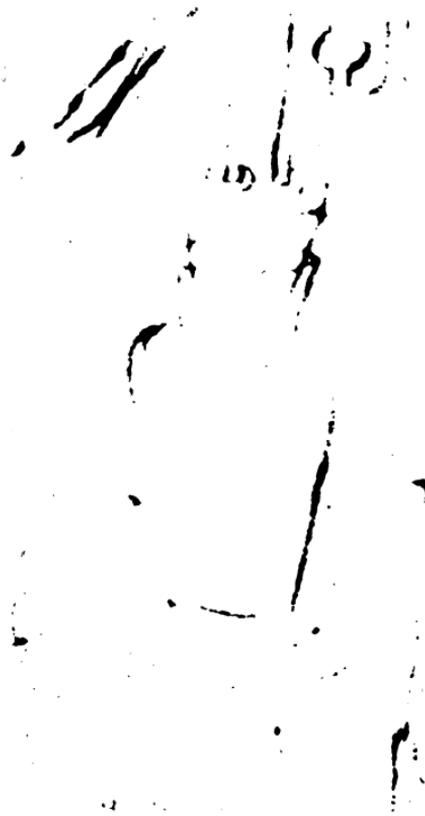


Fig. 21



Acide
marinique
p. 649





Definition de la thymie 1

Application

Definition de l'attraction de cohesion — et de celle de composition 2^e des effets et leur influence mutuelle 4^e 7 des états des corps dependent du mode d'attraction p. 2.

Division de la thymie 6,

(3^e composition)

Division des corps en 1^o simples 2^o indecomposables 3^o

Division des simples en ignes et aeth. Lumiere chaleur électrique et magnétique p. 8

Lumiere et calorique p. 4

Des rayons solaires, de leur densité 10 de leur

division 11 en rayons colorés et calorifiques 14 leur effet thymique sur rayons colorés ou qui traversent des verres colorés 15 Phénomènes

de l'attraction p. 18. Phénomènes 22. Hypothèses sur la lumiere p. 26 Rayons colorés sur les hyperboles 30.

Calorique p. 43 Effet des rayons sur la terre 33

Comparaison le rayonnement du calorique varie selon la différence de la surface, 33 corps p. 39 De la faculté des corps de con-

duire le calorique 40 manière dont les liquides le conduisent. Experiences & ce sujet 41 Application pour l'augmentation l'évaporation 42

— le calorique dilatable corps 43, 44

Thermomètre ^(construction) pour l'observation 45 L'air se dilate uniformément par le calorique 46.

Pyromètre de Wedgwood. Son application p. 50 Passage du corps solide à l'état liquide p. 51 et de gas p. 51. De

l'ébullition p. 52 influence de l'air et de la colonne de liquide 52, 53, profonds

Experiences curieuses pour faire briller l'eau p. 53, 54, autre curieuses 54

De l'évaporation p. 55. Definition des gas 57

Calorique latent 58. Hise de l'évaporation d'un corps liquide qui devient solide.

Experiences à ce sujet. 59

Calorique spécifique p. 62. Moyens - de la
determiner d'après le refroidissement de Dulong
et Petit p. 64. Explication de la chaleur
animale de Crawford par fondus 70.
Froid artificiel 71. Influence de la
chaleur sur les affinités de composition
Hou 78.

Electricité p. 76 est ya deux électri-
cités, bien différentes et dont l'une
est par la force de l'électricité

1. excitée par le frottement p. 84. Belle expérience
pour montrer la marche de l'électricité,
par le électrophore p. 99. Composition
de la Masse résineuse 101. La couche
résineuse doit être mince p. 101

Voies p. 90. Condensaten p. 102

2. Electricité excitée par le changement
de Température p. 104. Electricité excitée

3. par le contact mutuel des corps p. 106.

le zinc prend en contact avec le cuivre et
l'argent l'électricité positive, celle du zinc
est négative par ce qu'ils ont un excès de chaleur
opposée. 107. Théorie de la Pile (voyez aussi

Belle expérience de Weston avec un
des de travail de cuivre dans lequel on est

avec des lames Galvan de zinc et du fil de cuivre

p. 121, 122 et page 123. u plaques de cuivre
enveloppant celles de zinc p. 124 a usage
en anglais d'Arstedt et de

125. les Piles ordinaires
sont p. 126.

