

Gas; atmosphärische Luft; Sauerstoff; Stickstoff.

Die genauere Untersuchung der atmosphärischen Luft, die Unterscheidung anderer Gasarten von ihr und das Studium ihrer Eigenschaften haben eigentlich der Chemie ihren jetzigen Charakter gegeben; diejenige Richtung in der Chemie, welche das jetzige Zeitalter einleitete, wurde als die pneumatische unterschieden, weil der Umsturz der Phlogistontheorie, die Geltendmachung des antiphlogistischen Systems, außer auf der Berücksichtigung der Quantitätsverhältnisse bei den chemischen Processen, vorzüglich auf der genaueren Erkenntniß der Gasarten beruhte.

Sehr spät erst wurden die Gase Gegenstand genauerer Forschung, und lange dauerte es, bis man nur an die Existenz von Gasen, die von der gemeinen Luft wesentlich verschieden seien, glaubte; lange Zeit gaben die Metalle und ihre Verbindungen die hauptsächlichsten Gegenstände ab, an welchen chemische Untersuchungen angestellt wurden, bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts das Studium der verschiedenen Gasarten die allgemeine Aufmerksamkeit der Chemiker auf sich zog, wo denn auch in kurzer Zeit eine große Menge derselben entdeckt und die wichtigsten unter ihnen bald ihrer chemischen Natur nach genauer erkannt wurden.

Sehr dürftig war die Kenntniß der luftförmigen Körper in älterer Zeit. — Vielen Philosophen galt schon vor Plinius die Luft, wie auch das Feuer, als ein leichtes Element, welches den damaligen Begriffen gemäß nach oben strebe, während die Erde und das Wasser schwere Elemente seien, d. h. ein Bestreben haben, sich nach unten hin zu bewegen. Doch nahm

Kenntnisse der Alten über luftförmige Körper.

Kenntnisse der Alten über luftförmige Körper.

man an, die Luft könne an der Bildung von Körpern Antheil nehmen, in ihre Mischung eingehen. Während aber nach diesen Ansichten Viele der Luft die Schwere absprachen, scheinen Andere aus derselben Zeit sie als schwer, als einen Druck nach unten ausübend, betrachtet zu haben; so wenigstens scheint schon Vitruvius das Aufwärtssteigen des Wassers in Pumpen zu erklären. Was die chemischen Eigenschaften der gasartigen Körper angeht, so liegt hierüber aus jener frühen Zeit wenig vor; daß die Luft zur Unterhaltung des Feuers nothwendig ist, war erkannt; daß luftartige Stoffe von denen der gemeinen Luft verschiedene Eigenschaften haben können, hatte man gleichfalls bemerkt; so spricht Plinius davon, daß an manchen Orten erstickende, an anderen brennbare Luftarten aus der Erde aufsteigen.

Kenntniß luftförmiger Körper bei den Arabern.

Die Kenntniß der Gasarten machte in den folgenden Jahrhunderten nur geringe Fortschritte. Was die Araber darüber wußten, ist uns wieder zweifelhaft, da den späteren lateinischen Uebersetzungen ihrer Schriften, was die Bedeutung einzelner Ausdrücke angeht, sehr zu mißtrauen ist. Bei den Abendländern wird von dem 14. bis 17. Jahrhundert jedes Gas meist als spiritus oder flatus bezeichnet; der erstere Ausdruck findet sich in gleicher Bedeutung bei Plinius, wo die aus der Erde aufsteigenden erstickenden Gasarten als spiritus letales bezeichnet werden. Wenn die Uebersetzer des Geber im 16. Jahrhundert des Arabers Begriff durch dieses Wort richtig wiedergegeben haben, so will es fast scheinen, als ob dieser schon über gasartige Körper einige Kenntniß gehabt habe. In dem Eingange zu der Summa perfectionis magisterii spricht er von den Chemikern, in welcher verschiedener Weise und aus wie verschiedenen Körpern diese das Mittel zur Metallveredlung darzustellen versuchten, und auch de supponentibus, in spiritibus artem fore. Er sagt hier: Sunt et alii nitentes sese in experientia, spiritus in corporibus figere, sed eisdem delusio similiter angarias attulit et desperationem, et coacti sunt ex ea hanc scientiam non esse credere, et contra eam arguere. Est enim turbationis illorum causa, atque sedulitas, quoniam in infusione corporum spiritus ita dimittunt, nec eis adhaerent, imo asperitate ignis aufugiunt. — — Accidit similiter et quandoque delusio, quia et secum corpora ignem effugiunt, et hoc est, cum non fixi spiritus corporum profundo inseparabiliter adhaeserunt, quoniam volatilis summa superat summam fixi. — — Tota illorum probatio haec est: Si corpora vultis con-

