

Die organische Chemie umfasst das wegen seiner ausserordentlichen Ausdehnung abgetrennte Gebiet der Kohlenstoffverbindungen und ihr verdankt man nähere Kunde über die Zusammensetzung des Pflanzen- und Thierkörpers; eine principielle Scheidewand zwischen diesen beiden, nur aus praktischen Gründen getrennten chemischen Disciplinen gibt es aber nicht. Ganz kurz sei für die organische Chemie hier noch bemerkt, dass sich neben dem Kohlenstoff selbst am Aufbau der Kohlenstoffverbindungen besonders noch der Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff betheiligen; man nennt daher diese 4 Elemente — die nämlich, welche sich bedeutsamer Weise in der atmosphärischen Luft vorfinden — die *Organogene*. Aber auch für die anorganische Chemie sind dieselben 4 Elemente von besonderer Bedeutung, und werden deshalb im Nachfolgenden der Einzelbetrachtung der übrigen Elemente vorangeschickt.

Es war bis in die neueste Zeit gebräuchlich, die chemischen Grundstoffe zum Zwecke ihrer Systematisirung in Metalle und Nichtmetalle (letztere wenig zutreffend auch „Metalloide“ genannt) einzutheilen. Die Metalle zeichnen sich durch ihren eigenthümlichen Glanz, ihre Dehnbarkeit und ein gutes Leitungsvermögen für Wärme und Elektrizität aus. Den Nichtmetallen gehen diese Eigenschaften mehr oder weniger ab; sie sind spröde und schlechte Leiter der Wärme und Elektrizität. Mit Sauerstoff (s. d.) bilden die Metalle basische (elektropositive), die Nichtmetalle dagegen saure (elektronegative) Oxyde. Diese Eintheilung ist unvollkommen, da eine scharfe Grenze für beide Körperclassen nicht existirt, und hat in neuerer Zeit dem periodischen oder natürlichen System der chemischen Elemente (s. o.) weichen müssen.

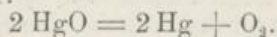
I. Sauerstoff.

$O = 16.00$ (wenn $H = 1.008$).

Der Sauerstoff ist unter allen chemischen Elementen das auf der Erde am stärksten verbreitete, denn die Hälfte vom Gewichte der gesamten Erdkruste besteht aus diesem Elemente. Gemengt mit Stickstoffgas bildet er 21 Procent der atmosphärischen Luft; in Verbindung mit Wasserstoff zu Wasser macht er von dessen Gewicht 88.81 Procent aus; in den krystallinischen Urgesteinen, aus denen die Erdkruste besteht, den Silicaten, ist er zu 45 Procent enthalten. Seine Auffindung begründete eine neue Aera der Chemie.

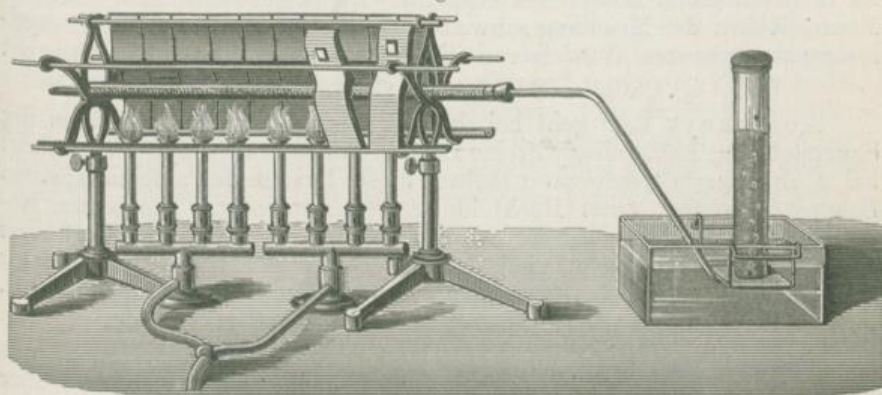
Zuerst in reinem Zustande dargestellt und damit als elementare Substanz entdeckt wurde der Sauerstoff fast gleichzeitig und unabhängig durch Scheele (dessen Versuche erst später veröffentlicht wurden) und durch Priestley, der das Gas durch starkes Erhitzen von rothem „Praecipitat“ oder Quecksilberoxyd isolirte — 1. August 1774. Um den historisch merkwürdigen Versuch, welcher zugleich die Spaltung einer chemischen Verbindung in ihre Elemente in sehr augenfälliger Weise zeigt, zu wiederholen, erhitzt man rothes Quecksilberoxyd in einem einseitig geschlossenen Rohr aus schwer schmelzbarem Glas.

