

den, nicht weit vom Rande, eine kurze Röhre *k*, die mittelst Kork verschlossen, oder mit andern Röhren verbunden werden kann. Die Röhren *k* haben eine entsprechende Stellung an beiden Trommeln, so dass beim Umdrehen des Instruments die eine an die Stelle der andern kommt. An der Trommel *A* ist, seiner ganzen Länge nach, ein oben und unten in sie ausgehendes Glasrohr angebracht. Endlich hat jede Trommel seitwärts einen Hülse *n*, um an den Träger gehakt werden zu können. — Der Gebrauch des Instruments ist nun folgender: Man schließt beide Hähne ab, füllt die Trommel *A* mit Wasser und verbindet sie durch eine in *k* eingesetzte Röhre mit dem Gefäße, aus welchem oder durch welches Luft gesaugt werden soll. Hierauf dreht man die Hähne so, dass *B* einerseits mit *A* und andererseits mit der äußeren Lage in Verbindung kommt. Dann wird, wie die Röhre *m l* sehen lässt, das Wasser aus *A* in *B* abfließen und dafür Luft aus dem Gefäße durch *k* einströmen. Ist *A* leer geworden, so braucht man nur *k* zu verstöpseln, die Hähne abzuschließen, die Trommel *B* nach oben zu kehren, sie mit dem Gefäße verbinden und die Hähne in zuvor angegebener Weise wieder zu öffnen. Die Anwendungen des Aspirators sind mannigfaltig. Er dient zum Trocknen einer Substanz in einem Strome heißer Luft, zum Abdampfen, zum Sublimiren u. s. w., ferner zur Bestimmung des Gehalts der atmosphärischen Luft an Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser, indem man ein gemessenes Volum derselben über Körper hinwegleitet, die jene Bestandtheile zu absorbiren vermögen (Pogg. Ann. Bd. 3. 38. et 264). — In Ermangelung dieses Aspirators kann man sich auch mit gleichem Erfolg nur mit etwas geringerer Bequemlichkeit der schon auf Taf. II. Fig 2 u. 4 abgebildeten Vorrichtungen bedienen.

**Atakamit.** Ein nicht sehr verbreitetes Kupfererz; selten krystallisirt in Formen des zwei- und zweigliedrigen Systems. Vor dem Löthrohr schmilzt und reducirt es sich leicht. Es ist von Klaproth, Proust und Berthier untersucht worden. Des Letzteren Analyse zufolge ist es ein dreifach basisches Kupferchlorid,  $\text{Cu Cl}_2 + 3 \text{Cu O} + 6 \text{H}_2 \text{O}$ .

**Athanor s. Acanor.**

**Athmen, *Respiratio*.** Alle Thiere, vom Menschen an bis zu den niedrigsten Klassen, bedürfen zur Unterhaltung des Lebens der Gegenwart von freiem Sauerstoffgase in dem Medium, worin sie leben. Dieses Sauerstoffgas wird durch besondere Organe in den Körper aufgenommen, in demselben zur Bildung von Kohlensäure verwendet, und als solche wieder durch dieselben Organe ausgeschieden. In dieser Aufnahme von Sauerstoffgas und Aussonderung von Kohlensäure besteht im Wesentlichen der Respirationsprocess oder das Athmen, welches aber bei den verschiedenen Thierklassen auf sehr verschiedene Weise stattfindet.

**Athmen des Menschen und der Säugethiere überhaupt, der Vögel und der Amphibien.** Die Organe, wodurch bei ihnen das Athmen geschieht, sind die Lungen. Bei den Menschen und den höheren Säugethiere bestehen sie aus einer dichten, netzförmigen Verwebung von höchst feinen Arterien, Venen und Luftzellen. Diese letzteren communiciren mit den in die Lungen sich verbreitenden feinsten Verzweigungen der Luströhre, die deren gemeinschaftlichen Stamm bildet und mit der Mundhöhle in Gemeinschaft steht. Die feinen Arterien und Venen aber gehen allmählig zu immer größeren Zweigen und Aesten zu-

sammen und endigen sich in einzelnen großen Stämmen im Herzen, welches zwischen den beiden Lungen liegt.

Das Herz, das bewegende Centralorgan des ganzen Blutgefäßsystems, ist hohl und durch eine Wand in zwei Kammern getheilt. Die Zusammenziehungen der linken Kammer, welche den Herzschlag, und in den Arterienstämmen den Puls ausmachen, sind die Ursache der Blutcirculation, d. h. der Bewegung des Blutes in den Adern. Durch die Venen wird der rechten Kammer das Blut zugeführt, durch die Arterien wird es aus der linken wieder in alle Organe des ganzen Körpers zurückgeführt. Das dunklere venöse Blut (s. Blut), vermischt mit dem bei der Verdauung aus der Nahrung erzeugten, neuen Material für die Blutbildung, nämlich mit dem Chylus des Ductus thoracicus und der Lymphe der lymphatischen Gefäße, wird durch die beiden großen Stämme des ganzen Venensystemes, die beiden Hohladern, in die rechte Herzkammer ergossen. Aus dieser wird es durch die Stämme der sogenannten Lungenarterien in die Lungen getrieben, indem durch eine eigenthümliche ventil- oder klappenartige Vorrichtung sein Zurückfließen in das Herz verhindert wird. In den Lungen, in dem unendlich feinen Gefäßnetz, gewissermaßen in eine ungeheure Oberfläche ausgebreitet, kommt nun das venöse Blut an den Wänden der Luftzellen mit der eingeathmeten Luft in Berührung und absorbirt aus derselben ein gewisses Volumen Sauerstoffgas, gegen welches ein fast gleich großes Volumen Kohlensäuregas ausgewechselt und mit der unabsorbirten Luft, nebst einer bedeutenden Menge von Wassergas, ausgeathmet wird. Das so mit der eingeathmeten Luft in Berührung gewesene Blut kehrt dann aus dem feinen Gefäßnetz durch die Stämme der sogenannten Lungenvenen, in hochrothes oder arterielles Blut verwandelt, in die linke Herzkammer zurück. Aus dieser wird es in den großen Hauptpulsaderstamm, die Aorta, und von da bis in die feinsten Verzweigungen des Arteriensystemes des ganzen Körpers getrieben. In diesen, mit bloßem Auge nicht mehr wahrnehmbaren, feinsten Gefäß-Verwebungen gehen die Arterien in die auf gleiche Weise als feinstes Gefäßnetz beginnenden Venen über, die dann überall neben den Arterien verlaufen.

Die einzige bekannte und sichtbare Veränderung, welche das Blut nach diesem Durchgang durch die Lungen erlitten hat, besteht darin, dass es seine dunkelrothe Farbe, die es als Venenblut hatte, in eine hochrothe umgeändert hat. Aber welche Veränderung in der Zusammensetzung hiermit verbunden ist, ist bis jetzt ganz unbekannt. Ein Theil dieser Veränderung muss sich nothwendig auf den färbenden Gemengtheil des Blutes, nämlich auf die Blutkörperchen, beziehen, wiewohl die frühere Vorstellung, als sei sie durch einen veränderten Verbindungszustand des Eisens im Hämatin der letzteren bedingt, gewiss nicht richtig ist. Diese Veränderung geht vor sich, ohne dass das Blut mit der eingeathmeten Luft in unmittelbare Berührung kommt, denn die Lungenzellen communiciren nur mit den Enden der Luftröhrenzweige. Aber die Wände dieser Zellen oder Bläschen bestehen aus unendlich feinen Membranen, die mit Wasser durchdrungen und erweicht sind, und durch dieses Wasser geschieht die Aufnahme des Sauerstoffgases aus der Luft und seine Ueberführung auf das Blut in den an den Wänden der Lungenzellen ausgebreiteten Capillargefäßen. Diese Durchdringung kann auf eine, im Vergleich mit dem Verhältniss in den Lungen ganz grobe Weise nachgemacht und beobachtet werden. Schließt man in einem Beutel von feuchtem Goldschlägerhäutchen venöses Blut ein und hängt es in Sauerstoffgas auf,

so sieht man, wie sich das Blut da, wo es mit der Membran in Berührung ist, bald zu röthen anfängt.

Es ist schon angedeutet worden, auf welche Weise nach dem Ausathmen die Luft verändert ist. Man findet einen Theil ihres Sauerstoffgases verschwunden, an dessen Stelle sie nun ein fast gleich großes Volumen Kohlensäuregas enthält. Außerdem ist sie ganz mit Wassergas gesättigt. Die Angaben in Betreff der Menge der ausgeathmeten Kohlensäure sind abweichend. H. Davy fand in der ausgeathmeten Luft 3,95 bis 4,5 Procent Kohlensäuregas, Allen und Pepys fanden 8 bis 8,5, Menziès 5, Prout bei sich selbst 3,3 bis 4,1, und bei einem Andern 4,6. Die Zahlen von Prout verdienen wohl das größte Vertrauen und können als allgemeine Durchschnittsgröße betrachtet werden. Derselbe fand übrigens, dass die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure etwas variirt bei Tag und Nacht, bei verschiedenem Körper- und Gemüthszustande, bei Bewegung oder Ruhe, bei verschiedener Nahrung, bei verschiedenem Luftdruck. Da auch durch die Haut Kohlensäure ausgedunstet wird, so ist es wahrscheinlich, daß auch der ungleiche Zustand der Hautthätigkeit auf die Menge der durch die Lungen ausgesonderten Kohlensäure influiren werde.

Die Quantität von Luft, die jedesmal ein- und ausgeathmet wird, muss natürlicherweise bei verschiedenen Individuen verschieden seyn, sie muss nach der Größe der Lungen, der Körpergröße überhaupt, dem Gesundheitszustande und nach ungleich tiefem Ein- und Ausathmen außerordentlich variiren. Daher sind auch alle Angaben über die Quantität von Kohlensäure, die in einer gegebenen Zeit ausgeathmet wird, unsicher und nur als Approximationsgrößen zu betrachten.

Man glaubte anfangs zu finden, dass beim Athmen dem Volumen nach genau eben so viel Sauerstoffgas verschwinde, als Kohlensäuregas ausgeathmet wird, und dass der Stickgasgehalt der Luft unverändert bleibe. Allein genauere Untersuchungen, sowohl von Allen und Pepys, als auch später von Dulong und von Despretz, haben dargethan, dass das Volumen des ausgeathmeten Kohlensäuregases constant etwas kleiner ist, als das des verschwundenen Sauerstoffgases, dass also eine gewisse Menge dieses letztern noch auf eine andere Weise als zur Bildung von Kohlensäure verwendet zu werden scheint, wenn anders nicht diese mangelnde Menge in der Kohlensäure zu suchen ist, die man durch die Haut ausgesondert findet. Bei pflanzenfressenden Thieren betrug diese Sauerstoffmenge nach einer Mittelzahl  $\frac{1}{10}$  von der Menge, die in Kohlensäure umgewandelt wird; bei den fleischfressenden dagegen betrug die geringste Menge  $\frac{1}{5}$ , und die höchste  $\frac{1}{2}$  von der in Kohlensäure verwandelten Quantität Sauerstoffgas.

Dieselben Chemiker fanden ferner, dass die ausgeathmete Luft constant etwas Stickgas mehr enthält, als die eingeathmete, dass also aus dem Blute etwas Stickgas ausgedunstet wird. Sie fanden dies dadurch, dass sie Thiere in Atmosphären, die aus 3 bis 4 Theilen Wasserstoffgas und 1 Theil Sauerstoffgas zusammengesetzt waren, leben ließen, wobei das Thier sein gleiches bis  $1\frac{1}{2}$ faches Volumen Stickgas ausathmete.

Man hatte früher die ganz grobe Vorstellung, dass das Venenblut, weil es dunkler ist, kohlenstoffreicher sei als das Arterienblut, und dass das Athmen in einem in den Lungen vor sich gehenden Oxydationsprocesse bestehe, wodurch das Blut, unter Bildung von Kohlensäure, decarbonisirt werde. Wiewohl wir auch jetzt noch nicht wissen, worin eigentlich der innere Vorgang bei der Umwandlung des dunklen Venenbluts in das hochrothe Arterienblut besteht, auf welche Weise die Bestandtheile des Bluts

verbraucht und beständig wieder neu gebildet werden, und aus welchem derselben diese große Masse von Kohlensäure, die beim Athmen weggeht, erzeugt wird, so hat sich doch jetzt als positive Thatsache herausgestellt, dass die Bildung der Kohlensäure nicht in den Lungen geschieht, sondern dass hier das Sauerstoffgas nur aufgenommen oder aufgelöst und als solches, im ungebundenen Zustand, weiter geführt, und dafür die in dem zurückkehrenden Blut schon fertig gebildete Kohlensäure durch die eingeathmete Luft nur ausgetrieben, gegen das aufgenommene Sauerstoffgas nur ausgewechselt wird. Das Sauerstoffgas wird dabei vom Blut offenbar nur auf dieselbe Weise und wahrscheinlich in derselben Quantität aufgelöst, wie bei derselben Temperatur vom Wasser, welches bekanntlich dieses Gas in größerem Verhältnisse als das Stickgas auflöst, so dass Wasser, welches sich mit atmosphärischer Luft gesättigt hat, die beiden Gase ungefähr in dem Verhältnisse von 70 : 30, statt von 79 : 21 enthält.

Diese Annahme, dass in den Lungen das Sauerstoffgas nur absorbiert und nicht gebunden, die Kohlensäure nur abgedunstet und nicht gebildet werde, setzt voraus, dass sowohl das Venen- als das Arterienblut überall im Körper sowohl Kohlensäure als Sauerstoffgas enthalte. Dies ist auch wirklich der Fall, wie zuletzt durch die Untersuchungen von Magnus auf ganz entscheidende Weise dargethan worden ist. Derselbe stellte seine Versuche mit frischgelassenem Blut von Menschen, Pferden und Kälbern an. Er fand, dass reines Wasserstoffgas oder Stickgas oder auch atmosphärische Luft durch Blut geleitet, aus demselben in beständig abnehmendem Verhältnisse Kohlensäuregas austreiben, dass also hier, nach dem gewöhnlichen Verhalten, ein schon vorhandenes, in einer Flüssigkeit gelöstes Gas gegen ein anderes ausgewechselt oder durch dieses ausgetrieben wird\*). Nach 24-stündigem Hindurchleiten hatte das Blut ungefähr  $\frac{1}{5}$  von seinem Volumen Kohlensäuregas abgegeben, welche Menge gleich blieb, welches Gas auch zur Austreibung angewendet wurde. Es blieb nun noch übrig, die aus dieser Thatsache folgende Gegenwart von freiem Sauerstoffgas im Blute nachzuweisen. Die Austreibung der Gase durch Wärme ist bei dem Blut nicht anwendbar wegen seines Gerinnens, Schäumens und Aufquellens, abgesehen davon, dass durch die Einwirkung von Wärme die Bildung von noch nicht vorhandener Kohlensäure veranlasst werden könnte. Mit Anwendung eines dem Zweck vollkommen entsprechenden, sinnreichen Apparates, der eine Art von abgekürztem Barometer von großem Rauminhalt war, brachte Magnus bestimmte größere Mengen von Blut in das Vacuum, wodurch es gelang, wenn auch nicht so vollständig, wie durch das Einleiten von Wasserstoffgas, seinen Luftgehalt zu entwickeln und sowohl der Qualität als Quantität nach zu bestimmen. Hierdurch ergab es sich, dass beide Blutarten nicht allein Kohlensäure, sondern auch Sauerstoffgas und Stickgas enthalten, aber in ungleichem Verhältnisse. Dass auch das arterielle Blut freies Sauerstoffgas enthält, war also, wie man sieht, ein entscheidender Beweis für die Richtigkeit der obigen Ansicht. Es ergab sich aus diesen Versuchen ferner, dass das arterielle Blut mehr Sauerstoffgas im Verhältnisse zur Kohlensäure enthält, als das venöse, denn der Sauerstoff in der aus dem venösen Blut erhaltenen Luft betrug höchstens nur  $\frac{1}{4}$  von dem Volumen der gefundenen Kohlensäure, während er im arteriellen Blute wenigstens  $\frac{1}{5}$  und fast die Hälfte derselben ausmachte. Beispielsweise wollen wir hier die Resultate von zweien jener Versuche anführen:

\*) Siehe den Art. Absorption.

		Bestehend aus
100 Volumen Venenblut von einem alten, aber gesundem Pferd gaben . . . . . 11,11 Luft	}	7,20 Kohlensäure,
		1,47 Sauerstoff,
		2,35 Stickgas.
100 Volumen Arterienblut von demselb. Pferd gaben . . . . . 12,52 Luft	}	8,22 Kohlensäure,
		3,15 Sauerstoff,
		1,15 Stickgas.

Dieser grössere relative Gehalt an Kohlensäure im venösen Blut zeigt unwiderlegbar, dass die Kohlensäure erst während des Kreislaufs, und wahrscheinlich im Capillargefäßnetz, erzeugt wird. Wahrscheinlich gehört auch ihre grössere Menge mit zu den Ursachen der dunkleren Farbe des Venenblutes. Denn es ist Thatsache, dass Blut durch Absorption von Kohlensäure dunkler, und durch Absorption von Sauerstoffgas heller wird. Mit dieser Präexistenz der Kohlensäure im Blute, stimmen die schon längst, namentlich von J. Müller, gemachten Beobachtungen überein, dass Frösche, welche lange in einer sauerstofffreien Atmosphäre ausdauern können, beim Athmen in reinem Wasserstoffgas oder Stickgas fast eben so viel Kohlensäure ausathmen, als in atmosphärischer Luft.

Die im Blute enthaltene Kohlensäure beträgt so viel, dass man von ihr die ganze, beim Athmen frei werdende Menge derselben, so weit man sie aus den darüber gemachten approximativen Bestimmungen kennt, herleiten kann. Nimmt man an, dass durch jeden Herzschlag 2 Unzen Blut gefördert werden, so gehen in einer Minute 10 Pfund Blut durch die Lungen. Nach H. Davy's Versuchen werden in der Minute ungefähr 13 Kubikzoll Kohlensäure ausgeathmet, die also in 10 Pfund Blut aufgelöst sein müssten. Nach den Versuchen von Magnus aber enthält das Blut wenigstens  $\frac{1}{5}$  seines Volumens Kohlensäure, und da 1 Pfd. Blut ungefähr 25 Kubikzoll enthält, so würden in jedem Pfunde Blut wenigstens 5 Kubikzoll Kohlensäuregas enthalten seyn. Die in einer Minute durch die Lungen gehenden 10 Pfund Blut enthalten also, der Rechnung nach, 50 Kubikzoll Kohlensäure, wovon beim Athmen sehr gut die obige Menge abdunsten kann.

In einem vollkommen abgeschlossenen Raume von Luft kann ein Thier nur kurze Zeit leben; es stirbt, sobald eine gewisse Menge von Sauerstoffgas verzehrt ist. Die Thiere der niederen Klassen dauern noch am längsten in einer sauerstoffärmeren Luft aus, der Mensch unter allen Thieren wahrscheinlich am wenigsten lang, wie denn überhaupt das Athembedürfniss am grössten bei den Wirbelthieren, und unter diesen am grössten bei den warmblütigen ist. Der Tod erfolgt nicht allein durch den Mangel an Sauerstoff, sondern auch durch die narcotische Wirkung der ausgeathmeten Kohlensäure, so wie durch ihre Anhäufung im Blut. Aus demselben Grund wird das Athmen beschwerlich, entsteht ein Zustand von Beugung und Eingenommenheit des Kopfes in einem gewöhnlichen engen Raum, wenn darin eine grössere Anzahl von Individuen längere Zeit eingeschlossen athmet. Auch die in einer solchen Luft angesammelte große Menge von Wassergas, durch welches die nothwendige weitere Abdunstung von Wasser aus dem Blut, sowohl durch die Lungen, als durch die Haut, gehemmt ist, hat an dieser Wirkung Antheil. Ausserdem enthält offenbar dieses Wassergas aus dem Blute abgedunstete, der Fäulniss unterworfenen organische Materien; denn condensirt man es durch Abkühlung und bewahrt es auf, so wird es trübe und übelriechend. Mit der Verderbniss dieser organischen Materie hängt ohne Zweifel

auch, zum Theil wenigstens, die Ungesundheit von nicht gewechselter Stubenluft zusammen, in welcher sich viele Personen, besonders bereits Kranke, beständig aufhalten und athmen.

Welche Wirkung im Allgemeinen andere Gase als atmosphärische Luft auf das Athmen ausüben werden, läßt sich aus dem, was in dem Vorhergehenden auseinandergesetzt ist, nun im Voraus abnehmen. Unter allen Gasen ist es das Sauerstoffgas allein, welches zur Fortdauer des Lebens geeignet ist. In andern Gasen hört daher das Leben sogleich auf, selbst wenn sie nicht positiv tödtlich wirken, wie z. B. Stickgas und Wasserstoffgas, die aber in Vermischung mit Sauerstoffgas eingeathmet werden können. Die Beimischung des Stickgases in der Luft scheint nur dazu bestimmt zu seyn, bei der vorhandenen Organisation der Thiere die von der Natur beabsichtigte Wirkung des Sauerstoffgases zu mäßigen. Aus den Versuchen, die über das Athmen in reinem Sauerstoffgas angestellt worden sind, läßt sich nur so viel mit Gewissheit entnehmen, dass in diesem Fall die ausgeathmete Luft eine viel größere Menge von Kohlensäure enthält. Die meisten übrigen Gase wirken beim Einathmen positiv tödtlich; die einen wirken giftig, narcotisch, wie z. B. Schwefelwasserstoff, Arsenikwasserstoff, Kohlensäure etc., die andern, wie z. B. Chlorgas, die sauren Gase, können in größerer Menge gar nicht einmal eingeathmet werden, da sie eine krampfhaft verschließende Wirkung der Stimmritze, und in kleinerer Menge Husten erregen.

**Athmen bei den niederen Thieren.** Bei den Fischen, Mollusken, Insekten geschieht das Athmen nicht durch eigentliche Lungen, sondern durch besondere andere Organe von sehr mannigfaltiger Einrichtung, aber alle darin übereinkommend, dass sie, gleich den Lungen, in einem kleinen Raume der Luft oder dem lufthaltigen Wasser eine sehr große Oberfläche darbieten, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abgeben. Bei vielen der niedersten Thiere scheint die Function des Athmens sogar durch die ganze Haut zu geschehen. Die Thiere, welche unter Wasser leben, athmen durch Kiemen, welche in Form von Blättern, Wimpern, Fransen etc., auf denen das Capillargefäßsystem ausgebreitet ist, gewissermaßen auswendig angebrachte Lungen sind, durch welche die im Wasser aufgelöste Luft aufgenommen wird. Dieser Luftgehalt des Wassers ist daher für die Existenz dieser Thiere nothwendige Bedingung. In ausgekochtem, luftfreiem Wasser können sie nicht leben, Fische z. B. sterben darin nach kurzer Zeit. Die Insekten sind mit einem durch alle Organe verzweigten Luftröhrensystem versehen, welches durch besondere Oeffnungen mit der äußeren Luft in Gemeinschaft steht. Werden diese letzteren durch Bestreichen mit Oel verschlossen, so sterben die Thiere. Die meisten Insekten sterben in einer abgesperrten Luft, noch ehe aller Sauerstoff verzehrt ist. Nach *Treviranus* nehmen sie bedeutend mehr Sauerstoffgas auf, als sie Kohlensäure erzeugen, und geben außerdem Stickgas ab. Wr.

**Athmen der Pflanzen.** Die Blätter der lebenden Pflanzen haben das Vermögen am Tage oder überhaupt unter Einfluss des Lichtes die Kohlensäure der Luft zu zersetzen, deren Kohlenstoff sich anzueignen, während der Sauerstoff gasförmig abgeschieden wird. Bei Nacht oder im Dunkeln findet gerade der umgekehrte Process statt. Es wird, wie durch vielfache Versuche erwiesen ist, in diesem Falle Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure abgeschieden. Man nannte diese Function der Blätter das Ath-

men der Pflanzen, insofern darin eine gewisse Aehnlichkeit mit dem Respirationprocess der Thiere sich herausstellt.

Man hat aus dieser Erscheinung Zweifel gezogen, dass die Pflanzen während ihres Lebens die Luft verbessern, insofern sie Kohlensäure hinwegnehmen und sie durch Sauerstoffgas ersetzen, denn grade den Sauerstoff aufnehmen in der Nacht, schien diesem Ersatz entgegenzustehen.

An die Versuche von Ingenhouse knüpfen sich zum großen Theil die Zweifel, welche der Ansicht entgegengestellt werden, dass die Pflanzen die Luft verbessern. Seine Beobachtung, dass die grünen Pflanzen Dunkeln Kohlensäure aushauchen, haben de Saussure und Grischow zu Versuchen geführt, aus denen sich herausgestellt hat, dass sie in der That Sauerstoff im Dunkeln einsaugen, und dafür Kohlensäure aushauchen. Die Luft, in welcher die Pflanzen im Dunkeln vegetiren, vermindert sich an Volumen; es ist darnach klar, dass die Menge des absorbirten Sauerstoffgases größer ist, als das Vol der abgeschiedenen Kohlensäure — es hätte sonst keine Luftverminderung stattfinden können.

Es ist bekannt, dass der indifferente Stickstoff, das Wasserstoffgas, dass eine Menge anderer Gase eine eigenthümliche, meist schädliche Wirkung auf die lebenden Pflanzen ausüben. Ist es denkbar, dass eins der kräftigsten Agentien, der Sauerstoff, wirkungslos auf eine Pflanze bleibe, sobald sie sich in dem Zustande des Lebens befindet, wo einer ihrer eigenthümlichen Assimilationsprocesse aufgehört hat?

Man weiß, dass mit der Abwesenheit des Lichtes die Zersetzung der Kohlensäure ihre Grenze findet. Mit der Nacht beginnt ein rein chemischer Process, in Folge der Wechselwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Bestandtheile der Blätter, Blüten und Früchte. Dieser Process hat mit dem Leben der Pflanze nicht das geringste gemein, denn er tritt in der toten Pflanze ganz in derselben Form auf, wie in der lebenden.

Es lässt sich mit der größten Leichtigkeit und Sicherheit aus den bekannten Bestandtheilen der Blätter verschiedener Pflanzen vorausbestimmen, welche davon den meisten Sauerstoff im lebenden Zustande während der Abwesenheit des Lichtes absorbiren werden. Die Blätter und grünen Theile aller Pflanzen, welche flüchtige Oele, überhaupt aromatische flüchtige Bestandtheile enthalten, die sich durch Aufnahme des Sauerstoffs in Harz umwandeln, werden mehr Sauerstoff einsaugen, als andere, welche frei davon sind. Andere wieder, in deren Säften sich die Bestandtheile der Galläpfel befinden, oder die stickstoffreiche Materien enthalten, werden mehr Sauerstoff aufnehmen, als die, worin diese Bestandtheile fehlen. Die Beobachtungen de Saussure's sind entscheidende Beweise für dieses Verhalten. Während die *Agave americana* mit ihren fleischigen, geruch- und geschmacklosen Blättern nur 0,8 ihres Vol. Sauerstoff in 24 Stunden im Dunkeln absorbiren, nehmen die Blätter der an flüchtigem Oel reichen Pinusarten die 10fache, die Gerbsäurehaltigen der *Quercus robur* die 14fache, die balsamischen Blätter der *Populus alba* die 21fache Menge von Sauerstoff auf. Wie zweifellos und klar zeigt sich diese chemische Action bei den Blättern der *Cotyledon calycina*, bei *Cacalia ficoides* und anderen; sie sind des Morgens sauer wie Sauerampfer, gegen Mittag geschmacklos, gegen Abend bitter. In der Nacht findet ein Säurebildungsprocess statt, am Tage und gegen Abend stellt sich der Process der Entsauerstoffung ein; die Säuren gehen in Materien über, die Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhält-

niss wie im Wasser oder noch weniger Sauerstoff enthalten. Dahin gehören alle geschmacklosen und bitteren Materien.

Man könnte aus den verschiedenen Zeiten, welche die grünen Blätter der Pflanzen bedürfen, um durch den Einfluss der atmosphärischen Luft ihre Farbe zu ändern, die absorbirten Sauerstoffmengen annähernd bestimmen. Diejenigen, welche sich am längsten grün erhalten, werden in gleichen Zeiten weniger Sauerstoff aufnehmen, als andere, deren Bestandtheile eine rasche Veränderung erfahren. Man findet in der That, dass die Blätter von *Ilex aquifolium*, ausgezeichnet durch die Beständigkeit, mit welcher sie ihre Farbe bewahren, 0,86 Vol. Sauerstoff in derselben Zeit aufnehmen, in welcher die so leicht und schnell ihre Farbe verändernden Blätter der Pappel und Buche, die einen das 8fache, die andern das  $9\frac{1}{2}$ fache ihres Volumens absorbiren.

Das Verhalten der grünen Blätter der Pappel, Buche, Eiche und Stechpalme, welche unter der Luftpumpe bei Abschluss des Lichtes getrocknet und nach Befeuchtung mit Wasser unter eine graduirte Glocke mit Sauerstoffgas gebracht worden, entfernt jeden Zweifel über diesen chemischen Process. Alle vermindern das Vol. des eingeschlossenen Sauerstoffgases, und zwar in dem nemlichen Verhältniss, als sie ihre Farbe änderten. Diese Luftverminderung kann nur auf der Bildung von höheren Oxyden oder einer Oxydation des Wasserstoffs der an diesem Elemente reichen Bestandtheile der Pflanzen beruhen. Die abgefallenen gelb- oder braun gewordenen Blätter der Eiche und Pappel enthalten: die ersteren keinen Gerbestoff, die anderen keine balsamisch riechenden Bestandtheile mehr.

Die Eigenschaft der grünen Blätter, Sauerstoff aufzunehmen, gehört aber auch dem frischen Holze an, gleichgültig, ob es von Zweigen oder dem Innern eines Stammes genommen worden ist. Bringt man es in dem feuchten Zustande, wie es vom Baume genommen wird, in feinen Spänen unter eine Glocke mit Sauerstoffgas, so findet man stets im Anfang das Vol. des Sauerstoffs verringert, während das trockene und befeuchtete Holz, welches eine Zeitlang der Atmosphäre ausgesetzt gewesen ist, den umgebenden Sauerstoff in Kohlensäure ohne Aenderung des Volumens verwandelt; es nimmt also das frische Holz mehr Sauerstoff auf.

Die Herren Petersen und Schödler haben durch sorgfältige Elementaranalysen von 24 verschiedenen Holzarten bewiesen, dass sie Kohlenstoff, die Elemente des Wassers und noch außerdem eine gewisse Menge Wasserstoff im Ueberschuss enthalten. Das Eichenholz, frisch vom Baume genommen, und bei  $100^{\circ}$  getrocknet, enthielt 49,432 Kohlenstoff, 6,069 Wasserstoff und 44,499 Sauerstoff. Die Quantität Wasserstoff, welche nöthig ist, um mit 44,49 Sauerstoff Wasser zu bilden, ist  $\frac{1}{3}$  dieser Quantität, nemlich 5,56; es ist klar, dass das Holz  $\frac{1}{12}$  mehr Wasserstoff enthält, als diesem Verhältniss entspricht. *Pinus Larix*, *Abies* und *Picea* enthalten  $\frac{1}{7}$ , die Linde (*Tilia europaea*) sogar  $\frac{1}{5}$  mehr Wasserstoff; man sieht leicht, dass der Wasserstoffgehalt in einiger Beziehung steht zu dem specif. Gewichte; die leichteren Holzarten enthalten mehr davon, als die schweren; das Ebenholz (*Diospyros Ebenum*) enthält genau die Elemente des Wassers;

Den Unterschied in der Zusammensetzung der Holzarten von der reinen Holzfaser beruht unläugbar auf der Gegenwart von wasserstoffreichen und sauerstoffarmen, zum Theil löslichen Bestandtheilen, in

Harz und anderen Stoffen, deren Wasserstoff sich in der Analyse zu dem der Holzfaser addirt.

Wenn nun das in Verwesung begriffene Eichenholz, Kohle und die Elemente des Wassers, ohne Ueberschuss an Wasserstoff enthält, wenn es während seiner Verwesung das Vol. der Luft nicht ändert, so muss nothwendig dieses Verhältniss im Beginn der Verwesung ein anderes gewesen sein, denn in den wasserstoffreichen Bestandtheilen des Holzes ist der Wasserstoff vermindert worden und diese Verminderung kann nur durch eine Absorbition von Sauerstoff bewirkt worden sein.

Die meisten Pflanzenphysiologen haben die Aushauchung der Kohlensäure während der Nacht mit der Aufnahme an Sauerstoff aus der Atmosphäre in Verbindung gebracht; sie betrachten diese Thätigkeit als den wahren Athmungsprocess der Pflanze, welcher wie bei den Thieren eine Entkohlung zur Folge habe. Es giebt kaum eine Meinung, deren Basis schwankender, man kann sagen, unrichtiger ist.