vertere, tunc si per aliquam medicinam fieri hoc sit possibile, per spiritus ipsos fieri necesse est; sed ipsos non fixos corporibus utiliter adhaerere non est possibile; immo fugiunt et immunda relinquunt illa. Ipsos autem fixos non est possibile ingredi, cum terra facti sunt, quae non infunditur, et tamen inclusi corporibus fixi apparent, non tamen sunt. Aut ab eis recedunt ipsis manentibus, aut ambo simul confugiunt. Solche Stellen scheinen am verständlichsten zu werden, wenn man unter Spiritus Gas versteht, wie man dies auch gethan hat, allein diese Auslegung ist nothwendig ohne Einsicht in die arabischen Schriften sehr unsicher, da darunter auch Säuren oder ähnliche Körper verstanden sein können. Solche Stellen finden sich indeß bei Geber noch öfters; so z. B. sagt er in derselben Schrift, wo von der Sublimation die Rede ist: Inventio vasis aludelis est ut fingatur vas de vitro spissum, de alia enim materia non valeret, nisi forte similis esset substantiae cum vitro; solum enim vitrum et sibi simile, cum poris careat, potens est spiritus tenere ne fugiant et exterminentur ab igne.

Kenntniß luftförmiger Körper bei den Arabern.

Bei den abendländischen Alchemisten findet sich nur wenig, was für die Geschichte der Kenntnisse über die Gase im Allgemeinen von Interesse wäre; doch herrschte schon frühe die Ansicht, von der gemeinen Luft in ihren Eigenschaften abweichende luftförmige Körper seien nicht wesentlich von derselben verschieden, sondern nur in Folge von Beimischungen. Solche luftförmige Körper stellte man zwar damals noch nicht künstlich dar, allein man beachtete doch die natürlich vorkommenden, und die Eintheilung der Gasarten in zweierlei Hinsicht, in athembare und nicht athembare, und in entzündliche und nicht entzündliche, kam damals in Aufnahme. Von den in Bergwerken vorkommenden Gasarten unterscheidet Basilus Valentinus, in seinem letzten Testamente, die entzündlichen als Weinwitterung, und die erstickenden als Wetterfag, und diese Eigenschaften beruhen auf gewissen Beimischungen zu der gemeinen Luft; er sagt z. B. »das ist aber wohl zu merken, daß das Wetter darum Wetter heißet, daß es nicht eine lautere Luft ist, wie hier oben bei uns, sondern es führet immer etwas mit sich, das da dicker und dem Menschen schädlicher ist, als die Luft hier oben.«

Kenntnisse der Abendländer bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts.

Den bei chemischen Operationen sich bildenden Gasarten wurde wenig Beachtung geschenkt; nahm man auch eine Gasentwicklung wahr, so bezeichnete man diese, ohne weitere Untersuchung, als ein Hervorbrechen von Luft. So erwähnt Paracelsus der Gasentwicklung bei der Auflösung

Kenntnisse der
Abendländer bis in
die Mitte des 17.
Jahrhunderts.

von Eisen in Schwefelsäure. Libavius' Kenntniß der Luftarten schränkte sich gleichfalls auf die erstickenden und entzündlichen Grubenwetter ein; auffmerksamer war Turquet de Mayerne, welcher um 1650 in seiner Pharmacopoea die Entzündlichkeit der aus Eisen mit Schwefelsäure sich entwickelnden Luft hervorhob. — Unbeachtet blieben J. Rey's schöne Untersuchungen (1630); er bereits suchte die Ansicht, daß die Luft schwer sei, durch Versuche zu bestätigen, da ein Gefäß, in welches man mit Kraft Luft gepreßt habe, dadurch schwerer werde, und im Gegentheile leichter, wenn aus ihm durch Erhizen Luft ausgetrieben worden sei; ebenso behauptete er bereits, die Luft könne Verbindungen eingehen, in welchen sie ungemein verdichtet sei, und von ihrem Zutreten leitete er die Gewichtszunahme bei der Verkalkung der Metalle ab (vgl. Seite 131 ff. dieses Theils).

Van Helmont's
Untersuchungen.

Genauere Forschungen über die Gase stellte gegen die Mitte des 17. Jahrhunderts van Helmont an; zu dem, was in Bezug hierauf schon im I. Theile (Seite 121 f.) mitgetheilt wurde, wollen wir hier noch Einiges nachtragen.

Van Helmont unterschied die luftartigen Flüssigkeiten, welche in ihren Eigenschaften von der gemeinen Luft abweichen, und doch auch keine Dämpfe sind, zuerst als Gase. Diesen Namen gab er in Ermangelung eines andern; *paradoxi licentia, in nominis egestate halitum illum* (die sich entwickelnde Luft) *Gas vocavi, non longe a Chao veterum secretum*. Woher das Wort zunächst genommen ist, weiß man nicht; nach Juncker, dem bekannten Schüler Stahl's, soll es aus Gäscht, dem bei der Gährung entstehenden Schaume, abgeleitet seyn. — Die Gase hielt van Helmont für Substanzen, welche von der Luft wesentlich verschieden seyn; sie seyn namentlich dichter, allein sie seyn ihrerseits weniger dicht als die eigentlichen Dämpfe. *Sat mihi interim, sciri, quod Gas, vapore, fuligine, stillatis oleositatibus longe sit subtilius, quamvis multoties aëre densius*. Von den Dämpfen unterscheidet er aber die Gase sehr bestimmt, indem er die letzteren als nicht condensirbar definiert: *Gas est spiritus non coagulabilis*; er wiederholt dieses Merkmal, wo er von den Gasarten spricht, die er gemeinschaftlich als *Gas sylvestre* bezeichnet (alle ihm bekannten, welche unentzündbar sind, und die Flamme und das Athmen nicht unterhalten): *Gas sylvestre sive incoërcibile, quod in corpus cogi non potest visibile*. Auf der Nichtcondensirbarkeit beruht die Eigenschaft der Gase, bei ihrer Entwicklung mit Ueberwindung aller Hinder-