(Fig. 1.) Bei beginnender Rothglut tritt Zerfall des Oxydes in Quecksilber und Sauerstoff ein:

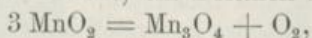


Das flüssige Quecksilber condensirt sich in den kälteren Theilen des Röhrenstücks oder in einer etwa noch eingeschalteten Vorlage während Sauerstoff als Gas entweicht und beliebig aufgesammelt werden kann. Braucht man den Sauerstoff sogleich zu irgend welchen Versuchen, dann fängt man ihn am bequemsten über Wasser in umgestülpten Glascylindern auf, die man mit Wasser gefüllt und auf die durchlöchernte Brücke einer Wasserwanne gebracht hat. Zur Darstellung von grösseren Mengen Sauerstoff ist indessen das hiervon nur 7.4 Procent enthaltende und kostspielige Quecksilberoxyd nicht geeignet.

Fig. 1.

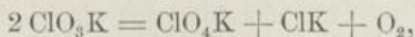


Von anderen Metalloxyden gibt namentlich Braunstein (Mangansuperoxyd) MnO_2 bei heftigem Glühen für sich allein, am bequemsten in einer schmiedeisernen Flasche, ein Drittheil seines Sauerstoffs ab:

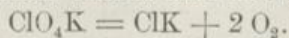


indessen dient die Zersetzung dieses und anderer Peroxyde (BaO_2 , PbO_2 , CrO_3) im Laboratorium nicht mehr zur Gewinnung des Sauerstoffs, seitdem Kaliumchlorat (chlorsaures Kali) zugänglicher geworden ist.

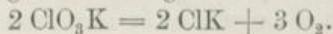
Wenn man die glasglänzenden Krystalle des Kaliumchlorats in Retorten aus schwer schmelzbarem Glase, Kupfer oder Stahl durch Erhitzen auf circa 360° schmilzt und dann noch weiter erwärmt, so entweicht unter Bildung von Kaliumperchlorat ClO_4K und Kaliumchlorid ClK , und unter Wärmeentwicklung, so dass man die Wärmezufuhr verringern muss, zunächst ein Drittheil des vorhandenen Sauerstoffs nach der Gleichung:



und beim weiteren Erhitzen zerfällt auch noch das Perchlorat:

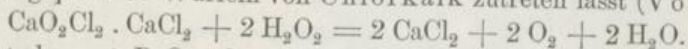


Für die vollständige Zersetzung hat man somit die Endgleichung:



Man erhält dabei 39·15 Procent vom Gewicht des Kaliumchlorats an Sauerstoff (Fig. 4). Nach Zusatz von pulverförmigem Braunstein, Kupfer- oder Eisenoxyd tritt die Spaltung des Kaliumchlorats in Kaliumchlorid und Sauerstoff schon unterhalb seiner Schmelztemperatur ein, ohne dass die zugefügten Metalloxyde eine dauernde Veränderung aufweisen. Das mit dem selten ganz reinen Braunstein gewonnene Gas lässt man zur Beseitigung von beigemengtem Kohlendioxyd und Chlor durch Kalilauge passiren. Braunstein, der mit einer grösseren Menge Kohle oder anderen oxydirbaren Substanzen verunreinigt ist, kann beim Erhitzen mit Kaliumchlorat leicht zu heftigen Explosionen führen.

Ausser dem Kaliumchlorat entwickeln auch noch andere sauerstoffhaltige Salze des Chlors, Broms und Jods mehr oder weniger leicht Sauerstoffgas. Man kann daher Sauerstoff in dem weiter unten (Fig. 8) zu beschreibenden Kipp'schen Apparat entwickeln, indem man eine (zur Neutralisation der Mischung schwach angesäuerte) Wasserstoffsuperoxydlösung zu gepressten Würfeln von Chlorkalk zutreten lässt (Volhard):



Aetzbaryt BaO geht bei dunkler Rothglut unter Aufnahme des Sauerstoffs aus kohlendioxydfreier Luft in Baryumsuperoxyd BaO₂ über: bei noch höherer Temperatur entlässt dieses letztere den aufgenommenen Sauerstoff wieder unter Rückbildung von Aetzbaryt. Die besten Resultate liefert dieses bereits in die Technik eingeführte Verfahren (Boussingault), wenn man das Superoxyd mit Hilfe comprimierter Luft gewinnt und seine Zersetzung unter vermindertem Druck, d. h. unter Absaugen des wieder austretenden Sauerstoffs vornimmt.