Die von den Blättern, von den Wurzeln mit dem Wasser aufgenommene Kohlensäure wird mit der Abnahme des Lichtes nicht mehr zersetzt; sie bleibt in dem Saft gelöst, der alle Theile der Pflanze durchdringt; in jedem Zeitmomente verdunstet mit dem Wasser aus den Blättern eine ihrem Gehalte entsprechende Menge Kohlensäure.

Ein Boden, in welchem die Pflanzen kräftig vegetiren, enthält als eine nie fehlende Bedingung ihres Lebens unter allen Umständen eine gewisse Quantität Feuchtigkeit, nie fehlt in diesem Boden kohlenstoffreiches Gas, gleichgültig, ob es von demselben aus der Luft aufgenommen oder durch die Verwesung von Vegetabilien erzeugt wird; kein Brunnen- oder Quellwasser, nie ist das Regenwasser frei von Kohlensäure, in keinerlei Periode des Lebens einer Pflanze hört das Vermögen der Wurzel auf, Feuchtigkeit und mit derselben Luft und Kohlensäure einzusaugen.

Kann es nun auffallend sein, dass diese Kohlensäure mit dem verdunsteten Wasser von der Pflanze an die Atmosphäre unverändert wieder zurückgegeben wird, wenn die Ursache der Fixirung des Kohlenstoffs, wenn das Licht fehlt?

Diese Aushauchung von Kohlensäure hat mit dem Assimilationsprocess, mit dem Leben der Pflanze eben so wenig zu thun, als wie die Einsaugung des Sauerstoffs. Beide stehen mit einander nicht in der geringsten Beziehung, der eine ist ein rein mechanischer, der andere ein rein chemischer Process. Ein Docht von Baumwolle, den man in eine Lampe einschließt, welche eine mit Kohlensäure gesättigte Flüssigkeit enthält, wird sich gerade so verhalten, wie eine lebende Pflanze in der Nacht. Wasser und Kohlensäure werden durch Capillarität aufgesaugt, beide verdunsten auferhalb an dem Dochte wieder.

Pflanzen, welche in einem feuchten, an Humus reichem Boden leben, werden in der Nacht mehr Kohlensäure aushauchen, als andere an trockenen Standörtern, nach dem Regen mehr, als bei trockener Witterung; alle diese Einflüsse erklären die Menge von Widersprüchen in den Beobachtungen, die man in Beziehung auf die Veränderung der Luft durch lebende Pflanzen oder durch abgeschnittene Zweige davon, bei Abschluss des Lichtes oder im gewöhnlichen Tageslichte gemacht hat, Widersprüche, welche keiner Beachtung werth sind, da sie die Frage nicht lösen.

L.

Atlaserz, synonym mit faserigem Malachit.

**Atmosphäre** (*Atmosphère*), von ἀρούς Dunst, Dampf, Rauch und αἰθήρ, Kugel, nennt man die Hülle von gasförmigen Substanzen, welche unseren Erdball, und im Allgemeinen einen Weltkörper umgiebt; auch überträgt man wohl den Namen auf jede Gashülle, mit der man starre oder flüssige Körper bei Versuchen in Gefäßen, und oft nicht einmal allseitig, zu umgeben pflegt. Hier ist unter Atmosphäre stets die Erdatmosphäre gemeint, für welche allein auch bloß die deutschen Benennungen Dunstkuugel, Dunstkreis, Luftkreis gebräuchlich und anwendbar sind.

Die Atmosphäre spielt eine große Rolle auf unserem Planeten. Sie ist für die gesammte organische Schöpfung eben so unentbehrlich, wie Licht und Wärme; ohne sie wäre kein Athmen, kein Leben auf der Erde möglich. Sie mildert das Sonnenlicht, vermehrt die Wirkung der Sonnenwärme, führt vermittelnd die Töne in unser Ohr, veranlasst oder unterhält die meisten Verbrennungs- und Oxydationsprocesse, wirkt überhaupt mechanisch oder chemisch bei unzählig vielen Operationen mit, und ist der Sitz jener im Haushalt der Natur so wichtigen Erscheinungen, welche man die meteorologischen nennt. Ihr Studium hat daher gleiche Bedeutung für den Physiker wie für den Chemiker, und wenn auch der letztere hauptsächlich nur die Zusammensetzung derselben in Betracht zieht, so kann er doch die Kenntniß ihrer physikalischen Beschaffenheit nicht ganz entbehren. Diese etwas näher auseinander zu setzen, sey hier daher zunächst versucht.

#### 1. Physikalische Beschaffenheit der Atmosphäre.

Als Gasmasse hat die Atmosphäre mit den übrigen Gasen eine Reihe von Eigenschaften gemein, unter denen Schwere, Beweglichkeit der Theilchen, Elasticität, Ausdehnbarkeit durch Wärme, Durchsichtigkeit, Lichtbrechungsvermögen obenan stehen, weil sie vor Allem zu den durch das Daseyn dieser Erdhülle bedingten Erscheinungen Anlass geben. Hier wollen wir indess nur ihre Schwere und ihre Temperatur näher betrachten.

Dass die Atmosphäre schwer sey, ist früher lebhaft bestritten worden, gegenwärtig aber leicht zu erweisen. Schwer seyn und von der Erde angezogen werden, ist einerlei. Wäre die Atmosphäre dieser Anziehung nicht unterthan, so würde sie, schon weil ihre Theilchen einander abstofsen, von der Erde entweichen, sich in den Weltraum zerstreuen, es sey denn, dieser wäre eben so gleichmäÙig von ihr erfüllt. Letzteres ist aber nicht der Fall, denn die Himmelskörper erleiden in ihren Bewegungen keinen Widerstand, welcher auf das Daseyn von Luft im Weltraum schließens liefse. Ueberdies folgt die Atmosphäre dem Erdkörper sowohl in seiner Axendrehung, als auch in seinem ungleich rascherem Lauf um die Sonne. Mithin wird die Atmosphäre von der Erde angezogen, d. h. sie ist, wie jedes ihrer Theilchen, schwer oder hat Gewicht.

Eine unmittelbare Folge hievon ist, dass die Atmosphäre von oben nach unten einen Druck ausübt, und zwar nicht bloß in dieser Richtung, sondern auch in allen übrigen, weil er durch die Beweglichkeit der Theilchen dahin verpflanzt wird. Dann folgt weiter, dass dieser Druck sowohl in einem und demselben Punkt nach allen Richtungen, als auch in einer und derselben Horizontalebene in allen Punkten gleich stark sey, dass er aber nach oben hin von Punkt zu Punkt geringer werde. Das Erstere ist

nothwendig, damit die Atmosphäre in Ruhe bleibe, und das Letztere entspringt einfach daraus, dass jedes Theilchen das Gewicht der senkrecht über ihnen befindlichen zu tragen hat, es also desto weniger belastet ist, und daher seinerseits einen desto geringeren Druck ausüben muss, je höher seine Lage in dem Ganzen ist.

Die Abnahme des Drucks von unten nach oben findet Statt, die Theilchen der Atmosphäre mögen sämmtlich mit gleicher Kraft von der Erde angezogen werden, d. h. gleich schwer seyn, gleiches Gewicht haben, oder nicht. Sie ist also keine Folge davon, dass die Anziehung des Erdkörpers mit der Entfernung von ihm abnimmt. Nur ist das Gesetz der Abnahme des Drucks in dem ersten Fall ein anderes wie im zweiten. Wenn die Anziehungskraft der Erde in jedem Abstände von ihr gleich stark ist, wie dies wenigstens für Höhen von einigen tausend Fufs ohne allen merklichen Fehler angenommen werden darf, so nimmt der Druck der Atmosphäre in einer geometrischen Progression ab, sobald die entsprechenden Höhen in einer arithmetischen wachsen. Wird dagegen die Anziehungskraft, wie in Wirklichkeit, nach oben schwächer, so ist die Abnahme des Drucks mit zunehmender Höhe eine raschere. Indess ist der Unterschied zwischen dem alsdann stattfindenden Gesetz und dem vorher genannten für alle von Menschen erreichbaren Höhen nicht bedeutend.

Die Anziehungskraft nimmt ab, nicht blofs von unten nach oben, sondern auch bei gleichbleibender Höhe, von den Polen nach dem Aequator, einmal weil die Erde keine Kugel, sondern ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid ist, und dann, weil durch ihre Axendrehung eine Centrifugalkraft erzeugt wird, die einen Theil der Anziehungskraft aufhebt, und zwar nach dem Aequator hin einen grösseren Theil als nach den Polen zu. Die Theilchen der Atmosphäre werden also, selbst an der Erdoberfläche oder, genauer gesprochen, im Niveau des Weltmeers, nicht überall gleich stark angezogen, sondern stärker an den Polen als unter dem Aequator. Dessungeachtet würde die Atmosphäre, sobald sie vollkommen in Ruhe wäre, auf jeden Punkt der Erdoberfläche, oder richtiger, des Weltmeers einen gleich starken Druck ausüben, weil sie sonst nicht im Zustande der Ruhe bleiben könnte. Diese Gleichheit des Drucks entspringt einfach daraus, dass jede Säule der Atmosphäre, vermöge der Beweglichkeit ihrer Theilchen, auf alle seitwärts befindlichen Säulen drückt und sich daher mit ihnen in Gleichgewicht setzt. Natürlich kann aber dies Gleichgewicht nur dann bestehen, wenn die Länge der schwereren Luftsäulen kürzer ist als die der leichteren. Es muss also die Atmosphäre schon im Zustand der Ruhe und des Gleichgewichts, und wenn sie überall dieselbe Temperatur besäße, nach den Polen hin eine geringere Höhe als nach dem Aequator haben, oder ein Sphäroid darstellen, das an den Polen noch mehr abgeplattet ist als das der Erde.

Welche Dimensionen dieses Luftsphäroid besitze, oder wie hoch die Atmosphäre über einem gegebenen Punkt der Erdoberfläche sey, lässt sich nicht genau bestimmen. Wohl aber lässt sich zeigen, dass die Atmosphären überhaupt eine Gränze haben, und wo diese Gränze im Allgemeinen liegen müsse.

Das Daseyn einer oberen Gränze der Atmosphäre ergiebt sich schon aus den Gründen, durch welche vorhin die Schwere erwiesen wurde. Es kann denselben noch hinzugefügt werden, dass wenn die Atmosphäre sich bis ins Unbestimmte in den Weltraum erstreckte, alsdann die übrige

gen Planeten, vermöge ihrer Anziehung auf dieselbe, sich eines dieser Anziehung entsprechenden Theils derselben bemächtigt haben müssten, was man doch nicht bemerkt. Beobachtungen, welche Wollaston \*) eigends deshalb an der Sonne, beim Vorübergang der Venns, und am Jupiter, beim Vorübergang seiner Monde, angestellt, haben an diesen beiden Himmelskörpern keine lichtbrechende Atmosphäre entdecken lassen, wiewohl sie doch an ihnen, als den größten Körpern unseres Planetensystems, vorzugsweise groß und deutlich seyn müsste, wenn sie überhaupt vorhanden wäre. Eben so wenig hat man an dem Monde noch nicht mit Bestimmtheit eine Atmosphäre entdecken können. Einige Astronomen sprechen zwar bei gewissen Planeten von Atmosphären; allein erstlich ist damit nicht gerade eine Luft-Atmosphäre gemeint, und zweitens würde auch das Daseyn einer solchen Atmosphäre auf diesem oder jenem Planeten noch kein Beweis gegen den hier aufgestellten Satz abgeben, da einzelne so gut wie die Erde als besondere Eigenthümlichkeit eine Atmosphäre besitzen könnten. Erst wenn man auf allen Planeten Atmosphären wie die unserige nachgewiesen hätte, würde dieser Grund für die Begrenztheit der Erdatmosphäre wegfallen.

Ein anderer Beweis für die Abgeschlossenheit unserer Atmosphäre geht aus der Axendrehung der Erde hervor. Vermöge dieser müssen alle Lufttheilchen innerhalb 24 Stunden einen ganzen Kreis beschreiben, einen desto größeren, je weiter sie von der Erde abstehen. In einem gewissen Abstand von der Erde wird aber die Centrifugalkraft, welche bei jener Geschwindigkeit durch die Kreisbewegung entsteht, so groß, dass sie die Anziehungskraft der Erde völlig aufhebt. Von diesem Abstände an, kann die Atmosphäre demnach kein Continuum mehr darstellen, sondern die Theilchen, die sich etwa daselbst befinden, würden, wenn sie nicht ganz fortfliegen, höchstens gleich Monden, die Erde einzeln umkreisen.

Was den Ort der Gränze betrifft, so nimmt Laplace \*\*) an, dass sie eben dort liege, wo Centrifugalkraft und Anziehungskraft einander aufheben. Richtiger scheint es indess wohl, sie dahin zu versetzen, wo die obersten Lufttheilchen durch ihr eigenes Gewicht, welches sie an ihrem Ort noch durch die von der Centrifugalkraft nicht ganz aufgehobene Anziehung der Erde behalten, im Stande sind, der von den tiefer liegenden Theilchen auf sie ausgeübten Abstofsung das Gleichgewicht zu halten. Dieser Satz ist zuerst von G. G. Schmidt \*\*\*) und später von Wollaston †) aufgestellt.

Die Richtigkeit dieses Satzes lässt sich experimentell an Gasen oder Dämpfen erweisen, die mit großem specifischen Gewicht eine geringe Spannkraft verbinden, z. B. an Quecksilberdampf der 6,98 Mal so dicht als die Luft ist und dessen Spannkraft + 100° C nicht mehr als 0,00004 vom gewöhnlichen Druck der Atmosphäre beträgt. Faraday ††) hat beobachtet, dass wenn Goldblättchen in Flaschen, die am Boden etwas Quecksilber enthalten, frei aufgehängt werden, dieselben bei einer Temperatur von 15 bis 20° C nach einiger Zeit eine vollständige Amalgamation durch die aufsteigenden Quecksilberdämpfe erleiden, dass dieses aber bei Winterskälte nicht geschieht, wie nahe man auch die Blättchen auf das

\*) Gilb. Ann. Bd. 72, S. 43.

\*\*) System du Monde, Libr. III, cap. 7.

\*\*\*) Gilb. Ann. Bd. 62, S. 309.

†) Gilb. Ann. Bd. 72, S. 37.

††) Pogg. Ann. Bd. 9, S. 1 und Bd. 19, S. 545.

Quecksilber herabgelassen hat, zum deutlichen Beweise, dass dann die Quecksilberatmosphäre nur eine ganz unmerkliche Höhe hat oder gänzlich fehlt. Noch bestimmter geht die Begränzung der Quecksilberatmosphäre aus der Angabe von Berzelius\*) hervor, dass sie bei 0<sup>o</sup> nur ganz dicht über dem Metall, bei + 10<sup>o</sup> einige Zoll hoch über demselben, und bei + 20<sup>o</sup> schon in der Höhe von 10 Zoll über demselben auf angegebene Weise durch ein Goldblatt nachweisbar sey.

So bestimmt indess durch den angeführten Satz die Gränze der Atmosphäre bezeichnet wird, so wenig lässt sich doch die Höhe derselben darnach genau festsetzen. Dazu wäre nämlich erforderlich, dass man wüsste, welche Temperatur die Atmosphäre in verschiedenen Höhen besitzt. Nun wissen wir zwar, dass, bei normalem Zustand der Atmosphäre, die Temperatur von unten nach oben abnimmt, aber nach welchem Gesetz, ist unbekannt. Man kann daher die Berechnung der Höhe nur unter gewissen als wahrscheinlich angesehenen Hypothesen unternehmen. Dies hat G. G. Schmidt gethan, einmal unter der Annahme, dass die Temperatur für jede 121,1 Toisen Erhebung um 1<sup>o</sup>R. abnehme, und zweitens unter der zuerst von Lambert gemachten Voraussetzung, dass die Wärme-Abnahme proportional sey den Temperaturen oder Spannkraften der Wärme. Für die Höhe unter dem Aequator (daselbst eine Mitteltemperatur von 22<sup>o</sup>,4 R. angenommen), ergab die erste Hypothese 7,22 geogr. Meilen, die letztere dagegen 27,5; für die Höhe unter dem Pol (daselbst die Mitteltemperatur = 0<sup>o</sup> gesetzt) die erste 6,6, die zweite 27,1 geogr. Meilen. Die große Verschiedenheit der nach beiden Hypothesen erhaltenen Resultate zeigt genugsam, wie wenig wir, ohne genaue Kenntniss des Gesetzes der Wärme-Abnahme, im Stande sind, die Höhe der Atmosphäre auf diese Weise zu ermitteln.

Später hat auch J. C. E. Schmidt\*\*) das Problem über die Höhe der Atmosphäre wieder vorgenommen. Mit Zugrundlegung derselben Kräfte, welche seine Vorgänger annahmen, findet er, dass eine allgemeine Auflösung dieses Problems nicht möglich sey, indem bei den vorausgesetzten Kräften (Anziehung der Erde, Centrifugalkraft und Abstofsung der Theilchen, ausgesprochen in dem Verhältniss des Drucks zur Dichtigkeit) kein vollkommenes Gleichgewicht in der Atmosphäre statthabe. Er sucht daher die Höhe einer isolirten Luftsäule unter dem Aequator und den Polen zu bestimmen, setzt dabei die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche unter dem Aequator auf 25<sup>o</sup> C. unter den Polen auf 0<sup>o</sup>, die Höhenzunahme für 1<sup>o</sup> C. Temperaturabnahme dort auf 600, hier auf 500 Fufs, und bekommt so für die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator 175,000 und unter den Polen 132,100 Fufs. Die nahe Uebereinstimmung dieses Resultats mit dem seines Vorgängers hält er indess für zufällig\*\*\*).

Nicht besser ist eine andere, astronomische Methode, welche der ums Jahr 1100 lebende Araber Alhazen erdacht hat. Sie verlangt, dass man an einem heiteren Abend die Zeit beobachte, wann die Gränze der Dämmerung das Zenith erreicht, d. h. wann uns von dort noch Sonnenlicht reflectirt wird. Aus dieser Zeit ergibt sich der Winkel, welchen

\*) Lehrbuch Bd. 1, S. 336.

\*\*) Dessen Lehrb. der mathem. u. phys. Geographie Bd. II., S. 236 u. 256.

\*\*\*) Betrachtungen über die Consitution der obersten Luftschichten, die in neuer Zeit von Poisson, De la Rive und Biot angestellt sind, glauben wir hier übergehen zu dürfen, da sie, obwohl mit dem obigen Probleme zusammenhängend, zu sehr theoretischer Natur sind.

dann die Sonnenstrahlen von unten her mit dem Horizont des Beobachtungsortes machen ( $17^\circ$ — $18^\circ$ ) oder die Ergänzung zu  $90^\circ$  desjenigen Winkels, unter welchem die Sonnenstrahlen am Ort der Reflexion mit der Vertikalen zusammentreffen ( $73$  bis  $72^\circ$ ). Aus letzterem Winkel und dem nothwendig rechten Winkel, unter welchem dieselben Sonnenstrahlen die Vertikale des von ihnen tangirten Orts der Erdoberfläche schneiden, so wie aus dem bekannten Halbmesser der hierbei als kugelförmig angenommenen Erde lässt sich dann durch eine ganz einfache trigonometrische Rechnung die gesuchte Höhe bestimmen. Auf diese Weise hat man, unter verschiedenen Annahmen für den ersten Winkel, der zwischen  $17^\circ$  und  $18^\circ$  schwankt, die Höhe der Atmosphäre zu  $9,5$  bis  $10$  geogr. Meilen gefunden. Natürlich kann dies nicht die volle Höhe der Atmosphäre seyn, sondern nur diejenige, bei welcher die Atmosphäre noch im Stande ist, Licht auf uns zu reflectiren. Eben so wenig kann die Bestimmung eine große Genauigkeit haben, da sich die Gränze der Dämmerung nicht scharf beobachten lässt, und überdies schließt die Methode, wie neuerlich Arago \*) sehr richtig bemerkt, die gar nicht erwiesene Voraussetzung ein, dass das vom Zenith reflectirte Licht nur durch einmalige Reflexion zu uns gelange. Diese Höhenbestimmung ist also eben so wie die vorherige nur als eine ungefähre Schätzung zu betrachten.

Der Druck, welchen die Atmosphäre, vermöge des Gewichts ihrer Theilchen ausübt, äußert sich durch eine große Mannigfaltigkeit von Erscheinungen, die zum Theil die augenfälligsten Beweise seines Daseyns liefern. Versuchen wir z. B. durch Saugen mit dem Munde oder mittelst einer Pumpe die Luft aus einem Gefäße zu ziehen, so empfinden wir sogleich einen Widerstand, und nach kurzer Fortsetzung der Operation werden die Lippen oder der Stempel der Pumpe mit einer Gewalt gegen das Gefäß gepresst, die Jeden, der sie zum ersten Mal erfährt, in Erstaunen setzen muss. Unternehmen wir den Versuch mit einer Glasglocke, die auf eine ebene Fläche gestellt ist und mit ihrem Rande luftdicht auf dieselbe schließt, so ist die Glocke, nachdem die Luft ausgepumpt worden, wie angeheftet an die Fläche, während sie vorher und nach Wiedereinlassung der Luft mit leichter Anstrengung abgehoben werden kann. Stellen wir endlich eine offene Glasröhre mit einem ihrer Enden in eine Flüssigkeit und bemühen uns nun, die Luft aus derselben zu ziehen, so sehen wir die Flüssigkeit in der Röhre emporsteigen, desto mehr, je weiter das Auspumpen fortgesetzt wird; indess geht dies Steigen nicht ins Unbestimmte fort, im Gegentheil finden wir, wenn die Röhre eine hinlängliche Länge hat, dass zuletzt eine Gränze eintritt, bei der alles weitere Pumpen die Höhe der Flüssigkeit nicht mehr vergrößert. Dasselbe zeigt sich, wenn wir eine ganz offene Glasröhre in senkrechter Stellung völlig untertauchen, sie, noch unter der Flüssigkeit, an ihrem oberen Ende auf irgend eine Weise, durch den Finger, durch etwas Wachs, oder noch besser durch einen Hahn, luftdicht verschließen, und nun herausziehen; sie bleibt bei fortgesetztem Herausziehen lange ganz gefüllt, bis endlich ein Punkt eintritt, wo die Flüssigkeit sich plötzlich vom oberen Ende der Röhre abtrennt und nun einen unveränderlichen Stand annimmt, denselben, wie vorher beim Auspumpen der Luft, wie weit man auch das Herausziehen der Röhre und also das Vergrößern des Raumes über der Flüssigkeit noch fortsetzen mag. Wie-

\*) Compl. rend. de l'Acad. T. III, p. 599.

derholen wir diesen oder den vorhergenannten Versuch mit Flüssigkeiten von verschiedener Natur, so ergibt sich, dass die Höhen, bis zu welcher sie ansteigen, im umgekehrten Verhältniss ihrer specifischen Gewichte stehen, dass z. B. Wasser sich zu ungefähr 32 Fufs erhebt, das 13,5 Mal dichtere Quecksilber dagegen nur bis zu ungefähr 28 Zoll. Wiederholen wir ferner den einen oder den andern Versuch im luftleeren Raum, d. h. halten wir den Druck der Atmosphäre von dem ausserhalb der Röhre befindlichen Theil der Flüssigkeit ab, so findet in der Röhre kein Steigen der Flüssigkeit Statt, zum deutlichen Beweise, dass es jener Druck gewesen ist, der, während er ausserhalb wirkte, in der Röhre aber aufgehoben wurde, die Flüssigkeit zum Steigen nöthigte. Hat man dieses einmal gesehen, und weifs man andererseits (wie das Einschütten zweier nicht vermischbarer Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Oel, in eine U-förmig gebogene offene Röhre lehrt), dass Flüssigkeitssäulen von verschiedener Natur einander das Gleichgewicht halten oder einen gleichen Druck auf ihre Grundfläche ausüben, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten, so ist auch begreiflich, dass die Steighöhe verschiedener Flüssigkeiten bei obigen Versuchen im umgekehrten Verhältnisse zu deren specifischen Gewichten steht, und dass sie, wenn nicht die Flüssigkeit durch die Elasticität ihres eignen Dampfs theilweis niedergedrückt wird, ein Maafs für den Druck der Atmosphäre abgeben müsse.

Die Erkenntniss dieser Wahrheit führte Torricelli zur Erfindung des Barometers, noch ehe er selbst den Versuch dazu gemacht, den Viviani i. J. 1643 auf seinen Rath unternahm. Vor ihm wurde das Steigen von Flüssigkeiten in ausgepumpten Röhren einem Abscheu der Natur vor dem leeren Raum (*Horror vacui*) zugeschrieben, und selbst sein Lehrer, der grosse Galilei vermochte nicht, sich von dieser Idee loszureißen, denn als er an einer zu Florenz angelegten Pumpe ersah, dass das Steigen des Wassers nur bis zu einer gewissen Höhe gehe, suchte er sich mit der Annahme zu helfen, dass dieser Abscheu eine Gränze habe. Die später von Pascal vorausgesehene und auf seine Veranlassung durch Perrier schon 1648 bewahrheitete Thatsache, dass auf Bergen, wo nothwendig der Druck der Atmosphäre geringer als unten in der Ebene seyn muss, auch die Quecksilbersäule im Barometer kürzer ist, hat den einsichtsvolleren Theil der Physiker längst von jener Hypothese zurückgebracht, und gegenwärtig möchte sie noch kaum einer Widerlegung verdienen. Verlangt man indess, nach Allem, was bereits angeführt ist, noch einen Beweis für das Daseyn des Luftdrucks, so hat man einen augenfälligen und zugleich vollgültigen in der Thatsache, dass eine Glaskugel luftleer weniger wiegt als luftvoll; sie beweist das Gewicht der Luft, und davon ist der Druck der Atmosphäre eine nothwendige Folge.

Der Hauptgrund, weshalb man das Daseyn dieses Drucks so lange verkannte und läugnete, lag darin, dass man, bei Einräumung desselben, nicht begreifen konnte, wie der menschliche Körper, der, wenn man seine Oberfläche zu 14 bis 15 Quadratfufs annimmt, vermöge der Atmosphäre eine Last von etwa 300 Centnern zu tragen haben würde, einen solchen Druck widerstehen sollte, ohne ihn einmal zu empfinden, und ohne in seinen Bewegungen gehindert zu seyn. Dieser Einwurf ist aber leicht zu beseitigen. Erstlich können die festen und flüssigen Theile unseres Körpers, wie wir dies aus directen Versuchen an viel andern Substanzen von diesen Aggregatformen wissen, einen ungeheuren Druck ertragen, ohne merklich comprimirt zu werden. Dann

enthalten die hohlen Theile eine Luft, die eben so sehr zusammengedrückt ist als die äufere, und die folglich deren Druck das Gleichgewicht hält. Endlich ist offenbar unsere ganze Organisation darauf eingerichtet, unter einem solchen Druck zu leben. Wir sehen dies unter andern daraus, dass alle weichen Theile unsers Körpers eine gewisse Angeschwollenheit oder Spannung (*turgor*) besitzen, dass, beim Oeffnen einer Pulsader, das Blut, trotz des atmosphärischen Drucks, mit grofser Kraft hervorschiefst, und dass wir uns in der verdünnten Atmosphäre auf dem Gipfel eines hohen Berges sehr unbehaglich fühlen, uns Blut aus Lippen, Zahnfleisch und Augen hervordringt. Unzweifelhaft würden wir ohne den Druck der Atmosphäre, auch wenn dabei das Athmen fortbestehen könnte, gar nicht zu leben vermögen; wir brauchen nur auf die neuere Erfahrung von W. und E. Weber zu verweisen, der gemäß die Schenkelköpfe der Beine und Arme nur durch den Luftdruck in ihren Beckenpfannen gehalten werden \*), um die Richtigkeit dieses Ausspruchs zu belegen; wir brauchen andererseits auch nur daran zu erinnern, dass Personen innerhalb einer Taucherglocke in mehr als 30 Fufs Tiefe unter dem Wasser stundenlang und ohne Schaden die angestrengtesten Arbeiten am Hafengebäude zu Ramsgate verrichtet haben \*\*), um zu zeigen, dass der Mensch, geschweige denn die gesammte Fischwelt, einen noch weit gröfseren Druck als den der Atmosphäre zu ertragen vermag. Was endlich das leichte Ausweichen der Lufttheilchen betrifft, so kann es auch nicht wunderbar erscheinen; es entspringt einfach daraus, dass diese Theilchen an Masse äufserst gering sind, durch keine Cohäsion mit einander verknüpft werden, und, von allen Seiten gleich stark gedrückt, sich eben so frei bewegen können, als wenn sie gar nicht gedrückt würden. Indess gilt dies doch nur vom ersten Moment ihrer Bewegung. So wie sie aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt werden, erleiden sie keinen gleichen Druck mehr von allen Seiten, sondern einen stärkeren von der Seite her, nach welcher hin sie bewegt werden. Daraus entspringt das, was wir, je nachdem ein Körper sich in der Luft oder diese gegen jenen bewegt, Widerstand oder Wind nennen, und was uns den fühlbarsten Beweis vom Daseyn der Atmosphäre liefert.

Der Druck der Atmosphäre kann auf mehrfache Weise gemessen werden. Am bequemsten und genauesten geschieht es durch das Barometer (s. dieses). Wir messen ihn darin durch eine Quecksilbersäule, welche ihm das Gleichgewicht hält, und setzen dabei die Länge dieser Säule ihren und der Atmosphäre Druck proportional \*\*\*). Soll indess diese Proportionalität wirklich statthaben, so muss zunächst die Quecksilbersäule entweder immer einerlei Temperatur haben, oder, wenn dies, wie in der Regel, nicht der Fall ist, durch Rechnung auf diejenige Länge zurückgeführt werden, welche sie haben würde, wenn die Temperatur unverändert geblieben wäre. Die Nothwendigkeit dieser Berichtigung wird einleuchten, wenn man erwägt, dass gleich lange Quecksilbersäulen unmöglich gleichen Druck ausüben können, sobald ihre Temperatur und

\*) Pogg. Ann. Bd. 40, S. 1.

\*\*) Gilb. Ann. Bd. 60, S. 146.

\*\*\*) Diesem Druck ist nothwendig auch die Elasticität oder Spannkraft der atmosphärischen Luft an Ort und Stelle gleich, weil sie eben aus jenem Druck hervorgeht. Verschließen wir den kurzen Schenkel des Barometers luftdicht, so behält aus diesem Grunde, obwohl der atmosphärische Druck abgehalten ist, die Quecksilbersäule unverändert ihren Stand.

damit auch ihr specifisches Gewicht verschieden ist. Erst nach dieser Berichtigung sind die an einem Ort zu verschiedenen Zeiten beobachteten Längen der Barometersäulen mit einander vergleichbar. Beobachtungen an verschiedenen Orten erfordern überdies noch eine andere Berichtigung. Da nämlich die Schwerkraft der Erde nicht allenthalben gleich ist, stärker an den Polen und der Erdoberfläche als unter dem Aequator und in bedeutender Höhe, so kann auch eine gleich lange Quecksilbersäule, selbst bei gleicher Temperatur, nicht überall dasselbe Gewicht haben oder denselben Druck ausüben; und wenn wir daher an verschiedenen Orten aus der Länge einer Quecksilbersäule auf den Druck derselben, welcher dem der Atmosphäre gleich ist, schliessen wollen, so sind wir genöthigt, die bei verschiedenen Werthen der Schwerkraft gemessenen Barometersäulen auf irgend eine derselben zu reduciren. Nur erst nach diesen beiden Berichtigungen sind die an verschiedenen Orten und bei verschiedenen Temperaturen beobachteten Barometersäulen mit einander vergleichbar \*).

Barometerbeobachtungen, auf diese Weise berichtigt, haben nun gelehrt, dass der Druck der Atmosphäre an jedem Ort der Erde einer beständigen Schwankung ausgesetzt ist, so dass man, um den wahren Werth dieses Drucks für irgend einen Ort kennen zu lernen, genöthigt ist, jahrelang und mehrmals täglich den Stand des Barometers aufzuzeichnen und aus allen Ständen das arithmetische Mittel zu ziehen. Was man dann erhält, ist der mittlere Barometerstand, das Maafs des mittleren Drucks der Atmosphäre an dem Beobachtungsort.