nisse sich einen Ausweg zu verschaffen: Gas, vasis incoercibile, foras in aërem prorumpit; und auch die Wirkung des Schießpulvers beruht darauf: Historiam gas exprimit proxime pulvis tormentarius.

Ban Helmont's
Untersuchungen
über Gase.

Ban Helmont erdachte sich keine Vorrichtung, um die Gase, deren Existenz er beobachtete, aufzufangen und genauer zu studiren. Seine Wahrnehmungen sind deshalb oft unvollkommen, seine Zusammenfassungen verschiedener Gase unter demselben Namen unrichtig, wie wir dies im I. Theil (Seite 121) bereits bemerkten. Andererseits überraschen seine Angaben auch wieder theilweise durch ihre Richtigkeit, wie aus dem a. a. D. Berichteten hervorgeht und sich bei der Geschichte der einzelnen Gase, der Kohlensäure namentlich, noch besonders ergeben wird. Ban Helmont erkannte die hauptsächlichsten Umstände, wo sich besondere Gase bilden; er hebt als solche hervor: die Verbrennung, die Gährung, die Fäulniß, die Einwirkung von Säuren auf Metalle, kalkartige Körper u. a.

Es wurden oben die Angaben van Helmont's zusammengestellt, welche über den Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen Aufschluß geben. Es ist hier noch Einiges darüber nachzutragen, weil die Ansichten über den Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen für die Geschichte der Erkenntniß der ersteren von Wichtigkeit ist. Ban Helmont statuirt einen Unterschied zwischen Luft und Gas, und zwischen Gas und Dampf; er leugnet bestimmt, daß sich die Luft je zu Wasser condensiren könne (vgl. unten über die Verwandlung beider in einander), aber er glaubt, daß Gas in Dampf übergehen könne, und dieser Dampf könne sodann zu Flüssigkeit werden. Die Ausdünstung des kalten Wassers bezeichnet er als Gas, aus warmem Wasser steige Dampf (vapor) auf. Unter letzterem versteht er, was wir Dunst nennen, fein zertheiltes Wasser; der vapor aber geht nach ihm in Gas über, nicht durch die Wärme, sondern durch Kälte; die Wolken sind Dampf, und sie werden zu Gas (der Himmel wird heiter) bei Kälte. Gas kann aber nur wieder zu Wasser werden, wenn es zuvor in Dampf verwandelt war; diese Verwandlung geht in der Atmosphäre vor sich, aber sie würde vielleicht nicht eintreten, wenn nicht noch ein anderes Agens, das Blas coeli oder stellarum, thätig wäre.

Auf diese, nicht immer klaren, Aeußerungen über den Unterschied zwischen Luft, Gas und Dampf folgen später eine Menge von Meinungen, welche die Verhältnisse zwischen diesen Körpern sehr verschieden deuten; noch vor fünfzig Jahren waren nicht wenige Chemiker der Ansicht, alles Gewichtige in den Gasen sei Wasser, alle Gase seien nur veränderte Dämpfe.

Das Studium der luftartigen Substanzen gewann ein vermehrtes Interesse, nachdem durch Toricelli (1643) die Schwere der Luft außer Zweifel gesetzt war. Ausgezeichnete Gelehrte begannen jetzt sich mit Untersuchungen über die atmosphärische Luft zu beschäftigen, und im Zusammenhange damit auch mit der Untersuchung anderer Gasarten. Unter ihnen ist vorzüglich Boyle zu nennen, welcher über die Veränderung der Luft durch Verbrennung schöne Versuche anstellte (vgl. Seite 136 f.); was er über künstlich darzustellende Gasarten wußte, veröffentlichte er vorzüglich 1680 in seiner Abhandlung: *Continuation of new Experiments physico-mechanical touching the Spring and Weight of the Air and their Effects; the second part, wherein are contained divers Experiments made both in compressed and also in factitious Air etc.* Was van Helmont Gas genannt hatte, bezeichnete Boyle als factitious air, erkünstelte Luft. Bei seinen Untersuchungen, ob Luft künstlich hervorgebracht werden könne, sammelte er als einer der Ersten ein sich entwickelndes Gas in geschlossenem Raume; um die Möglichkeit einer solchen Hervorbringung zu beweisen, läßt er einen Glaskolben mit verdünnter Schwefelsäure füllen, einige Eisenstücke hineinwerfen, sogleich das Gefäß schließen und mit der Mündung unter der Oberfläche derselben Flüssigkeit in einem andern Gefäß öffnen; bald füllte sich alsdann der Glaskolben ganz mit Luft. Allein obgleich Boyle von der so entwickelten Luftart wußte, daß sie entzündlich ist, findet sich doch nichts in seinen Schriften, wonach er den neuen Körper als wesentlich von der gemeinen Luft verschieden angesehen hätte; dasselbe gilt hinsichtlich seiner Aussprüche über die bei der Gährung oder aus Korallen mit Essig sich entwickelnde Luftart, deren erstickende Eigenschaft er gleichwohl kannte.