Auch das Bleioxyd PbO lässt sich nach Vorschlägen von Kassner in ähnlicher Weise zur Sauerstoffgewinnung benutzen, worüber das Nähere weiter unten beim Bleioxyd mitgetheilt werden wird.

Neuerdings wurde auch die flüssige Luft zur Sauerstoffgewinnung vorgeschlagen (Linde 1895), da der Stickstoff sich aus ihr rascher verflüchtigt, wie der Sauerstoff.

In den Handel kommt der Sauerstoff in Stahleylindern, die mit dem Gas unter hohem Druck (100 Atmosphären) gefüllt werden. Billige Darstellung von Sauerstoff in beliebiger Menge ist jedoch ein noch ungelöstes Problem.

Der **Sauerstoff** ist ein durchsichtiges, geruch- und geschmackloses Gas. Seine Dichte in Bezug auf Wasserstoff (= 1) beträgt 15·90, und wenn man Luft = 1 setzt, ist dieselbe 1·1015. 1 Liter Sauerstoff wiegt bei 0° und 760 mm in der Breite von 45° = 1·4290 Gramm. 1 Volum Wasser löst bei 760 mm und 0° nur 0·04114 Vol. Sauerstoff, bei 15° 0·029 Volum. — Um das Sauerstoffgas in den flüssigen Zustand überzuführen (Caillietet, Pictet — December 1877) muss man es mindestens bis auf — 119° abkühlen (die „kritische Temperatur“ des Sauerstoffs), denn bei höheren Temperaturen gelingt die Verflüssigung durch keinen noch so starken Druck; der bei der genannten tiefen Temperatur aber zur Condensation gerade erforderliche Druck wird der „kritische Druck“ genannt und beträgt 50 Atmosphären. Der Siedepunkt des flüssigen Sauerstoffs liegt unter gewöhnlichem Atmo-

sphärendruck bei -182° , bei -210° ist er noch flüssig. Das spezifische Gewicht des flüssigen Sauerstoffs bei -182° ist 1.124. Der flüssige Sauerstoff besitzt nach Olszewski in etwas stärkeren Schichten eine deutlich hellblaue Farbe, was zweifelsohne von Einfluss auf die gleiche Farbe der atmosphärischen Luft (des „blauen Himmels“), wie auch des Wassers H_2O , ferner des Ozons O_3 , des Wasserstoffs-
superoxydes H_2O_2 u. s. w. ist. — Das Absorptionsspectrum des Sauerstoffs enthält die Bänder und Doppellinien der Gruppe A und B, die anscheinend auch im Sonnenspectrum auftreten.

Da der Sauerstoff derjenige Bestandtheil der Luft ist, welcher die Verbrennungs- und Oxydationsprocesse unterhält, so ist es natürlich, dass Verbrennungen aller Art in reinem Sauerstoffgase mit viel grösserer Energie erfolgen, wie in der Luft. Zur Erkennung des Sauerstoffs dient es daher, dass ein verglimmender Holzspahn sich beim Eintauchen in Sauerstoffgas, oder wenn man ihn vor eine Oeffnung hält, welcher das Gas entströmt, sofort wieder entzündet, um mit höchst intensiver Flamme weiter zu brennen. Glühende Kohle verbrennt in Sauerstoff mit hellem Licht, Schwefel mit schöner hellblauer Flamme, Phosphor unter blendender Lichterscheinung (Fig. 2), und selbst das Eisen (als Uhrfeder oder dünner Draht, den man durch ein angeheftetes glimmendes Zunderstückchen entzündet) brennt im Sauerstoffgas unter lebhaftem Funken-
sprühen ab (Fig. 3).

Fig. 2.