Dieser mittlere Druck ist verschieden nach der Lage des Orts, sowohl nach dessen Höhe über dem Meere, als auch nach dessen geographischer Breite, selbst nach der geographischen Länge. Je höher der Ort liegt, desto geringer ist der mittlere Luftdruck daselbst, und zwar ist die Höhe des Orts proportional dem Unterschiede zwischen den Logarithmen der mittleren Barometerstände am Meeresspiegel unter der geographischen Breite des Beobachtungsorts und an diesem Ort selbst. Dieser Satz, auf denen das barometrische Höhenmessen beruht, ist nothwendige Folge des Gleichgewichts der atmosphärischen Schichten. Die Verschiedenheit des mittlern Luftdrucks in gleicher Höhe über dem Meer, oder einfacher am Spiegel desselben, würde dagegen in einer im vollkommenen Gleichgewicht stehenden Atmosphäre nicht stattfinden; sie ist Folge von constanten Strömungen, die hauptsächlich durch Temperaturunterschiede erzeugt werden. Die Gröfse dieser Verschiedenheit, so wie überhaupt der Werth des mittleren Barometerstandes am Meere unter verschiedenen geographischen Breiten lässt sich daher nur durch Erfahrung bestimmen. Die zuverlässigsten Beobachtungen haben in dieser Beziehung Folgendes gelehrt \*\*).

\*) Versteht sich, dass der Maafsstab, mit welchem die Länge der Barometersäule gemessen wird, ebenfalls auf eine feste Temperatur zurückgeführt, und, wenn es die Construction des Instruments erforderlich macht, auch die Correction wegen der Capillarität angebracht worden ist.

\*\*\*) S. Pogg. Ann. Bd. 26, S. 395 u. Bd. 37, S. 475.

Mittlerer Barometerstand am Meeresspiegel unter verschiedenen Breiten bei 0° R. und reducirt auf die Schwere unter 45° Breite.

Orte.	Breite.	Baromet. par. Lin.	Orte.	Breite.	Baromet. par. Lin.
Cap . . . . .	33° S.	337,88	London . . . . .	51½ N.	337,53
Rio-Janeiro . . . . .	23	338,08	Altona . . . . .	53½	337,35
Christiansborg . . . . .	5½ N.	336,09	Danzig . . . . .	54½	337,24
Guayra . . . . .	10	336,16	Königsberg . . . . .	54½	337,41
St. Thomas . . . . .	19	336,44	Apenrade . . . . .	55	337,22
Macao . . . . .	23	337,62	Edinburg . . . . .	56	336,46
Teneriffa . . . . .	28	338,28	Christiania . . . . .	60	336,74
Madeira . . . . .	32½	338,83	Hardanger . . . . .	60	335,99
Tripolis . . . . .	33	339,83	Bergen . . . . .	60	336,02
Palermo . . . . .	38	338,00	Rickiavig . . . . .	64	333,89
Neapel . . . . .	41	337,82	Godthaab . . . . .	64	333,86
Florenz . . . . .	43½	337,71	Eyafjord . . . . .	66	334,64
Avignon . . . . .	44	337,77	Godhavn . . . . .	68	334,76
Bologna . . . . .	44½	337,85	Upernavik . . . . .	73	335,49
Padua . . . . .	45	337,87	Melville-Insel . . . . .	74¼	336,35
Paris . . . . .	49	337,65	Spitzbergen . . . . .	75½	336,23

Aus dieser Tafel erhellt, dass der mittlere Barometerstand oder Luftdruck unter der geogr. Breite von 32 bis 33° (wenigstens auf dem atlantischen Ocean) am größten ist, und von da abnimmt, sowohl nach dem Aequator als nach den Polen hin, wo indess schon unter dem Polarkreise (66°<sup>2</sup>/<sub>3</sub> nördl. Breite) ein Minimum eintritt, und weiter nordwärts eine Zunahme stattfindet. Alle diese Orte, mit Ausnahme von Macao, liegen in der westlichen Hemisphäre, nicht fern vom atlantischen Meere, und alle, mit Ausnahme der Capstadt und vom Rio Janeiro, nördlich vom Aequator, auch haben die in der Tafel aufgeführten Beobachtungen nicht alle einen gleichen Grad von Zuverlässigkeit. Wir können also aus ihnen nicht mit Sicherheit schliessen, wie der mittlere Druck der Atmosphäre in andern Quadranten der Erde unter verschiedenen Breiten beschaffen sey. Besäßen wir indess eine hinlängliche Zahl von Angaben über den mittlern Barometerstand an den verschiedensten Punkten des Meereshorizont, so würde das Mittel aus ihnen allen den mittlern Druck der gesammten Atmosphäre auf den Meeresspiegel geben, denjenigen, der bei vollkommner Ruhe der Atmosphäre an jedem Punkte des Meeresspiegels einträte und daher nothwendig an allen diesen Punkten gleich wäre. Die Gröfse dieses gesammten Mitteldrucks kennen wir noch nicht, indess ist ersichtlich, dass es auf der nördlichen Halbkugel, zwischen den Breiten 33° und 66° irgendwo eine Zone geben müsse, wo der mittlere Barometerstand am Meere mit diesem allgemeinen Mitteldruck zusammenfällt, und dass in allen übrigen Zonen ein grösserer oder geringerer mittlerer Barometerstand, d. h. eine Depression oder Elevation des mittlern Drucks der Atmosphäre stattfindet. In ermangelnder Kenntniss des allgemeinen Mitteldrucks der Atmosphäre am Meeresspiegel, können wir uns nur an den speciellen Mitteldruck eines bestimmten Orts im Meereshorizont halten, und wir irren wohl nicht viel, wenn wir für 45° Breite den mittlern Barometerstand am Meere, reducirt auf 0° und auf die Schwere unter 45° Breite zu 337,80 pariser Linien annehmen.

Hiernach beträgt der mittlere Druck der Atmosphäre am Meeresspiegel auf 1 Quadratcentimeterfläche = 1036,07 Gramme,  
 » 1 pariser Quadratzoll = 16,2325 Pfund preufs.

Bei allen Messungen, bei denen man den Druck der Atmosphäre zur Einheit annimmt, z. B. bei Bestimmung der Spannkraft der Wasserdämpfe, nimmt man in dem die Größe dieses Drucks, der Bequemlichkeit halber in runden Zahlen ausgedrückt, anders an, in Frankreich zu 760 Millimeter (336,905 par. Lin.), in England zu 30 engl. Zoll (337,784 p. Lin.) und in Deutschland meistens zu 28 Zoll oder 336 Lin. par. Maafs. Nach letzterer Annahme beträgt der Druck

auf 1 Quadratcentimeterfläche = 1030,55 Gramm.

» 1 pariser Quadratzoll = 16,1461 Pfund preufs.

Was die Schwankungen des atmosphärischen Drucks an einem und demselben Orte betrifft, so sind sie theils regelmäfsig, theils unregelmäfsig.

Unter den regelmäfsigen oder periodischen Schwankungen sind die täglichen; eben wegen ihrer Regelmäfsigkeit, am meisten studirt. Doch fehlt noch viel, dass das Phänomen in seiner ganzen Vollständigkeit genau bekannt wäre. Im Allgemeinen steigt das Barometer von früh Morgens bis Vormittags, sinkt dann bis Nachmittag, steigt nun wieder bis Abend, um abermals in der Nacht zu sinken und am Morgen seinen ursprünglichen Stand wieder einzunehmen, wenn nicht unterdessen eine unregelmäfsige Veränderung im Luftdruck eingetreten ist. In unseren Climates sind durchschnittlich die Eintrittszeiten des ersten Maximums etwa 9 $\frac{1}{2}$  Uhr Morgens, des ersten Minimums 4 Uhr Nachmittag, des zweiten Maximums 10 Uhr Abend, des zweiten Minimums 3 $\frac{1}{2}$  Uhr Nachts. Die Jahreszeit ändert in dem diese Stunden (Wendestunden, von A. v. Humboldt genannt) etwas ab. Im Sommer liegen die Zeiten der drei ersten Extreme, die am sorgfältigsten untersucht sind, ferner vom Mittage als im Winter. Eben so ist die Größe der Oscillationen oder der Unterschiede zwischen zwei auf einander folgenden Extremen nicht zu allen Jahreszeiten und bei allem Wetter gleich, sondern im Sommer und an heiteren Tagen größer als im Winter und bei bedeckter Luft.

Nach den von Kämtz zu Halle 4 $\frac{1}{2}$  Jahre lang meist stündlich angestellten Beobachtungen sind daselbst die Eintrittszeiten der Extreme folgende \*):

	Vormittägiges		Nachmittägiges	
	Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.
Januar . . . . .	4 $\frac{1}{2}$ ,48	9 $\frac{1}{2}$ ,95	3 $\frac{1}{2}$ ,13	9 $\frac{1}{2}$ ,22
Februar . . . . .	4 ,07	10 ,05	3 ,75	9 ,65
März . . . . .	3 ,44	9 ,94	4 ,46	10 ,07
April . . . . .	2 ,97	9 ,58	4 ,91	10 ,48
Mai . . . . .	3 ,88	9 ,45	5 ,04	10 ,91
Juni . . . . .	3 ,06	8 ,90	5 ,00	11 ,25
Juli . . . . .	3 ,23	8 ,98	4 ,96	11 ,30
August . . . . .	3 ,27	9 ,27	4 ,88	10 ,91
September . . . . .	3 ,30	9 ,56	4 ,57	10 ,18
October . . . . .	3 ,52	9 ,71	3 ,99	9 ,41
November . . . . .	3 ,98	9 ,75	3 ,32	8 ,85
December . . . . .	4 ,41	9 ,85	2 ,95	8 ,92
Mittel . . . . .	3 $\frac{1}{2}$ ,55	9 $\frac{1}{2}$ ,56	4 $\frac{1}{2}$ ,25	10 $\frac{1}{2}$ ,01

\*) Literat. d. Meteorolog. Bd. II, S. 271.

Und der Unterschied in den Barometerständen von:

	10 <sup>h</sup> V.—4 <sup>h</sup> N.	4 <sup>h</sup> N.—10 <sup>h</sup> N.	10 <sup>h</sup> N.—4 <sup>h</sup> V.	4 <sup>h</sup> V.—10 <sup>h</sup> V.
	par. Lin.	par. Lin.	par. Lin.	par. Lin.
Januar . . . . .	0,132	0,141	0,174	0,165
Februar . . . . .	0,211	0,158	0,150	0,203
März . . . . .	0,197	0,156	0,124	0,165
April . . . . .	0,322	0,189	0,118	0,251
Mai . . . . .	0,355	0,232	0,091	0,214
Juni . . . . .	0,407	0,258	0,047	0,196
Juli . . . . .	0,303	0,293	0,100	0,110
August . . . . .	0,357	0,228	0,114	0,243
September . . . . .	0,362	0,223	0,129	0,268
October . . . . .	0,413	0,175	0,175	0,102
November . . . . .	0,195	0,200	0,177	0,182
December . . . . .	0,200	0,195	0,247	0,252
Mittel . . . . .	0,288	0,204	0,137	0,196

Betrachtet man die Erscheinung unter verschiedenen geographischen Breiten, so findet man in den Wendestunden keine bedeutende oder wenigstens keine regelmässige Aenderung, allein die Grösse der Oscillationen nimmt ab vom Aequator nach den Polen. Doch ändert die Höhe des Orts über dem Meere hierin Manches. Auf grossen Hochflächen sind die Oscillationen nur wenig geringer als am Meeresspiegel, allein auf isolirten Bergen von bedeutender Höhe verschwinden sie entweder ganz, oder treten zu ganz anderen Stunden ein, als man sie bisher erwartete. Beobachtungen auf dem grossen Bernhard (7668 par. Fufs Höhe) um 9 Uhr Morgens und um 3 Uhr Nachmittags ergaben keine Oscillation und manchmal sogar eine umgekehrte. Kämtz fand dagegen auf dem Rigi-Culm (5555 par. F. Höhe) erstes Maximum 2 Uhr Nachmittags, erstes Minimum 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr Nachmittags zweites Maximum 10 Uhr Abends, zweites Minimum 6 Uhr Morgens; indess betrug der Unterschied zwischen den beiden ersten Extremen nur 0,03 Lin. Auf dem Faulhorn (8020 p. F. Höhe) sah derselbe Beobachter die Wendestunden nicht zu den gewöhnlichen Zeiten eintreffen, mit Deutlichkeit war nur ein Maximum um 11 Uhr Vormittags und im Minimum 4 Uhr Nachts zu bemerken, und der Unterschied betrug 0,45 par. Linien \*).

Beobachtungen über die täglichen Oscillationen sind in übergrosser Zahl an sehr verschiedenen Punkten der Erde angestellt, allein wenige darunter sind lange genug fortgesetzt, hinlänglich oft am Tage und zu den rechten Stunden gemacht, um genau die Zeit der Extreme und den Betrag ihrer Unterschiede mit völliger Genauigkeit daraus abzuleiten. Die Resultate der folgenden von Forbes (*Edinb. Journ. of Science N. S. T. VI. p. 272.*) entlehnten und hier noch etwas vervollständigten Tafel dürfen daher nur als eine erste Annäherung zur Wahrheit betrachtet werden, um so mehr als sie nur die Grösse einer Oscillation, nämlich des Unterschiedes zwischen dem vormittägigen Maximum und dem nachmittägigen Minimum enthalten, und zwar, ohne Rücksicht auf die Jahreszeit, nur gewissermassen den mittleren Werth dieser Grösse darstellen.

\*) Pogg. Ann. Bd. 27, S. 345.

Orte.	Geogra- phische Breite.	Höhe über dem Meere. Meter.	Unter- schied zwischen 1 <sup>t</sup> Maxim. und 1 <sup>t</sup> Minim. Millimet.		Dauer der Beobach- tungszeit. T..... Tag. M.... Monat. J..... Jahr.	Beobachter.
Offak . . .	0° 2'	10	2,93		3 T.	Duperrey.
Rawak . . .	0 2	10	2,61		4 T.	Freycinet.
Quito . . .	0 14	2907	2,25			La Condamine.
Antisana . . .	0 33	4093	0,97		1 T.	Humboldt.
Popayan . . .	2 26	1776	2,07		4 T.	Caldas.
St. Louis Maran- hon . . .	2 30	10	3,79		1 J.	Purera.
Ibagué . . .	4 28	1370	2,59		3 T.	Humboldt.
St. Fé de Bogota dto. dto.	4 36	2660	2,10		19 M.	Caldas. Boussingault.
Payta . . .	5 6	10	2,66		5 T.	Duperrey.
Ascension . . .	7 55	10	2,43		3 T.	dto.
Coupang . . .	10 9	10	2,96		9 T.	Freycinet.
Cumana . . .	10 28	10	2,55		12 T.	Humboldt.
Caracas . . .	10 31	936	2,70		11 T.	dto.
Guayra . . .	10 36	10	2,75		11 T.	dto.
Lima . . .	12 3	166	2,77		4 T.	dto.
Callao . . .	12 3	10	2,22		3 T.	dto.
O-Taïti . . .	17 29	10	2,15		7 T.	Simonoff.
Mexico . . .	19 26	2231	1,80		3 T.	Humboldt.
Isle de France . dto. dto.	20 10	10	1,72		20 T.	Freycinet.
Rio Janeiro . . dto. dto.	22 54	10	1,92		4 T.	Duperrey.
Berhampoor . .	24 4		2,58		2 T.	Freycinet
Benares . . .	25 30		2,33		1 J.	Dorta.
Cairo . . .	30 3		2,23		3 J.	Russell.
Port Jackson .	33 51	10	2,69		3 J.	Prinsep.
Marseille . . .	43 17	46	1,89		25 T.	Coutelle.
Toulouse . . .	43 36	156	1,71		19 T.	Freycinet.
Nismes . . .	43 50	65	0,83		5 J.	Gambart.
Alais . . .	44 7	132	1,00		4 J.	Marqué Victor.
Orange . . .	44 8		0,98		1 J.	Valz.
Chambery . . .	45 34	267	0,99		3 J.	D'Hombre Firmas.
Gr. Bernhard .	45 42	2491	0,85		5 J.	Gasparin.
Clermond - Fer- rand . . .	45 46	410	1,00		18 M.	Billiet.
Genf . . .	46 12	407	— 0,046		7 J.	Ramond.
Bevers . . .	46 34	1657	0,94		3 J.	
Bern . . .	46 57	532	0,74			
Zürch . . .	47 22	405	0,45		10 J.	Fueter.
St. Gallen . .	47 26	635	0,90		1 J.	Horner.
Strafsburg . .	48 35	150	0,88		1 J.	
Paris . . .	48 50	65	0,88		12 J.	Herrenschneider.
Dieppe . . .	49 49	154	0,76		12 J.	Bouvard.
Maestricht . .	50 51	52	0,49		8 J.	Nell de Bréauté.
London . . .	51 29	30	0,57		9 J.	Crahay.
Port Famin . .	53 38		0,57		1 J.	
Königsberg . .	54 42	30	0,21		6 M.	King.
Apenrade . . .	55 3	11	0,20		8 J.	Sommer.
Edinburg . . .	55 50	125	0,26		2 J.	Neuber.
Christiania . .	59 54		0,28		3 J.	Forbes.
			0,55		3 J.	Hansteen.

Die Zahlen in obiger Tafel sind die unmittelbaren Ergebnisse der Beobachtungen; da indess diese Beobachtungen immer nur zu gewissen festgesetzten und höchstens bis auf eine Stunde genäherten Momenten am Tage angestellt wurden, niemals aber genau zu den Zeiten der Maxima und Minima, so lassen sich diese Zeiten wie die Gröfsen der Oscillationen, genau genommen, nur aus sämmtlichen nach der Tageszeit geordneten Barometerständen mittelst einer Interpolation finden. Was solche, freilich wegen der oft großen Lücken in den Beobachtungen nicht ganz von Willkühr freien Interpolationen ergeben, mag man aus folgender, theils von Hällström (*Pogg. Ann. Bd. VIII u. XI*), theils von Kämtz (*Lehrb. d. Meteorol. Bd. II*) entlehnten Tafel ersehen:

Orte	Breite.	Höhe. Toisen.	Vormittägiges		Nachmittägiges		Unterschied zw.		Beobachter.
			Minim.	Maxim.	Minim.	Maxim.	kl. Min. und gr. Max.	gr. Min. und kl. Max.	
Südsee . . .	0	0	3 <sup>h</sup> 7	9 <sup>h</sup> 7	3 <sup>h</sup> 8	9 <sup>h</sup> 8	2,85	2,74	Lamnon.
Südamerica . . .	0	0	3 <sup>h</sup> 5	9 <sup>h</sup> 7	4 <sup>h</sup> 6	10 <sup>h</sup> 6	2,07	0,72	Humboldt.
Südsee . . .	0	0	3 <sup>h</sup> 6	9 <sup>h</sup> 4	3 <sup>h</sup> 8	9 <sup>h</sup> 9	1,97	1,36	Hornor.
Quito . . .	0° 13' S.	1432	3 <sup>h</sup> 7	10 <sup>h</sup> 9	5 <sup>h</sup> 4	10 <sup>h</sup> 7	2,42	0,54	Humboldt.
Popayan . . .	2 26 N.	914	4 <sup>h</sup> 0	9 <sup>h</sup> 4	4 <sup>h</sup> 0	10 <sup>h</sup> 6	1,93	0,96	Caldas.
Bogotá . . .	4 28	703	3 <sup>h</sup> 6	9 <sup>h</sup> 6	4 <sup>h</sup> 3	10 <sup>h</sup> 0	2,76	1,05	Humboldt.
Sierra Leona . . .	4 36	1366	3 <sup>h</sup> 2	9 <sup>h</sup> 3	3 <sup>h</sup> 9	10 <sup>h</sup> 0	2,69	1,40	Boussingault.
Sierra Leona . . .	5 6 S.	0	4 <sup>h</sup> 3	8 <sup>h</sup> 8	4 <sup>h</sup> 5	12 <sup>h</sup> 2	3,78	0,53	Duperrey.
Sierra Leona . . .	8 30 N.	0	6 <sup>h</sup> 0	11 <sup>h</sup> 9	5 <sup>h</sup> 0	11 <sup>h</sup> 2	2,43	1,00	Sabine.
Cumana . . .	10 28	15	3 <sup>h</sup> 1	8 <sup>h</sup> 9	4 <sup>h</sup> 1	10 <sup>h</sup> 6	2,51	0,61	Humboldt.
Caracas . . .	10 31	480	3 <sup>h</sup> 6	9 <sup>h</sup> 2	4 <sup>h</sup> 1	10 <sup>h</sup> 7	2,62	0,89	Boussingault.
La Guayra . . .	10 36	5	3 <sup>h</sup> 0	8 <sup>h</sup> 6	3 <sup>h</sup> 6	10 <sup>h</sup> 3	3,28	0,95	Yahn.
Lima . . .	12 3 S.	85	3 <sup>h</sup> 1	8 <sup>h</sup> 3	3 <sup>h</sup> 0	9 <sup>h</sup> 7	3,20	1,34	Humboldt.
Callao . . .	13 3 S.	0	2 <sup>h</sup> 9	8 <sup>h</sup> 8	3 <sup>h</sup> 4	9 <sup>h</sup> 6	2,72	1,33	do.
Madras . . .	13 4 N.	0	4 <sup>h</sup> 1	10 <sup>h</sup> 4	5 <sup>h</sup> 4	10 <sup>h</sup> 1	2,72	1,33	Goldingham.
Chittledroog . . .	14 11 S.	400	4 <sup>h</sup> 7	10 <sup>h</sup> 5	4 <sup>h</sup> 1	10 <sup>h</sup> 3	2,37	1,58	Kater.
O-Tari . . .	17 29 S.	0	3 <sup>h</sup> 0	9 <sup>h</sup> 2	3 <sup>h</sup> 7	9 <sup>h</sup> 5	2,08	1,28	Simonoff.
Südsee . . .	18 0 N.	0	4 <sup>h</sup> 1	9 <sup>h</sup> 6	4 <sup>h</sup> 1	10 <sup>h</sup> 5	1,57	0,93	Hornor.
Mexico . . .	19 26 N.	1468	4 <sup>h</sup> 1	9 <sup>h</sup> 4	4 <sup>h</sup> 0	10 <sup>h</sup> 6	2,43	1,23	Humboldt.
Calcutta . . .	22 35 S.	0	3 <sup>h</sup> 2	9 <sup>h</sup> 8	4 <sup>h</sup> 7	10 <sup>h</sup> 5	2,32	0,86	Balfour.
Rio Janeiro . . .	22 54 S.	0	4 <sup>h</sup> 2	9 <sup>h</sup> 8	4 <sup>h</sup> 3	11 <sup>h</sup> 0	2,58	1,41	Freycinet.
Cairo . . .	30 2 N.	0	3 <sup>h</sup> 9	9 <sup>h</sup> 2	4 <sup>h</sup> 0	10 <sup>h</sup> 8	0,73	0,36	Coutelle.
Padua . . .	45 24 S.	10	4 <sup>h</sup> 2	10 <sup>h</sup> 1	4 <sup>h</sup> 7	10 <sup>h</sup> 9	0,73	0,47	Chimnello.
München . . .	48 8	240	4 <sup>h</sup> 4	10 <sup>h</sup> 5	4 <sup>h</sup> 0	10 <sup>h</sup> 4	0,73	0,47	Yahn.
Paris . . .	48 50	40	3 <sup>h</sup> 6	9 <sup>h</sup> 7	4 <sup>h</sup> 4	10 <sup>h</sup> 5	0,84	0,38	Bouvard.
Halle . . .	51 29	96	3 <sup>h</sup> 4	9 <sup>h</sup> 5	4 <sup>h</sup> 2	10 <sup>h</sup> 2	0,44	0,08	Kämtz.
Bo . . .	60 27	5	5 <sup>h</sup> 4	11 <sup>h</sup> 9	4 <sup>h</sup> 1	10 <sup>h</sup> 2	0,44	0,08	Hällström.
Melville Ins.	74 56	0	3 <sup>h</sup> 2	6 <sup>h</sup> 7	1 <sup>h</sup> 3	8 <sup>h</sup> 8	0,22	0,02	Parry.

Das kleinere Minimum ist in der Regel das nachmittägige, wie das größere Maximum das vormittägige. Umgekehrt verhält es sich nur bei Quito, Sierra Leona, Chittledroog, München, Abo; und bei Callao, Mexico und Melville-Insel fallen diese beiden Extreme auf den Nachmittag, Alles vermuthlich nur in Folge zu kurzer Beobachtungszeit.

Was die Ursache der täglichen Schwankungen des Barometers betrifft, so ist sie noch nicht hinlänglich ermittelt, indess deutet die Abhängigkeit der Erscheinung von der Tages- und Jahreszeit, so wie die Zunahme ihrer Gröfse nach den Aequatorialregionen hin und überhaupt mit der Temperatur, genugsam darauf hin, dass die wärmende Wirkung der Sonne als die bedeutendste, wenn nicht als die alleinige Ursache zu betrachten sei.

Aufser den täglichen Schwankungen giebt es noch andere periodische Veränderungen im Luftdruck. Unter diesen sind die jährlichen, oder die Schwankungen des monatlichen Mittels des Barometerstandes die bedeutendsten. In und nahe bei den Tropenzonen sind diese Veränderungen am beträchtlichsten und zwar nimmt der Barometerstand von den kälteren nach den wärmeren Monaten fast regelmäfsig ab, wie aus folgender Tafel erhellen mag\*).

	Madras. Br. 13° 4' N.	Benares. Br. 25° 18' N.	Calcutta. Br. 22° 35' N.	Macao. Br. 22° 10' N.	Capstadt. Br. 33° 55' S.
Januar	337 <sup>'''</sup> , 34	334 <sup>'''</sup> , 87	337 <sup>'''</sup> , 325	340 <sup>'''</sup> , 417	337 <sup>'''</sup> , 08
Febr.	337 , 18	333 , 76	336 , 998	340 , 007	337 , 24
März	336 , 70	333 , 00	335 , 939	339 , 597	337 , 42
April	335 , 67	331 , 29	335 , 275	337 , 757	338 , 15
Mai .	334 , 37	330 , 26	333 , 288	337 , 627	338 , 84
Juni .	334 , 44	328 , 54	332 , 218	335 , 710	338 , 95
Juli .	334 , 59	328 , 33	331 , 953	335 , 976	339 , 65
August	334 , 75	329 , 51	332 , 511	335 , 976	339 , 15
Septbr.	335 , 10	330 , 69	333 , 716	337 , 889	338 , 69
Octbr.	335 , 54	332 , 63	335 , 264	338 , 399	338 , 69
Novbr.	335 , 79	333 , 83	337 , 510	339 , 642	337 , 53
Decbr.	337 , 11	334 , 90	337 , 631	340 , 740	337 , 52

In den gemäßigten Zonen unserer Gegenden scheinen die monatlichen Mittelstände des Barometers im Laufe des Jahres sogar zwei Maxima und zwei Minima zu haben, wie aus folgender auf vieljährige Beobachtungen gestützte Tafel hervorgeht\*\*).

\*) L. v. Buch in Pogg. Ann. Bd. 15, S. 355 u. Dove's Meteorol. Untersuchungen S. 305.

\*\*) Kämtz Meteorologie Bd. II.

	Paris.	Strafsburg.
	1816 — 1826.	1806 — 1820.
Januar . . . . .	335 <sup>'''</sup> ,86	333 <sup>'''</sup> ,128
Februar . . . . .	335 ,83	333 ,452
März . . . . .	334 ,96	332 ,905
April . . . . .	334 ,49	332 ,449
Mai . . . . .	334 ,52	332 ,516
Juni . . . . .	335 ,40	333 ,416
Juli . . . . .	335 ,09	333 ,168
August . . . . .	335 ,15	333 ,352
September . . . . .	335 ,14	333 ,633
October . . . . .	334 ,30	332 ,981
November . . . . .	334 ,86	332 ,866
December . . . . .	334 ,60	332 ,700

Je weiter nach Norden, desto undeutlicher wird diese Periode, doch haben Parry und Scoresby noch in den Polarregionen bemerkt, dass das Barometer im Frühling höher stehe als im Winter.

Die jährlichen Schwankungen des atmosphärischen Drucks werden offenbar, wie die täglichen, durch die Sonne hervorgerufen, nicht vermöge einer directen Anziehung, sondern vermöge ihres wärmenden Einflusses, in Folge dessen allgemeine Luftströmungen entstehen. Dies geht schon daraus hervor, dass die jährlichen Schwankungen in den heißen Climates aufs engste mit den regelmäßigen Winden, den Passaten oder Moussons, verknüpft sind.

Ganz unbekannt, hinsichtlich ihrer Ursache, ist uns dagegen eine andere, mit dem Mondlauf zusammenhängende Bewegung des Barometers. Ihr Daseyn ist lange bezweifelt worden, kann aber nach den neueren Untersuchungen von Schübler, Flaugergues, Eisenlohr und E. Bouvard nicht mehr gelegnet werden \*). Mehr als 20jährige Beobachtungen, zu Viviers, Strafsburg, Karlsruhe und Paris, gaben den drei letzteren Meteorologen das Resultat, dass das Barometer am Tage des zweiten Octanten im synodischen Lauf des Mondes am niedrigsten, am Tage des letzten Viertels dagegen am höchsten steht. Der Unterschied zwischen beiden Extremen beträgt nach Flaugergues 1<sup>mm</sup>,44, nach Eisenlohr 1<sup>mm</sup>,38, nach E. Bouvard 1<sup>mm</sup>,025 (Letzterer hat deren 2 Maxima und 2 Minima gefunden). Auch die Entfernung des Mondes von der Erde hat Einfluss; im Perigäo steht, nach Bouvard, das Barometer um 0<sup>mm</sup>,53 niedriger als im Apogäo. Wie der Mond diese Veränderungen im Barometerstande hervorbringe, wissen wir, wie gesagt, noch nicht; wir wissen nur so viel, dass es nicht durch eine directe Anziehung auf die Atmosphäre geschieht. Allerdings muss es eine atmosphärische Mondsfluth geben, so gut wie es eine solche Sonnenfluth giebt; allein beide, die sich übrigens täglich äußern müssten, wie die Meeresfluth, sind nach Laplace's Berechnungen viel zu unbedeutend, als dass sie durch die bis jetzt angestellten Beobachtungen ermittelt werden könnten. Der grösste Einfluss, den der Mond, vermöge seiner Anziehungskraft, auf die Atmosphäre ausübt, ist ein indirecter, und entspringt, nach jenem grossen Mathematiker, daraus, dass er den Meeresspiegel, als die allgemeine

\*) Pogg. Ann. Bd. XII, S. 308; Bd. XXX, S. 72 u. Bd. XXXV, S. 141 u. 309. — Correspondance mathém. T. VIII, p. 257.

Grundfläche der Atmosphäre, zwei Mal täglich hebt und senkt; doch ist auch die daraus entspringende Veränderung im Barometerstande so unbedeutend, dass sie schwerlich merkbar wird.

Unter unregelmäßigen Schwankungen versteht man solche, die keine bestimmte Periode befolgen. Sie zeigen sich auf der ganzen Erde; doch sind sie nahe beim Aequator weit unbedeutender als bei uns, und nehmen von dort nach den Polen hin immer mehr an Umfang zu. Der monatliche Umfang dieser Schwankungen beträgt im Jahresdurchschnitt zwischen den Tropen 1 bis höchstens 3 Linien, in Rom schon über 7, in Mailand 8, in München über 9, in Paris und Moskau über 10, in Berlin und Hamburg über 11, in London und Kopenhagen, Warschau und Petersburg über 12, in Stockholm über 13, in Edinburg fast 14 und in Christiania fast 15 par. Linien. Er ist nicht gleich zu allen Jahreszeiten, vielmehr am kleinsten im Sommer, und gröfser in den übrigen Monaten. Auch richtet er sich nicht allein nach der geograph. Breite des Orts, sondern auch nach der übrigen Lage desselben; in der Nähe des Meeres ist er immer bedeutender als tief landeinwärts. Diese unregelmäßigen Schwankungen des Barometers werden hauptsächlich durch schnelleintretende Temperaturveränderungen hervorgerufen, und sie stehen daher mit dem Gange eines im Freien aufgehängten Thermometers in nächster Beziehung. Im Allgemeinen steigt das Barometer, wenn das Thermometer sinkt, und umgekehrt; doch kommen auch Ausnahmen vor, und dann zeigt sich oft, dass die Barometerveränderungen den Thermometeränderungen vorgeeilt sind.