Noch andere englische Gelehrten beschäftigten sich damals mit der Auffassung und Untersuchung der Gasarten. Boyle lenkte 1664 die Aufmerksamkeit der Londoner Societät auf den luftförmigen Stoff, welcher bei der Auflösung von Austerschaalen in Essig sich entwickelt, und bald darauf machte Wren *) den Vorschlag, eine gährende Flüssigkeit in eine Flasche zu thun, an deren Mündung man eine mit einem Hahne versehene Blase befestigen solle, um

*) Christoph Wren, einer der gelehrtesten und berühmtesten Architekten, war 1632 in Wiltshire geboren. Er war Professor der Astronomie an dem Gresham-College zu London, und später zu Oxford; in der Mathematik und fast in allen Zweigen der Naturwissenschaft zeichnete er sich durch selbstständige Untersuchungen aus. Er starb 1723.

Boyle's Versuche
über Gase.

Wren's Versuche.

die sich entwickelnde Luft aufzufangen. Bekannt war ihm auch, daß Wein- Bren's Versuche über Gas.
 steinöl mit Säuren dieselbe Luftart liefere, und daß diese vom Wasser absor-
 birbar sei. Auch machte er vor der Societät den Versuch, in einer zweihäl-
 tigen Flasche Luft zu entbinden, an deren einer Oeffnung eine Blase befe-
 stigt war, und durch deren andere Scheidewasser auf Kupferschaalen gegossen
 wurde; er zeigte zudem, daß diese Luftart von der aus Kupfer mit Scheide-
 wasser zu erhaltenden verschieden sei, da die letztere nicht vom Wasser verschluckt
 werde. — *Mayow* besprach in seinem *Tractatus de sal-nitro et spiritu* Mayow's Versuche.
nitro-aëreo 1669, ob Luft künstlich erzeugt werden könne; sein Apparat,
 um hierfür den Beweis zu führen, war ganz der eben beschriebene von *Boyle*;
Mayow sammelte darin das aus Eisen mit Salpetersäure und das aus Eisen
 mit verdünnter Schwefelsäure sich entwickelnde Gas. Von der erstern Luft-
 art meinte er: *licet aura a spiritu nitri et ferro mutuo exaestuantibus*
producta in liquorem nunquam commigrabit, vix tamen credendum
est, eam revera aërem esse, und von der letztern: utrum aura istius
modi revera aër sit nec ne, non adeo facile est intellectu. Allein er
 entschied sich nicht bestimmt darüber. Zwischen den beiden künstlich bereiteten
 Gasarten bemerkte er den Unterschied, daß die aus Eisen mit Salpetersäure
 frisch bereitete theilweise von der Flüssigkeit absorbiert werde, die aus Eisen
 mit Schwefelsäure aber nicht. — Zu einer bestimmten Unterscheidung von
 Gasen als von der Luft wesentlich verschiedenen Körpern gelangte *Mayow* nicht.

Viele Andere theilten zu jener Zeit, um 1670 bis 1690, Beobachtun-
 gen über Luftarten mit, meist aber über natürlich vorkommende, und die
 Angaben gingen nur auf die erstickenden Eigenschaften oder die Entzündlich-
 keit. Das künstlich dargestellte kohlen-saure Gas untersuchte noch *Johann*
Bernoulli *) in seiner *Dissertatio de effervescentia et fermentatione* Joh. Bernoulli's Versuche.
 (1690); er entwickelte es aus Kreide mit Säuren, und wandte zu seiner
 Auffammlung einen ganz ähnlichen Apparat an, wie schon *Mayow* und
Boyle ihn gebraucht hatten. Ueber die chemische Natur dieser Luftart gab
 indeß auch *Bernoulli* keinen Aufschluß; die Bereitung derselben führte er
 nur als Beweis an, daß in festen Körpern Luft enthalten sein könne.

*) *Johann Bernoulli*, geboren zu Basel 1667, gehört der durch so viele
 ausgezeichnete Mathematiker berühmten Familie dieses Namens an; auch er
 beschäftigte sich vorzugsweise mit Mathematik, welche Wissenschaft er als
 Professor von 1693 an zu Wolfenbüttel, von 1695 an zu Gröningen und von
 1705 an zu Basel lehrte, wo er 1748 starb.

Hales' Untersuchungen über Gase.