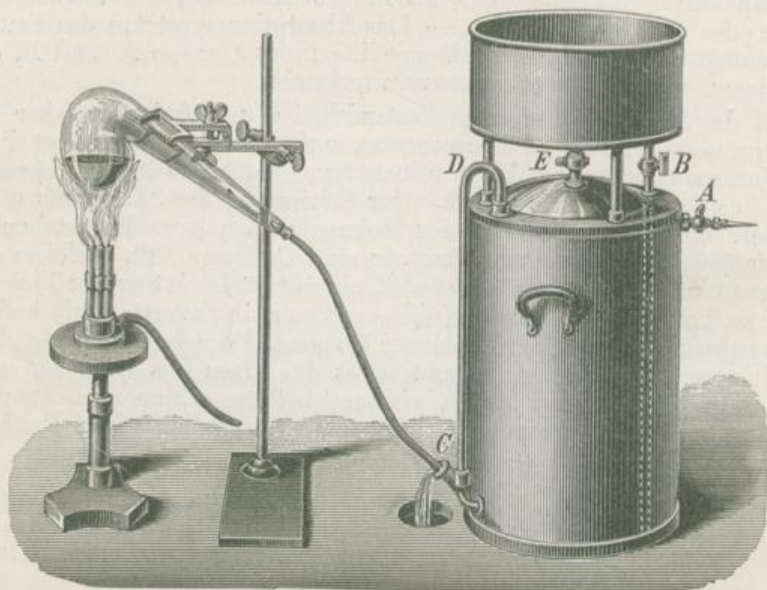
Fig. 3.



Zum Sammeln und Aufbewahren von Gasen über Wasser benutzt man in den Laboratorien gewöhnlich grosse cylindrische Behälter oder Gasometer aus Zink, Kupfer oder lackirtem Eisenblech (Fig. 4). Durch die verschraubbare, aber für die Füllung geöffnete Tubulatur *C* lässt man das sich entwickelnde Gas in den anfänglich ganz mit Wasser gefüllten Gasometer eintreten, wobei das Wasser in dem Maasse, wie es durch das Gas verdrängt wird, neben dem eingeführten Gasschlauch der Tubulatur entströmt. Man beobachtet die fortschreitende Füllung des Behälters mit Hilfe einer gläsernen Wasserstandsrohre *D*, und schraubt die Tubulatur *C* zu, nachdem das Wasser aus dem Gasometer ausgeflossen ist und derselbe statt dessen das aufgefangene Gas enthält. Um das Entnehmen beliebiger Gasmengen, in mehr oder weniger raschem Strome, zu ermöglichen, trägt der Cylinder ein oben geöffnetes, beim Gebrauch mit Wasser gefülltes Reservoir, mit welchem er namentlich durch zwei Metallröhren communicirt, in denen sich die gut eingeschliffenen Hähne *B* und *E* befinden. Die Röhre *B* reicht im Inneren des Gasometers bis auf dessen Boden und wenn man den Hahn öffnet, tritt das Wasser aus dem oberen Reservoir in den unteren Gasometer, bis sich der Druck in beiden Gefässen aus-

geglichen hat. Oeffnet man nun auch den seitlich angebrachten Gashahn *A* mehr oder weniger, so strömt das Gas aus diesem Hahne mit der gerade erwünschten Schnelligkeit aus und kann durch Schläuche oder Glasröhren an jede beliebige Stelle geleitet werden; da durch *B* fortwährend Wasser aus dem oberen Reservoir in den Gasometer nachfließt,

Fig. 4.



ist die Gasausströmung bei *A* eine continuirliche. Oeffnet man statt des Hahnes *A* denjenigen in der kurzen Verbindungsröhre *E*, so tritt das Gas aus dem unteren Behälter durch *E* in das obere Wasserreservoir und kann dort in umgestülpten Gefässen, wie in jeder Wasserwanne, aufgefangen werden.

Fig. 5.



Häufig sind die Gasometer auch aus Glas hergestellt (Fig. 5), in welchem Falle ein durchsichtiger Wasserstandszeiger überflüssig ist.

In grossem Maasstabe, in Gasfabriken u. s. w., wird ein Gas unter Glocken aufgesammelt, welche in grosse cylindrische Wasserbehälter eintauchen.

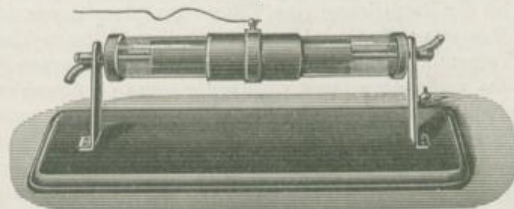
Da Wasser stets verdunstet, sind Sauerstoff und andere Gase, die mit demselben in Berührung waren, oder sich aus einer wässerigen Flüssigkeit entwickeln, stets feucht (enthalten Wasserdampf gelöst). Um feuchte Gase zu trocknen, lässt man sie durch Flaschen hindurchgehen, die wasserbindende Substanzen enthalten, wie namentlich Chlورcalcium, Schwefelsäure, Phosphorpentoxyd, mitunter auch Aetzkali oder gebrannten Kalk. Gibt man diese Trocknsmittel in verschlossene Gefässe (Exsiccatoren), dann kann man auch feuchte, feste Körper, die man ebenfalls einstellt, trocknen.