Den verschiedensten Einfluss auf die unregelmäßigen Aenderungen des atmosphärischen Drucks haben die Winde. Kalte Winde heben das Barometer, warme senken es. Bei uns bringen die nördlichen, und östlichen Winde Kälte, die westlichen und südlichen Wärme; darum sind jene die hebenden, diese die senkenden Winde. In der südlichen Halbkugel und, diesseits des Aequators, an der Ostseite der Continente ist es umgekehrt. Bei ihrem Eintritt äußern die Winde diesen Einfluss am stärksten, manchmal noch vor ihrem Eintritt, wenn sie an der Windfahne des Orts noch nicht zu spüren sind. Während ihrer Dauer, besonders wenn sie an Stärke nachlassen, nimmt er ab, und so geschieht es, dass das Barometer bei östlichen Winden fällt und bei westlichen steigt. Damit ist denn auch ein Drehen der Winde verknüpft, der östlichen von NO durch O nach SO, die westlichen von SW durch W nach NW, eine Drehungsrichtung, die in unseren Climates die häufigere ist. Jedem heftigen Sturm geht überdies fast immer ein tiefer Barometerstand voran. Besonders dieses Einflusses der Winde wegen, ist das Barometer ein meteorologisches oder meteoromantisches Instrument, denn, wenn auch örtliche Bildungen von wässrigen Niederschlägen und deren Auflösungen den Druck der Atmosphäre abändern, so sind es doch hauptsächlich die Dampf- und Wolkenmassen, die uns, neben der Wärme, durch die westlichen und südlichen Winde zugeführt und durch die östlichen und nördlichen entzogen werden, denen bei uns die Witterungsverhältnisse im Allgemeinen zuzuschreiben sind. Das Detail dieser Gegenstände gehört in die Meteorologie und macht einen wesentlichen Theil dieser Wissenschaft aus. Eine kurze Erwähnung verdienten diese Erscheinungen aber schon aus dem Grunde, weil ihrentwegen der experimentirende Physiker und Chemiker bei allen Versuchen, bei denen der Druck der Atmosphäre von Einfluss ist, genöthigt wird, den jedesmaligen Stand des Barometers in Obacht zu ziehen.

Die Dichtigkeit oder das specifische Gewicht der Atmosphäre würde, wenn diese vollkommen im Gleichgewicht wäre, auf dem Meeresspiegel am größten seyn und von dort nach oben fortwährend abnehmen, auch würde sie, wenn Temperatur und Feuchtigkeit überall gleich wären, gemäß dem Mariotteschen Gesetze, genau dem Druck und also dem Barometerstand proportional seyn\*). Keins von beiden ist aber in Wirklichkeit genau der Fall. Die Temperatur nimmt wie der Druck von unten nach oben ab, und da beide in entgegengesetzter Weise auf die Dichtigkeit der Luft wirken, ihre Wirkungen auch nicht demselben Gesetze folgen, so kann es leicht geschehen, und geschieht oft wirklich, dass die eine Wirkung über die andere die Oberhand erlangt. Namentlich ereignet es sich oft, dass die dicht über dem Erdboden befindlichen Luftschichten durch diesen stark erwärmt werden, und da sie, vermöge ihrer schlechten Wärmeleitung, diese Wärme nur langsam an die höher liegenden Schichten abtreten, so dehnen sie sich aus und werden specifisch leichter als es mit ihrer Lage verträglich ist. Sie werden daher durch kältere und specifisch schwerere Luftschichten verdrängt und steigen in die Höhe. Aehnlich wirkt der Wasserdampf. Aus beiden Ursachen entspringen die aufsteigenden Luftströme, die eine so große Rolle bei den meteorologischen Erscheinungen spielen. Die umgekehrte Ursache, die besonders in den oberen Regionen wirksam seyn muss, bringt die herabsteigenden Strömungen hervor. Wären Temperatur und Wassergehalt immer gleich in der Atmosphäre, so würde das Barometer, neben dem Druck und der Schwerkraft, auch die Dichtigkeit der Luft angeben; da aber jene Elemente nach Ort (ersteres auch nach Zeit) verschieden sind, so müssen diese erst berichtigt werden, bevor man aus den Angaben des Barometers auf die Dichtigkeit der Luft schließen kann. Das Manometer giebt dagegen wirklich direct die Dichtigkeit, sobald nur der Einfluss der Temperatur auf dieses Instrument, eine an einem Wagbalken aequilibrirte verschlossene Glaskugel, berichtigt worden ist.

Welche Progression die Dichtigkeit der Luft bei diesen Voraussetzungen über und unter der Erdoberfläche befolgen würde, ist aus folgender Tafel zu ersehen:

Höhe über der Erde	Dichtigkeit.	Tiefe unter der Erde.	Dichtigkeit.
0 Meilen	1,0000000	0 Meilen	1,0000
1 „	0,4038479	1 „	2,4775
2 „	0,1634093	2 „	6,1315
3 „	0,0662810	3 „	15,1585
4 „	0,02693 0	4 „	37,4363
5 „	0,0109695	5 „	92,3571
6 „	0,0044766	6 „	227,6087
7 „	0,0018306	7 „	445,5089
8 „	0,0007501	8 „	1378,007
9 „	0,0003080	9 „	3385,283
10 „	0,0001267	10 „	8307,686

In etwa  $7\frac{1}{2}$  Meilen Tiefe unter der Erde besäße demnach die Luft schon die Dichte des Wassers, und in etwas über 10 Meilen die des Quecksilbers, wenn das Mariotte'sche Gesetz für so große Drucke gültig bliebe. Letzteres ist indess im hohen Grade unwahrscheinlich; vielmehr ist, der Analogie mit anderen Gasen nach, stark zu vermuthen, dass die Luft, lange ehe sie diese Dichtigkeit erreicht, in den tropfbarflüssigen Zustand übergeht.

Die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, d. h. der wohlgeordneten, wird bei Dichtigkeitsbestimmungen aller übrigen Gase zur Einheit angenommen. Unter dem Druck einer Quecksilbersäule von 760 Millimetern\*) und bei 0° Temperatur wiegt, nach Biot und Arago's Bestimmung, 1 Liter, d. h. 1000 Kubikcentimeter, 1,299075 Gramme. Dasselbe Volumen Wasser auf dem Punkt seiner größten Dichtigkeit, d. h. bei 4°,0 C. wiegt 1000 Gramme. Unter den genannten Umständen ist also das spezifische Gewicht des Wassers, gegen das der Luft gleich Eins, = 769,778 oder das der Luft, gegen das des Wassers gleich Eins, = 0,001299075. Das Quecksilber bei 0° C. ist 13,598 Mal so dicht als Wasser bei 4°,0 C., folglich 10467,5 Mal so dicht als atmosphärische Luft bei 0°,76 und 0° C. Wenn die Luft überall diese Dichtigkeit besäße, so würde ihre Höhe, gemäß dem Satz von communicirenden Röhren, 10467,5 Mal so groß, als die der Barometersäule seyn, und also wenn letztere am Meere = 337,8 par. Lin. angenommen wird, 24555 par. Fufs betragen.

Die Temperatur der Atmosphäre ist das Resultat von erwärmenden und erkältenden Einwirkungen, die unausgesetzt neben einander thätig sind, obwohl nach Ort und Zeit in verschiedenem Grade, so dass entweder die einen oder die andern die Oberhand haben. Ohne diese Einwirkungen würde die Atmosphäre nur die Temperatur des Himmelsraum besitzen, welche man auf — 40° bis 50° C. anschlägt. Als erwärmende Ursachen kennen wir hauptsächlich zwei, unmittelbar die Sonne und mittelbar durch sie die Erde. Die Sonne wirkt, indem sie mit dem Licht auch Wärme in strahlender Form aussendet. Von dieser Wärmestrahlung geht ein großer Theil, man schätzt ihn auf sieben Zehntel, durch die Atmosphäre, ohne direct etwas zu deren Erwärmung beizutragen. Die übrige drei Zehntel aber erleiden eine Absorption in der Atmosphäre, und erregen in den unteren Schichten eine höhere Temperatur als in den oberen, theils weil sie in jenen stärker als in diesen absorbirt werden, theils weil die unteren Schichten, als die dichteren, eine geringere Wärmecapazität als die oberen, mehr lockeren, besitzen. Die frei durch die Atmosphäre gegangenen sieben Zehntel der Sonnenwärme gelangen zur Erdoberfläche und erwärmen sie. Von dieser Wärme giebt die Erdoberfläche einen Theil durch unmittelbare Berührung, einen andern aber durch Strahlung an die Atmosphäre zurück. Der erstere erstreckt sich nur auf die untersten Luftschichten, der letztere aber geht bis in die obersten Regionen der Atmosphäre und noch darüber hinaus in den Himmelsraum. Bei diesem Durchgang durch die Atmosphäre findet wieder eine Absorption Statt, die nicht nur in den dichteren Schichten eine höhere Temperatur als in den lockeren erregt, wie die der unmittelbaren Sonnenwärme, sondern auch im Ganzen stärker ist als letztere Absorption, da Wärmestrahlen aus dunklen Wärmequellen, wie die Erde ist, reichlicher absorbirt werden als die Strahlen einer leuchtenden Wärmequelle, wie der Sonne. Vermöge dieses dreifachen Vorgangs erlangt nur die Atmosphäre unten eine höhere Temperatur als oben. Indess wirkt hiezu noch eine andere Ursache mit, nämlich die Wärmestrahlung der durch Absorption erwärmten Lufttheilchen. Ohne sie würde die Atmosphäre doch zuletzt in allen Höhen eine gleiche Temperatur bekommen; allein sie führt beständig gegen den kalten Himmelsraum einen großen Theil der erlangten Wärme ab, und macht, dass die oberen Luftschichten beständig kälter als die unteren bleiben; sie muss selbst der Erdoberfläche Wärme zuführen, wenn

\*) Unter 45° geogr. Breite.

diese durch ihre eigene Wärmestrahlung in den Himmelsraum kälter geworden ist als die zunächst über ihr befindlichen Luftschichten. Diese Wärmestrahlung der Lufttheilchen und diejenige der Erdoberfläche, welche frei durch die Luft in den Himmelsraum dringt, sind unter den erkältesten Einwirkungen auf die Atmosphäre die beiden allgemeinsten.

Wirken die beiden erwärmenden Ursachen immer und überall mit gleicher Kraft und wäre zugleich die Atmosphäre eine starre Masse von constanter Durchsichtigkeit, so würde die Vertheilung der Temperatur in derselben eine unveränderliche und sehr regelmäßige seyn; sie würde bloß in senkrechten Richtungen ungleich seyn, ohne je darin eine Schwankung zu zeigen. Allein weder die Einwirkungen auf die Atmosphäre, noch der Zustand und die Beschaffenheit derselben, sind überall und immer gleich. Die Sonne zunächst kann zwar an sich als eine unveränderliche Wärmequelle angesehen werden, obwohl doch in Jahrhunderten und selbst in kürzeren Perioden, mit dem Erscheinen und Verschwinden sogenannter Sonnenflecke und Sonnenfackeln, Veränderungen in ihrer Intensität eintreten mögen, allein ihre Wirkung ist durch Verschiedenheit in Neigung der Strahlen und in Länge der Tagesbögen (wodurch einerseits die Menge der auf eine gewisse Fläche fallenden Strahlen und die Länge des von ihnen in der Atmosphäre zurückgelegten Weges, also die Intensität dieser Strahlen, so wie andererseits die Dauer ihrer Wirkung abgeändert werden) sehr verschieden, sowohl nach der geographischen Breite, als auch, für eine und dieselbe, Breite nach Tages- und Jahreszeit. Dann ist zweitens die Erde oder vielmehr ihre Oberfläche eine veränderliche Wärmequelle, deren Temperatur von der veränderlichen Sonnenwirkung hervorgerufen wird. Aus beiden Gründen entsteht nicht nur, neben der Temperaturverschiedenheit in senkrechter Richtung, eine andere in der Richtung der Meridiane, sondern auch an einem und demselben Orte ein dem täglichen und jährlichen Gange der Sonne entsprechendes Schwanken derselben.

Hiezu kommt noch, dass die Atmosphäre, statt eine starre Masse zu seyn, eine große Beweglichkeit in ihren Theilchen besitzt. In Folge dieser Eigenschaft haben die ungleichen Erwärmungen noch die secundäre Wirkung, dass sie Strömungen oder Winde hervorrufen. Namentlich am Boden wird die Luft häufig stärker erwärmt und ausgedehnt als mit dem Gleichgewichtszustande in Bezug auf die oberen Schichten verträglich ist, und so entstehen aufsteigende Ströme, die von den Seiten her durch dichtere Luft aus kälteren Gegenden ersetzt wird. Solche aufsteigende Luftströme bilden sich überall am Tage, und stärker im Sommer als im Winter; allein besonders mächtig sind sie in den Aequatorialregionen, wo die zur Mittagszeit nahe lothrechten Sonnenstrahlen ihre volle Kraft entfalten können. Durch diese immerwährenden Aequatorialströme, die, nachdem sie sich erhoben haben, gegen die Pole der Erde abfließen, und von dort durch kältere Luft ersetzt werden, entsteht eine allgemeine Circulation in der Atmosphäre, welche nothwendig die entstandenen Temperatur-Unterschiede theilweise ausgleichen muss.

Stände indess die directe Erwärmung der Erdoberfläche nur überall in einem festen Verhältnisse zur Sonnenwirkung, so würde doch die Temperatur der Atmosphäre noch eine sehr gesetzmäßige Vertheilung und Schwankung darbieten; sie würde bloß nach geographischer Breite, nach Höhe über dem Meere, nach Tages- und Jahreszeit verschieden seyn. Allein die Temperatur, welche ein Stück der Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlen erlangt, hängt nicht bloß von der directen Wirkung die-

ser Strahlen ab, sondern wesentlich auch von der Beschaffenheit des Bodens und von der örtlichen Lage. Ein trockener dürre Sandboden wird stärker erhitzt als ein feuchter Wiesengrund oder eine Waldfläche, ein dunkles Gestein stärker als ein helles, eine tiefliegende Ebene stärker als ein hohes Gebirge, überhaupt das Land stärker als das Meer. Diesen örtlichen Ungleichheiten in der Erwärmungsfähigkeit, die mit dem Wärmeausstrahlungsvermögen im geraden Verhältnisse stehen, treten noch die Störungen hinzu, welche das Meer veranlasst, dadurch, dass es, als eine in seinen Theilen bewegliche Masse, durch die in Richtung der Meridiane ungleiche Erwärmung in Strömungen geräth, und auf diese Weise, ähnlich der Atmosphäre, die Temperaturunterschiede theilweise ausgleicht. Alle diese Vorgänge wirken auch wieder insofern auf die Atmosphäre zurück, als sie die Richtung und Stärke der allgemeineren Luftströme abändern und eine große Zahl mehr oder weniger örtlicher hervorrufen.

Vollends verwickelt werden die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre endlich noch durch die Verdunstungsfähigkeit des Wassers. Nicht nur, dass überall, wo Wasser verdampft, Wärme verschluckt wird, und wo der gebildete Dampf sich niederschlägt, eine Entbindung von Wärme stattfindet, wird auch durch die Anwesenheit des Wasserdampfes die Durchsichtigkeit der Atmosphäre aufs mannigfaltigste getrübt, und dadurch die erwärmenden Wirkungen der Sonne und der Erde, so wie die erkältenden des Wärmestrahls der Erde und der Luftschichten, in hohem Grade abgeändert. Am Tage mäsigt eine dicke Wolkenschicht die Temperatur, indem sie nur einen geringen Theil der Sonnenwärme durchlässt, den größeren aber reflectirt oder absorbiert; bei Nacht dagegen wirkt sie erwärmend, indem sie die unteren Luftschichten und die Erdoberfläche verhindert, Wärme gegen den Himmel auszustrahlen. Im Ganzen geht also die Wirkung einer Bedeckung oder Trübung der Atmosphäre dahin, die Temperatur gleichförmiger oder ihre Schwankungen geringer zu machen. Orte, die, wegen der Nähe des Meeres, oder wegen des Vorwaltens von dort her kommender Winde, häufig bedeckte Luft haben, zeigen deshalb in allen ihren Temperaturverhältnissen geringere Extreme als andere, die, obwohl unter derselben geographischen Breite, aber mitten im Continent liegend, eines mehr heiteren Himmels genießen.

Alle diese secundären Wirkungen tragen dazu bei, die ursprüngliche Vertheilung und Schwankung der Temperatur in der Atmosphäre zu verwischen, und sie mehr oder weniger von der allgemeinen Configuration und Beschaffenheit der Länder abhängig zu machen. An ein allgemeines Gesetz für die Temperaturerscheinungen der Atmosphäre ist daher für jetzt und muthmaßlich auch für immer nicht zu denken; alles, was bisher erreicht worden, besteht darin, dass man aus den sehr zahlreich angestellten Beobachtungen einige partielle Gesetze oder empirische Regeln abgeleitet hat.

Die Temperatur der Atmosphäre kann unter zweifachem Gesichtspunkte aufgefasst werden, erstlich indem man sie an einem und demselben Orte für verschiedene Zeitpunkte oder Zeitabschnitte in Betracht zieht, oder zweitens indem man sie an verschiedenen Orten für gleiche Zeitpunkte oder Zeitabschnitte mit einander vergleicht. In beider Beziehung ist man jedoch auf Orte von geringer Höhe über dem Meere oder wenigstens über dem Erdboden beschränkt. Von der Temperatur der freien Atmosphäre hoch über dem Boden wissen wir nur wenig, durch vereinzelte, in Luftballonen angestellte Beobachtungen.

Mit den Beobachtungen an einem und demselben Orte bezweckt man entweder die Mittelwerthe oder die mittleren Schwankungen der Temperatur der Stunden, der Tage, der Monate, der Jahreszeiten, der ganzen Jahre oder noch längerer Zeiträume kennen zu lernen. Beide Elemente erfährt man, besonders in den außerhalb der Tropenzone liegenden Gegenden, wo die Schwankungen meist immer große Unregelmäßigkeiten darbieten, nur dadurch, dass man die Beobachtungen in verhältnissmäßig kurzen Intervallen eine lange Zeit fortsetzt. Je näher der Ort den Polen liegt und je kürzer der Zeitraum ist, für welche man jene Elemente bestimmen will, desto öfter und länger muss beobachtet werden.

Vom nächsten Interesse ist das erste Element, nämlich die mittlere Temperatur eines der genannten Zeitabschnitte, hauptsächlich die der Monate, der Jahreszeiten und der ganzen Jahre, weil sie als Anhaltspunkte zur Beurtheilung des Klima eines Ortes dienen. Für diese Zeitabschnitte findet man die mittlere Temperatur aus der der Tage, obwohl die letztere nicht nothwendig gekannt zu seyn braucht, um erstere zu erfahren, um so weniger, je länger der Zeitabschnitt ist. Man kann z. B. die Mitteltemperatur des Jahres bestimmen, ohne die der Monate und Tage zu kennen; zu der der Monate ist jedoch schon wenigstens eine angenäherte Kenntniss von der der Tage erforderlich. Die Mitteltemperatur eines Tages würde, streng genommen, nur gefunden, wenn man das Thermometer den ganzen Tag hindurch in kleinen und gleich-abständigen Zeitpunkten, z. B. wenigstens von Stunde zu Stunde, beobachtete, sämtliche Temperaturen addirte und durch die Anzahl der Beobachtungen dividirte. Eine solche Beobachtungsweise unausgesetzt fortzuführen, wäre indess, für eine einzelne Person, nur mit besonders eingerichteten Thermometrographen möglich, welche die Temperatur für jeden festgesetzten Zeitpunkt des Beobachters anmerkten. Man hat jedoch dergleichen Beobachtungen kürzere Zeit, ja, mit Hülfe mehrerer Personen, sogar Jahre lang fortgesetzt, um daraus Regeln abzuleiten, die mittlere Temperatur des Tags aus wenigen Ablesungen zu finden. Solche Beobachtungen sind angestellt zu Padua von Chiminello, in Fort Leith von den Officieren der dortigen Besatzung, zu Salz-Uffeln von R. Brandes, zu Mühlhausen von Graeger, auf Nowaja-Semja Pachtussow und Ziwolka, auf Boothia felix von Cap. Ross, zu Madras zu Goldingham und zu Plymouth (fünf Jahre lang stündlich) von dortigen Hafenbeamten\*).

Es ist besonders die Mitteltemperatur des Tages, im monatlichen Durchschnitt genommen, auf welche man, zum Behufe der Bestimmung der Mitteltemperatur eines ganzen Monats, hiebei sein Augenmerk gerichtet hat, denn für einen einzelnen bestimmten Tag findet man, mit Genauigkeit, die mittlere Temperatur schwerlich anders als durch das Mittel aus stündlich angestellten Beobachtungen.

Zur Bestimmung der mittleren Temperatur des Tages, im monatlichen Durchschnitt, aus wenigen Beobachtungen sind verschiedene Vorschriften gegeben, die man in zwei Klassen zerfallen kann, in empirische oder solche, die das Gesuchte aus dem arithmetischen Mittel zweckmässig gewählter Beobachtungen zu finden lehren, und in theoretische oder solche, die dazu rationelle Rechnungen erfordern.

Unter den Vorschriften der ersteren Art ist die bequemste und zu-

\*) Pogg. Ann. Bd. 42, S. 630; Bd. 43, S. 336; Bd. 46, S. 668; Bd. 51 E, S. 192; und Dove's Repert. der Phys. Bd. III, S. 342.

gleich gebräuchlichste die von A. v. Humboldt empfohlene, nach der man das arithmetische Mittel aus den täglich am Thermometrographen (S. diesen Artikel) abgelesenen Maximis und Minimis nimmt. Weniger bequem, jedoch vielleicht genauer ist das arithmetische Mittel aus den Beobachtungen zur Zeit des Sonnenaufgangs und um 2 Uhr Nachmittags, ferner das aus Beobachtungen um 4 Uhr Morgens und 4 Uhr Abends, oder 10 Uhr Morgens oder 10 Uhr Abends; andere gleichnamige (homonyme) Stunden geben ein unrichtiges Resultat. Will man drei Mal täglich beobachten, so sind 8 Uhr Morgens, 4 und 12 Uhr Abends oder 7 Uhr M., 2 und 9 U. A. die geeignetsten Stunden. Ein noch genaueres Resultat erhält man durch vier Beobachtungen um 4 und 10 Uhr Vormittags und 4 und 10 Uhr Abends. Selbst eine einzige Beobachtung am Tage, nämlich zur Zeit des Sonnenuntergangs, kann eine leidliche Bestimmung geben.

Vorschriften der zweiten Art sind von Tralles, Posselt, Hällström, Bouvard, Kämtz gegeben, doch kann ihre Auseinandersetzung hier keinen Platz finden \*).

Hat man auf eine oder die andere Weise die Mitteltemperatur der Tage aus Beobachtungen bestimmt, so findet sich natürlich die der Monate durch das arithmetische Mittel derselben. Einen genäherten Werth für die Mitteltemperatur eines Monats erhält man auch schon durch das arithmetische Mittel aus dem Maximum und Minimum des ganzen Monats.

Die Mitteltemperatur des Jahres ergibt sich aus der der einzelnen Monate. Will man sie indess blofs für sich kennen lernen, so reicht es hin (wenigstens für unsere Breiten), dass man täglich um 9 Uhr Morgens oder um 8 Uhr Abends beobachtet, und aus allen Ablesungen das Mittel nehme; das Resultat kommt etwa bis auf einen halben Grad der Wahrheit nahe. Genauer ist, nach Brewster's Bemerkung, das Mittel aus Beobachtungen an irgend einem Paar homonymer Stunden, vorzüglich 10 Uhr Morgens und 10 Uhr Abends oder 11 M. und 11 U. Ab.; doch kann man, wohl verstanden, weder auf die eine noch auf die andere Weise die mittlere Temperatur einzelner Monate mit Genauigkeit finden. Ferner lässt sich, wie Hr. v. Humboldt durch zahlreiche Erfahrungen aus allen Breiten gezeigt hat, die Mitteltemperatur des Jahres aus der eines einzigen Monats finden, nämlich der des Octobers. Hat man die letztere auf eine der angegebenen Weisen ermittelt, so besitzt man damit auch die erstere. Ein sehr genaues und ganz bequemes Verfahren zur Auffindung der mittleren Jahrestemperatur besteht endlich darin, dass man ein Thermometer, welches durch Einschließung in eine bedeutende Masse von schlechter Wärmeleitung, z. B. ein in der Luft aufgehängtes Fass Sand, sehr träge gemacht hat, täglich einmal oder wöchentlich ein paar Mal beobachtet \*\*).

\*) Man findet sie sämtlich zusammengestellt in Pogg. Ann. Bd. 42, S. 630.

\*\*) S. Pogg. Ann. Bd. IV, S. 417. — In älteren Zeiten begnügte man sich auch wohl mit dem arithmetischen Mittel aus dem Maximum und Minimum im ganzen Jahre; allein dies Verfahren kann jetzt nur für solche Orte gebilligt werden, die man, wie etwa die in der Nachbarschaft der Pole oder auf den Gipfeln hoher Berge, nicht anders als unter großen Zurüstungen zu allen Jahreszeiten besuchen kann. — Empfehlenswerther, wenngleich etwas kostbar ist das früher von Brewster und Grassmann empfohlene, und in neuerer Zeit vom Uhrmacher Jürgensen in etwas veränderter Form zur Ausführung gebrachte Hilfsmittel, nämlich eine Uhr, welche, mittelst eines eigends für Temperaturveränderungen sehr empfindlich gemachten Pendels oder Balanciers,

Auf welche Weise man auch die Mitteltemperatur des Jahres bestimmt habe, so liefert sie doch, sobald man sich mit einem Jahre begnügt, noch nicht die wahre Mitteltemperatur der Luft an einem Ort der Erdoberfläche, da ein Jahr in dieser Beziehung immer etwas und zuweilen nicht unbedeutend verschieden ist von einem andern. Besonders ist dies der Fall in höheren Breiten. Je näher der Ort den Polen liegt, desto mehr schwankt die Mitteltemperatur von Jahr zu Jahr. In Paris betrug sie in den Jahren 1806 und 1822  $+ 12^{\circ},1$  C., im Jahre 1816 dagegen nur  $9^{\circ},4$  C., in den zehn Jahren von 1806 bis 1815 war sie durchschnittlich  $10^{\circ},68$ , in den folgenden zehn Jahren 1816 bis 1826 dagegen  $10^{\circ},91$ , und im Mittel aus allen 21 Jahren  $10^{\circ},80$  C. Das Mittel aus den beiden Jahren der Extreme in diesem Zeitraume, nämlich von 1806 oder 1822 und 1816 giebt  $10^{\circ},75$  C., nahe denselben Werth. Man sieht hieraus, dass schon in unseren Breiten selbst ein Zeitraum von zehn Jahren noch nicht zureicht, die Mitteltemperatur der Luft eines Orts bis auf ein Zehntel eines Centesimalgrades mit Sicherheit zu bestimmen; ein noch längerer Zeitraum ist also unter höheren Breiten erforderlich. Dasselbe gilt in noch gesteigertem Maasse von der Mitteltemperatur der Jahreszeiten, der Monate oder gar der Tage, da, was die Vertheilung der Wärme betrifft, ein Jahr noch ungleich mehr von einem andern abweicht als in Bezug auf seine Mitteltemperatur. Man kann wohl sagen, dass, wenn in unsern Breiten zehn Jahre zur genauen Bestimmung der wahren Mitteltemperatur eines Orts erforderlich sind, 120 Jahre erfordert werden, um die Mitteltemperatur desselben für einzelne Monate, besonders die Wintermonate, ebenso genau festzusetzen.

Die Bestimmung der mittlern Lufttemperatur verschiedener Orte macht eine Hauptaufgabe der Meteorologie aus, und ist daher, seitdem dieser Zweig der Physik einen wissenschaftlichen Charakter angenommen hat, vielfach der Gegenstand anhaltender Beobachtungen gewesen. Wo nur die Civilisation festen Fufs gefasst hat, oder wo nur Naturforscher Gelegenheit hatten, längere Zeit zu verweilen, sind zu diesem Zwecke Thermometer-Beobachtungen angestellt worden. Die Zahl der Orte, für welche man auf solche Weise das genannte Element zu ermitteln gesucht hat, ist so groß, dass eine Mittheilung der erlangten Resultate bei weitem die Gränzen und den Zweck dieses Werkes überschreiten würde \*). Wir begnügen uns daher hier mit der Bemerkung, dass, wenngleich ein bedeutender Theil der Resultate der erforderlichen Zuverlässigkeit entbehrt, indem entweder die Beobachtungen einen zu kurzen Zeitraum umfassten, oder die Thermometer nicht die erforderliche Genauigkeit besaßen, oder nicht hinlänglich geschützt gegen störende Einwirkungen aufgehängt waren, oder endlich, was noch häufiger ist, nicht zu den rechten Tagesstunden abgelesen wurden, doch schon durch die Gesamtmasse dieser Beobachtungen eine sehr genäherte Kenntniss über die Vertheilung und Schwankung der Wärme in der Atmosphäre an der Erdoberfläche erlangt worden ist, welche erlaubt, die Hauptgesetze derselben mit einem bedeutenden Grad von Sicherheit festzustellen.

Ein Hauptresultat derselben ist: dass die Mitteltemperatur, sowohl

durch ihren Gang die mittlere Temperatur des Jahres und überhaupt eines jeden beliebigen Zeitabschnitts angiebt. S. Pogg. Ann. Bd. 39, S. 524.

\*) Das vollständigste Verzeichniss der bis jetzt bestimmten Mitteltemperaturen findet man im 4ten Bande des Dove'schen Repertorium der Physik durch Mahlmann zusammengestellt.

des Jahrs als der Jahreszeiten, zwar im Allgemeinen vom Aequator zu nach den Polen hin abnimmt, aber nicht unter allen Meridianen in einem gleichen Verhältniss, so dass sie zugleich von der geographischen Breite und der geographischen Länge abhängt. Eine Folge hiervon ist, dass wenn man die Orte gleicher Wärme durch Linien mit einander verbindet, diese Linien nicht den Parallelkreisen parallel laufen, sondern gegen sie geneigt sind und von der Kreisgestalt abweichen. Die Linien gleicher mittlerer Jahrestemperatur, *Isothermen* genannt, biegen sich über den Westhälften beider großen Erdvesten und den daran gränzenden Theil der Weltmeere viel weiter nach den Polen als über den Osthälften derselben, so dass z. B. Europa und das westliche Nordamerika eine beträchtlich höhere Mitteltemperatur besitzt, als, unter gleicher Breite, das Innere von Asien oder das östliche Nordamerika, und das Minimum dieser Temperatur nicht mit dem Nordpol zusammenfällt, sondern sich an zwei Punkten (sogenannten Kältepolen) einstellt, von denen der eine an den Nordküsten Asiens und der andere an denen Amerika's liegt.

So hat *Peking* (unter  $39^{\circ} 54' N.$ ) eine Mitteltemperatur von  $12^{\circ},7 C$ , dagegen *Rom*, obwohl etwas nördlicher gelegen (unter  $41^{\circ} 54' N.$ ) schon eine von  $15^{\circ},5$ . — *Fort Vancouver*, an der Westküste Amerika's unter  $45^{\circ} 38'$ , genießt einer mittleren Wärme von  $12^{\circ},8 C$ , *Montreal* unter fast derselben Breite ( $45^{\circ} 31' N.$ ), in *Canada*, an der Ostküste dieses Continents, dagegen nur einer von  $7^{\circ},6$ .

Eine ähnliche Abweichung zeigen die Linien gleicher Sommer- und gleicher Winterwärme (*Isotheren* und *Isochimenen*). Unter gleichen geographischen Breiten rücken die ersteren über den Osthälften der Continente viel weiter nach Norden, und die letzteren viel weiter nach Süden als über den Westhälften, oder anders gesagt, jene haben heißere Sommer und kältere Winter als diese. Dieselbe Erscheinung wiederholen sich auch bei dem Innern der Continente im Gegensatz zu den Küsten und Inseln, sie bedingen die Verschiedenheit des *Continentalklima* vom *Küsten- oder Seeklima*, von denen letzteres durch kühlere Sommer und mildere Winter, also durch geringere Extreme, als ersteres ausgezeichnet ist.

Belege hierzu sind folgende Angaben:

	Geogr. Breite.	Mitteltemperatur des		
		Jahres.	Winters.	Sommers.
<i>Petersburg</i> . . .	$59^{\circ} 56'$	$+ 4^{\circ}, 0 C.$	$- 7^{\circ}, 4 C.$	$+ 16^{\circ}, 1 C.$
<i>Christiania</i> . . .	$59 55$	$+ 5, 3$	$- 3, 7$	$+ 15, 8$
<i>Edinburg</i> . . . .	$55 58$	$+ 8, 4$	$+ 3, 5$	$+ 14, 1$
<i>Moskau</i> . . . . .	$55 45$	$+ 3, 3$	$- 10, 5$	$+ 16, 9$
<i>Dublin</i> . . . . .	$53 21$	$+ 9, 6$	$+ 4, 0$	$+ 15, 3$
<i>Barnaul</i> . . . . .	$53 20$	$+ 1, 7$	$- 14, 0$	$+ 16, 6$

Die weitere Ausführung dieser Betrachtungen gehört in die Meteorologie. Wir wollen hier daher nur noch darauf aufmerksam machen, dass die bei solchen Vergleichen, sowie überhaupt bei Construction der Linien gleicher Wärme in Betracht gezogenen Orte eigentlich auch in gleicher Höhe über dem Meere liegen müssten, was aber nicht immer der Fall ist und seyn kann.