à travers

Influence des Dimensions 129. Suivant
 la grandeur des surfaces p. 129 et du
 nombre des paires de disques p. 131. Influence
 du liquide 132. Effique de l'ampère alternant
 David et Dalmat p. 134 Principe sur lequel
 repose la différence entre l'électricité excitée
 par le frottement et par le contact 139. 140
 des liquides pénétrant une plus grande
 capacité pour l'électricité partagée que
 le verre 140. Circonstances à observer
 pour obtenir la commotion 140. Experi-
 ment ^{de la décomposition} de deux portions de zinc
 séparées par une feuille p. 145 Des
 conducteurs unipolaires. Exemples
 p. 145. 148. L'oxydation n'est pas
 le premier moteur de l'électricité de la
 pile 152.

4. Electricité produite dans les métaux p. 155,
 Feu St. Elme p. 155. Inconvénients des
 conducteurs pointés p. 156 des extrémités
 des conducteurs à bord p. 156

5. Electricité produite par un procédé
 organo-chimique particulière. p. 156.
 Phénomènes électriques de la torpille
 p. 159

III. Magnétisme p. 160. Mesure l'effet de
 2 différentes substances ou forces comme
 l'électricité p. 162 sur le magnétisme, le fer
 par le contact simple 165 2. double 166 3.
 circulaire 167 Pour la meilleure manière
 d'aimanter une aiguille de Brousselle
 voyez p. 172 Cause des variations journalières
 de la déclinaison pag. 173

Corps simples ponderables

l'hydrogène, l'hydrogène, l'azote, le soufre
le phosphore, le Charbon, le bore, les
fluorures, manganèse, iode et les
Métaux pag. 177

- I. 1. de l'Oxygène p. 177 On le retire a.) de l'oxide
rouge de Mercure p. 177 attention pour la pureté
pour en fixer la quantité p. 178 b.) de l'oxide
de Manganèse p. 178 c.) attention pour
l'obtenir pur p. 180 d.) du sulfate et
attention pour l'obtenir pur p. 182 e.) des
plantes p. 183, 184. Faut le résultat de la
decomposition de l'eau par l'électricité
de la lumière et de l'organisation 184 et
e.) du Muriate d'oxygène de potasse
= attention à avoir. C'est le véritable
p. 184. d'oxygène de l'air le calorique
dégage dans la combustion du gaz oxygène
et l'élévation de température de l'oxygène p.
185, 189 mais le feu doit être considéré
comme un phénomène électrique p. 189.
d'oxygène sans flamme de Davy p. 190 d'oxygène
de la manière d'opérer la combustion du
phosphore dans le gaz oxygène et de
combinaison tout l'oxygène au phosphore 193
Classification des oxydes et des acides 193 et 194
et leur caractère. Le suboxyde ne peut pas
unir à d'autres corps oxydes sans prendre
plus d'oxygène p. 195 et les super oxydes ne
peuvent unir à d'autres corps sans perdre de
l'oxygène pag. 196

- II. Corps inflammables 199 La Théorie de
l'oxygène qui considère l'inflammation par
combustion comme une oxydation est confirmée
19. quant à l'oxydation même

Indication d'ouvrages. Note p. 190. 199 note.