Ozon oder activer Sauerstoff, O_3 .

Während die kleinsten im Gaszustande isolirten Sauerstofftheilchen, die Moleculé, aus 2 Atomen bestehen: O_2 , kennt man noch eine „allotropische Modification“ des Sauerstoffs, das Ozon, O_3 , dessen Moleculé aus 3 Sauerstoffatomen gebildet werden. Es besitzt dieses Gas einen stechenden, an Chlorkalk erinnernden Geruch, der bereits 1785 seine Wahrnehmung durch van Marun und seit 1839 seine eigentliche Entdeckung und Benennung (von *ὄζειν* riechen) durch Schönbein veranlasste.

Das Ozon entsteht beim Durchschlagen elektrischer Funken durch trockenen Sauerstoff, leichter bei der stillen Entladung des Inductionstromes in diesem Gase; ferner in kleinen Mengen als Nebenproduct bei manchen Bildungsweisen von freiem Sauerstoff, wie bei der Elektrolyse des Wassers oder bei der Abscheidung von Sauerstoff aus Kaliumpermanganat, sowie aus Baryumsuperoxyd durch Schwefelsäure; endlich bildet sich Ozon häufig aus Sauerstoff, während derselbe zu Verbrennungen oder Oxydationen verwendet wird, wie bei der langsamen Oxydation von gelbem Phosphor. Da Ozon leicht wieder in Sauerstoff übergeht, erhält man es bei diesen Entstehungsweisen nie rein, sondern stets mit einer sehr vorwiegenden Menge (mindestens 94 Proc.) Sauerstoff gemengt.

Fig. 6.



Um Ozon durch Einwirkung der sogenannten stillen elektrischen Entladung auf einen langsamen Strom gut getrockneten Sauerstoffgases zu gewinnen, lässt man das von Feuchtigkeit befreite Gas durch den Zwischenraum zwischen zwei zusammengeschobenen Glasröhren (Fig. 6) streichen, genau so wie man Wasser durch einen „Liebig'schen Kühler“ hindurchfließen lässt. Die innere wie auch die äussere Glasröhre sind mit Stanniolbelegungen versehen, deren jede mit einem der beiden Pole eines kräftigen Inductionsapparats verbunden ist; setzt man nun den letzteren in Gang, dann erfolgen die stillen Entladungen durch den Sauerstoffstrom hindurch und letzterer tritt aus der Siemens'schen Röhre theilweise ozonisirt aus. Die Ableitung des entweichenden Ozons darf nicht durch Kautschukschläuche geschehen, da diese sehr rasch angegriffen werden; weniger wirkt das Ozon auf Korkverbindungen, besonders wenn dieselben mit Siegellack überzogen sind. — Ein ozonreicher Sauerstoff entweicht, wenn man Baryumsuperoxyd oder Kaliumpermanganat in kleinen Quantitäten in kalte reine conc. Schwefelsäure einträgt. Gewöhnlicher molecularer Sauerstoff wird ozonisirt, wenn man ihn über Mangan-superoxyd oder über andere Oxyde, die beim Erhitzen ihren Sauerstoff ganz oder theilweise verlieren, unter Erwärmen hinüberleitet (Z. f. an. Ch. 10, 229); hieraus ergibt sich eine etwas grössere Widerstandsfähigkeit des Ozons, als man bisher annahm. Der aus unreinem Kaliumchlorat, oder aus demselben in Gegenwart von Braunstein entwickelte Sauerstoff riecht daher deutlich nach Ozon. — Zur Ozondarstellung kann man

auch mehrere Stunden vor dem Bedarf einige Stücke Phosphor in einen geräumigen Glasballon geben und bis zur Hälfte mit Wasser übergiessen. Hat während einiger Zeit bei einer Temperatur von 15—20° die langsame Oxydation des Phosphors stattgefunden, dann ist soviel Ozon in dem Ballon vorhanden, dass man eine Anzahl von charakteristischen Reactionen leicht mit demselben ausführen kann; gleichzeitig wird aber auch Wasserstoffsuperoxyd gebildet.