Ueber die Temperatur in den oberen Schichten der freien Atmosphäre sind wir noch ganz im Ungewissen. Wir besitzen hierüber nur eine zuverlässige Reihe von Beobachtungen, die, welche Gay-Lussac auf seiner aërostatischen Reise am 16. Sept. 1804 anstellte; sie steht indess zu isolirt, um das Gesetz der Temperatur-Abnahme mit der Höhe daraus ableiten zu können. Unten in Paris war die Temperatur 30°,8 C., in 3580,0 Toisen Höhe dagegen nur — 9°,5. Nimmt man an, was das einfachste ist, die Temperatur-Abnahme sey eine gleichförmige, so kommen 89,3 Toisen Erhebung auf einen Centigrad. Die meisten der übrigen Beobachtungen sind auf Bergen oder Hochebenen in geringer Höhe über dem Boden angestellt, und können alle wegen der Nähe des Bodens keinen Aufschluss über die Temperatur mitten im freien Luftraum geben; auch weichen ihre Resultate, nach geographischer Breite und ähnlicher Lage der Punkte, nach Jahreszeit und Witterung bedeutend von einander ab, in einigen Fällen in dem Verhältniss 1 : 2 und darüber. Es lässt sich nur so viel aus ihnen abnehmen, dass unter solchen Verhältnissen zu 1°C. Temperatur-Abnahme im Winter 80 und im Sommer 110 Toisen Erhebung nöthig sind, vorausgesetzt, dass die Temperatur nach arithmetischem Verhältnisse mit der Höhe abnehme. Diese Abnahme, obwohl die einfachste, ist sicher nicht die richtige; im Gegentheil steht zu glauben, dass die Temperatur desto langsamer abnehme, je gröfser die Höhe ist. Auch steht zu vermuthen, dass alle Temperatur-Schwankungen in grossen Höhen geringer seyen als unten am Boden.

## 2. Chemische Beschaffenheit.

Das Material, welches die Atmosphäre unseres Erdkörpers bildet, ist nicht, wie man früher glaubte, ein einfaches Gas, sondern ein Gemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserdampf und geringen Mengen anderer Gase und Dämpfe, die theils bei vulkanischen Vorgängen, theils bei den Processen der organischen Natur, theils endlich durch die Kunst des Menschen, bei industriellen Operationen, entwickelt werden. Die letzteren Bestandtheile, zu welchen man noch die im Zustand grosser Zertheilung mechanisch schwebenden Substanzen zählen kann, sind indess sowohl ihrer sehr geringen Menge als ihres meist örtlichen Vorkommens wegen, nur als zufällige zu betrachten. Es bleiben also als Hauptbestandtheile nur die vier zuerst genannten übrig, und selbst von diesen finden sich die Kohlensäure und der Wasserdampf in verhältnissmäfsig so geringen und veränderlichen Antheilen, dass man auch sie, unter gewissem Gesichtspunkte, nicht als wesentlich anzusehen pflegt. Im engeren Sinne des Worts versteht man unter »atmosphärischer Luft« oder schlechthin »Luft«, blofs das Gemeng von Stickstoff und Sauerstoff; wenigstens ist es dieses, dessen Dichtigkeit bei Bestimmung der Dichtigkeit anderer Gase und Dämpfe als Einheit zum Grunde gelegt wird.

Die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft zu ermitteln, ist, seit der Entdeckung des Sauerstoffgases, vielfach der Gegenstand der Untersuchung gewesen. Scheele, Priestley, Cavendish, H. B. Saussure, Volta, De Marti, Spallanzani, Berger, Confogliachi, Dalton, H. und E. Davy, Biot, Gay-Lussac, v. Humboldt, Brunner, Th. Saussure u. A. haben die Luft unter den mannigfachsten äufseren Umständen zerlegt, und, durch Anwendung sehr verschiedener Methoden, zur Abzweigung einer eigenen Lehre, Eudiometrie genannt, Veranlassung gegeben. Hier sollen von diesen Untersuchungen

nur die Resultate angeführt werden; die Auseinandersetzung der angewandten Methoden möge dem Artikel *Eudiometrie* vorbehalten bleiben.

**Sauerstoffgehalt der Luft.** Die zuverlässigeren Untersuchungen stimmen darin überein, dass die atmosphärische Luft nahezu 21 Hundertel ihres Volums an Sauerstoff und folglich 79 Hundertel Stickgas enthalte. Zu diesem Resultat gelangten unter Andern *Gay-Lussac* und *A. v. Humboldt*, als sie die Luft, welche sie im November und December 1804 sowohl bei kaltem und trockenem, als bei gemäßigtem und reginigtem Wetter, sowie bei verschiedenen Winden, mitten auf der Seine in Paris aufgefangen hatten, im Wasserstoff-Eudiometer zerlegten. Bei 29 Versuchen, an eben so vielen Tagen angestellt, betrug das Maximum des gefundenen Sauerstoffgehalts 21,2, das Minimum 20,9 und das Medium 21 Volumsprocente \*).

Dasselbe Resultat erhielt *T. de Saussure*, dreißig Jahre später, mit der Luft bei Genf, mittelst Anwendung eines ganz anderen und vielleicht genaueren Hilfsmittels, nämlich durch Schütteln der Luft mit gekörntem und angefeuchtetem Blei \*\*). Zur Beurtheilung dieser Analysen, wozu die Luft theils mitten auf dem Genfer See, theils zu Chambeisy, auf einer Wiese eine Lieue von Genf aufgefangen worden, stehe hier das Detail derselben:

Ort.	Tag. 1836.	Wetter und Wind.	Sauerstoff- gehalt.
See . . . . .	Juli 18.	ruhig, heiter	21,08
Chambeisy . . . .	Aug. 3.	heiter, schwacher NO	20,98
dto. . . . .	" 16.	heiter, mäßiger SW	21,03
dto. . . . .	" 25.	heiter, schwacher NO	21,03
dto. . . . .	" 27.	regnigt, sehr heftiger SW	21,13
dto. . . . .	" 27.	dto.    dto.    dto.	21,15
dto. . . . .	Sept. 13.	heiter, schwacher NO	21,08
See . . . . .	" 13.	dto.    dto.    dto.	21,09
Chambeisy . . . .	Nov. 5.	bedeckt, ruhig	20,98
dto. . . . .	" 21.	bedeckt, heftiger NO	21,086
dto. . . . .	Dec. 13.	ruhig, neblig	21,006
dto. . . . .	" 24.	bedeckt, heftiger NO	21,1
dto. . . . .	" 28.	heiter, heftiger NO	21,0
See . . . . .	" 29.	hell, bedeckt, schwacher SW	21,04
Mittel			21,05

Auch die Luft aus grossen Höhen hat kein anderes Resultat geliefert. *Gay-Lussac* fand in der von ihm auf seiner aërostatischen Reise in 21430 par. Fufs Höhe gesammelten Luft nahezu eben so viel Sauerstoff als in der von Paris; und dieselbe Zusammensetzung zeigte die Luft auf dem *Antisana* (16640 par. Fufs Höhe) nach *A. v. Humboldt*, auf dem *Mont-Cenis* (6170 p. F.), nach *Gay-Lussac* und *A. v. Humboldt*, auf dem *Monte Legnone* (8130 p. F.) nach *Configliachi*, so wie auf mehren andern Gipfeln der Alpen und des Jura nach *Biot* und *Berger* \*\*\*). Auch bestätigten dies die Versuche, welche neuerlich *Brunner* mittelst

\*) *Gilb. Ann.* Bd. 20, S. 38.

\*\*) *Pogg. Ann.* Bd. 38, S. 171.

\*\*\*) *Gilb. Ann.* Bd. 19, S. 412; Bd. 20, S. 35; Bd. 26, S. 101. — *Schwgg. Journ.* Bd. I, S. 144. — *Journ. de phys.* T. XVI, p. 373. — *Voyage A. v. Humboldt* T. I, p. 311.

einer ihm eigenthümlichen Anwendungsweise des Phosphor auf dem 8020 par. Fufs hohen Faulhorn angestellt hat. Vierzehn Analysen, in der Mitte des Juli unternommen, lieferten einen Sauerstoffgehalt von 20,75 bis 21,11 oder im Mittel von 20,915 Volumprocenten \*).

Selbst über Sümpfen und in Räumen, wo viele Menschen athmeten, hat man die Luft nicht ärmer an Sauerstoff gefunden, so namentlich Conigliachi über bewässerten Reiffeldern, Séguin, Gay-Lussac und A. v. Humboldt in gefüllten Theatern, E. Davy in Hospitälern, Th. v. Saussure früh Morgens in einem Schlafzimmer \*\*).

Alle diese Untersuchungen lehren demnach, dass die atmosphärische Luft unter den verschiedensten Umständen nahe aus 21 Volumen Sauerstoff und 79 Volumen Stickgas bestehe, folglich, die Kohlensäure und den Wasserdampf abgerechnet, eine constante Zusammensetzung besitze. Ob indess diese Zusammensetzung in voller Strenge an allen Orten gleich sey und für alle Zeiten gleich bleibe, ist eine Frage, deren Beantwortung der Zukunft anheim gestellt werden muss. Die bisherigen eudiometrischen Analysen sind trotz der Geschicklichkeit der Experimentatoren, offenbar nicht so genau, dass sie ein Zehntel Volumprocent des Sauerstoffgehalts verbürgen könnten, und ein Zehntel, ja schon ein Hundertel Procent ist eine wirklich riesenhafte Gröfse.

Um dieses einzusehen, bedarf es nur einer Berechnung der Masse der Atmosphäre und desjenigen Quantums Sauerstoffs, welches die gesammte Menschheit durch Athmen davon verbraucht.

Wenn die Atmosphäre überall die Dichtigkeit hätte wie an der Meeresfläche, so würde sie, wie S. 553 erwähnt, eine Höhe von 24555 par. Fufs besitzen. Darin ist der Wasserdampf eingeschlossen. Wir wollen also, um nicht zu übertreiben, die Höhe der Atmosphäre in runder Zahl nur auf eine geographische Meile, d. h. 22843 par. Fufs setzen. Nehmen wir ferner die Erde als eine Kugel von 860 solcher Meilen Halbmesser an, so ergiebt sich das Volum der trockenen Atmosphäre = 9307500 Kubikmeilen, d. h. gleich einem Kubus von etwa 210 Meilen Seite, und die 21 Procent Sauerstoff sind = 1954570 Kubikmeilen, d. h. gleich einem Kubus von etwa 125 Meilen Seite.

Ein erwachsener Mensch verzehrt an Sauerstoff, nach den Angaben von Lavoisier und Davy, in 24 Stunden, etwa 45000 par. Kubikzoll = 26,04 par. Fufs, im Jahre also 9505,2 Kubikfufs. Die gesammte Menschheit, zu 1000 Millionen angeschlagen, verbrauchte hienach in einem Jahre = 9505200000000 Kubikfufs, mithin, da eine Kubikmeile = 11919500000000 Kubikfufs, nicht mehr als 0,7975 oder nahe acht Zehntel einer Kubikmeile. Lebten immer 1000 Millionen erwachsener Menschen auf der Erde, und könnten sie den jetzt vorhandenen Sauerstoff bis auf das letzte Atom verzehren, so würde dieser für 2451000 Jahren ausreichen. Wäre auch seit Adams Zeiten immerfort diese Anzahl Menschen da gewesen, so würde sie doch nur  $\frac{1}{403}$  des jetzigen Sauerstoffgehalts verbraucht haben, d. h. eine Gröfse, die sich allen unsern bisherigen Analysen entzieht. Ein einziges Zehntelprocent der Atmosphäre reicht hin, das gesammte Menschengeschlecht auf 10000 Jahre mit Sauerstoff zu versorgen.

\*) Pogg. Ann. Bd. 31, S. 15.

\*\*\*) Ann. de Chim. T. 89, p. 251. — Schweig. Journ. Bd. 1, S. 144. — Gilb. Ann. Bd. 20, S. 88. — Bibl. univ. T. 1, p. 218.

Aus dieser Rechnung erhellt, dass in der That sehr große Mengen Sauerstoff verschwinden oder hinzutreten können, ohne dass wir es durch unsere Analysen nachzuweisen im Stande sind. Indess ist andererseits gewiss, dass, neben dem, was die Menschen verbrauchen, noch ungeheure Quantitäten durch das Athmen der gesammten Thierwelt, durch Verbrennungsprocess und sonstige Oxydationen verloren gehen, und, obwohl wir diese Quantitäten nicht zu schätzen vermögen (betrügen sie das hundertfache von der durch die Menschen verbrauchten, so würde in 1000 Jahren etwa 1 Procent Sauerstoff verloren gehen), so ist doch glaublich, dass mit der Zeit ein merkbarer Mangel eintreten würde, wenn der Verlust nicht auf irgend eine Weise ersetzt würde. Und diesen Ersatz geben die Pflanzen, welche Kohlensäure zersetzen und Sauerstoff dafür frei machen. Allein ob dieser Ersatz genau sey, nicht auf der einen oder anderen Seite ein Ueberschuss stattfinde, lässt sich bei der Unvollkommenheit der Analysen und dem kurzen Zeitraum, den sie umfassen, nicht nach diesen entscheiden, sondern nur nach andern Gründen (S. 566) muthmaßlich beurtheilen.

Leichter als die Frage über die Beständigkeit des Sauerstoffgehalts, ist die über seine Gleichheit an verschiedenen Orten. Für die offene Atmosphäre hat sie ihren Grund ohne Zweifel in der großen Beweglichkeit der Luftmasse, vermöge welcher jeder erhebliche Unterschied in kurzer Zeit ausgeglichen werden muss. Und diese Erklärung findet, wenigstens zum Theil, selbst auf eingeschlossene Räume ihre Anwendung, da Fenster und Thüren niemals so dicht schliessen, dass nicht ein Austausch der innern Luft gegen die äussere stattfinden sollte. Wenn die bisherigen Analysen genau sind, so muss sogar die Gleichheit des Sauerstoffgehalts von einem solchen Austausch herrühren, denn in einem Gebäude giebt es keine andere Quelle zur Wiederersetzung des durch das Athmen absorbirten Sauerstoffs. Längst weifs man ja auch durch genaue Versuche, dass beim Athmen von Thieren in luftdichten Gefässen wirklich Sauerstoff verschwindet und Kohlensäure zu gleichem oder fast gleichem Volum dafür gebildet wird.

**Kohlensäuregehalt der Atmosphäre.** Er ist verhältnissmässig nur gering und erfordert daher zu seiner Bestimmung eine große Genauigkeit und besondere Verfahrensarten. Im Laufe der Zeit sind sieben verschiedene Methoden angewandt worden.

**Verfahren I.** Absorption der Kohlensäure durch Aetzkalklauge im Eudiometer. Dies Verfahren reicht wohl hin, den Kohlensäuregehalt einer durch Athmen vieler Personen, durch gährende Substanzen oder auf andere Weise stark verunreinigten Luft annähernd nachzuweisen, ist aber zur Analyse der freien atmosphärischen Luft nicht anwendbar, da man dazu das Eudiometer in Zwanzigtausendstel seines Inhalts getheilt haben müsste, was bei der gewöhnlichen Gestalt dieses Instruments, einer geraden Röhre, nicht ausführbar ist. Ueberdies absorbt die Kalklauge, nach H. Rose's Erfahrung, etwas Sauerstoff. Dieser Methode bedienten sich Fourcroy und A. v. Humboldt \*\*\*).

**Verfahren II.** Schütteln der Luft mit so viel Kalkwasser bis keine Trübung mehr erfolgt und Messen der dazu erforderlichen Menge des Kalkwassers, von Dalton angewandt; unbequem wegen des Probirens und trügligh wegen der Fähigkeit des kohlensauren Kalks in kohlensaurem

\*) Syst. de connoiss. chimiq. Vol. 1, p. 158. — Journ. de Phys. T. XLVII, p. 202. — Gilb. Ann. III, S. 77.

Wasser sich zu lösen \*). Hieher gehört auch das Humboldt'sche Anthrakometer (siehe dieses).

Verfahren III. Schütteln einer geringeren Menge Barytwasser, 5 bis 6 Minuten lang, mit der in einem Ballon von bekanntem Rauminhalt enthaltenen Luft, die, nach der Absorption, durch die Luftpumpe entfernt und drei bis vier Mal durch neue ersetzt wird; Sammeln des kohlensauren Baryts unter Hinzufügung dessen, der an den Wandungen safs, nachdem er in Salzsäure gelöst und durch kohlensaures Natron wieder gefällt worden. Dies Verfahren ward von Thénard angewandt \*\*).

Verfahren IV. Eine Flasche mit weiter Mündung, die etwa 100 Grammen Wasser enthalten kann, wird zur Hälfte mit Barytwasser gefüllt, und in einem Ballon von 14 Liter Raumgehalt und 6 Centimeter weiter Oeffnung gestellt und letztere durch eine mit Hahn versehene mittelst eines angefetteten Lederrings luftdicht aufgeschraubte Messingplatte verschlossen. Zuvor wird der Ballon ausgepumpt, dann die zu untersuchende Luft hineingelassen, die Flasche hineingestellt, der Apparat wieder verschlossen, häufig umgeschwenkt, und nach 2 Monat die gut verstöpselte Flasche wieder herausgenommen. Der nun in derselben abgesetzte kohlensaure Baryt, gewaschen und getrocknet, giebt durch seine Menge den Kohlensäuregehalt. Dieses Verfahren, bediente sich Th. v. Saussure \*\*\*) bei seinem ersten Versuchen.

Verfahren V, später von Saussure angewandt, kommt bis auf geringe Abänderungen mit dem vorherigen überein.

Verfahren VI. Dies zuletzt von Saussure angewandte Verfahren ist eine Abänderung des Thénard'schen mit Barytwasser. Es unterscheidet sich von jenem hauptsächlich durch minutiöse Vorsichtsmaßregeln, um bei der Geringfügigkeit des Kohlensäuregehalts der Luft ein genaues Resultat zu erhalten. Der mit einem Hahn versehene Ballon fasst 35 bis 45 Liter und wird, nachdem er ausgepumpt worden, nur ein Mal mit der zu untersuchenden Luft gefüllt. Es werden 100 Grm. gesättigten Barytwassers geradezu in ihn hineingeschüttet, und 8 Tage darin gelassen, während man den Ballon täglich etwa 20 Mal herumschwenkt. Nach vollendeter Absorption wird das getrübe Barytwasser in eine Flasche gethan, darin zur Ablagerung des kohlensauren Baryts stehen gelassen, dieser mit einer Auflösung von kohlensaurem Baryt gewaschen (Saussure findet, dass 10000 Wasser 2,4 kohlensauren Baryt bei 20 bis 25° C. lösen), darauf in Salzsäure gelöst, mit der durch Auspülen des Ballons mit Salzsäure erhaltenen Barytlösung vermischt und darauf durch schwefelsaures Natron gefällt. Aus der Menge des erhaltenen schwefelsauren Baryts berechnet man dann den Kohlensäuregehalt der Luft, deren Volum, Temperatur und Druck natürlich zuvor genau beobachtet seyn müssen †).

Ein siebentes Verfahren ist später hier von Brunner vorgeschlagen ††). Es besteht darin, dass mittelst des Aspirators (siehe diesen Artikel) atmosphärische Luft durch eine offene Röhre geleitet wird, die, in drei durch Asbestpfropfen geschiedenen Theilen, erstens concen-

\*) Thomson, System of Chemistry, 5 Edit. Vol. III, p. 190.

\*\*) Thénard, Traité de Chimie, 5 Edit. Vol. 1, p. 303.

\*\*\*) Gilb. Ann. Bd. 53, S. 217.

†) Hinsichtlich der weiteren Vorsichtsmaßregeln siehe man den Aufsatz von Th. de Saussure in Pogg. Ann. Bd. 19, S. 391.

††) Pogg. Ann. Bd. 24, S. 569.

trirte Schwefelsäure, zweitens gebrannten, mit Wasser zu Pulver gelöschten Kalk und drittens wieder concentrirte Schwefelsäure enthält. Der vordere, an dem offenen Ende befindliche Theil dient zum Trocknen der einströmenden Luft und ist mit den beiden andern nur durch eine Kautschuckröhre verbunden, so dass er abgelöst werden kann. Die Schwefelsäure in dem hinteren, mit dem Aspirator verbundenen Ende hält das dem Kalkhydrat entzogene Wasser zurück. Aus der Gewichtszunahme der beiden letzten Röhrentheile, die ein Ganzes ausmachen und drei horizontale Arme bilden, berechnet sich der Kohlensäuregehalt der Luft, und das Volum dieser wird durch die aus dem Aspirator abgeflossene Wassermenge angegeben, nachdem Thermo- und Barometerstand gehörig berücksichtigt sind. Dies anscheinend genaue und bequeme Verfahren ist jedoch bisjetzt nur probeweise angewandt.

Nach der sechsten, sehr mühsamen Methode hat dagegen Th. de Saussure in den Jahren 1827 bis 1829 in der Nachbarschaft von Genf nicht weniger als 225 Versuche über den Kohlensäuregehalt der Luft unternommen. Da sie unter allen bisher angestellten ohne Zweifel die genauesten sind, so wollen wir hier die Hauptresultate derselben angeben.

Zu Chambeisy, einem Dörfchen  $\frac{3}{4}$  Lieues von Genf, auf einer trockenen, luftigen Wiese mit thonigem Boden, die 16 Meter über dem Genfer See liegt, fand sich, 4 Fufs über dem Boden, nach einem Mittel aus 104 Beobachtungen, zu allen Jahres- und Tageszeiten angestellt, das Mittel des Kohlensäuregehalts = 4,15 Vol. in 10000 Vol. Luft. Das Maximum betrug = 5,74, das Minimum = 3,15.

Die Sonderung der Tages- von den Nachts-Resultaten ergab, dass der Kohlensäuregehalt bei Tage geringer ist als bei Nacht. Bei Tage betrug das Medium = 3,38, das Maximum = 5,4, das Minimum = 3,15; bei Nacht das Medium = 4,32, das Maximum = 5,74, das Minimum = 3,21.

Zur Mittagszeit war ferner der Gehalt bei schwachem Winde geringer als bei starkem; bei schwachem Winde betrug er im Mittel = 3,76, bei stärkerem = 3,98.

Aus dem Vergleiche der zu Chambeisy angestellten Analysen mit den gleichzeitig zu Genf beobachteten Regenmengen ergab sich keine directe Beziehung, indem oft bei viel Regen in Genf, wenig Kohlensäure in Chambeisy gefunden wurde, und oft gerade das umgekehrte Verhältniss. S. ist der Meinung, dass eine anhaltende Benetzung des Bodens durch Regenfälle mehr auf den Kohlensäuregehalt der Luft einwirke als eine grosse Wassermenge. Ein feuchter Boden in Folge öfterer, schwacher Regenfälle, wirkt durch Erniedrigung der Temperatur mehr auf die Verminderung der Kohlensäure als ein starker Platzregen. Im Allgemeinen scheint Dürre, so wie Gefrierung des Bodens, den Kohlensäuregehalt zu vermehren.

36 vergleichende Versuche, zu Chambeisy und mitten auf dem Genfer See, 4 Fufs über dem Wasserspiegel angestellt, ergaben durchschnittlich in 10000 Vol. Luft für Chambeisy = 4,60, für den See = 4,39 Vol. Kohlensäure. Die Extreme auf dem See waren 5,78 und 3,42.

30 vergleichende Versuche, zu Chambeisy und in einer Strafe von Genf angestellt, ergaben für Chambeisy = 4,37, für Genf = 4,68. Die Tagesbeobachtungen für sich gaben dasselbe Resultat, nämlich einen größeren Kohlensäuregehalt für die Stadt; bei Nacht war es umgekehrt.

Endlich zeigte sich der Kohlensäuregehalt auf Bergen etwas größer

als in der Ebene; doch war der Unterschied nur gering. So betrug er (in 10000 Vol. Luft), zu denselben Tageszeiten, auf dem 963 Meter über den Genfer See erhabenen

Col de Faucille: 4,43; 4,54; 3,69; 3,60; 4,22; 3,95

Chambeisy: 4,14; 4,15; 3,87; 3,22; 3,55; 3,15

und keine größere Unterschiede ergaben sich für den 1267 Meter über dem Genfer See hohen Dôle. Auch zeigte sich auf Bergen keine Vermehrung der Kohlensäure in der Nacht.

Das Daseyn der Kohlensäure in großer Höhe und die nahe Gleichheit ihres Betrags mit der an der Erdoberfläche ist übrigens schon früher von H. B. Saussure durch Beobachtungen auf dem Gipfel des Montblanc, und von Gay-Lussac durch Analyse der von ihm auf seiner aërostatischen Reise gesammelten Luft dargethan worden.

Aus der Gesammtheit dieser Untersuchungen geht demnach hervor, dass die freie atmosphärische Luft nicht mehr als durchschnittlich etwa vier Zehntausendtel oder 0,04 Hundertel ihres Volums an Kohlensäure enthält, und dass dieser Gehalt gegen seinen Mittelwerth zwar große, gegen die Luftmasse genommen aber nur geringe, Schwankungen erleidet. Ob der mittlere Kohlensäuregehalt Atmosphäre constant bleibe, oder mit der Zeit sich verändere, vermögen wir noch nicht zu beurtheilen, eben so wenig als, woher dieser Gehalt seinen Ursprung habe. Die Pflanzenwelt, das ist wahr, ernährt sich von der Kohlensäure, und haucht Sauerstoff dafür aus, den die Thierwelt wieder in Kohlensäure verwandelt. Ob indess zwischen beiden Processen eine vollkommene Compensation stattfindet, ist nicht bekannt, nicht einmal wahrscheinlich. Fände sie wirklich Statt, so könnte eigentlich gar keine Kohlensäure in der Atmosphäre vorhanden seyn. Reducirten die Pflanzen genau so viel Kohlensäure als die Thiere erzeugen, so würde sie zunehmen, nämlich um die Menge, welche durch Verbrennungsprocesse entsteht, oder an vielen Orten der Erde, aus Sauerbrunnen, Gasquellen, Vulcanen, fertig gebildet hervorströmt. Allein andererseits ist bekannt, dass die Pflanzen, Jahr aus, Jahr ein, Humus bilden, und dass große Massen Stein- und Braunkohlen in der Erde vergraben liegen. Beide sind offenbar aus der Atmosphäre abgeschieden, in der sie früher als Kohlensäure vorhanden waren. Also war die Atmosphäre früher reicher an Kohlensäure als jetzt. Also überwiegt die Wirkung der Pflanzen, im Verein mit der Absorption des feuchten Bodens und der Gewässer \*), alle Wirkungen, welche Kohlensäure erzeugen; die Atmosphäre wird fortwährend ärmer an Kohlensäure, und die Pflanzen würden, ohne den Vorrath, der, aus unbestimmter Quelle herrührend, einmal da ist \*\*), mit der Zeit in ihrem Wachstum gehindert seyn. Dies sind die Schlüsse, zu welchen die Erscheinungen im Großen zu führen scheinen. Ob sie vollkommen richtig seyen, würden wir erst zu entscheiden vermögen, wenn wir genaue Data über den Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt der Atmosphäre hätten, die durch einen langen Zeitraum, etwa ein Jahrhundert, von einander getrennt wären.

Wassergehalt der Atmosphäre. Da die Atmosphäre mit mehr oder weniger ausgedehnten Wasserflächen und feuchten Landstrecken

\*) Die Luft über dem Meere enthält (nach Vogel) noch weniger Kohlensäure, als die über dem Genfer See.

\*\*) Er beträgt 3863 Kubikmeilen und entspricht 1,8 Kubikmeilen Steinkohle.

in Berührung steht, so ist sie fast immer mit Wasserdampf geschwängert. Die Menge desselben ist indess sehr veränderlich, und selten so groß, als sie nach der stattfindenden Temperatur seyn könnte. Im Allgemeinen steigt und fällt der Wassergehalt jedoch mit der Temperatur. So ist er größer in heißeren Gegenden als in kälteren, größer in Ebenen als auf Bergen, größer im Sommer als im Winter, größer bei Tage als bei Nacht. Indess bewirken die Lage des Orts, die Beschaffenheit des Bodens, die Configuration angränzender Länder, die Nähe des Meeres, die Richtung der Winde und andere Umstände mannigfaltige Abänderung hierin, welche eben so wie die durch das Daseyn des Wasserdampfs in der Atmosphäre hervorgerufenen Meteore nicht Gegenstand dieses Artikels seyn können, sondern in die Meteorologie gehören. Es mag hier nur die Bemerkung stehen, dass, eben wegen dieser Veränderungen und Verschiedenheiten, niemals von dem Wassergehalt der ganzen Atmosphäre, sondern nur von dem eines bestimmten Orts und einer bestimmten Zeit die Rede seyn kann.

Bei der Bestimmung des Wassergehalts der Atmosphäre eines Orts kommen, wie in dem Artikel Hygrometrie näher gezeigt werden soll, zwei Dinge in Betracht: die absolute Menge des Wasserdampfs in einem gegebenen Raum, und die relative. Die absolute wird am besten durch die Spannkraft des vorhandenen Wasserdampfs ausgedrückt; die relative dagegen ist der Quotient aus der ersten, dividirt durch die, welche vermöge der Temperatur vorhanden seyn könnte. Die letztere drückt den Grad der Sättigung des Raums mit Wasserdampf aus, und von ihr hängen die hygroskopischen Erscheinungen ab. Hat man auf die im Art. Hygrometrie näher angegebenen Methoden ermittelt, dass der in der Luft vorhandene Wasserdampf eine Spannkraft von 4 Linien besitzt, und zugleich am Barometer beobachtet, dass der Druck der Atmosphäre 336 Linien beträgt, so macht die absolute Volummenge des Wasserdampfs in einem gegebenen Raum  $\frac{1}{336}$  oder  $\frac{1}{84}$  desselben aus, oder steht im Verhältniss 1 : 83 zur Menge der trocknen Luft. Wäre die Temperatur der Luft zugleich = 15°,9 R., so würde die Spannkraft des Wasserdampfs nahezu 8 Linien betragen können, folglich die relative Dampfmenge oder Feuchtigkeit der Luft nur  $\frac{1}{8}$  oder  $\frac{1}{2}$  seyn.

Welche Werthe die absolute und relative Dampfmenge in unseren Gegenden haben können, mögen beisehalber folgende Mittel zeigen, die Kämtz aus den von ihm zu Halle stündlich angestellten Beobachtungen gezogen hat. (Die erste Zahlenreihe ist die Spannkraft in par. Linien ausgedrückt).

Dampfmenge	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Spt.	Oct.	Nov.	Dec.
absolute .	1,85	2,02	2,29	2,70	3,52	4,53	5,11	4,74	4,24	3,49	2,52	2,44
relative .	85,8	81,0	77,3	71,3	69,2	71,0	68,5	66,1	72,8	78,9	85,6	86,8

Die absolute Feuchtigkeit ist also in den wärmeren Monaten größer, die relative kleiner als in den kälteren Monaten.

In heißen Climates ist die absolute Menge des Wasserdampfs bedeutend größer. Die Spannkraft des Wasserdampfs, das Maafs derselben, steigt, selbst im monatlichen Mittel, bis an 12 Linien und vielleicht darüber. Zu Benares in Indien betrug z. B. im Juli 1825 die mittlere Spannkraft des Wasserdampfs = 11,79 par. Linien, der Druck der gesammten Atmosphäre = 328<sup>'''</sup>,68, folglich der Druck der trocknen Luft = 316<sup>'''</sup>,89.

Das Volum des Wasserdampfs würde sich also, unter gleichem Druck zu dem der feuchten Luft verhalten wie 1 : 27,88 und zu der der trocknen, wie 1 : 26,88.

Durch das Schwanken des Wasserdampfs (und in sehr geringem Grade auch durch das der Kohlensäure) muss, wie schon erwähnt, auch die Menge des Sauerstoffs im Verhältniss zu den gesammten Bestandtheilen der Atmosphäre sich ein wenig verändern. Ist z. B. der Sauerstoffgehalt der trocknen Luft 21 Procent, so betrug er zu Benares im Juli 1825 nur 20,25 Procent von der feuchten Luft. In heißen Climates ist also die Luft, welche eingeathmet wird, in der That ein wenig sauerstoffärmer als in kalten, und deshalb in der Regel, absolut genommen, trockneren Regionen.