Corps simples
Impponderables
Ponderables

I. Oxygène

II. Corps inflammables, simples

On les divise simplement
pour la facilité de l'étude en
la classe en

1^{re} Métaalloïdes

2^{es} et Métaux p. 200

Métaalloïdes

1^o. Hydrogène. Prové de obtenir du gaz hydrogène pur en décomposant l'eau par la pile

201. De la dissolution du fer dans l'acide

sulfurique 203 Explication de la formation de l'huile qui a lieu 204 Explication de l'atmosphère. Attention de son est

du à une suite de petites détonations

205. Attention pour la respiration p. 209

Inflammation nocturne du gaz tournant dans un vase par l'électricité p. 210

Jeune expérience on le gaz hydrogène brûle finit de brûler avec explosion 212

Châsseau le gaz tournant de Neumann

p. 213. de la respiration de gaz oxygène mélangé de gaz hydrogène prouve que le

sommeil p. 217.

2. Azote. On a différentes manières d'obtenir le gaz azote. On l'obtient le plus pur en

agitant de l'amalgame de plomb dans une bouteille remplie d'air atmosphérique p. 219

ou en faisant bouillir une dissolution de nitrate d'ammoniac p. 221

3. Soufre. 227.

3. Soufre p. 227. Procede Bahlun pour
 retirer le soufre par grillage des pyrites
 p. 228 Moyen de découvrir l'arsenic
 que peut renfermer le soufre p. 230
Hydrogene sulfuré p. 233. Quelques
 gouttes d'acide nitrique fumant de compo-
 sent le gas hydrogene sulfuré et en
 separent le soufre. Il ser de usage apres
 de colorique pour que le soufre se cristallise
 en prout dant comme Berzeli us
 l'indiq. p. 235. 236.
 l'hydrogene peut servir en 3 proportions
 au soufre et se presenter a l'etat, de
 gas, de liquide, et de poudre (dait de
 soufre p. 238. 239)

4. Phosphore p. 240. La preparation
 p. 240. On peut se servir de cornues
 de verre garnies en terre p. 240th moyen.
 de le blanchir p. 244 la lumiere le
 rougit p. 247 desperiences de l'écriture
 lumineuse reussit le mieux en le
 plaçant entre deux glaces p. 247
 le phosphore mêlé de résine s'allume
 dans l'air rarefié p. 248. Attention
 pour que l'expérience réussisse p. 249
 si l'on agite une bouteille ~~contenant~~
 bien bouchée ou il ya de l'eau avec
 du phosphore elle répand une lumière
 vive (M. surtentation a fait bruller le
 phosphore avec l'eau) et présente des caractères
 lumineux

lumineux si on la recouvre d'un papier
noir ou les lettres sont découpées p. 250
Hydrogène phosphoré p. 251

Il se peut en petit obtenir du précipité
de mercure par l'éther p. 246
On calcine au maximum et refroidit au minimum
attention dans la préparation p. 251
éviter des accidents p. 253 attention dans
les expériences avec le second pour montrer
qu'il s'allume dans l'air rareté p. 256
Phosphore et soufre p. 258. Phosphore soufre
et hydrogène formant un gaz particulier
p. 259, Phosphore et azote 260 Briques
phosphoriques p. 261 attention de garantir
le bouchon de suite toutes les fois qu'on
ouvre le flacon p. 263

5. Charbon - Carbone p. 263

des Diamants bruts taillés ne sont pas
propres pour couper le verre pur ce que les
anglais ne sont pas arrivés comme dans
les diamants bruts comme la montre de l'horloger
p. 264 note. des produits de l'imbrication
du charbon ne se trouvent pas comme
tels dans le charbon p. 264 des différents
charbons sont probablement des combinaisons
des métaux des alcalis et des terres et de
différentes substances avec le carbone, des
super charbonnés p. 270. Les charbons
ont la propriété de séparer des liquides
différentes substances, et de les séparer
colorés, ou odorantes qui le rendent utile.
dans les arts et l'économie p. 272. Méthode
de calciner le charbon pour l'emploi
à ces usages p. 272. Machine à filtrer 27



Definition de la theorie 1

Application

Definition de l'aginite de cohesion — et de celle de composition 2^e et l'effet et leur influence mutuelle 4^e et des 3^e et 4^e des corps dependent du mode de composition p. 2.