Um Vieles weiter wurde die Chemie der Gase durch Hales *) gebracht; seine Beobachtungen über diesen Gegenstand legte er nieder in seinen *Vegetable Staticks, or an Account of some statical Experiments on the Sap in Vegetables, — — —*; also a Specimen of an Attempt to Analyse the Air, by a great Variety of Chymico-Statical Experiments (1727). In zwei Beziehungen zeichnen sich seine Untersuchungen vor denen seiner Vorgänger aus; er wandte einen bessern Apparat zur Darstellung und Auffammlung der Gase an, und versuchte zuerst quantitative Bestimmungen, was die Mengen von Gas betrifft, welche bei chemischen Operationen hervorgebracht oder verschluckt werden. Während die früheren Chemiker zur Darstellung einer Luftart meist dasselbe Gefäß zur Entbindung und zur Auffammlung benutzten hatten, indem sie ein Glasgefäß mit verdünnter Säure füllten, mit der Mündung unter dieselbe Flüssigkeit tauchten, und unter das Glasgefäß Kreide oder Metall brachten, — trennte Hales das Gefäß zur Entwicklung der Gase von dem Recipienten. Sein Apparat bestand aus einer Retorte, deren langgezogener Hals unter die Mündung eines Glasgefäßes reichte, welches, mit Wasser gefüllt, verkehrt in einem größern Gefäße mit der Mündung unter Wasser aufgehängt war. In der Retorte unterwarf er viele Substanzen der trocknen Destillation, ließ andere darin gähren oder mischte darin verschiedene Körper; er wandte stets bestimmte Mengen der angewandten Stoffe an, und bestimmte so genau wie möglich, wie viel Luft sich erzeugte. Die erhaltenen Luftarten prüfte er höchstens auf ihre Entzündlichkeit oder das Vermögen, die Flamme zu unterhalten; oft begnügte er sich damit, an dem Product nur den luftförmigen Charakter nachzuweisen, sofern es nicht condensirbar sei, sondern mit der gemeinen Luft gleiche Elasticität habe. An dem Salpetergas kannte er die Eigenschaft, bei Mischung mit gemeiner Luft roth zu werden, und eine beträchtliche Menge davon zu verschlucken. Eine große Zahl von Gasen stellte Hales dar, ohne indeß ihre wesentliche Verschiedenheit von der gemeinen Luft einzusehen; von allen Gasarten, die er entwickelte, glaubte er, daß sie nur wegen gewisser Beimischungen abweichende Eigenschaften

*) Stephan Hales war 1677 in der Grafschaft Kent geboren; er widmete sich dem geistlichen Stande, und starb 1761 zu Riddington als Prediger und Almosenier der verwittweten Prinzessin von Wales. Seine meisten chemischen Wahrnehmungen enthält der I. Theil seiner *Statical Essays (Vegetable Staticks, 1727* zuerst erschienen), weniger der II. (*Haemastatics, 1733*).

zeigen; so war er der Meinung, die Luft werde durch das Athmen oder das Brennen nur in der Art zur fortgesetzten Unterhaltung dieser Prozesse untauglich gemacht, als sie durch schädliche Dämpfe aus dem Thiere oder der Flamme verunreinigt werde; diese Verunreinigungen suchte er aus der verdorbenen Luft abzuscheiden, indem er sie durch Flanell, welcher mit verdünnter Kalilösung getränkt war, streichen ließ, und er glaubte seine Meinung bestätigt zu finden, als er die so behandelte Luft wieder geschickter zur Unterhaltung des Athmens und des Verbrennens fand. Hales glaubte noch mit seinem Apparate, zu dessen Füllung er nur Wasser benutzte, zu finden, daß bei der Einwirkung vieler Stoffe auf einander sich nicht Luft erzeuge, sondern im Gegentheil noch Luft verschluckt werde. Er glaubte dies namentlich zu finden, wenn er saure Dämpfe in demselben entband, bei der Einwirkung von Vitriolöl auf Salmiak, bei der Entwicklung von Dämpfen des brennenden Schwefels. Er glaubte deshalb, daß in allen Säuren viel Luft enthalten sei, und wandte diese Ansicht an, um die Gasentwicklung zu erklären, welche bei der Auflösung von milden Alkalien und Metallen in Säuren stattfindet (vgl. Seite 32 dieses Theils und den folgenden Abschnitt über Wasser und Wasserstoff).

Hales' Untersuchungen über Gase.

Ungeachtet seiner zahlreichen Versuche kam also Hales doch nicht zu der Erkenntniß, daß es mehrere wesentlich verschiedene Luftarten giebt; in Allem, was er unter luftförmiger Gestalt erhielt, glaubte er reine oder verunreinigte atmosphärische Luft zu sehen; der Schluß, zu welchem ihn seine Untersuchungen führten, war auch kein anderer, als daß er den Beweis geliefert zu haben glaubte, die Luft gehe in die Zusammensetzung der meisten Substanzen ein, und sei in ihnen in fester Gestalt befindlich; sie lasse sich in verschiedenen Graden der Reinheit und demgemäß mit verschiedenen Eigenschaften aus den Substanzen wieder erhalten. Die Luft sei als ein wahres Element anzusehen, welches materiell zur Zusammensetzung der meisten Körper beitrage.