Man kann annehmen, dass das Ozon O_3 durch Anlagerung der freiwerdenden isolirten O-atome an die Molecüle des gewöhnlichen Sauerstoffs O_2 entsteht; in gleicher Weise bildet sich daneben, wenn Wasser H_2O zugegen ist, das Wasserstoffsuperoxyd H_2O_2 (s. d.), welches dem Ozon in den chemischen Eigenschaften gleicht.

Von den Eigenschaften des Ozons hervorzuheben ist der selbst bei grosser Verdünnung charakteristische, unangenehme Geruch, sowie die von ihm auf die Schleimhäute ausgeübte Reizung. Eine längere Schicht des Gases zeigt bläuliche Färbung. Ozon ist zuerst aus ozonisirter Luft durch einen Druck von 125 Atmosphären und eine Abkühlung auf -105° (durch flüssiges Aethylen, welches unter gewöhnlichem Druck so tief siedet und sich, wie auch eingetauchte Objecte, dabei auf diese Temperatur abkühlt) als tief indigoblaue, selbst unter Atmosphärendruck nur langsam verdampfende Flüssigkeit erhalten worden; sein Siedepunkt liegt bei -106° . Sehr langsam bei gewöhnlicher Temperatur, rascher bei 300° geht das Ozon wieder in gewöhnlichen Sauerstoff über. Wasser nimmt etwa die Hälfte seines Volums vom gasförmigen Ozon auf, das also 12 bis 15mal leichter löslich ist, als gewöhnlicher Sauerstoff.

Das Moleculargewicht des Ozons ist grösser als dasjenige des Sauerstoffs, denn dieser erleidet bei der Ozonisirung eine Volumverminderung, aus der man auf Grund des Avogadro'schen Gesetzes auf eine Condensation der kleinsten Theilchen schliessen muss. Bringt man Terpentinöl oder Zimmtöl zu einem abgemessenen Volum ozonisirten Sauerstoffs, so wird das vorhandene Ozon vollständig vom Oele absorbirt, und sein Volum ergibt sich also unmittelbar aus der beobachteten Volumverminderung. Führt man dann in einem gleichen Volum des nämlichen ozonisirten Sauerstoffs das Ozon durch Erhitzen wieder in den gewöhnlichen Sauerstoff O_2 über, so findet man nach der wiedererfolgten Abkühlung die Volumzunahme genau halb so gross, wie das durch den ersten Versuch mit dem Oele verschwundene Ozonvolum, d. h. aus 2 Volumen Ozon entstehen 3 Volume Sauerstoff. Daraus folgt, dass sich umgekehrt bei der Ozonbildung 3 Volume Sauerstoff zu 2 Volumen Ozon condensiren. Da nach Avogadro gleiche Volume gleich viel Molecüle enthalten, kann man auch statt Volume = Molecüle setzen, und hat dann: $3 O_2 = 2 O_3$, woraus folgt, dass das Ozonmolecül = O_3 ist, also aus 3 Sauerstoffatomen besteht.

Im Gegensatz zum gewöhnlichen Sauerstoff ist das Ozon schon bei tieferen Temperaturen ein energisches Oxydationsmittel, indem es sich bei den verschiedensten Veranlassungen leicht in 1 Molecül + 1 Atom Sauerstoff spaltet ($O_3 = O_2 + O$). Das letztere kann als freies Atom (in statu nascendi) seine Verwandtschaft zu anderen Substanzen weit leichter zur Geltung bringen, wie die Atome des gewöhnlichen Sauerstoffmolecüls O_2 , die um einzuwirken sich erst von einander trennen müssen, was eben höhere Temperaturen erfordert. Das Ozon wird daher auch als „activer Sauerstoff“ bezeichnet. Mit brennbaren Gasen explodirt flüssiges Ozon schon bei -106° . Oxydirt werden durch trockenes oder gelöstes Ozon fast alle Elemente und zahlreiche Verbindungen derselben. Gleich dem Chlor vermag daher das Ozon Jod aus den meisten seiner Verbindungen auszuschcheiden; so hat man mit einer Jodkaliumlösung die Reaction: $2 KJ + H_2O + O = 2 KOH + J_2$. Mischt man eine Jodkalium-