Division de la theorie 6,

(3^e composition)

Division des corps en 1^{er} simples 2^e indecomposables 3^e,

Division des simples en simples et doubles, lumiere chaleur electrique et magnetique p. 8

Lumiere et calorique p. 4

Des rayons solaires, de leur densite 10 de leur

division 11 en rayons colorés et calorifiques 14

leur effet dynamique sur rayons colorés ou qui

traversent des verres colorés 15 Photometrie 22

Calorique p. 43 effet des rayons sur la terre 33

calorique par rapport au rayonnement du calorique

varie selon la difference de la surface, de

corps p. 39 De la faculte des corps de con-

duire le calorique 40 maniere dont les liquides

le conduisent. Experiences et sujet les

Application pour augmenter l'evaporation 42

— le calorique de l'air 43, 44

Thermometres leur construction 45 l'air

se dilate uniformement par le calorique 46,

Pyrometre de Vauquelin. Son application

p. 50 Passage du corps solide a l'etat

liquide p. 51 et de gas p. 51. De

l'ebullition p. 52 influence de l'air et

de la colonne de liquide 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Experiences curieuses pour faire bruler

l'eau p. 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

De l'evaporation p. 55. Definition des gas

et l'evaporation 56. De l'evaporation

calorique l'air 58. De l'evaporation

de l'evaporation du calorique d'un corps

de qui devient solide

Experiences et sujet. 59

Calorique spécifique p. 62. Moyens - de la
 déterminer d'après le refroidissement de Dulong
 et Petit p. 64. Explication de la chaleur
 animale de Crawford par fondus 70.
 Froid artificiel 71. Influence de la
 chaleur sur les affinités de combinaison
 78.

Electricité p. 76. Il y a deux électri-
 cités, bien différentes et dont l'une
 heil par Laboz de Volta p. 79. Electricité

1. exaltée par le frottement p. 84. Belle expérience
 pour montrer la marche de l'électricité
 par le électrophore p. 99. Composition
 de la Masse résineuse 101. la couche
 résineuse d'oil 2^e la mine p. 101

Voyez page 90. Condensaten p. 102

2. Electricité exaltée par le changement
 de Température p. 104. Electricité exaltée
 3. par le contact mutuel des corps page 106.

le zinc prend en contact avec le cuivre et
 l'argent l'électricité positive, celle du zinc
 négative par ce qu'ils ont un excès d'électricité
 opposée. 104. Théorie de la Pile (voyez et suite)

Belle expérience de Wollaston avec un
 des de travail de cuivre dans lequel on est

à trois
 24 zinc des; possible. Pile ordinaire 118, 120. et
 avec du plomb Galvan de zinc et du fil de cuivre
 p. 121, 122. à usage 123. et plaques de cuivre
 enveloppant celles de zinc p. 124. à usage
 en métal d'Arrest et de l'induction p. 125
 125. les Piles ordinaires sont pures
 genres et préférables 126.

Influence des Dimensions 129. sur la
 la grandeur des surfaces p. 129 et du
 nombre des paires de disques p. 131. Influence
 du liquide 132. Effet de l'emploi alternatif
 d'acide et d'alcali p. 134 Principe sur lequel
 repose la différence entre l'électricité excitée
 par le frottement et par le contact 139. 140
 les liquides possèdent une plus grande
 capacité pour l'électricité que
 le verre 140. Les circonstances à observer
 pour obtenir la formation 140. Exposé
 des ^{de la décomposition} ~~des~~ ^{de} ~~deux~~ ^{deux}
 séparés par une valve p. 145 Des
 conducteurs unipolaires. Exemples
 p. 146. 148. d'oxydation n'est pas
 le premier moteur de l'électricité de la
 pile 152.