Als ein Element betrachtete in diesem Sinne auch Boerhave die Luft. In seinen *Elementis chemiae* (1732) handelte er weitläufig über dieselbe, mehr aber die physikalischen Eigenschaften derselben als ihre chemischen hervorhebend. Boerhave besprach auch die künstliche Erzeugung von Luft, und wandte hierzu einen neuen Apparat an; er stellte nämlich die Versuche, ob sich Luft durch die Einwirkung zweier Körper auf einander entwickelt, in dem Innern einer Glocke an, aus welcher er die Luft vorher ausgepumpt hatte, und aus den Beobachtungen an dem mit diesem Raume

Boerhave's Ansicht.
III.

Boehave's An-
sichten über Gase.

communicirenden Barometer schloß er auf die Menge der sich entbindenden Luft. Aber auch er unterschied noch nicht die verschiedenen Lustarten, welche er so erhielt, als wesentlich von einander verschieden.

Black's An-
sichten.

Ebenso wenig die anderen, zunächst auf ihn folgenden Chemiker. So wurde 1750 in der Pariser Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung von *Wenel* über die Sauerbrunnen gelesen, worin stets vorausgesetzt wurde, die in diesen enthaltene Luft sei mit der gewöhnlichen atmosphärischen einerlei. Scharfsinniger war *Black*, welcher (1755) bei seinen Arbeiten über den Unterschied zwischen den ägenden und milden Alkalien (vgl. Seite 32 ff.) die Kohlsäure unter dem Namen der fixen Luft als ganz verschieden von der atmosphärischen erkannte. Der Apparat, dessen er sich zu ihrer Darstellung bediente, nähert sich schon sehr der heute noch gebräuchlichen pneumatischen Vorrichtung. *Black* warf kohlen-saures Salz in eine Glasflasche, welche eine verdünnte Säure enthielt; die Flasche wurde schnell mit einem Kork verschlossen, durch welchen eine schwanenhalsförmige Röhre ging, deren anderes Ende unter ein mit Wasser gefülltes und in Wasser umgestülptes Gefäß tauchte.

Cavendish's An-
sichten.

In dem Streite, welcher sich nach *Black* über die Ursache der Kausticität der Alkalien erhob (vgl. Seite 37 ff. dieses Theils), waren seine Anhänger zwar alle darin mit ihm einverstanden, daß die milden Alkalien sich durch einen Gehalt an Luft von den ägenden unterscheiden; aber Verschiedenheit der Ansichten herrschte darüber, ob diese in den milden Alkalien enthaltene Luft von der atmosphärischen wesentlich verschieden sei, oder nicht. *Macbride* erklärt sich in seinen *Experimental Essays* (1764) für eine wesentliche Verschiedenheit der fixen Luft von der atmosphärischen; er erkannte jedoch, daß die erstere in kleiner Menge in der letztern enthalten ist. *Jacquin*, in seinem *Examen chemicum doctrinae Meyerianae* (1769) meinte indess, beide Lustarten seien nicht wesentlich verschieden. Die Frage, ob ein solcher Unterschied wirklich statthaben könne, unterwarf um diese Zeit *Cavendish* einer sorgfältigen Prüfung; in seinen *Experiments on factitious Air*, welche 1766 publicirt wurden, zeigte er, daß zwei solcher erkünstelten Lustarten, wie er die Gase nannte, von der atmosphärischen Luft ganz und gar verschieden sind, die fixe Luft nämlich und das Wasserstoffgas. Doch meinte noch *Baumé* in seiner *Chymie experimentale et raisonnée* (1773), man dürfe die verschiedenen Lustarten nicht als eigenthümliche Stoffe untersuchen, da sie nur Abänderungen der gemeinen Luft, Verunreinigungen

Baumé's An-
sichten.

derselben durch aufgelöste fremdartige Körper, seien, sondern die Forschung müsse ausschließlich auf diese beigemischten Körper gehen, welche man von dem Auflösungsmittel, der eigentlichen Luft, zu isoliren streben müsse.

Bergman, welcher 1774 Untersuchungen über die Kohlensäure publicirte, die ihn schon mehrere Jahre beschäftigt hatten, betrachtete dieselbe hier als ein eigenthümliches Gas. — Priestley scheint bei seinen ersten Versuchen über die Gase (1772) noch die Ansicht gehabt zu haben, sie seien nur veränderte atmosphärische Luft; wenigstens meint er einmal, jede verdorbene (zur Unterhaltung des Athmens nicht taugliche) Luft, — möge sie nun dargestellt sein, indem man in gemeiner Luft Kohlen verbrannt oder Metalle verkalft u. s. w. habe, — lasse sich stets durch Schütteln mit Wasser wieder zu athembarer Luft machen; allein er widersprach selbst bald dieser Meinung. Später behandelte er stets die verschiedenen Luftarten, von welchen er eine so große Anzahl entdeckte (vgl. I. Theil, Seite 240 ff.), als wesentlich verschiedene Körper, die indeß Zusammensetzungen unter einander sein können; wie er denn die entzündliche Luft als Phlogiston und den Sauerstoff für einfachere Luftarten hielt, die atmosphärische Luft für Sauerstoff, der mit Phlogiston theilweise, den Stickstoff für solchen, der mit Phlogiston ganz gesättigt sei. Seine Ansichten hierüber sind indes nie ganz deutlich entwickelt; die Bildung von Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff suchte er z. B. daraus zu erklären, daß diese Luftarten Wasser in sich enthalten, und in seiner letzten Schrift: *the doctrine of phlogiston established etc.* (1800), erklärte er sich geradezu für die Hypothese, daß Wasser die Grundlage von allen Arten von Luft sei, und daß also ohne dasselbe keine derselben hervorgebracht werden könne; in einigen Fällen, wie bei der leichten brennbaren Luft, möge der Gehalt an Wasser wohl dem ganzen Gewicht des Gases entsprechen. — Sehen wir ab von den theoretischen Ansichten Priestley's, so ist noch das Verdienst hervorzuheben, welches er sich um die Chemie der Gase durch Angabe des pneumatischen Apparats erworben hat, der im wesentlichen noch unverändert nach seinen Angaben gebraucht wird. Er zuerst construirte die eigentliche Wanne mit dem Support für die mit Gas zu füllenden Gefäße, welche man bisher unbequemer durch Aufhängen oder in ähnlicher Art unter Wasser hielt. Er zuerst wandte den Quecksilberapparat an.