lösung mit Stärkekleister und taucht Fliesspapier ein, so erhält man Jodkalium-Stärkepapier. Kommt dieses nun mit ozonhaltiger Luft zusammen, so wird das Jod in Freiheit gesetzt und färbt das Stärkepapier mehr oder weniger intensiv blau. Aus dem Auftreten dieser sehr empfindlichen Reaction glaubte man auch auf einen grösseren oder geringeren Ozongehalt der atmosphärischen Luft schliessen zu dürfen, wo man sich dasselbe unter dem Einfluss elektrischer Entladungen, sowie von Verbrennungsprocessen entstanden dachte. Indessen abgesehen davon, dass die in der Atmosphäre auftretenden höheren Oxyde des Stickstoffs dieselbe Reaction zeigen, scheint für gewöhnlich das in der Luft fast immer enthaltene Wasserstoffsuperoxyd die Bläuung zu veranlassen.

Der Umstand, dass Ozon blankes Silberblech mit einem Ueberzug von Silbersuperoxyd bedeckt, gestattet eine sichere Unterscheidung des Ozons vom Wasserstoffsuperoxyd und den Oxyden des Stickstoffs, die Silber nicht angreifen. Bis jetzt ist es aber noch nicht gelungen, mit Silberblech in atmosphärischer Luft diese nur auf Ozon hindeutende Schwärzung zu erhalten und der Ozongehalt der Luft somit zweifelhaft.

Schwefel, Phosphor, Arsen gehen durch wässriges Ozon in Schwefelsäure, Phosphorsäure, Arsensäure über; Silbersalze geben schwarzes Silbersuperoxyd; Quecksilber, das an der Luft jahrelang ganz unverändert bleibt, bedeckt sich in Berührung auch mit vollkommen trockenem Ozon sofort mit einer matten Oxydationsschicht; Bleisalze geben braunes Bleisuperoxyd, durch dessen Entstehung auch mit Bleioxydhydrat bestrichene Papierstreifen sich bräunen, während durch Bleisulfid geschwärztes Papier sich in Folge der Bildung von weissem Bleisulfat bleicht. Organische Substanzen werden durch Ozon oxydirt; die Lösungen der Farbstoffe, z. B. sehr verdünnte blaue Indigolösung, werden nach einigen Augenblicken beim Durchleiten ozonisirten Sauerstoffs entfärbt. Völlig trockenes Ozon lässt jedoch manche, selbst leicht oxydirbare anorganische und organische Stoffe unverändert.

Die Eigenschaften des Ozons haben verschiedenartige Benutzung gefunden, z. B. zum Bleichen von alten Drucken und Kupferstichen; zur Essigfabrication u. s. f.

Das frühere sogenannte „Antozon“ ist keine weitere Modification des Sauerstoffs, sondern hat sich in fast allen Fällen als identisch mit dem Wasserstoffsuperoxyd erwiesen.

Verbindungen des Sauerstoffs.

Säuren, Basen, Salze.

Mit den meisten Elementen verbindet sich der Sauerstoff direct. Ausgenommen sind nur die Halogene: Chlor, Brom, Jod und Edelmetalle wie: Gold, Silber, Platin, obwohl auch mit diesen Elementen sich auf Umwegen zahlreiche und wichtige Sauerstoffverbindungen (wie z. B. das Kaliumchlorat ClO_3K) haben darstellen lassen. Nur für das Fluor kennt man keine Sauerstoffverbindungen.

Der Name des Sauerstoffs oder Oxygeniums („Säureerzeuger“, von ὀξύς, sauer und γεννάω, ich erzeuge) wurde gewählt, weil die Producte der Verbrennung in Sauerstoffgas (sowie Luft) sehr oft mit Wasser (oder Basen) zu Säuren (oder Salzen) zusammentreten, wie das beim Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff der Fall ist. Im Allgemeinen bezeichnet man die Verbindungen des Sauerstoffs als Oxyde.

Den vorerwähnten elektronegativen Charakter von „Säureanhydriden“ (1) besitzen vorzugsweise die Oxyde der Nichtmetalle. Mit Wasser vereinigen sich diese Oxyde zu „Säurehydraten“ oder „Säuren“. Andererseits haben die Metalloxyde meistens elektropositiven Charakter, und werden als „Basenanhydride“ (2), in Verbindung mit Wasser als „Oxydhydrate“ oder „Basen“ bezeichnet.