4. Électricité produite dans les métaux p. 155.
 Ten. St. Elms p. 155. Friction des
 conducteurs pointés p. 158 de contact
 des conducteurs et bord p. 158

5. Électricité produite par un procédé
 organo-chimique particulier. p. 158.
 Phénomènes électriques de la torpille
 p. 159

III. Magnétisme. p. 160. Met l'effet de
 2 différentes substances ou forces comme
 l'électricité p. 162 sur le magnétisme. le fer
 par la trousse p. 165 22. doubl. 166 30.
 circulaire 167 Pour la meilleure manière
 d'aimanter une aiguille de Broussin
 voyez p. 172 cause des variations journalières
 de la déclinaison pag. 173

Corps simples
Impponderables
Ponderables

I. Oxygène

II. Corps inflammables simples

On les divise simplement
pour la facilité de l'étude de
la chimie en

1^o Métaalloïdes

2^o et Métaux p. 200

Métaalloïdes

1^o Hydrogène. Procédé de découvrir du gaz hydrogène pur en décomposant l'eau par l'épile

201. De la dissolution du fer dans l'acide

sulfurique 203 Explication de la formation

de l'Acide arsénieux. Attention à la son est

du à une suite de petites détonations

204. Attention pour la couleur p. 209

Inflammation nocturne du gaz tenant

dans un vase par l'électricité p. 210

Julie expérience ou le gaz hydrogène

brûle finit de brûler avec explosion 212

Château de gaz tenant de Neumann

p. 213. de la respiration de gaz oxygène

mêlé de gaz hydrogène prouve que le

sommeil p. 217.

2. Azote. On a différentes manières d'obtenir

le gaz azote. On l'obtient le plus pur en

agitant de l'amalgame de plomb dans

une bouteille remplie d'air atmosphérique

p. 219 ou en faisant bouillir une dissolution

de nitrate d'ammoniaque p. 221

3. Soufre. 227.

3. Soufre p. 227. Procédé de Bahlum pour
 retirer le soufre par grillage des pyrites
 p. 228 Moyen de découvrir l'arsenic
 que peut renfermer le soufre p. 230
Hydrogène sulfuré p. 233. Quelques
 gouttes d'acide nitrique fumant de compo-
 sent le gaz hydrogène sulfuré et en
 sépare le soufre. Il sera dégage avec
 de colorique pour que le soufre se flammé
 en produisant comme Berzelius
 l'indig. p. 233. 236.
 l'hydrogène peut servir en 3 proportions
 au soufre et se présenter à l'état, de
 gaz, de liquide, et de poudre (d'ail-
 soufre p. 238. 239)

4. Phosphore p. 240. La préparation
 p. 240. On peut se servir de cornues
 de verre garnies en terre p. 240th moyen
 de le blanchir p. 244 la lumière le
 rougit p. 249 des expériences de l'écriboire
 lumineuse rougit le miroir en le
 plaçant entre deux glaces p. 247
 le phosphore mêlé de résine s'allume
 dans l'air rarefié p. 248. Attention
 pour que l'exposition ne soit pas
 p. 249
 si l'on agite une bouteille un peu
 bien bouchée ou il ya de l'eau avec
 du phosphore elle répand une lumière
 vive (M. sur l'air ou fait bouillir le
 phosphore avec l'eau) et présente des caractères
 lumineux

lumineux si on la recouvre d'un papier
noir ou les lettres sont découpées p. 250

Hydrogène phosphoré p. 251

Il se peut en petit obtenir du précipité

de mercure par l'urine p. 246
On agit au maximum et est le minimum
attention dans la préparation p. 251
éviter des accidents p. 253 attention dans
les expériences avec le second pour montrer
qu'il s'allume dans l'air rareté p. 256

Phosphore et soufre p. 258 . Phosphore soufre
et hydrogène formant un gaz particulier

p. 259, Phosphore et azote 260 Briquets

phosphoriques p. 261 attention de garder
le bouchon de suite toutes les fois qu'on
ouvre le flacon p. 263