Zufällige Bestandtheile. Die zufälligen, in sehr geringer Menge vorkommenden, oder, wenn sie reichlicher auftreten, nur auf besondere Oertlichkeiten beschränkten Bestandtheile der Luft können begreiflich sehr verschiedenartig seyn, da die Atmosphäre das allgemeine Receptaculum für alle von der Erde aufsteigende Gase und Dämpfe ist. So findet sich Schwefelwasserstoffgas in der Nähe der Schwefelwässer, und, nach Boussingault, unter den Exhalationen der amerikanischen Vulkane \*). Chlorwasserstoffsäure ist von mehreren Chemikern in der Luft am Strande des Meeres gefunden worden \*\*), wiewohl auch mechanisch in die Höhe gerissene Salztheilchen die von ihnen beobachtete Trübung der salpetersauren Silberlösung zuweilen bewirkt haben mag; sie scheint ferner bei Salinen, in der Nähe der Siedhäuser, vorzukommen (vielleicht in Folge der Zersetzung von salzsaurer Talkerde) und ist von Gay-Lussac \*\*\*) , so wie von Covelli und Monticelli †) auch unter den Aushauchungen des Vesuvs nachgewiesen. Kohlenwasserstoff entweicht aus Steinkohlenlagern und an mehreren Orten, wo diese oder andere bituminöse Substanzen unter der Erdoberfläche verborgen liegen ††). Es kann also kein Wunder nehmen, wenn solches in der Luft angetroffen wird, und wirklich haben mehre Chemiker Spuren eines brennbaren Gases in der Luft entdeckt, ohne indess genau ermitteln zu können, von welcher Art es sey. So fand Th. de Saussure in der zuvor von Kohlensäure befreiten Luft, nach Verpuffung derselben, im Eudiometer mit Wasserstoff wiederum etwas von dieser Säure; erschließt daraus auf einen geringen Kohlenoxydgasgehalt der Luft †††). Boussingault leitete atmosphärische Luft in einem ähnlichen Apparat, wie man ihn zur organischen Analyse anwendet, über glühendes Kupferoxyd und erhielt dabei sowohl Wasser als Kohlensäure, von welchen beiden Substanzen er die Luft zuvor sorgfältig befreit hatte. Es mussten also Gase in der Luft enthalten seyn, die Wasserstoff und Kohlenstoff enthielten, und es konnten dies nicht mechanisch schwebende organische Theilchen oder das sonst in einer Stadluft oder in der Nähe von thierischen Ausdünstungen vorkommende Ammoniakgas seyn, da die Luft zuvor

\*) Pogg. Ann. Bd. 31, S. 148.

\*\*) Unter andern von Vogel, Gilb. Ann. Bd. 66, S. 97.

\*\*\*) Ann. de chim. et de phys. T. 22, p. 415.

†) Deren Werk: Der Vesuv etc. etc. Uebersetz. S. 172.

††) Z. B. bei Pietra Mala (Gilb. Ann. Bd. 37, S. 30), Baku (Pogg. Ann. Bd. 23, S. 297), Rheine, Szlatina und Klein-Saros (Pogg. Ann. Bd. 7, S. 131), an mehreren Orten in Nordamerika und China (Pogg. Ann. Bd. 18, S. 602; Bd. 19, S. 560).

†††) Pogg. Ann. Bd. 19, S. 431.

durch concentrirte Schwefelsäure geleitet worden war. In der Luft von Paris fand er auf diese Weise 0,00005 bis 0,00013 Volumtheile Wasserstoffgas, und in der von Lyon 0,00022 Gewichtstheile Kohlenstoff \*). Reines Wasserstoffgas ist bis jetzt nicht gefunden worden. Man glaubte früher, es würde in großer Menge von den Vulkanen ausgehaucht, und, da man es in der Luft an der Erdoberfläche nicht antraf, setzte man voraus, es habe sich wegen seiner Leichtigkeit in die höheren Regionen begeben und sey dort in großer Menge vorhanden. Man hat indess in erreichbaren Höhen nichts von diesem Gase entdecken können \*\*), und, wenn auch die gänzliche Abwesenheit desselben durch die bisherigen Analysen nicht gerade verbürgt ist, so berechtigt doch andererseits nichts das Daseyn desselben dort anzunehmen; denn in der That entweicht kein Wasserstoff aus den Vulkanen und, sollte es auch hier oder an andern Orten in bedeutender Menge entwickelt werden, so würde es sich doch mit den übrigen Bestandtheilen gleichförmig vermischen.

Außer den eigentlichen Gasen, finden sich noch, als zufällige Bestandtheile der Atmosphäre, Dämpfe von allen Substanzen, die in bedeutender Menge der Luft ausgesetzt, und bei den gewöhnlichen Temperaturen in merklichen Grade flüchtig sind. Dahin gehören die Aushauchungen der Sümpfe und stehenden Gewässer, der Pflanzen und Thiere, sowohl der lebenden und gesunden, als der kranken oder bereits abgestorbenen und verwesenden, Aushauchungen, von denen man die für die Gesundheit schädlichen mit dem Collectivnamen *Miasmen* (s. diesen Art.) zu belegen pflegt. Wie von solchen die Luft zu reinigen ist, sehe man unter dem Artikel *Desinfection*.

Die in Wasser löslichen von diesen Gasen und Dämpfen können sich offenbar, wenigstens auf die Dauer, nicht in der Atmosphäre erhalten, müssen vielmehr vom Regen bald herabgeführt werden. Wirklich hat man auch im Regenwasser (s. dieses), fast alle die Stoffe wieder angetroffen, die mit Recht nur als zufällige Bestandtheile der Atmosphäre angesehen werden.

*Constitution der Atmosphäre.* Seitdem die Analysen gezeigt, dass in dem Verhältnisse zwischen Sauerstoff und Stickstoff wenigstens keine erhebliche Verschiedenheiten vorkommen, haben einige Chemiker, namentlich Thomson, die Ansicht aufgestellt, die atmosphärische Luft sey eine wirklich chemische Verbindung. Diese Ansicht scheint auf dem ersten Blick etwas für sich zu haben, muss aber doch, näher erwogen, verworfen werden. Die atmosphärische Luft besitzt offenbar nicht die Kennzeichen eines chemischen Gemisches und überdies müsste man schon bei den Analysen einen Fehler von einem Procent in der Sauerstoffbestimmung voraussetzen; denn ein Verhältniss von 21 : 79, wie es zwischen dem Sauerstoff und Stickstoff gefunden worden ist, kann, nach unsern heutigen Kenntnissen von der Verbindungsweise der Gase, keine wahrhaft chemische Verbindung constituiren. Ein Fehler von solcher Größe ist aber bei den zuverlässigeren Analysen der Luft nicht annehmbar; mithin ist man schon aus diesem Grunde berechtigt, die atmosphärische Luft für ein bloßes Gemenge ihrer Bestandtheile anzusehen.

Hiegegen scheint indess noch ein Einwurf sich erheben zu lassen. Wenn nämlich die Bestandtheile der Atmosphäre bloß gemengt sind, und

\*) Pogg. Ann. Bd. 36, S. 436 u. 456.

\*\*) Gilb. Ann. Bd. 20, S. 35.

sie, gemäß der Dalton'schen Theorie, nur unter sich, nicht auf einander, einen Druck ausüben, mithin Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure (vom Wasserdampf mag hier abgesehen seyn) gleichsam gesonderte Atmosphären darstellen, deren Druck zusammengenommen, den vom Barometer angezeigten Druck bildet, so kann das Verhältniss dieser Stoffe nicht in allen Höhen dasselbe bleiben, vielmehr muss die relative Menge des Sauerstoffs und der Kohlensäure, als der beiden schwereren Gase, gegen die des leichteren Stickstoffs abnehmen. Da nun die Analysen keine Sauerstoffabnahme mit der Höhe nachgewiesen haben, so könnte man meinen, dies widerspreche jener Ansicht.

Dieser Einwurf hat allerdings einigen Grund. Besteht z. B. an der Erdoberfläche die trockene Luft, dem Volume nach, aus 78,950 Stickstoff, 21,000 Sauerstoff und 0,050 Kohlensäure, und beträgt der Gesamtdruck 335 par. Linien Quecksilberhöhe, so ergiebt sich aus einer nicht verwickelten Rechnung folgendes Resultat \*):

Höhe. par. Fufs.	Druck.			Zusammen.	Volumenverhältnisse.		
	Stickstoff.	Sauerstoff.	Kohlensäure.		Stickstoff.	Sauerstoff.	Kohlensäure.
0	275 <sup>''</sup> ,66	77 <sup>''</sup> ,09	0 <sup>''</sup> ,25	335 <sup>''</sup> ,00	78,950	21,000	0,050
10000	173 ,00	49 ,04	0 ,13	222 <sup>''</sup> ,17	79,885	20,070	0,046
20000	116 ,15	31 ,20	0 ,07	147 <sup>''</sup> ,42	80,820	19,140	0,042

Hiernach würde also die Luft in 10000 Fufs etwa 20 und in 20000 Fufs Höhe etwas mehr als 19 Procent Sauerstoff enthalten, während die bisherigen Analysen in solchen Höhen nahe zu 21 Procent oder eben so viel als unten, an der Erdoberfläche, nachgewiesen haben. Es ist indess zu erwägen, dass bei obiger Rechnung die Atmosphäre als im Zustande vollkommener Ruhe vorausgesetzt wurde, dieser aber in Wirklichkeit niemals stattfindet, vielmehr Störungen der verschiedensten Art die Luft fortwährend durcheinandermischen und ihre Zusammensetzung gleichförmig zu machen streben. Es lässt sich also von der Dalton'schen Theorie kein Argument gegen die Ansicht angeben, dass die atmosphärische Luft ein bloßes Gemenge ihrer Bestandtheile sey, um so mehr, als die bisherigen Analysen der Luft aus großen Höhen offenbar nicht die Genauigkeit besitzen, dass sie 0,25 oder 0,1 Procent des Sauerstoffgehalts verbürgen könnten.

*P.*  
Atmosphärlilien. So nennt man wohl die in der Atmosphäre, als zufällige Bestandtheile, vorkommenden unorganischen Stoffe, auch die Meteorsteine. S. diese. *P.*

Atome. Ueber die innere Beschaffenheit der Körper haben sich zweierlei Ansichten gebildet. Nach der einen ist die Materie bis ins Unendliche theilbar und erfüllt den Raum mit Stätigkeit; nach der andern ist die Theilbarkeit begränzt und die Raumerfüllung eine unterbrochene. Die letzten, nicht weiter theilbaren Theilchen, aus welchen, nach der zweiten Ansicht, die Materie zusammengesetzt angenommen wird, nennt man Atome (von *ἄτομος*, ein Unzerschneidbares) und die Ansicht

\*) Wir entlehnen dieses Beispiel von Kämtz (dessen Lehrb. der Meteorologie Bd. 1, S. 47); früher ist schon eine solche Rechnung von Tralles angestellt worden. S. Gilb. Ann. Bd. 27, S. 438. — Vergl. auch Bessel in Schumacher's Astronom. Ansichten. Bd. 15, S. 329.

selbst die Atomistik oder Corpuscularphilosophie (*Atomistica, Philosophia corpuscularis*): Die Atomistik ist sehr alt. Schon Mochus, aus Sidon, mehr als 1100 Jahr vor unserer Zeitrechnung, soll sie aufgestellt haben; dann findet man sie bei Anaxagoras, Leucipp, Demokrit, Epikur, durch das ganze Mittelalter hin, bis herab zu Descartes, Gassendi, Newton, Le Sage und unseren Zeiten. Noch heut zu Tage ist die Mehrzahl der Naturforscher dieser Vorstellung zugethan, wenn gleich man es längst für eine mühsige Beschäftigung erkannt hat, ihr so weit nachzugehen, wie die Alten, welche durch die den Atomen beigelegten Formen alle möglichen Eigenschaften der Körper, selbst die Einwirkung derselben auf unsere Sinne, wie z. B. Geruch und Geschmack, zu erklären suchten. Im Allgemeinen denkt man sich, nach dieser Ansicht, die Körper als bestehend aus starren, schweren, trägen, beweglichen, absolut harten und undurchdringlichen Theilchen von zwar äusserst kleiner, aber verschiedener Grösse, die einander nicht berühren. In älteren Zeiten nahm man die Masse aller Atome als gleich an und erklärte die Verschiedenartigkeit der Materie blofs aus der verschiedenen Zusammenfügung der Atome. Seitdem, durch die Fortschritte der Chemie, die qualitative Verschiedenheit der Körper in ein helleres Licht gestellt worden, hat man diese Verschiedenheit auf die Atome selbst übertragen, und letztere nur zur Erklärung gewisser Eigenschaften angewandt, namentlich der Farbe, Dichtigkeit, Elasticität, Zusammendrückbarkeit, der Aggregatzustände, die Krystallform u. s. w., wobei indess die Vorstellung beibehalten blieb, sie hätten, durch Wirkung von Abstofsungskräften, verschiedene, aber in Bezug auf ihre eigene Grösse immer noch bedeutende Abstände von einander, und wären bei starren, namentlich krystallisirten Körpern, auf verschiedene Weisen symmetrisch angeordnet. Die grofse Entdeckung, dass sich die Stoffe sowohl dem Gewicht als dem Raume nach in festen und mehrfachen Verhältnissen mit einander verbinden, hat endlich eine wesentliche Umgestaltung der Atomistik herbeigeführt, nemlich auch die Annahme von einfachen und zusammengesetzten, von ganzen und getheilten Atomen veranlasst, durch welche denn die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Atom gänzlich aufgehoben ist. Diese neuere Atomistik belegt man, zur Unterscheidung von der älteren, mit dem Namen Atomtheorie. (S. dies. Art.)

Die beiden entgegengesetzten Ansichten von der innern Beschaffenheit der Materie haben noch in neueren Zeiten zu lebhaften Streitigkeiten Anlass gegeben, und während die Anhänger der einen mit einer Sicherheit von Atomen reden, wie wenn sie solche gesehen und betastet hätten, glauben die Vertheidiger der anderen schon ihrer Vernunft etwas zu vergeben, wenn sie nur das Wort Atom in den Mund nehmen. Das Richtige mögte auch hier, wie bei vielen andern Dingen, in der Mitte liegen. Gewiss ist die Annahme einer begränzten Theilbarkeit der Materie, aus welcher die der Atome entsprang, eine rein hypothetische, die, bis aufs äusserste verfolgt, zu mancherlei Widersprüchen führt und häufig auch nicht mehr erklärt, als was man schon hineingelegt hat. Aber andererseits ist auch gewiss, dass noch Keiner auf eine bestimmte und einigermaßen genügende Weise von den Eigenschaften und Erscheinungen der Körper im Speciellen Rechenschaft gegeben hat, ohne nicht von Theilchen zu sprechen und diese, so wie deren Beschaffenheit als gegeben vorauszusetzen. Lässt man es dahin gestellt, ob die Theilchen, die

man annimmt, die letzten unendlich kleinen untheilbaren Theilchen, die Grund- oder Urtheilchen, kurz die wahren Atome seyen, erinnert man sich stets, dass die Annahme solcher Theilchen, wie gefällig sie sich auch manchmal darbieten mag, immer nur Hypothese ist, — wie vor der Hand Alles, was die innere Constitution der Körper betrifft, — so kann man auch von Atomen reden, und in der Regel wird man sich bei den damit verknüpften Vorstellungen, wenn sie auch bloße Bilder sind, mehr befriedigt fühlen, als bei den sogenannten dynamischen Erklärungen, welche die Schwierigkeiten nur umgehen, nicht heben, und, da sie gewöhnlich im Unbestimmten schweben bleiben, fast nie einer Anwendung auf specielle Fälle fähig sind. In allen Fällen übrigens, wo die nähere Betrachtung der inneren Constitution der Körper außer Spiel bleibt, ist es ganz überflüssig, von Atomen zu reden. Das, was z. B. der Chemiker für Gewöhnlich ein Atom, ein Atomgewicht nennt, ist nicht ein einzelnes Atom oder das Gewicht eines solchen, sondern eine Masse sehr vieler Atome, eine bestimmte Gewichtsmasse. Wem also das Wort Atom zu anstößig ist, kann dafür in allen diesen Fällen Massentheil oder Mischungsgewicht sagen: so bleibt er rein bei der Erfahrung stehen. Wo es sich aber um den Grund der Erscheinungen handelt, wird man doch nicht umhin können, von Theilchen zu reden, und da ist es ziemlich gleichgültig, wie man dieselben nennt. In neuerer Zeit hat man auch das Wort Molekül, Molecule (von *Moles*, Masse) eingeführt, welches Theilchen, (Massentheilchen) bedeutet, ohne den Begriff der Untheilbarkeit damit zu verbinden. Einige Physiker und Chemiker gebrauchen dies Wort schlechthin als synonym für Atom, welches letztere, nach Gay-Lussac's Ansicht, für die Physik und Chemie dasselbe, was das Unendlich-Kleine für die Mathematik ist. Andere dagegen nehmen an, das Molekül sey ein Aggregat von mehreren Atomen, und wenn sich viele Moleküle vereinigen, entstehe daraus ein Partikel oder sichtbares Theilchen der Materie. P.

**Atomengewichte.** Die folgende Tafel enthält die von Berzelius festgesetzten und jetzt, wenigstens auf dem Continente, fast allgemein angenommenen Atomgewichte der elementaren Stoffe, nebst ihren Symbolen und ihren Logarithmen, welche letztere bei der Hand zu haben für manche Rechnungen sehr bequem ist. Auch ist hinzugefügt, welche Zusammensetzung nun ein Atom der gewöhnlichsten Verbindung eines jeden Elements nach diesen Atomgewichten bekommt, weil man sonst nicht die Bedeutung derselben zu beurtheilen vermag.

	Symbole.	Atomgewichte.	Logarithmen.	Ein Atom von:
Aluminium . . .	Al	171,167	2,23342	Thonerde . . . = Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Antimon . . . .	Sb	806,452	2,90658	Antimonoxyd . . = Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Arsenik . . . .	As	470,042	2,67214	Arsenige Säure . = As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Baryum . . . .	Ba	856,880	2,93292	Baryt . . . . . = BaO
Beryllium . . .	Be <sup>*)</sup>	331,479	2,52046	Beryllerde . . . = Be <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Blei . . . . .	Pb	1294,498	3,11210	Bleioxyd . . . . = PbO
Bor . . . . .	B	135,983	2,13348	Borsäure . . . . = B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Brom . . . . .	Br	489,150	2,68944	Bromkalium . . . = KBr
Cadmium . . . .	Cd	696,767	2,84309	Cadmiumoxyd . . = CdO
Calcium . . . .	Ca	256,019	2,40827	Kalk . . . . . = CaO
Cer <sup>**)</sup> . . . . .	Ce	?	?	
Chlor . . . . .	Cl	221,325	2,34503	Chlorkalium . . = KCl
Chrom . . . . .	Cr	351,819	2,54632	Chromoxyd . . . = Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Eisen . . . . .	Fe	339,213	2,53047	Eisenoxyd . . . = Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Fluor . . . . .	F	116,900	2,06781	Fluorkalium . . = KF
Gold . . . . .	Au	1243,013	3,09448	Goldoxyd . . . . = Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Jod . . . . .	J	789,145	2,89715	Jodkalium . . . = KJ
Iridium . . . .	Ir	1233,260	3,09103	Iridiums sesquioxydul = Ir <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kalium . . . . .	K	489,916	2,69012	Kali . . . . . = KO
Kiesel . . . . .	Si	277,478	2,44323	Kieselsäure . . . = SiO <sub>2</sub>
Kobalt . . . . .	Co	368,991	2,56702	Kobaltoxyd . . . = CoO
Kohle . . . . .	C	76,437	1,88330	Kohlensäure . . = CO <sub>2</sub>
Kupfer . . . . .	Cu	395,695	2,59736	Kupferoxyd . . . = CuO
Lanthan . . . .	La	?	?	
Lithium . . . .	L	80,375	1,90512	Lithion . . . . = LO
Magnesium . . .	Mg	458,353	2,19963	Bittererde . . . = MgO
Mangan . . . .	Mn	345,900	2,53895	Manganoxydul . . = MnO
Molybdän . . .	Mo	598,525	2,77708	Molybdänsäure . = MoO <sub>3</sub>
Natrium . . . .	Na	290,897	2,46374	Natron . . . . . = NaO
Nickel . . . . .	Ni	369,675	2,56782	Nickeloxyd . . . = NiO
Osmium . . . .	Os	1244,210	3,09490	Osmiumsäure . . = OsO <sub>4</sub>
Palladium . . .	Pd	665,840	2,82337	Palladiumoxydul = PdO
Phosphor . . . .	P	196,155	2,29260	Phosphorsäure . = P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Platin . . . . .	Pt	1233,260	3,09106	Platinoxyd . . . = PtO <sub>2</sub>
Quecksilber . .	Hg	1265,822	3,10237	Quecksilberoxyd = HgO
Rhodium . . . .	Rh	651,400	2,81385	Rhodiumoxyd . . = Rh <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sauerstoff . . .	O	100,000	2,00000	
Schwefel . . . .	S	201,165	2,30355	Schwefelsäure . . = SO <sub>2</sub>
Selen . . . . .	Se	494,582	2,69424	Selensäure . . . = SeO <sub>3</sub>
Silber . . . . .	Ag	1351,607	3,13085	Silberoxyd . . . = Ag <sub>2</sub> O
Stickstoff . . .	N	88,518	1,94703	Salpetersäure . . = N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Strontium . . . .	Sr	547,285	2,73821	Strontian . . . . = SrO
Tantal . . . . .	Ta	1153,715	3,06210	Tantalsäure . . . = Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Tellur . . . . .	Te	802,121	2,90424	Telluroxyd . . . = TeO <sub>2</sub>
Thorium . . . .	Th	744,900	2,87210	Thorerde . . . . = ThO
Titan . . . . .	Ti	303,086	2,48157	Titansäure . . . = TiO <sub>2</sub>
Uran . . . . .	U	2711,360	3,43349	Uranoxyd . . . . = U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Vanadin . . . .	V	855,840	2,93239	Vanadinsäure . . = VO <sub>2</sub>
Wasserstoff . .	H	6,2398	0,79517	Wasser . . . . . = H <sub>2</sub> O
Wismuth . . . .	Bi	886,918	2,94788	Wismuthoxyd . . = Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Wolfram . . . .	W	1183,200	3,07306	Wolframsäure . . = WO <sub>3</sub>
Yttrium . . . .	Y	401,840	2,60405	Yttererde . . . . = Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Zink . . . . .	Zn	403,226	2,60555	Zinkoxyd . . . . = ZnO
Zinn . . . . .	Sn	735,294	2,86646	Zinnoxyd . . . . = SnO <sub>2</sub>
Zirkonium . . .	Zr	420,238	2,62350	Zirkonerde . . . = Zr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

\*) Neuerdings von Berzelius durch G bezeichnet.

\*\*) Das bisher für reines Cer gehaltene Metall ist ein Gemeng von etwa 5/5 reinem Cer und 2/5 des neuentdeckten Lanthans. Das Atomgewicht des letzteren ist noch nicht genau erforscht; man weiß jedoch, dass es von dem des Gemenges abweicht, etwas kleiner ist als dieses; folglich bedarf auch das des Cers einer abermaligen Bestimmung.

Diese Atomgewichte beziehen sich, wie man sieht, auf das zu 100 angenommene des Sauerstoffs, und das ist unstreitig für die Praxis das Bequemste, da, wenigstens in der unorganischen Chemie, die Sauerstoffverbindungen diejenigen sind, mit denen man es am gewöhnlichsten zu thun hat. Einige Chemiker legen, nach dem Vorgange Dalton's, das Atomgewicht des Wasserstoffs, weil es das kleinste ist, den übrigen als Einheit zum Grunde; allein dies ist weder bequem, noch durch sonst etwas gerechtfertigt, denn die von Prout gemachte Annahme, dass alle übrigen Atomgewichte einfache Multipla von dem des Wasserstoffs seyen, zeigt sich im Allgemeinen so wenig mit der Erfahrung im Einklang, dass man, wenn man darnach die Atomgewichte abändern wollte, nicht unbedeutende Fehler in die berechnete Zusammensetzung der Körper einführen würde. Freilich sind einige Atomgewichte einander beinahe gleich, wie die des Platins und Iridiums, des Palladiums und Rhodiums, des Goldes und Osmiums, des Nickels und Kobalts, so dass die Analyse fast keinen oder nur einen sehr geringen Unterschied nachgewiesen hat, und andere stehen zu einander fast im Verhältniss 1:2, wie die des Yttriums und Tellurs, des Zinks und Antimons, des Silbers und Urans, des Palladiums und Platins, oder im Verhältniss 1:8, wie Wasserstoff und Sauerstoff, so dass man wohl zu der Vermuthung geführt werden kann, es finde irgend eine Gesetzmäßigkeit zwischen diesen Zahlen statt; allein bisjetzt ist dieselbe nicht nachgewiesen, und daher ist es nöthig, sich strenge an die Erfahrung zu halten.

P.

Atomentheorie ist die den Gesetzen der chemischen Verbindungen untergelegte atomistische Erklärung. Die Erfahrung hat in Betreff dieser Verbindungen folgende drei Hauptgesetze kennen gelehrt:

1. Wenn Körper sich wahrhaft chemisch verbinden, so geschieht es in festen Verhältnissen. Wasser, Kali, Schwefelsäure u. s. w., die solche Verbindungen darstellen, haben immer und unter allen Umständen einerlei Zusammensetzung. Diese Unveränderlichkeit der Zusammensetzung ist der wesentliche Charakter eigentlich chemischer Verbindungen. Es giebt zwar auch Verbindungen in unbestimmten Verhältnissen, allein die sind keine eigentlich chemische, sondern nur Lösungen, Gemenge.

2. Wenn ein Körper A mit einem andern B mehr als eine Verbindung zu bilden vermag, so stehen die Gewichtsmengen von B, welche eine gleiche Gewichtsmenge von A aufnimmt, unter sich in einfachen, durch ganze Zahlen ausdrückbaren Verhältnissen. So verbinden sich

100 Stickstoff	und	56,49 Sauerstoff	zu	Stickstoffoxydul
100	»	» 112,98	»	» Stickstoffoxyd
100	»	» 169,47	»	» salpetriger Säure
100	»	» 282,45	»	» Salpetersäure

und, wie man sieht, verhalten sich die Zahlen 56,49; 112,98; 169,47; 282,45 wie 1, 2, 3, 5.

Dies ist das Gesetz der vielfachen Verhältnisse (multiplen Proportionen). Dasselbe gilt auch für die Verbindungen der Körper nach Volumen oder Maassen. So vereinigen sich

100 Maass Stickgas	und	50 Maass Sauerstoffgas	zu	Stickstoffoxydul
100	»	» 100	»	» Stickstoffoxyd
100	»	» 200	»	» salpetriger Salpetersäure,

worin das Gesetz auf den ersten Blick zu erkennen ist. Es findet hier

nur die Verschiedenheit statt, dass im Allgemeinen die Summe der Volumina der Bestandtheile nicht gleich ist dem Volumen der Verbindung, was natürlich bei den Gewichtsmengen nothwendig immer der Fall seyn muss.

3. Wenn mehre Körper A, B, C, . . . , einzeln genommen, sich respective mit andern R, S, T, . . . verbinden, und die Verbindungen entsprechen einander, so stehen, für gleiche Gewichtsmengen von jedem der ersteren, die Gewichtsmengen der letzteren in denselben festen, aber nicht nothwendig einfachen Verhältnissen zu einander. So verbinden sich

100 Kalium und	20,41 Sauerstoff	zu Kali
„ „ „	41,06 Schwefel	„ Schwefelkalium
„ „ „	90,35 Chlor	„ Chlorkalium
100 Baryum und	11,67 Sauerstoff	zu Baryt
„ „ „	23,48 Schwefel	„ Schwefelbaryum
„ „ „	51,66 Chlor	„ Chlorbaryum
100 Silber und	7,40 Sauerstoff	zu Silberoxyd
„ „ „	14,88 Schwefel	„ Schwefelsilber
„ „ „	32,75 Chlor	„ Chlorsilber

und

	20,41	:	41,06	:	90,35
=	11,67	:	23,48	:	51,66
=	7,40	:	14,88	:	32,75
=	1,00	:	2,01165	:	4,4265.

Dies ist das Gesetz der Aequivalente, so genannt, weil man eben unter Aequivalenten diejenigen Gewichtsmengen verschiedener Körper versteht, welche einander in entsprechenden Verbindungen ersetzen können. Ein besonderer Fall von diesem Gesetze ist die Thatsache, dass, wenn zwei Neutralsalze einander zersetzen, die Neutralität ungestört bleibt.

Ueber die letzte Ursache dieser Gesetze weiß man sich keine Rechenschaft zu geben. Die nähere Entstehung derselben hat man sich indess dadurch versinnlicht, dass man bei den elementaren Stoffen Urtheilchen oder Atome annimmt und sich dieselben mit specifischen, von ihrer Natur abhängigen Anziehungskräften (Affinitäts- oder Verwandtschaftskräften) begabt denkt. Entsprechend den drei genannten Gesetzen, hat man dann nachfolgende drei Ansichten hinzugefügt.

1. Ein nach festen Verhältnissen zusammengesetzter Körper entspringt aus der Aneinanderlegung oder Zusammenfügung der Atome seiner Bestandtheile; er besteht eben so aus zusammengesetzten Atomen wie die Elemente aus einfachen.

2. Bei einem und demselben Element (oder Körper) haben die Atome gleiches Gewicht, und ein oder mehre Atome eines Körpers können sich mit einem oder mehren Atomen eines andern verbinden. — Es ist klar, dass, wenn die verschiedenen Gewichtsmengen, welche ein Körper von einem andern aufzunehmen vermag, nicht auf ganze Zahlen zurückführbar wären, sie z. B. in irrationalen Verhältnissen, wie etwa  $\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{3}$ ,  $\sqrt{5}$  . . . , ständen, was an sich nicht unmöglich wäre, diese Vorstellung keine Anwendung finden würde.

3. Von einem Element zum andern ist, im Allgemeinen, das Gewicht der Atome verschieden. — Die Gewichte der verschiedenartigen

Atome brauchen nicht in einfachen, nicht einmal in rationalen Verhältnissen zu stehen.

Nach dieser Ansicht stellt sich nun zunächst die Aufgabe: das Gewicht der elementaren Atome zu bestimmen. Das absolute Gewicht derselben zu ermitteln, ist natürlich Sache der Unmöglichkeit, hätte auch, wenn es auszuführen wäre, keinen Nutzen für die Chemie. Es handelt sich nur um das relative Gewicht der Atome, das Gewicht derselben gegen das zur Einheit angenommene eines von ihnen; allein auch die Feststellung dieses relativen Gewichts muss nothwendig hypothetisch bleiben, kann nur durch Uebereinkunft geschehen. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen. Das, was durch die Erfahrung gegeben wird, sind die Aequivalente, bestimmte Gewichtsmassen, also, in der Annahme von Atomen, Produkte aus der Anzahl der Atome in das Gewicht derselben. Um das Gewicht der Atome zu bestimmen, müsste man also die Anzahl derselben kennen, und da die letztere nicht mit Gewissheit auszumitteln ist, so giebt es auch zur Auffindung des ersteren keinen sicheren Weg. Zur Bestimmung des Gewichts der Atome bleibt demnach nichts anders übrig, als die Anzahl derselben in den Aequivalenten zuvörderst nach Gründen der Wahrscheinlichkeit aus anderweitigen Betrachtungen festzusetzen. Hieraus erklären sich die Abweichungen in den von verschiedenen Chemikern angenommenen Atomgewichten, und, wenn sie heute weniger groß sind als früher, so hat dies seinen Grund in keiner Nothwendigkeit, sondern in der jetzt wohl ziemlich allgemein verbreiteten Ueberzeugung, dass eine Uebereinkunft in dieser Beziehung, weil sie Missverständnissen vorbeugt, besser sey als das Beharren auf einer Ansicht, die an sich sonst eben so viel Wahrscheinlichkeit hätte als die herrschend gewordene.

Zur Bestimmung der Anzahl der Atome in einem Aequivalente, welche natürlich auch nur eine relative seyn kann, hat man folgende Data benutzt.

1. Bei den für gewöhnlich gasförmigen oder leicht in den Gaszustand versetzbaren Elementen, z. B. Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod u. s. w., das specifische Gewicht in diesem Zustande.

Die meisten Chemiker nehmen an, dass in allen diesen Gasen, bei gleicher Größe des Drucks und der Temperatur, die Atome gleiche Abstände von einander haben oder gleiche Volume dieser Gase gleichviel Atome enthalten. Durch diese Voraussetzung ist zugleich die Anzahl und das Gewicht der Atome relativ gegeben. Die Anzahl der Atome ist nemlich proportional der Anzahl der Volume, und das Gewicht derselben dem specifischen Gewicht der Gase.