Unter Priestley's Zeitgenossen waren noch mehrere Chemiker der Ansicht, es gebe eigentlich nur Eine wahre Luft, und die anderen Gase seien

Ansichten über
Gase.

nur Modificationen derselben. Es gründete sich diese Ansicht auf das Vorurtheil, welches wir bei den Anhängern Stahl's um so tiefer eingewurzelt finden, je mehr die ganze Phlogistontheorie auf einer einzelnen Anwendung dieser Meinung beruhte, — daß nämlich alle Körper von gemeinsamen ausgezeichneten Eigenschaften Modificationen oder Zusammensetzungen eines Körpers seien, der als der eigentliche Träger dieser Eigenschaften gelten müsse. Nach dieser Ansicht war in allen verbrennlichen Körpern ein Phlogiston, in allen Säuren eine Ursäure, in allem Azenden ein Kausticum angenommen

Macquer's Ansicht.

worden, und so meint auch noch Macquer in seinem Dictionnaire de Chymie (1778), ob er gleich die verschiedenen Gasarten getrennt, als besondere Körper, abhandelt, die ganze Chemie schein ihm darzuthun, daß es nur eine einzige eigentliche Luft gebe, ebenso wie es nur Ein Feuer, Ein Wasser und Eine Erde gebe, welche letztere indeß noch nicht rein dargestellt, sondern uns nur in Abänderungen und in Zusammensetzungen, welche die ver-

Lavoisier's Ansicht.

schiedenen Erdarten derselben darstellen, bekannt sei. — Lavoisier sprach sich dagegen stets dafür aus, die Gase für wesentlich verschieden zu halten; seine Ansicht wurde mit der Aufnahme des antiphlogistischen Systems die herrschende; die Gase gelten von nun an als Verbindungen eines oder mehrerer Elemente mit Wärmestoff, als Körper, die unter einander nur hinsichtlich des Aggregationszustandes, nicht hinsichtlich ihrer chemischen Constitution, etwas Gemeinsames haben. Durch Lavoisier wurde auch die Bezeichnung Gas in das antiphlogistische System eingeführt; sie war seit van Helmont nur selten gebraucht worden; Macquer wandte sie zuerst wieder allgemein an und Lavoisier behielt sie dann bei.

So weit war hier die Geschichte der Erkenntniß der Gase im Allgemeinen zu geben; genauere Angaben werde ich bei der Berichterstattung über die einzelnen gasförmigen Körper anführen. Ehe wir zu der Betrachtung übergehen, wie sich unsere jetzigen Ansichten über die am frühesten untersuchte luftförmige Flüssigkeit, die atmosphärische, ausgebildet, will ich hier noch Etwas über frühere Dichtigkeitsbestimmungen an Gasen mittheilen.

Bestimmungen des
spec. Gewichts der
Gase.

Der Geschichte der Physik gehören die ersten Untersuchungen über das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft an; für die Geschichte der Chemie haben die Angaben über die Dichtigkeitsverhältnisse der Gasarten Interesse, weil für diese später ein Zusammenhang mit den Verbindungsverhältnissen nachgewiesen wurde. Mayow ist wohl der Erste, welcher (1669)

das specifische Gewicht eines künstlich dargestellten Gases zu ermitteln suchte; von dem Rückstande aus der atmosphärischen Luft, nachdem sie zur Unterhaltung der Verbrennung gedient hat, welcher von Wasser nicht aufgenommen wird, giebt er an, er sei etwas leichter als gemeine Luft. Später versuchte *Hales* (1727) eine solche Bestimmung an der durch Destillation aus dem Weinstein erhaltenen Luft, fand aber keinen Unterschied in dieser Beziehung zwischen der künstlichen und der gemeinen Luft. Genügende Versuche über das specifische Gewicht der Gasarten stellte zuerst *Cavendish* an (1766); er bestimmte die Dichtigkeit des Wasserstoffgases zu 0,09, die des Kohlenstoffgases zu 1,57, die Dichtigkeit der Luft als Einheit gesetzt. Ihm folgten *Priestley*, *Lavoisier* und besonders *Kirwan*, dessen Dichtigkeitsbestimmungen für die Gase vieles Ansehen genossen. In seinem *Essay on Phlogiston* (1787) theilte er folgende Bestimmungen mit (die eingeklammerten Zahlen bedeuten die jetzt als richtig angenommenen specifischen Gewichte):

Bestimmungen des spec. Gewichts der Gase.