S. Charbon. Carbone p. 263

des Diamants bruts taillés ne sont pas
propres pour couper le verre par ce que les
angles ne sont pas arrondis comme dans
les diamants bruts comme la montre de l'horloger
p. 264 note. des produits de l'imbrication
du charbon ne se trouvent pas comme
tels dans le charbon p. 264 des différents
charbons sont probablement des combinaisons
des métaux des alcalis et des terres et de
différentes substances avec le carbone, des
super charbonnés p. 270. des charbons
ont la propriété de séparer des liquides
différents substances, et de les précipiter
colorés, ou colorants, qui le rendent utile.
dans les arts et l'économie p. 272. manière
de calciner le charbon pour le employer
à ces usages p. 272. Machine à filtrer 272

de charbon le plus propre est celui provenant
de la preparation du bleu de prusse et q
est un objet de commerce p. 275. de
charbon sert aussi à envelopper les vases
pour les préserver de la putrefaction
pag. 276.

Une autre propriété du charbon est
d'absorber les gaz. page 276 et on a
essayé à l'air il augmente de 10 pous
cent en poids p. 281

Hydrogene carboné p. 281 On a
l'hydrogene carboné avec peu de carbon
ou l'ordinaire que l'on retire de la
différent distillation de plusieurs corps
organique p. 282 et que l'on recueille
des eaux bouillantes p. 283 — et que
l'on trouve aussi dans les mines de
Struth, contre l'inflammation Jaquet
Davy a imaginé une lampe à gaz
métallique p. 285. — et on a
l'hydrogene carboné avec plus de
carbon ou le gaz de la paille p. 285

Carboné d'azote. Cyanogene p. 292

Carboné de soufre p. 292 C'est l'alcool
de soufre de dampadius p. 299 est un
Carboné de soufre, et le charbon qui
reste dans sa preparation est
Super carboné de soufre p. 300

Gas sulfureux carboné p. 300

Phosphore carboné p. 301

Gas oxide de carbone phosphoré
p. 302.

6. Boracium. Boron p. 303

6. Boracium. Borum p. 303.

d'atmosphère p. 304. Elle ne se cond
para l'infus p. 306. Des différents
vents p. 316 Le zircon est un vent chaud
deviron + 340 cuber d'humidité qui
vient d'Afrique et se charge d'humidité
en passant sur la Méditerranée p. 318
Combustion dans l'air atmosphérique

p. 314 Elle consiste dans la combi
naison du gaz oxygène au corps
combustible. p. 314. Un corps qui
donne de la flamme lors qu'une
partie du corps est combustible et
volatilise 320 Un corps qui ne se
volatilise pas n'en donne point.
La chaleur donne il est vrai à une
forte chaleur une petite flamme, mais
qui est due à un peu d'oxyde
de carbone qui se dégage et qui est
inflammable p. 320 La faculté lumineuse
et la faculté chauffante de la flamme
ne sont pas en rapport. Un corps
qui flamme la flamme des gaz
brûlés n'est fortement lumineuse que
lorsqu'un corps solide se trouve au milieu
d'elle quelle parte à l'incandescence
Voyez à ce sujet p. 320 Ce qui empêche
l'accès de l'air éteint le feu, mais l'eau
même mêlée de sel carboné et d'autres
substances est peu propre à arrêter

a arrêter des incendies et produit plutôt
l'effet opposé par suite de sa
position p. 328. L'air est composé
de 21^{es} volumes de gaz azote et
de 79 volumes de gaz oxygène, mais
est un mélange mécanique et point
une combinaison chimique dont ait
ni aucun des caractères comme le
prouve Berzelius p. 338. L'air
333. L'air conserve toujours le même
rapport entre ses principes hyers et
ch. son usage est que les végétaux
decomposent l'eau, dans leurs
sucs et en dégagent le gaz oxygène
mais on s'est trompé p. 332. L'air bleu
de l'air p. 331. 332^{es}
Examen chimique de l'atmosphère.