Man weiß, dass der Wasserdampf aus 1 Vol. Sauerstoffgas und 2 Vol. Wasserstoffgas gebildet wird; folglich besteht das Wasser aus 1 Atom Sauerstoff und 2 Atomen Wasserstoff. Man weiß, dass die specifischen Gewichte des Sauerstoff- und des Wasserstoffgases sich verhalten wie  $1 : \frac{1}{16}$ ; folglich stehen die Atomgewichte dieser Elemente in gleichem Verhältniss. Wenn man nicht aus Erfahrung wüsste, dass der Wasserdampf aus 1 Vol. Sauerstoffgas und 2 Vol. Wasserstoffgas besteht, so würde man dieses, und folglich auch die relative Anzahl der Atome, finden, wenn man die Aequivalente beider Elemente, d. h. die relativen Gewichtsmengen, in welchen sie Wasser bilden, also 8 und 1, respectiv durch 1 und  $\frac{1}{16}$ , d. h. durch die specifischen Gewichte beider

Gase dividirte, weil allgemein das Volum eines Körpers aus der Division seines absoluten Gewichts durch sein specifisches gefunden wird.

Könnte man alle Elemente in Gasform versetzen und in solcher ihre Dichtigkeit bestimmen, so wäre dies offenbar der einfachste Weg zur Auffindung des Gewichts der elementaren Atome und ihrer Anzahl in den Aequivalenten. Die Bestimmung würde nur auf der einen Hypothese beruhen, dass gleiche Volumen von jedem Elemente gleichviel Atome enthalten.

Leider ist aber die Zahl der Elemente, die in Gasform eine Bestimmung ihres specifischen Gewichts zulassen, nur gering, und überdies hat man in neuerer Zeit bei einigen derselben, die erst in hoher Temperatur Gasgestalt annehmen, Abweichungen beobachtet, welche unwahrscheinlich machen, dass bei ihnen die eben erwähnte Hypothese, und folglich auch die von der Proportionalität zwischen Atomen- und Volumenmenge, eine Anwendung finden könne. So ist, wie Dumas gefunden und Mitscherlich bestätigt hat, das Gewicht des Quecksilberdampfs ein halb Mal, das des Phosphordampfs zwei Mal, und das des Schwefeldampfs drei Mal so groß, als es aus den anderweitig bestimmten Atomgewichten dieser Körper hervorgehen würde. Man müsste also die Atomgewichte dieser Elemente respective mit  $\frac{1}{2}$ , 2, 3 multipliciren, um sie den specifischen Gewichten ihrer Gase, und die Atomenmengen den Volumenmengen proportional zu machen; allein dann würden die Verbindungen dieser Körper nach Verhältnissen gebildet seyn, die, wenigstens für jetzt, sehr ungewöhnlich genannt werden müssen. So bestände dann z. B. die schweflige Säure aus 1 At. Schwefel und 6 At. Sauerstoff, die Schwefelsäure aus 1 At. Schwefel und 9 At. Sauerstoff, und das schwefelsaure Kali aus 1 At. Schwefelsäure und 1 At. Kali, in welchem man 3 At. Sauerstoff annehmen müsste, u. so fort. Das Quecksilberoxydul würde aus 4 At. Metall und 1 At. Sauerstoff bestehen, und die Phosphorsäure aus 1 At. Phosphor und 5 At. Sauerstoff. Beim Phosphor liesse sich übrigens die Verdopplung des Atomgewicht noch am leichtesten rechtfertigen; früherhin nahm auch Berzelius das Atomgewicht des Phosphors doppelt so groß wie jetzt.

Zur Hebung dieser Schwierigkeiten giebt es zwei Answege, nämlich entweder anzunehmen, dass die Dämpfe, welche erst in hoher Temperatur gebildet werden \*), anders beschaffen seyen, als die sogenannten permanenten Gase, oder die Hypothese von der gleichen Zahl der Atome in gleichen Volumen bei diesen Gasen fallen zu lassen.

Die erste Annahme wird durch keine hinlänglichen Gründe unterstützt. Alle sonstigen Erfahrungen zeigen übereinstimmend, dass zwischen Dämpfen und Gasen kein specifischer Unterschied vorhanden ist; und in der Verdichtbarkeit zum flüssigen Zustande, welche, als leichter bei den Dämpfen, diese allein von den Gasen unterscheidet, kommen solche allmähliche Uebergänge von den ersteren bis zu den letzteren vor, dass keine feste Gränze zu ziehen ist. Dass eine hohe Temperatur keinen Einfluss auf die Dichtigkeit der Dämpfe habe (natürlich im Verhältniss zur Dichtigkeit der Luft von gleicher Temperatur), geht auch direct aus einem Versuche von Dumas hervor, wo er das specif. Gew. des Phosphordampfs, einmal bei 500° C. und das andere Mal bei 313°,5 bestimmte. Im ersten

\*) Oder richtiger: erst in hoher Temperatur eine bedeutende Spannkraft erlangen.

Falle fand er die Dichtigkeit = 4,355, im letzteren = 4,420, also in beiden Fällen nahe dieselbe Zahl, d. h. eine doppelt so große Zahl, als man nach dem angenommenen Atomengewicht des Phosphors erwarten musste. Die Temperatur 313°,5 C. liegt nicht viel über 290° C., dem Siedpunkte des Phosphors. Man sieht also zugleich, dass diese Nähe ohne Einfluss ist, was auch andererseits dadurch bestätigt wird, dass Jod dampf, bei 185° C. bestimmt, d. h. nur 5° über dem Siedpunkte des Jods, kein anomales spezifisches Gewicht darbietet.

Weit leichter könnte man die Hypothese von der gleichen Zahl der Atome in gleichen Volumen der genannten Gase aufgeben, da sie in der That eine willkürliche ist. Zwar bleiben dann Atom und Volum bei diesen Gasen nicht mehr synonym; allein, was dadurch an Einfachheit verloren geht, wird vollkommen ersetzt durch die nun zu machende, eben so wahrscheinliche Hypothese, dass die stabilsten Verbindungen zweier Elemente aus einer gleichen Anzahl von Atomen beider bestehen. So würden Wasser, Schwefelwasserstoff, Chlorkalium, und viele andere Verbindungen eine solche Zusammensetzung bekommen, und überhaupt viele von den jetzt nöthigen Verdopplungen der Atomgewichte von Wasserstoff, Stickstoff, Chlor u. s. w. wegfallen. Diese Ansicht findet noch gegenwärtig in England viele Anhänger, und ist erst neuerdings von Faraday durch ganz sinnreiche Gründe unterstützt worden. Faraday glaubt sich nämlich überzeugt zu haben, dass nur diejenigen Substanzen, welche aus gleichen Atommengen ihrer Bestandtheile zusammengesetzt sind, direct von dem Strom der Voltaschen Säule zersetzt werden, und zwar deshalb, weil nur dabei eine symmetrische Anordnung der einfachen Atome, verbunden mit derjenigen polaren Stellung des zusammengesetzten Atoms möglich sey, welche nach ihm dem Act der Zersetzung vorangeht. Da Wasser ein direct zersetzbarer Körper, ein s. g. Electrolyt ist, so betrachtet er also dasselbe für gebildet aus einer gleichen Anzahl von Sauerstoff- und Wasserstoffatomen.

Uebrigens ist die Hypothese von der gleichen Zahl der Atome in gleichen Volumen höchstens nur auf die elementaren Gase anwendbar. Die zusammengesetzten zeigen in dieser Beziehung die größten Verschiedenheiten; ein Grund mehr sie auch für die übrigen für zweifelhaft zu halten.

Wie wahrscheinlich man indess diese Ansicht finden mag, so würde es doch nicht rathsam seyn, nach ihr die einmal auf dem Continent üblichen Atomgewichte abändern zu wollen, da dadurch, ohne andern Nutzen als eine Vereinfachung der Formeln, nur Verwirrungen oder wenigstens lästige Reductionen herbei geführt werden würden.

2. Die Multipla und Aequivalente, verbunden mit der gesetzmäßigen Zusammensetzung neutraler Sauerstoffsalze, wobei man von gewissen Verbindungen ausgeht, bei denen man das Verhältniss der Atommengen ihrer Bestandtheile ohne weiteres festsetzen zu können glaubt.

So z. B. nimmt man an, dass die Alkalien, die alkalischen Erden und Oxyde, also die, die Säuren am besten neutralisirenden Basen, wie Kali, Natron, Lithion, Baryt, Kalk, Talkerde, Zinkoxyds, Bleioxyd, Silberoxyd, Kupferoxyd, Manganoxydul, Eisenoxydul u. s. w. ein Atom Sauerstoff auf ein Metall enthalten, ebenso dass die neutralen Salze, namentlich die neutralen Sauerstoffsalze, bei welchen, wenn sie nur löslich sind, die Neutra-

lität meist immer wohl bestimmbar ist, aus einem Atom Säure auf ein Atom Base bestehen.

Nun hat die Erfahrung gelehrt, dass in den neutralen Sauerstoffsalzen die Sauerstoffmenge der Säure zu der der Base in einem festen Verhältniss steht, dessen Werth von der Natur der Säure abhängt, dass z. B. dies Verhältniss in den neutralen Salzen der

Salpetersäure	= 5 : 1	Schwefelsäure	= 3 : 1
Chlorsäure	= 5 : 1	Selensäure	= 3 : 1
Jodsäure	= 5 : 1	Mangansäure	= 3 : 1
Unterschwefelsäure	= 5 : 2	schwefligen Säure	= 2 : 1
		selenigen Säure	= 2 : 1

Mit Hülfe dieser Gesetze und der zuvor erwähnten Annahme lässt sich nun die relative Atommenge in vielen andern Verbindungen feststellen.

Enthält die Base in 1 At. angenommenermaßen 1 At. Sauerstoff, wie das Kali, so ist sie in ihrem Neutralsalze mit 1 At. Säure verbunden, und wenn die Säure Salpetersäure, Chlorsäure u. s. w. ist, so sind in diesem 1 Atom enthalten 5 At. Sauerstoff, wenn sie Schwefelsäure ist, 3 Atome, und wenn sie schwefelige Säure ist, 2 Atome. Wie viel Atome Radikal in der Säure mit diesen Atomen Sauerstoff verbunden seyen, bleibt hiebei unentschieden, kann aber auf anderem Wege gefunden werden.

So z. B. bleibt, wenn chlorsaures Kali hinlänglich gegliht wird, Chlorkalium zurück, ohne dass Chlor fortgeht. Sättigt man Kali mit Chlorwasserstoffsäure, so nimmt es von dieser so viel auf, dass ihr Wasserstoff mit seinem Sauerstoff Wasser bildet. Besteht nun, angenommenermaßen das Kali aus 1 At. Kalium und 1 At. Sauerstoff, ferner, wie aus dem specifischen Gewicht der Gasevorauszusetzen ist, das Wasser aus 1 At. Sauerstoff und 2 At. Wasserstoff, die Chlorwasserstoffsäure aus gleichen Atomen Chlor und Wasserstoff, so ist 1 At. Chlorkalium aus 1 At. Kalium und 2 At. Chlor, also 1 At. Chlorsäure aus 2 At. Chlor und 5 At. Sauerstoff zusammengesetzt. Aehnlich sind die Schlüsse für die Jodsäure.

Bei der Salpetersäure argumentirt man so. Man weiß, dass sie aus der Oxydation des Stickstoffoxyds entspringt; dieses besteht aus gleichen Volumen Stickstoff und Sauerstoff, also wenn man, wie zuvor geschehen, bei diesen Elementen Volum und Atom als gleichbedeutend annimmt, aus gleichen Atomen beider. Nun verhält sich, für gleiche Mengen Stickstoff, der Sauerstoff der Salpetersäure zu dem des Stickstoffoxyds, wie 5 : 2; sind nun in 1 Atom Salpetersäure 5 Atome Sauerstoff, so sind im Stickstoffoxyd 2 Atome Sauerstoff, folglich auch 2 Atome Stickstoff, folglich in 1 At. Salpetersäure ebenfalls 2 At. Stickstoff.

Für die Oxydationsstufen des Schwefels giebt das Schwefelwasserstoffgas den Anhaltspunkt. Dies Gas enthält ein gleiches Volum Wasserstoffgas, wie der Wasserdampf; man nimmt daher an, es habe eine analoge Zusammensetzung wie dieser, bestehe aus 1 At. Schwefel und 2 Atome Wasserstoff. Ist diese Voraussetzung gemacht, so müssen alle Metalloxyde, in denen man 1 At. Sauerstoff annimmt, bei Zersetzung durch Schwefelwasserstoff, ein Schwefelmetall geben, worin auf 1 At. Metall 1 At. Schwefel enthalten ist. Ein solches Schwefelmetall, durch Salpetersäure vollkommen oxydirt, giebt ein neutrales schwefelsaures Salz. Daraus und aus dem vorhin Gesagten folgt dann, dass 1 At. Schwefelsäure aus 1 At. Schwefel und 3 At. Sauerstoff besteht. Ein neutrales schwefeligsäures Salz verwandelt sich, durch Oxydation, in ein neutrales schwefelsaures; mithin besteht 1 At. schwefeliger Säure aus 1 At. Schwefel und 2 At. Sauerstoff. Ein

neutrales unterschwefelsaures Salz giebt durch Oxydation, ein saures schwefelsaures, worin die Säure 6 Mal so viel Sauerstoff als die Basis enthält oder 2 At. Schwefelsäure mit 1 At. Basis verbunden sind; da man nun schon weiß, dass 5 At. Sauerstoff in 1 At. Unterschwefelsäure enthalten sind, so folgt dann, dass 1 At. dieser letzten Säure aus 2 At. Schwefel und 5 At. Sauerstoff besteht. Ein neutrales schwefeligsäures Salz mit Schwefel gekocht, nimmt von diesem so viel auf, als es schon in der Säure enthält, und geht dadurch in ein neutrales unterschwefeligsäures Salz über; daher besteht denn 1 At. Unterschwefeligsäure aus 2 At. Schwefel und 2 At. Sauerstoff.

Diese Beispiele werden zur Erläuterung des Gesagten hinreichend seyn. Es ist auch darnach einleuchtend, dass wenn man in den verschiedenen Verbindungsstufen eines Elements mit einem anderen, die Multipla des letzteren kennt, man nur noch die Atomenmenge in einer dieser Verbindung zu kennen braucht, um daraus die in den übrigen herzuleiten. Ein ferneres Beispiel davon liefern die Oxydationsstufen des Mangans, bei denen die Sauerstoff-Multipla respective 2, 3, 4, 6, 7 sind. Hat man, nach dem vorhin erwähnten Grundsatz, festgestellt, dass die erste Stufe (das Manganoxydul) auf 1 At. Metall 1 At. Sauerstoff enthalte, so wird offenbar die vierte Stufe (die Mangansäure) aus 1 At. Metall und 3 At. Sauerstoff, so wie die letzte (die Uebermangansäure) aus 1 At. Metall und  $3\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff bestehen. Was aber bei diesen Säuren der Werth von einem Atom sey, kann man erst aus ihren neutralen Salzen erfahren; daraus lernt man denn, dass 1 At. Mangansäure wirklich aus 1 At. Metall und 3 At. Sauerstoff gebildet anzunehmen ist, die Uebermangansäure aber aus 2 At. Metall und 7 At. Sauerstoff.

Aehnliche Schlüsse finden ihre Anwendung, wenn die Multipla des Schwefels oder Chlors in einer Reihe Verbindungsstufen eines Metalls mit diesen Elementen bekannt sind. Dasjenige Schwefel- oder Chlormetall, welches aus dem Oxyd durch Wechselersetzung mit Schwefelwasserstoff oder Chlorwasserstoff entsteht, ist mit diesem Oxyd aequivalent. Weiß man also vom letzteren, wie viel Atome Sauerstoff es auf 1 At. Metall enthält, so hat man damit auch die Zusammensetzung des entstandenen Schwefel- und Chlormetalls, folglich auch, durch die Multipla, die der ganzen Reihe von Verbindungsstufen.

Aus allem diesen erhellt, dass sobald man Multipla und Salze von wohl bestimmbarer Neutralität besitzt, die Bestimmung der relativen Atomenmenge keine Schwierigkeit hat. Allein von mehren Elementen giebt es oder kennt man nur eine Verbindungsstufe mit andern Elementen, und ebenso ist die Neutralität, die man bei einigen Salzen, z. B. bei den salpetersauren, durch die Reaction des Lackmus und anderer Pflanzenfarben so leicht nachweisen kann, bei anderen sehr schwierig oder gar nicht direct zu ermitteln, entweder weil die Salze unauflöslich sind, oder weil ihre bis zur Neutralität gegen Pflanzenfarben gebrachten Lösungen doch beim Anschiesen wiederum Salze liefern, die auf diese Farben basisch oder sauer reagiren, so dass es also gewissermaßen dem Gutdünken anheim fällt, zu entscheiden, welches der verschiedenen Salze das neutrale sey.

Solche Fälle bieten z. B. Kiesel und Bor dar, und bei ihnen hilft man sich dann durch anderweitige Wahrscheinlichkeitsgründe. Beim Kiesel hält man sich daran, dass die am häufigsten in der Natur vorkommenden kieselsauren Salze, 3 At. Sauerstoff in der Säure gegen 1 At. in der Basis enthalten; man betrachtet diese also als neutral, und 1 At. Kieselsäure als bestehend aus 1 At. Kiesel und 3 At. Sauerstoff. — Beim Bor hat man,

hinsichtlich der Zusammensetzung seiner Säure, eine gleiche Annahme gemacht, darum, weil in neuerer Zeit borsaure Salze entdeckt worden, welche das Sauerstoffverhältniss 3 : 1 darbieten. Man betrachtet demnach den Borax, in welchem das Sauerstoffverhältniss = 6 : 1, ungeachtet er alkalisch reagirt, als ein saures Salz.

Der Kohlenstoff bietet zwar in seinen Verbindungen mit Chlor, Sauerstoff u. s. w. Multipla dar; allein da sich Kohlenmetalle nicht auf dem Wege wie Schwefel- und Chlormetalle bilden lassen; das Verhalten des Kohlenstoffs zum Wasserstoff auch ein ganz anderer ist, wie das Verhalten des Schwefels, Chlors u. s. w. zu diesem Element, so finden die vorhin beim Schwefel und Chlor gemachten Schlüsse hier keine Anwendung. Man hat sich also daran gehalten, dass die Oxydationssufen des Kohlenstoffs im Verhältniss 1 : 2 stehen, und dass in denjenigen kohlen-sauren Salzen, die man wegen ihrer grösseren Stabilität als neutral betrachtet (ungeachtet sie alkalisch reagiren) der Sauerstoff der Säure sich zu dem der Base wie 2 : 1 verhält. Darnach hat man angenommen, 1 At. Kohlensäure bestehe aus 1 At. Kohlenstoff und 2 At. Sauerstoff. Diese Ansicht ist indess nicht ganz ungetheilt angenommen. Die französischen Chemiker betrachten 1 At. Kohlensäure = 1 At. Kohle + 1 At. Sauerstoff, wobei sie denn natürlich 1 Atome neutrales kohlen-saures Salz = 2 At. Säure + 1 At. Base setzen müssen.

3. Die Isomorphie gewisser Körper. Wie in dem Artikel Isomorphie näher gezeigt werden soll, ist es eine durch Mitscherlich entdeckte Thatsache, dass gewisse Körper, z. B. gewisse Oxyde, bei denen man, geleitet durch die vorhin dargelegten Grundsätze, ein gleiches Verhältniss zwischen der Atomenanzahl des Sauerstoffs und des Radikals angenommen hat, bei ihrer Verbindung mit andern Körpern in derselben Krystallform anschliessen, und einander in diesen Verbindungen ohne Veränderung der Form nach ganz unbestimmten Verhältnissen ersetzen können. So hatte man im Kupferoxyd, Eisenoxydul, Manganoxydul, Nickel-oxyd, Zinkoxyd, Kalk u. s. w. schon früher 1 At. Sauerstoff auf 1 At. Metall angenommen, und diese Oxyde, verbunden mit derselben Säure in demselben Atomenverhältniss und mit demselben Wassergehalt, geben Salze von gleicher Krystallform. Man nennt sie daher isomorph. Eine andere Gruppe solcher isomorphen Körper bilden Thonerde, Eisenoxyd u. s. w., die man schon früher als zusammengesetzt aus 3 At. Sauerstoff auf 1 oder 2 At. Metall ansah; ferner Phosphorsäure und Arsensäure, in denen man 5 At. Sauerstoff auf 1 oder 2 At. Radikal annahm.

Dergleichen Thatsachen haben zu der Verallgemeinerung geführt, dass wenn zusammengesetzte Körper sich isomorph erweisen, sie, in Betreff der Atomenanzahl ihrer Bestandtheile, eine gleiche Zusammensetzung haben. So ist die Titansäure isomorph mit dem Zinnoxid, und da man in dem letzteren 2 At. Sauerstoff auf 1 At. Metall annimmt, hält man sich berechtigt, das nämliche Verhältniss auch für die Titansäure anzunehmen. Die mangansuren Salze sind, bei gleicher Base und gleichem Wassergehalt, isomorph mit den schwefelsauren; daraus schliesst man denn, dass die Mangansäure, wie die Schwefelsäure, 3 Atome Sauerstoff auf 1 At. Radikal enthalte; eben so folgert man aus der Isomorphie der übermangansuren Salze mit den überchlorsauren, dass die Uebermangansäure, wie die Ueberchlorsäure, 7 At. Sauerstoff auf 2 At. Radikal einschliesse, und beide Schlüsse werden noch dadurch verstärkt, dass die genannten Säuren des Mangans respective 3 und 3,5 Mal so viel Sauerstoff enthalten

als das mit dem Kalk isomorphe und daher 1 At. Sauerstoff enthaltende Manganoxydul.

Auf diese Weise giebt die Isomorphie ein Mittel an die Hand, mit einem in diesem hypothetischen Gebiete immer bedeutsam zu nennenden Grade von Wahrscheinlichkeit die relative Atomenmenge der Bestandtheile von Verbindungen festzusetzen, selbst wenn nur Eine Verbindung zwischen zwei gegebenen Elementen bekannt ist, wie, zwischen Aluminium und Sauerstoff, die Thonerde.

Uebrigens ist zu bemerken, dass der Satz: Alle isomorphen Körper haben, in Bezug auf das Atomenverhältniss ihrer Bestandtheile, eine gleiche Zusammensetzung, nicht umgekehrt werden darf, da die Erfahrung lehrt, dass Körper, denen man eine solche Zusammensetzung beizulegen Ursache hat, nicht immer isomorph sind. So sind Baryt, Strontian, Bleioxyd, in welchen man 1 At. Metall auf 1 At. Sauerstoff annimmt, unter sich isomorph, nicht aber mit Kupferoxyd, Eisenoxydul, Zinkoxyd u. s. w., obschon auch diese als aus gleicher Atombzahl Metall und Sauerstoff gebildet angesehen werden und unter sich wiederum isomorph sind. Allein der Kalk, dem man eine gleiche Zusammensetzung beilegt, gehört sowohl zu der einen als zu der andern Gruppe, d. h. ist dimorph oder zweier aufeinander nicht zurückführbarer Formen fähig; dies lässt vermuthen, dass die genannten Oxyde sämmtlich auch dimorph seyen, und wir noch nicht beide Formen von ihnen kennen, wie beim Kalk.

Die drei vorhergenannten Mittel zur Bestimmung der relativen Anzahl der Atome in einer Verbindung sind die üblichsten, und auch die vorzüglichsten, wiewohl man bei einigem Nachdenken leicht aus dem Gesagten einsehen wird, dass sie, selbst in den besten Fällen, immer von Annahmen ausgehen, deren Richtigkeit nicht bewiesen werden kann. Bestimmungen dieser Art bleiben demnach, bis zu einem gewissen Punkte, immer hypothetisch; das einzige völlig Sichere in ihnen ist das, was die Erfahrung unmittelbar giebt, die Multipla und die Aequivalente. Indess ist dies für die meisten Aufgaben in der Chemie, namentlich für die Aufstellung der Formeln von keinem bedeutenden Einfluss. Es hat nur einen Einfluss auf das Atomengewicht. Wie schon gesagt, sind die Aequivalente, als bestimmte Gewichtsmassen, die Producte aus der Anzahl in das Gewicht der Atome; je gröfser man also die Anzahl annimmt, desto kleiner wird das Gewicht, und umgekehrt. Hat man aber auf irgend eine Weise die Anzahl festgesetzt, so ist dadurch, wenn das Aequivalent gegeben ist, auch das Gewicht der Atome bestimmt.

Die Bestimmung des Atomengewichts der Körper, in Bezug auf das von einem derselben, welches man gleich Eins oder gleich 100 setzt (gewöhnlich das des Sauerstoffs) hat hiernach keine Schwierigkeit, sobald die numerische Zusammensetzung einer Verbindung oder das Aequivalent einer Substanz bekannt ist.

Weifs man z. B., dass in der Schwefelsäure 40,14 Gewichtstheile Schwefel mit 59,86 Gewichtstheilen Sauerstoff oder, anders ausgedrückt, 100 Sauerstoff mit 67,055 Schwefel verbunden sind, und hat man festgesetzt, dass 1 At. dieser Säure aus 3 At. Sauerstoff und 1 At. Schwefel bestehe, so ergiebt sich das Atomgewicht des Schwefels  $= 3 \times 67,055 = 201,165$ , wenn das des Sauerstoffs  $= 100$  angenommen wird, denn

$$100 : 67,055 = 300 : x, \text{ woraus } x = 201,165.$$

Zu demselben Schluss gelangt man, wenn man weifs, dass Silberoxyd und Schwefelsilber zu einander aequivalent sind, d. h. auf gleiche Zahl

von Silberatomen gleich viel Atome von Sauerstoff und Schwefel enthalten, und dass das Silber in dem erstern auf 7,40 Sauerstoff, und im letztern mit 14,88 Schwefel verbunden ist. Man hat dann die Proportion

$$7,40 : 14,88 = 100 : x, \text{ also } x = 201,165.$$

Ein anderes, lehrreiches Beispiel liefert folgende, von Berzelius gemachte Reihe von Versuchen, durch welche die Atomgewichte des Chlors, Kaliums und Silbers gefunden wurden.

- 1) 100 chlorsaures Kali, durch Glühen zersetzt, verloren 39,15 Sauerstoff, liefsen also 60,85 Chlorkalium zurück.
- 2) 100 Chlorkalium, durch salpetersaures Silberoxyd zersetzt, lieferten 192,4 Chlorsilber.
- 3) 100 Silber, in Salpetersäure gelöst, und durch Chlorwasserstoffsäure gefällt, hinterliessen eingetrocknet 132,75 Chlorsilber.

Weifs man nun schon anderweitig, dass ein At. Chlorsäure aus 2 At. Chlor und 5 At. Sauerstoff besteht, dass, beim Glühen des chlorsauren Kalis, diese 5 Atome nebst dem 1 At. des Kalis, also in Summa 6 At. Sauerstoff fortgehen, dass das Chlorkalium, gleich dem Chlorsilber, 2 At. Chlor auf 1 At. Metall enthält, so hat man, wenn man das Atomgewicht des Sauerstoffs = 100 setzt und die Atomgewichte des Chlorkaliums, Chlorsilbers und Chlors, respective mit  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , bezeichnet, folgende Proportionen:

$$39,15 : 60,85 = 100 : x \text{ also } x = 932,56$$

$$100 : 192,4 = 932,56 : y \text{ also } y = 1794,5$$

$$132,75 : 32,75 = 1794,5 : 2z \text{ also } 2z = 442,65$$

folglich:

$$\text{Atomgewicht des Chlors} = z = 221,325$$

$$\text{„ des Silbers} = y - 2z = 1351,85$$

$$\text{„ des Kaliums} = x - 2z = 489,91.$$

Die einzige, aber freilich mitunter große Schwierigkeit besteht hier in der genauen Ausmittlung der Zusammensetzung solcher Verbindungen, die zur sichern Festsetzung der Atomgewichte anwendbar sind. Die meisten und genauesten Bestimmungen dieser Art verdankt man Berzelius; die von ihm gegebenen, und jetzt fast allgemein angenommenen Atomgewichte findet man unter diesem Namen in dem vorhergehenden Artikel zusammengestellt.

Außer der bereits angeführten Art, die Atomgewichte zu bestimmen, giebt es noch eine, von ihr gänzlich verschiedene, die man die physikalische nennen könnte.

Sie beruht auf dem von Dulong und Petit entdeckten merkwürdigen Gesetze, dass die specifischen Wärmen der elementaren Körper bezogen auf gleiche Gewichtsmengen von ihnen im starren Zustand, sich umgekehrt verhält, wie die Atomgewichte derselben, oder anders gesagt, dass das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht für alle Elemente eine und dieselbe constante Gröfse ist. Sobald man also für einen Körper die specifische Wärme und das Atomgewicht und für einen zweiten Körper jene Wärme kennt, ist damit auch das Atomgewicht des letzteren gegeben.

Inwiefern das Dulong-Petit'sche Gesetz begründet sey, wird aus folgender Tafel erhellen, worin die specifische Wärme des Wassers = 1 gesetzt ist:

	Specifische Wärme.	Atom- gewicht.	Product aus der spec. Wärme in das Atomgewicht.
Wismuth	0,0288	886,9	25,54*
Blei	0,0293	1294,5	37,93
Gold	0,0298	1243,0	37,04
Platin	0,0314	1233,3	38,73
Zinn	0,0514	735,3	37,79
Silber	0,0557	1351,6	75,29*
Zink	0,0927	403,2	37,38
Tellur	0,0912	802,1	73,15*
Kupfer	0,0949	395,7	37,55
Nickel	0,1035	369,7	38,26
Eisen	0,1100	339,2	37,31
Kobalt	0,1498	369,0	55,28*
Schwefel	0,1880	201,16	37,80

Die in Spalte III stehenden Atomgewichte sind die gegenwärtig von Berzelius angenommenen. Wie man sieht, sind die Producte aus ihnen in die specifischen Wärmen bei neun der dreizehn untersuchten Elemente so nahe einander gleich, dass man die Verschiedenheiten unbedenklich Beobachtungsfehlern oder sonstigen kleinen Störungen zuschreiben kann. Nur bei vier Elementen (den in der Tafel mit \* bezeichneten) finden sich bedeutende Abweichungen. Beim Silber und Tellur ist das erwähnte Product doppelt so groß als gewöhnlich, beim Wismuth hat es  $\frac{2}{3}$  und beim Kobalt  $\frac{1}{3}$  seines normalen Werths.

Begreiflich würden diese Abweichungen verschwinden, wenn man sich dazu verstehen wollte, das bei den neun Elementen gefundene Gesetz als Regulativ zu betrachten, und darnach die Atomgewichte der übrigen vier abzuändern. Man müsste demzufolge das Atomgewicht beim Silber und Tellur auf die Hälfte herabsetzen, beim Wismuth auf das Anderthalbfache erheben und beim Kobalt um ein Drittel verringern. Die Halbierung des Atomgewichts beim Silber und Tellur hat im Grunde keine Schwierigkeit; beim Silber spricht sogar für sie, wie H. Rose gezeigt hat, die Zusammensetzung einiger Fahlerze; auch die Isomorphie des Silberoxyds, welches nach einer solchen Halbierung 2 At. Sauerstoff enthalten würde, mit dem Natron, in welchem man, weil das Natriumhyperoxyd aus 2 At. Metall und 3 At. Sauerstoff bestehend angesehen wird, ohne Zwang gleichfalls 2 At. Sauerstoff annehmen könnte, würde einen Grund für die Halbierung abgeben. Etwas mehr Schwierigkeit fände sich beim Wismuth, doch ließe sich dieselbe beseitigen. Nimmt man, wie gegenwärtig, das Atomgewicht des Wismuths = 886,9, so besteht das Oxyd aus 1 At. Metall und 1 At. Sauerstoff; erhebt man aber das Atomgewicht auf die Zahl 1330,35, welche auch früher für dasselbe angenommen ward, so muss man das Oxyd aus 2 At. Metall und 3 At. Sauerstoff bestehen lassen. Nun hat zwar Stromeyer ein Hyperoxyd dieses Metalls entdeckt, welches um die Hälfte mehr Sauerstoff enthält, als das Oxyd und welches man also, bei Annahme des letzteren Atomgewichts aus 2 At. Metall und  $4\frac{1}{2}$  At. Sauerstoff zusammengesetzt annehmen müsste, wozu man sich, wegen der gebrochenen Zahl, nicht gern verstehen mag. Allein die Schwierigkeit würde verschwinden, wenn man sich die, an sich gar nicht unwahrscheinliche und durch

Analogie bei anderen Metallen mehrfach unterstützte Hypothese erlauben wollte, dass jenes Hyperoxyd eine salzartige Verbindung sey von 1 Atom Oxyd und 1 Atom eines Bioxyds, bestehend aus 2 Atomen Metall ( $2 \times 1330,35$ ) und 6 At. Sauerstoff. Durch diese Annahme würde das Wismulhoxyd aus der Reihe der einatomigen Basen heraustreten, mit denen es auch sonst in seinem chemischen Verhalten wenig Uebereinstimmung zeigt; auch würde der Dampf des Chlorwismuths, dessen Dichtigkeit neuerlich Jacquelin bestimmte, ein einfacheres Verdichtungsverhältniss bekommen. Nur beim Kobalt würde bisjetzt eine nicht zu hebende Schwierigkeit bleiben; denn wenn man das Atomgewicht dieses Metalls von 369 auf 246 herabsetzt, müsste man im Oxyd 3 At. Metall und 2 At. Sauerstoff annehmen, was nicht nur für ein Oxyd eine ungewöhnliche Zusammensetzung wäre, sondern auch die Isomorphie desselben mit andern einatomigen Oxyden gegen sich hätte. Es muss also der Zukunft überlassen bleiben, wie hier das Dulong-Petit'sche Gesetz mit den anderweitigen Erfahrungen in Einklang zu bringen ist\*).