Gemeine Luft		1,000	(1,000)
Dephlogistisirte Luft	(O)	1,103	(1,109)
Phlogistisirte Luft	(N)	0,985	(0,971)
Salpeterluft	(N ₂ O ₂)	1,194	(1,040)
Vitriolsaure Luft	(SO ₂)	2,265	(2,219)
Fire Luft	(CO ₂)	1,500	(1,525)
Hepatische Luft	(SH ₂)	1,106	(1,179)
Alkalische Luft	(N ₂ H ₆)	0,600	(0,589)
Brennbare Luft	(H)	0,084	(0,069)

Die Bestimmung des specifischen Gewichts der Gasarten erhielt für die Chemie hauptsächlich Wichtigkeit, nachdem *Gay-Lussac* (1808) seine Entdeckungen über die einfachen Verbindungsverhältnisse der Gase gemacht hatte, und man daraus zur Erkenntniß des Zusammenhanges zwischen dem specifischen Gewicht eines Körpers im Gaszustande und seinem Atomgewichte gekommen war (vgl. Seite 377 ff. im II. Theile). In dieser Beziehung wurden auch von jetzt an Bestimmungen der Dampfdichtigkeit häufiger von Chemikern ausgeführt; *Gay-Lussac* selbst untersuchte mehrere Dämpfe auf diese Eigenschaft schon 1809. Die Bekanntwerdung von *Dumas'* Methode (1826), die Dampfdichtigkeit zu ermitteln, trug endlich vorzüglich dazu bei, daß solche Bestimmungen jetzt so vielfach vorliegen.

Mit der genauern Erkenntniß der Gase als von der gemeinen Luft verschiedener Körper hatte man sie auch von den Dämpfen unterschieden, in-

Erkenntniß des wahren Verhältnisses der Gase zu den Dämpfen.

Erkenntnis des
wahren Verhältni-
ses der Gase zu den
Dämpfen.

dem man die eigentlichen Gase als permanent elastisch-flüssige, die Dämpfe als condensirbare elastisch-flüssige Körper definierte. Lavoisier machte zwar schon 1784 darauf aufmerksam, daß diese Verschiedenheit keine absolute sei, indem z. B. der Aether in einer Atmosphäre, in welcher das Quecksilber nur etwa 20 Zoll hoch stehe, als wahres Gas erscheinen müsse. Jener Unterschied wurde indeß doch noch lange anerkannt, und die Ansicht, daß gewissen Körpern die Gasform wesentlich zukomme, erhielt sich, bis Faraday (1823), nachdem er auf H. Davy's Anregung die Einwirkung der Wärme auf Chlorhydrat in verschlossenen Gefäßen studirt und die Condensation des Chlors außer Zweifel gesetzt hatte, ein Verfahren kennen lehrte, um mehrere bis dahin für permanent gasförmig gehaltene Körper in den tropfbar flüssigen Zustand überzuführen.

Ansichten über die
Constitution der
Atmosphäre.

Gehen wir nach dieser allgemeinen Betrachtung der Erkenntnis verschiedener Gasarten zu der Untersuchung über, welche Ansichten man über die atmosphärische Luft hegte. In chemischer Beziehung ist aus der Zeit, wo die atmosphärische Luft für ein Element galt, die Ansicht vorzüglich wichtig, daß sich die Luft in Wasser, und umgekehrt, verwandeln könne; außerdem haben wir dann noch durchzugehen, wie die Luft als ein zusammengesetzter Körper erkannt worden ist.

Ueber die Ver-
wandlung von Luft
und Wasser in ein-
ander.

Seit Aristoteles galten Luft, Wasser, Feuer und Erde als Elemente, aber eine Verwandlung derselben in einander wurde für möglich gehalten (vergl. Seite 269 ff. im zweiten Theile). Plinius spricht sich für diese Verwandlung mehrmals deutlich aus; nach ihm entstehen die Wolken (Wasser) durch Verdickung der Luft: *aër densatur nubibus*, oder: *Non negaverim, nubes liquore egresso in sublime, aut ex aëre coacto in liquorem gigni*. Die Luft (welche sich als Wind kund giebt) entsteht umgekehrt aus dem Wasser: *Ventos, vel potius flatus, posse et ex arido siccoque anhelitu terrae gigni non negaverim; posse et aquis aëra exspirantibus, qui neque in nebulam densetur, nec crassescat in nubes*. Diese Meinung erhielt sich lange. So glaubte Paracelsus, die Luft bestehe aus Wasser und Feuer, das erstere gehe durch Einwirkung des letzteren in wahre Luft über. Zuerst leugnete dies van Helmont, welcher geradezu die Behauptung aufstellte: *aquam nunquam, nequidem per frigus,*