Eudiométrie. p. 339 On a vu que
la quantité de gaz oxygène dans l'air
n'est pas toujours la même, mais cela
ne s'est point confirmé p. 335. 336
Gaz de feu p. 342 et azote. Striles
347. Feu fétide p. 348. Air or
boréal 348.

Eau p. 350 Moyen de déterminer sa
composition en la fermentant avec du
fer hydrogène et de l'oxide de fer. p.
352 Elle est composée de 8^{es} parties
oxygène 11,06 hydrogène p. 352. Les
sels, unilatéraux sont en général plus
légers qu'ils ne le sont à l'état liquide
p. 354 Il en est de même de l'eau
— à cause des interstices qui se forment
dans la disposition des molécules p. 354. 355

Lorsque la glace se fond elle absorbe elle absorbe
 autant de caloric que qu'il faudroit pour elev
 l'eau a 45° au grade p. 360 l'eau n'est pas
 sensiblement compressible, mais elle l'est un peu
 p. 360 la plus grande densite est a $4^{\circ} 1/2^{\circ}$
 au dessus de la glace. De l'eau a 4° a deux
 milions de densite et est plus legere que de
 l'eau a $4^{\circ} 1/2^{\circ}$ si on place 2 thermometres
 a differents hauteurs dans un verre rempli
 d'eau a 4° le thermometre au verra qua
 mesure que l'eau se chauffe l'inférieur
 montera sensiblement a $4^{\circ} 1/2$ et restera
 stationnaire a cause que l'eau chaude est
 plus pesante et gagne le fond et le thermo
 metre supérieur montera insensiblement
 jusqu'a $4^{\circ} 1/2$ et si p. 361 cette propriété
 est de la plus grande utilité. dans elle les
 dens de gales etent en totalité et les parties
 persistant etent 4° p. 362 explication de
 son que donne l'eau avant de briller
 qui est due aux petites de gas aqueux
 qui trouvent en son s'elevant un liquid
 moins d'elasticité et se condensent et forment
 un nid p. 364. Pour porter l'eau a l'etat
 de gas il faut $4,546$ plus de caloric
 que pour la porter de 0° a 100° p. 364
 Pour observer les bulles des vapeurs il
 faut les observer contre un corps obscur
 avec la loupe p. 365

Evaporation. Eau atmospherique p. 366.

L'air a un point l'eau se trouve dans
 l'air en dissolution mais il est prouve qu'elle
 se trouve a l'etat de gas, et que l'air ne
 contribue en rien a l'evaporation que
 a lieu aussi l'air dans le vide que l'air
 et si le vent la favorise en enlevant de
 gas aqueux p. 366. 367.

L'air est plutôt un empêchement en l'évaporation 366
 Autre terre univoit autre Delle non atom sphère
 De gas aqueux dont la quantité dépendrait de la
 température que l'air est à un non. p. 366
 d'air de même que tous les gas se charge de la
 même quantité de gas aqueux en température
 égale p. 367. le gas aqueux augmente le poids de
 la colonne de l'air. Julie expérience qui le prouve
 p. 371 contre expérience p. 372 Table de la tension
 du gas aqueux p. 373. des tensions des vapeurs
 de différents liquides en la même eau degré de
 l'ébullition p. 376. des corps que l'eau peut tenir
 en dissolution diminuant son évaporabilité p. 377
 quelques corps perdent sa tension à 0 p. c. Quel
 uides concentrés p. 378 le gas aqueux p. 379
 0,6206 et est ainsi plus le gas que l'air, son
 calculer sa densité il faut avoir égard à la
 tension p. 378. des corps poreux et les pores
 absorbent les gas. On ne doit par cette raison
 peser des poudres quees leur p. 382. M. Berzelius
 sur les moyens de déterminer à quel
 degré de température appartient le contenu
 en eau de l'atmosphère p. 383, 384
Méteores aqueux p. 389



27