Uebrigens ist einleuchtend, dass dieses Gesetz höchstens dazu dienen kann, um das Atomgewicht eines Elements im Allgemeinen festzusetzen, nicht aber, um den numerischen Werth desselben genau zu ermitteln; dazu ist die Bestimmung der specifischen Wärme viel zu schwierig und doch auch nicht so sicher als das Resultat einer guten chemischen Analyse. Ueberdies kann es noch in Zweifel gezogen werden, ob das Gesetz, ohne weitere Correction, in aller Strenge richtig sey. Denn die specifische Wärme starrer Körper ändert sich mit der Temperatur; es müsste also schon diese Aenderung bei allen elementaren Körpern gleich seyn, was wiederum wegen der ungleichen Ausdehnbarkeit dieser Körper nicht recht wahrscheinlich ist. Auch würde das Gesetz, wenn es in aller Strenge richtig wäre, wie es scheint den Satz bedingen, dass das Volumverhältniss einer bestimmten Masse im starren und gasigen Zustande für alle Elemente ein und dasselbe wäre. Denn Dulong hat in neuerer Zeit gefunden, dass alle einfachen Gase, sowohl bei constantem und gleichem Volum als unter constantem und gleichem Druck, eine gleiche specifische Wärme haben, was so viel heisst, als, dass für gleiche Gewichtsmassen dieser Gase die specifische Wärme sich umgekehrt wie die Dichtigkeit oder das Atomgewicht verhält. Nun haben die Gase auch sämmtlich eine gleiche Ausdehnbarkeit; an der strengen Richtigkeit des Gesetzes lässt sich also hier nicht zweifeln. Wenn es aber für den gasigen Zustand richtig ist, so scheint es,

\*) Zufolge einer neueren Untersuchung von Regnault, von der erst, nachdem das Obige geschrieben worden, eine vorläufige Notiz veröffentlicht ist, verschwindet auch diese Anomalie des Kobalts. Regnault hat nämlich durch Anwendung einer Methode die weniger als die Dulong-Petit'sche Fehlern ausgesetzt zu seyn scheint, gefunden, dass die specif. Wärme des Kobalts der des Nickels gleich ist. Er gelangt ferner zu dem Schlusse, dass das Atomgewicht des Urans auf das Viertel seines bisherigen Werths, d. h. auf 677,84 herabzusetzen, und das des Wismuths wieder auf seinen frühern Werth 1330,38 zu erheben sey, letzteres aus ähnlichen Gründen wie die bereits angeführten. Auch er ist der Meinung, dass das Dulong-Petit'sche Gesetz nicht in aller Strenge gültig sey, wie er denn das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht nicht nur höher als jene Physiker, sondern überdies von 38 bis 42 schwankend gefunden hat.

könne es nur dann für den starren Zustand richtig bleiben, falls die Gase beim Uebergang in den starren Zustand sich sämmtlich in gleichem Verhältniss verdichteten. Dies ist aber nicht der Fall.

Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur bei verschiedenen Elementen das specifische Gewicht im starren Zustande durch das im gasigen zu dividiren, und den Quotienten mit 769,8, dem specifischen Gewicht des Wassers gegen die Luft, zu multipliciren, was letzteres geschehen muss, weil die specifischen Gewichte starrer Körper immer auf das des Wassers bezogen sind. Das Product stellt dann die Zahl der Gasvolumen bei 0° und 0<sup>m</sup>,76 dar, die ein Volum des starren Elements von der Temperatur, bei welcher sein specifisches Gewicht bestimmt worden, liefern würde. Auf diese Weise findet man, dass

1 Vol. Schwefel	gibt	$\frac{2,09}{6,65}$	· 769,8 =	242	Vol. Schwefelgas
1 Vol. Phosphor	»	$\frac{1,77}{4,326}$	· 769,8 =	315	» Phosphorgas
1 Vol. Chlor	»	$\frac{1,33}{2,44}$	· 769,8 =	420	» Chlorgas
1 Vol. Brom	»	$\frac{2,966}{5,393}$	· 769,8 =	423	» Bromgas
1 Vol. Jod	»	$\frac{4,95}{8,701}$	· 769,8 =	438	» Jodgas
1 Vol. Arsen	»	$\frac{5,76}{10,365}$	· 769,8 =	428	» Arsengas
1 Vol. Quecksilber	»	$\frac{13,56}{6,978}$	· 769,8 =	1496	» Quecksilbergas

woraus die Verschiedenheit des Verhältnisses der Volume eines elementaren Körpers in beiden Aggregatzuständen genugsam hervorleuchtet. Diese Verschiedenheit entspringt nicht etwa daraus, dass bei einigen Elementen, z. B. beim Schwefel, Phosphor, Quecksilber, das wirkliche specifische Gewicht von dem aus den Atomgewichten berechneten um gewisse Multipla abweicht; sie bleibt auch vielmehr, wenn diese Abweichung nicht existirte, wie man unter andern an den Volumen des Schwefel- und Phosphorgases ersehen kann, wenn man sie respective mit 3 und 2 multiplicirt.

Noch mehr geht dies aus folgender Uebersicht hervor, worin die Gasvolumen berechnet sind, die ein Volum verschiedener starrer Elemente liefern würde, wenn die Dichtigkeit ihrer Gase den jetzt angenommenen Atomgewichten proportional wäre.

1 Vol. Kalium	würde liefern	125	Vol. Gas bei 0° u. 0 <sup>m</sup> ,76
1 » Natrium	» »	233	» »
1 » Tellur	» »	533	» »
1 » Silber	» »	541	» »
1 » Antimon	» »	580	» »
1 » Selen	» »	610	» »
1 » Blei	» »	612	» »
1 » Zinn	» »	692	» »
1 » Wismuth	» »	778	» »
1 » Molybdän	» »	1003	» »
1 » Wolfram	» »	1027	» »
1 » Gold	» »	1090	» »

1 Vol.	Rhodium	würde liefern	1179	Vol. Gas bei 0° u. 0 <sup>m</sup>	,76
1	» Platin	»	1217	»	»
1	» Zink	»	1245	»	»
1	» Palladium	»	1279	»	»
1	» Kupfer	»	1569	»	»
1	» Nickel	»	1583	»	»
1	» Eisen	»	1605	»	»
1	» Kobalt	»	1608	»	»
1	» Mangan	»	1621	»	»

Die hier aufgeführten Gase sind zwar insgesamt hypothetisch, und die ihnen beigelegten Dichtigkeiten nicht minder; indess, wenn sie existiren könnten, würden sie doch, so weit wir jetzt zu beurtheilen vermögen, keine andere Dichtigkeiten haben als entweder die vorausgesetzten oder einfachen Multipla oder Submultipla von ihnen, und dabei würden denn doch immer die Verhältnisse der Volume in beiden Aggregatzuständen für verschiedene Elemente im Allgemeinen sehr verschieden ausfallen. Bei solchen Verschiedenheiten, scheint es, könne das Dulong-Petit'sche Gesetz, wenn es für den Gaszustand richtig ist, im Allgemeinen nicht für den Zustand der Starrheit streng gültig bleiben. Sehr viel Licht würde über diesen wichtigen Gegenstand verbreitet werden, wenn man die specifische Wärme von Dämpfen wie die des Schwefels, Phosphors, Jods u. s. w. genau ermitteln wollte.

Aus vorstehenden Tafeln ersieht man übrigens, dass, obgleich das besagte Volumenverhältniss im Allgemeinen von Element zu Element verschieden ist, es dennoch bei einigen derselben so sehr der Gleichheit nahe kommt, dass man die Abweichungen davon ganz füglich den Mangelhaftigkeiten der Bestimmung des specifischen Gewichts der Elemente im nicht-gasigen Zustande zuschreiben kann. Diese nahe Gleichheit zeigen erfahrungsmässig Chlor, Brom, Jod, Arsen, und, der Hypothese nach, unter andern: Kupfer, Nickel, Eisen, Kobalt, Mangan. Bei andern Elementen, z. B. beim Kalium und Natrium, scheinen in diesen Verhältnissen einfache Beziehungen stattzufinden, wie sie Gay-Lussac schon vor vielen Jahren beim Alkohol und Schwefelkohlenstoff aufgefunden hat. Wo dergleichen einfache Beziehungen indess nicht durch Erfahrung nachzuweisen sind, hat man für jetzt keinen grossen Werth auf sie zu legen, und zwar darum, weil die berechneten specifischen Gewichte der noch nicht dargestellten oder gewägten Gase aus doppeltem Grunde hypothetisch sind, einmal, weil sie den Atomgewichten proportional angenommen wurden, und dann, weil die Atomgewichte selbst vielleicht gegen ein Multiplum oder Submultiplum von ihnen ausgetauscht werden müssen. Nimmt man das Atomgewicht des Silbers nicht = 1351,6, wie in vorstehender Tafel, sondern = 675,8, so würde 1 At. Silber 1082 Vol. Gas geben; eben so würde das Wismuth, wenn man sein Atomgewicht = 1330,3 setzt, nicht das 778fache, sondern das 519fache seines Volumens an Gas liefern.

Wir haben diese Verhältnisse nur aus dem Grunde hier berührt, weil sie in neuerer Zeit von Dumas benutzt worden sind, um das Volumen der Atome zu berechnen. Er geht von dem Satze aus: Wie sich verhält die Dichtigkeit eines Elements zum Volum desselben, so verhält sich das Atomgewicht seiner

Atome zum Volum derselben<sup>\*)</sup>). Es bedarf indess nur eines geringen Nachdenkens, um einzusehen, dass die dadurch erhaltenen Zahlen keineswegs die Volume der Atome vorstellen. Sie sind nichts, als die Umkehrungen der Zahlen für die Gasvolume, nur dass die specifischen Gewichte der starren Elemente nicht durch Multiplication mit 869,8 auf das der Luft, und die Atomgewichte nicht durch Division mit 100 und Multiplication mit 1,1026 in specifische Gewichte, bezogen auf das der Luft, verwandelt worden.

Das Vorhergehende enthält die wesentlichen Grundsätze der Atomentheorie. Es knüpfen sich zwar an diese Theorie noch mancherlei Betrachtungen über die innere Constitution der Körper, allein sie alle sind ihrer Natur nach so hypothetisch, dass wir sie hier füglich übergehen zu können glauben. Selbst eine der zunächst liegenden und deshalb öfter erörterten Fragen, nämlich, wie die Atome eines Elements sich mit einem oder zweien eines andern verbinden können, kann, mindestens für jetzt, nicht anders als hypothetisch beantwortet werden, wie man leicht aus dem, was bei Bestimmung der relativen Anzahl der Atome gesagt ist, abnehmen kann. Das Sichere dabei reducirt sich auf die Multipla, für welche sich zwar einige specielle, mit der Natur der Körper zusammenhängende Regeln, aber keine allgemeinen Gesetze nachweisen lassen. Ueberhaupt gilt hier die Bemerkung, dass, obwohl die Betrachtungen über die innere Constitution fast unabweisbar dazu nöthigen, von Atomen oder Theilchen zu sprechen, man doch in der ganzen Chemie bei dem Quantitativen ohne die Annahme von Atomen durchaus eben so weit kommt, als mit derselben. Die Atome sind nur Bezeichnungen für gewisse Gewichtsmassen, welche man eben so gut mit irgend einem andern Worte belegen kann und wirklich belegt hat, wie z. B. Massenthail, Mischungsgewicht u. s. w. Aus der Annahme von Atomen ist bisher noch nicht eine einzige bestimmte, numerische Folgerung gezogen worden, die man nicht hätte auch ohne dieselbe ziehen können. Dessenungeachtet würde man Unrecht thun, die Atome ganz verwerfen zu wollen. Zur Fixirung der Ideen, als erste Anknüpfungspunkte, um sich wenigstens ein Bild von dem inneren Vorgängen zu machen, sind und bleiben sie immer nützlich, wengleich es nicht zu läugnen ist, dass die bloße Annahme von Atomen niemals etwas erklärt, sondern immer noch Voraussetzungen hinzugefügt werden müssen, die mindestens eben so willkürlich und hypothetisch sind als jene.

Die Geschichte der Atomentheorie, wenn man darunter Alles begreifen will, was die erste Entdeckung und weitere Nachweisung der chemischen Mischungsgesetze betrifft, ist zu innig mit der ganzen Geschichte der neueren Chemie verwebt, als dass sie abgesondert behandelt werden könnte. Es mag daher genügen, hier einige der Hauptpunkte hervorzuheben.

Das Gesetz der Aequivalente ist am frühesten wahrgenommen. Die ersten Andeutungen davon finden sich bei Wenzel (Lehre von der chemischen Verwandtschaft, Dresden 1777) und Bergman (*De diversis phlogisti quantitate in metallis*, Upsalae 1782). Ersterer beobachtete die Ungestörtheit der Neutralität bei Wechsellersetzung neutraler Salze, Letzterer bei Fällung eines Metallsalzes durch ein anderes Metall. Am

<sup>\*)</sup> *Traité de chimie*, T. 1. *Introduct.* XLV.

bestimmtesten und ausführlichsten ist es aber von J. B. Richter (Ueber die neueren Gegenstände der Chemie St. 7—9 (1796—98) nachgewiesen, der überhaupt als der Schöpfer des mathematischen Theils der Chemie, den er mit dem Namen Stöchiometrie belegte, anzusehen ist.

Das Gesetz der vielfachen Verhältnisse ist wohl zuerst ums Jahr 1801 von Proust nachgewiesen, der überhaupt die Bestimmtheit der chemischen Verbindungen mit Glück gegen die entgegengesetzte Lehre Berthollet's vertheidigte; aber zur Allgemeinheit erhoben wurde es erst von Dalton, daher man auch ihn nicht mit Unrecht als den Entdecker dieses Gesetzes betrachtet.

Dalton war es auch, der beiden Gesetzen die atomistische Erklärungsweise in der Bestimmtheit und Allgemeinheit unterlegte, wie sie zu Anfange dieses Artikels ausgesprochen ward (*A new system of chemical philosophy*. Manchester 1808, und schon früher in den *Memoirs of the literary and philosoph. society of Manchester* 1803). Er wird daher als der Urheber der Atomentheorie betrachtet, wiewohl sich Andeutungen dazu schon in dem Werke seines Landsmannes Higgin: *A comparative view of the phlogistic and antiphlogistic theories* (1789) vorfinden.

Eine wesentliche Erweiterung erhielten die beiden zuvor genannten Gesetze im J. 1808 von Gay-Lussac durch Uebertragung derselben von den Gewichten auf die Volume (*Mém. de la société d'Arcueil*, T. II. p. 207), indem dadurch zu den Multiplis und Aequivalenten noch ein neues wichtiges Element in der chemischen Constitution der Körper, das der Verdichtung, eingeführt wurde. Endlich ist es Berzelius, der sich das unvergängliche Verdienst erworben, durch eine mehr als ein Vierteljahrhundert fortgesetzte Reihe genauer Analysen die sichersten Data zur numerischen Begründung dieses Zweiges der Chemie, des wissenschaftlichsten der ganzen Wissenschaft, geliefert zu haben. Ihm verdankt man auch seit 1813 die Einführung der jetzigen chemischen Formeln. P.

Atramentstein ist ein durch Verwitterung des Eisenkieses und der Feuersetzarbeiten entstehendes Gemenge aus schwefelsaurem Eisenoxyd (Misy), Eisenoxyd (Vitriolroth) und unzersetzten Theilen von Eisenkies, Eisen- und Kupfervitriol; es kommt in den Gruben des Rammelsberges am Harze vor. P.

Atropasäure. Nach Richter ist das Atropin in der Belladonna an eine eigenthümliche Säure, die Atropasäure, gebunden. Er erhielt dieselbe, indem er die ammoniakalische Flüssigkeit von der Ausfällung des Atropins (siehe Atropin, Bereitung nach Richter) durch Erhitzen und Verdampfen von dem Ammoniak befreite (?), dann mit Kalilauge sättigte (?), mit Thierkohle entfärbte, bis fast zum Trocknen abbrauchte und das atropasäure Kali durch verdünnte Schwefelsäure zerlegte, wo dann die Atropasäure in langen zugespitzten Krystallen anschoss. Die geringe Menge, welche er erhielt, erlaubte nicht, die Eigenthümlichkeit derselben mit aller Sicherheit zu erweisen. Sie war flüchtig und unterschied sich von der Benzoensäure dadurch, dass sie mit Eisenoxysalzen nicht den charakteristischen Niederschlag hervorbrachte. (J. f. pract. Chem. Bd. XI. S. 29 u. f. O.

Atropin. *Atropinum*. Alkaloid; von Geiger und Hesse und von Mein in der *Atropa Belladonna* (Familie des Solaneen) entdeckt. Zusammensetzung:  $C_{34}H_{46}N_2O_6$ . J. L. Atomgewicht: 3662,86.

34 At. Kohlenstoff.	2598,79	70,98
46. » Wasserstoff.	287,03	7,83
2 » Stickstoff.	177,04	4,83
6 » Sauerstoff.	600,00	16,36
<hr/>		
1 » Atropin.	3662,86	100,00

Darstellung. Nach Geiger und Hesse wird das wässrige Belladonnaextract mit Wasser behandelt, die Lösung abfiltrirt mit Aetznatron bis zur alkalischen Reaction versetzt, und dann mit dem andert-halb-fachen Volumen Aether geschüttelt. Der Aether, welcher das, durch das Natron von einer Säure geschiedene, Atropin hierbei aufnimmt, trennt sich schnell wieder von der Flüssigkeit, und wird abgossen. Die Behandlung mit Aether wird auf dieselbe Weise wiederholt. Nach dem Verdampfen des Aethers bleibt das Atropin gemengt mit Fett und Chlorophyll, zurück. Man übergießt dasselbe mit etwas Wasser, neutralisirt mit sehr verdünnter Schwefelsäure (1 Theil Säure 9 Theil Wasser), setzt dann noch einen geringen Ueberschuss derselben hinzu und schüttelt die Lösung mit nur eben so viel frisch bereiteter Blutlaugenkohle, dass die braungefärbte Flüssigkeit gelblich erscheint. Man filtrirt dann von der Kohle, und scheidet durch Natronlauge das Atropin, das nach starkem Umrühren als weißes Pulver oder in Gestalt zäher Flocken niederfällt. Die vom Atropin filtrirte Flüssigkeit und das Aus-süßwasser setzen nach einiger Zeit noch einen Niederschlag von Atropin ab.

Die zum Entfärben anzuwendende Blutlaugenkohle wird dargestellt durch Eindampfen von 5 Theilen frischem Blute, dem 1 Theil kohlen-saures Kali zugesetzt worden, gelindes Glühen der trocknen Masse bis zum Aufhören des Entweichens brennbarer Gasarten, Aus-laugen des Rückstandes mit Wasser, Auskochen mit verdünnter Salzsäure zur Entfernung des Eisens, und Auswaschen der Säure durch Wasser.

Nach Mein werden 24 Theile zerstoßene Belladonnawurzel mit 60 Theilen höchst rectificirten Weingeist mehrere Tage digerirt, der Auszug abgepresst und der Rückstand mit derselben Menge Weingeist auf gleiche Weise behandelt. Den vereinigten und filtrirten geistigen Auszügen giebt man 1 Theil Kalkhydrat hinzu, das man mit ein wenig der Flüssigkeit vorher angerieben hat, und lässt sie 24 Stunden damit in Berührung, während welcher Zeit man öfters umschüttelt. Die Flüssigkeit wird dann von dem starken Niederschlage abfiltrirt, durch Zugeben von verdünnter Schwefelsäure schwach sauer gemacht und der dadurch entstandene Gyps ebenfalls durch Filtration getrennt. Hierauf destillirt man bis über die Hälfte ab, vermischt den Rückstand in der Retorte mit 6 — 8 Theilen Wasser, und lässt in gelinder Wärme den Weingeist vollständig verdampfen. Die zurückbleibende wässrige Flüssigkeit wird, wenn sie trübe ist, filtrirt, bis auf 2 Theile eingengt und nach dem Erkalten in flachen Gefäßen mit so viel einer concentrirten Lösung von kohlen-saurem Kali vermischt, dass sie schmutzig trübe erscheint, wonach sich in der Ruhe ein Harz absetzt, das man durch Filtration trennt. Ein Ueberschuss von kohlen-saurem Kali ist natürlich zu vermeiden, weil dadurch zugleich Atropin gefällt werden würde. Die vom Harze befreite Flüssigkeit, welche das schwefelsaure Atropin enthält, wird nun mit kohlen-saurem Kali in geringem Ueberschusse zur Abscheidung des Atropins versetzt. Man lässt den entstandenen gallert-

artigen Niederschlag von Atropin ungefähr 24 Stunden in der Flüssigkeit, wonach er etwas krystallinisch wird und leichter die Flüssigkeit entläßt; dann sammelt man ihn auf einem Filter, süßt ihn nicht oder doch nur sehr wenig aus, weil er sich feucht in dem noch unreinen Zustande ziemlich reichlich in Wasser löst, befreit ihn durch Pressen von der Mutterlauge und trocknet ihn. Nach dem Trocknen wird dies unreine Atropin zerrieben, zur Reinigung mit ein wenig Wasser zu einem Teige angerührt und von diesem durch Pressen zwischen Papier das Flüssige entfernt. Der Rückstand ist ziemlich reines Atropin, das durch Auflösen in 5 Theilen erwärmten höchst rectificirten Weingeist, Ausgießen der Lösung auf das 6- bis 8fache Volumen Wasser und langsames Verdunsten, in Krystallen gewonnen werden kann. Durch Pressen und Umkrystallisiren lassen sich dieselben vollkommen rein erhalten. Mein erhielt nach dieser Methode von 12 Unzen Belladonnawurzel ohngefähr 12 Gran Atropin; Brandes von 5 Pfund 12 Jahr alter Wurzel 34 Gran reines und einige Grane unreines Atropin.

Nach Richter erhält man das Atropin auf folgendem Wege: 8 Pfund grob gepulverte Belladonnawurzel werden vollständig mit kaltem Wasser ausgezogen; der Auszug auf ohngefähr 20° R. erwärmt, und in einem hölzernen Gefäße durch Zusatz von Hefe in Gährung gebracht. Nach drei Tagen filtrirt man, und erhitzt das Filtrat zur Abscheidung von Eiweiß und Hefe bis zum Kochen. Die von den ausgeschiedenen Substanzen getrennte Flüssigkeit wird zur Consistenz eines dünnen Extracts eingedampft, mit 8 Unzen Ammoniakflüssigkeit zusammengebracht und 24 Stunden hindurch mit 4 Pfund Weingeist digerirt. Der geistige Auszug, welcher das Atropin an eine eigenthümliche Säure, die Atropasäure (siehe diese) gebunden, Schillerstoff, Extractivstoff und Kalium- und Ammoniaksalze enthält, wird durch Destillation von dem Weingeiste befreit und der Rückstand im Wasserbade wieder zur Extractconsistenz abgedampft. Das Extract behandelt von neuem mit 2 Unzen Ammoniakflüssigkeit und 1 Pfund höchst rectificirten Weingeiste. Nachdem durch Schütteln eine gleichförmige Masse entstanden ist, setzt man 1 Pfund Aether hinzu und schüttelt tüchtig durch einander; Extractivstoff scheidet sich dadurch als eine extractartige Masse ab. Nach einiger Ruhe decantirt man die fast wasserklare ätherisch-geistige Tinktur und destillirt im Wasserbade Aether und Weingeist ab. Der vollkommen von Aether und Weingeist befreite, durch ein wenig Wasser zu Syrupconsistenz verdünnte Rückstand wird nun mit Ammoniakflüssigkeit übergossen, wodurch sich beim Umrühren das Atropin als gelblich brauner Niederschlag ausscheidet, den man mit Ammoniakflüssigkeit abspühlt. Um das Atropin zu reinigen, wird es zur Entfernung des anhängenden Ammoniaks unter ein wenig Wasser im Wasserbade geschmolzen, dann mit seinem sechszehnfachen Gewichte Wasser erwärmt und mit höchstverdünnter Schwefelsäure (1 Säure 19 Wasser) ein wenig übersättigt, worauf man ein Viertel vom Gewichte des unreinen Atropins Blutlaugenkohle zusetzt, umrührt, im Dampfbade bis zum Kochen erhitzt und dann filtrirt. Das Filtrat wird bis zum Erscheinen kleiner spiefsiger Krystalle, die aber nicht beständig sind, sondern sich durch Umrühren wieder zertheilen lassen, abgedampft, die concentrirte Lösung des schwefelsauren Atropins mit Ammoniakflüssigkeit übergossen, wo sich das Atropin als vollkommen weißer Niederschlag abscheidet. Gut mit Ammoniakflüssigkeit abgewaschen und durch Schmelzen unter ein

wenig heissem Wasser von anhängendem Ammoniak befreit, kann es als rein angesehen werden. (J. f. pract. Chem. Bd. XI. S. 29 u. f.)

**Eigenschaften.** Das Atropin krystallisirt aus der heiss bereiteten wässerigen Lösung beim Erkalten, aus der geistigen Lösung beim Verdampfen, in farblosen büschelförmig vereinigten Nadeln; es ist ohne Geruch, besitzt einen widrig bitteren, etwas scharfen Geschmack; reagirt stark alkalisch; bei gewöhnlicher Temperatur ist es unveränderlich, mälsig erhitzt schmilzt es, bei stärkerem Erhitzen giebt es die Producte. stickstoffhaltiger Körper, ein Theil wird dabei unzersetzt verflüchtigt. Zur Auflösung bedarf es ungefähr 500 Theile kaltes und 30 Theile siedendes Wasser, 8 Theile kalten Alkohol, 63 Theile kalten und 32 Theile erwärmten Aether (Geiger u. Hesse); Terpentinöl, Mandelöl und Ammoniakflüssigkeit lösen es ebenfalls. Die wässerige Lösung reagirt stark alkalisch, das Atropin wird in derselben bei gewöhnlicher Temperatur sehr langsam, bei anhaltendem Erhitzen schneller zersetzt, auch beim Verdampfen der alkoholischen und ätherischen Lösung zeigt sich ein widriger Geruch, der dem unreinen Atropin eigen ist, und der von Zersetzungsproducten herzurühren scheint. In der wässerigen Lösung bewirken Gold- und Platinchlorid gelbliche Niederschläge, Galläpfelaufguss einen weissen Niederschlag. Die feuerbeständigen Alkalien zersetzen in dieser Lösung schon bei gewöhnlicher Temperatur das Atropin allmählig, beim Erwärmen sehr schnell; Ammoniak wirkt selbst in der Wärme nicht zersetzend, und die kohlsauren und Erdalkalien bei gewöhnlicher Temperatur ebenfalls nicht; Blutlaugenkohle aber zersetzt wie die feuerbeständigen Alkalien das Atropin schon ziemlich schnell bei gewöhnlicher Temperatur, und sehr schnell beim Erwärmen.

Aus dieser leichten Zersetzbarkeit des Atropins ergeben sich für seine Darstellung die Regeln: erhöhte Temperatur, beträchtlichen Ueberschuss von feuerbeständigen Alkalien, und Blutlaugenkohle, besonders länger fortgesetzte Einwirkung derselben, möglichst zu vermeiden. Die verdünnten Säuren werden durch das Atropin vollständig neutralisirt, es entstehen die Atropinsalze (siehe diese). Das Atropin zeigt die starken Wirkungen der Belladonna in hohem Grade; die verdünnteste wässerige Lösung desselben erweitert die Pupille.

**Atropinsalze.** Man erhält die Atropinsalze durch Sättigen der in Wasser gelösten Säuren mit Atropin und Verdampfen der Flüssigkeit, theils krystallisirt, theils als gummiartige Massen. Sie lösen sich im Allgemeinen in Wasser und Weingeist leicht, und besitzen den bitteren Geschmack und die Wirkung des Atropins. In der Auflösung derselben wird das Atropin durch anhaltendes Erhitzen und durch Blutlaugenkohle, jedoch etwas weniger schnell, als in den Auflösungen des reinen Alkaloids zersetzt (siehe Atropin).

**Essigsäures Atropin.** Ist krystallisirbar; die Essigsäure entweicht leicht beim Erwärmen zum Theil.

**Salpetersäures Atropin.** Gummiähnliche Masse, an der Luft feucht werdend.

**Salzsaures Atropin.** Durch Sättigen des Atropins mit trocknem salzsauren Gase in Liebig's Apparate erhält man eine geschmolzene durchsichtig gelbliche Masse, die beim Auflösen in Wasser und Verdampfen, luftbeständige, glänzende, sternförmig gruppirte Krystalle

giebt. Dieselben Krystalle werden beim Sättigen der wässerigen Säure mit Atropin durch langsames Verdampfen erhalten.

Schwefelsaures Atropin. Leicht krystallisirbar. 20 Gran Atropin erforderten nach Brandes 2,82 Gr. wasserfreie Schwefelsäure zur Sättigung. Hieraus berechnet sich das Atomgewicht des Atropins zu ohngefähr 3553. Nach Geigers Analyse des schwefelsauren Atropins ist das Atomgewicht 3633.

Weinsaures Atropin. Durchsichtige gummiähnliche Masse, an der Luft etwas feucht werdend.

Krokonsaures Atropin. Gelbe nicht krystallinische Masse.

Rhodizinsaures Atropin. Hyacinthrotthe durchscheinende Masse.

Attalo s. Anatta.

Attraction, s. Verwandtschaft.

Aufbrausen (*Effervescre*), das Entweichen gasförmiger Substanzen aus Flüssigkeiten unter Geräusch und Aufschäumen, namentlich das rasche Entweichen, ohne Anwendung äußerer Wärme, z. B. der Kohlensäure bei Zersetzung kohlensaurer Salze, des Wasserstoffgases beim Auflösen von Zink und Eisen in Salzsäure, des Salpetersgases bei Auflösung von Kupfer in Salpetersäure u. s. w.

Aufgießen oder Infundiren heißt, einem Körper durch Uebergießen mit einer Flüssigkeit Theile entziehen, welche in dieser Flüssigkeit löslich sind. Nach der Natur der letzteren unterscheidet man einen wässerigen, alkoholischen etc. Aufguss, und nach der angewandten Temperatur einen kalten, warmen und heißen Aufguss. Im engeren Sinne nennt man in der Pharmacie jedoch nur das Produkt der Einwirkung von kaltem oder siedendem Wasser auf Pflanzenstoffe einen Aufguss oder ein Infusum. Die zu dieser Operation dienlichen Gefäße sind die sogenannten Infundirbüchsen, von Zinn oder Porzellan, welche mit wohlschließenden Deckeln versehen sind, und häufig nach geschehener Infusion, noch eine Zeitlang im Wasserdampfbade erwärmt werden. Im Allgemeinen zieht man einen Aufguss einer Abkochung vor, sobald der zu extrahirende Stoff flüchtige Bestandtheile enthält.

Auflösen, Lösen (*Dissolvere*), Auflösung, Lösung (*Dissolutio*, *Solutio*) heißt der Vorgang, bei welchem ein starrer Körper, zuweilen auch ein flüssiger, sich mit einem anderen, flüssigen Körper zu einem homogenen und zwar flüssigen Ganzen verbindet. So sagt man, Kochsalz löse sich in Wasser, Zink in Schwefelsäure, ätherisches Oel in Alkohol. Denjenigen Körper, der den andern in sich aufnimmt, und den man, obwohl nicht mit Recht, als den thätigen bei diesem Vorgange anzusehen pflegt, nennt man das Auflösungsmittel oder Lösemittel (*Menstruum*, *Dissolvens*), während der zweite, den man gewöhnlich als leidend betrachtet, der aufzulösende oder aufgelöste Körper (*corpus solvendum* oder *solutum*) genannt wird. So sind in den angeführten Beispielen Wasser, Schwefelsäure, Alkohol, die Lösemittel, dagegen Kochsalz, Zink und ätherisches Oel die aufzulösenden Körper. Wenn indess beide Körper flüssig sind und sie in solchem Verhältnisse vermischt werden, dass der eine den andern nicht vollständig löst, so findet man ganz in der Regel, dass jeder von ihnen die Rolle des Lösemittels und des zu lösenden zugleich übernimmt. Mischt man z. B. Aether und Wasser zu gleichen Theilen mit einander, so wird sowohl