- (1) $S + O_2 = SO_2$ (Schwefeldioxyd oder Schwefligsäureanhydrid).
 $S + 3 O = SO_3$ (Schwefeltrioxyd oder Schwefelsäureanhydrid).
 $P_4 + 5 O_2 = 2 P_2O_5$ (Phosphorpentoxyd oder Phosphorsäureanhydrid).
 $C + O_2 = CO_2$ (Kohlendioxyd oder Kohlensäureanhydrid).
 $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$ (Schwefelsäurehydrat).
 $P_2O_5 + 3 H_2O = 2 H_3PO_4$ (Phosphorsäure).
 (2) $Hg + O = HgO$ (Quecksilberoxyd).
 $Ca + O = CaO$ (Calciumoxyd, Aetzkalk).
 $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ (Kalkhydrat).

Das bequemste äussere Kennzeichen der Säuren ist ihre saure Reaction: sie röthen die wässrige Lösung des Lackmusfarbstoffs; andererseits zeigen die Basen basische oder alkalische Reaction, indem sie Lackmustinctur auf's intensivste blau färben. Diejenigen Substanzen, welche die Eigenschaft von Basen in stärkstem Maasse besitzen, sind die Alkalien: Kalihydrat KOH und Natronhydrat NaOH, die in Wasser leicht löslichen und scharf ätzenden krystallinischen Hydroxyde der Alkalimetalle. Weniger in Wasser löslich und minder starke Basen sind die Erdalkalien, besonders Kalkhydrat $Ca(OH)_2$ und Barythydrat $Ba(OH)_2$; unlöslich sind die schwach basischen Erden, wie Thonerdehydrat $Al(OH)_3$.

Vermischt man die wässrigen Lösungen der Säuren und Basen, dann erhält man die neutral reagirenden Salze; den Eintritt der vollständigen Neutralisation erkennt man daran, dass Lackmustinctur ebenso wenig mehr geröthet als gebläut wird. Die Salzbildung erfolgt (3) bei den Anhydriden durch directe Vereinigung, bei den Hydraten unter gleichzeitiger Wasserabspaltung.

- (3) $CaO + SO_3 = SO_4Ca$ (Schwefelsaurer Kalk oder Calciumsulfat).
 $CaO + CO_2 = CO_3Ca$ (Kohlensaurer Kalk od. Calciumcarbonat).
 $CaO_2H_2 + CO_2 = CO_3Ca + H_2O$.
 $CaO_2H_2 + SO_4H_2 = SO_4Ca + 2 H_2O$.

Die Klarlegung dieser ganz wesentlichen Rolle, die dem Sauerstoff bei den Verbrennungs- oder Oxydationserscheinungen zukommt, sowie die Einreihung der meisten wichtigen anorganischen Substanzen in die drei grossen Kategorien der Säuren, Basen und Salze verdankt man wie schon bemerkt Lavoisier, der die von Priestley (S. 5 u. 10) und fast gleichzeitig von Scheele gemachte Entdeckung des Sauerstoffs unverzüglich zur Aufstellung der noch heute geltenden theoretischen Ansichten zu benutzen verstand. — Freilich gibt es ausserdem auch manche Körper, wie der Chlorwasserstoff ClH, welche saure, und wieder andere wie das Ammoniak NH_3 , welche basische Eigenschaften haben, ohne sauerstoffhaltig zu sein, so dass man als „Säuren“ alle die-

jenigen Wasserstoffverbindungen bezeichnen muss, deren Wasserstoff durch Metalle unter Bildung von Salzen vertretbar ist; eine ganz entsprechende Definition lässt sich auch für „Basen“ geben, deren „Radical“ [meist das Metallatom; beim Ammoniak die Gruppe (NH_4)] den Wasserstoff der Säuren unter Salzbildung zu ersetzen vermag.

2. Wasserstoff.

$\text{H} = 1.008$ (wenn $\text{O} = 16.000$).

Der Wasserstoff, ein luftförmiges brennbares Element, das bei der Einwirkung von Eisen, Zink und anderen Metallen auf viele wässerige verdünnte Säuren als eigenthümliche Gasart entweicht, wurde schon von Paracelsus im 16. Jahrhundert beobachtet, anfänglich jedoch wie sämmtliche Gase nur für eine in besonderer Weise verunreinigte Luftart gehalten; als eine von der Luft durchaus verschiedene Substanz erkannte ihn erst Cavendish 1766.

In freiem Zustande findet sich der Wasserstoff auf der Erde nur ausnahmsweise, so in vulcanischen Gasen, sowie bei der Zerstörung organischer Substanzen durch Fäulniss oder trockene Destillation (Leuchtgas); in gewaltigen Mengen tritt er dagegen in der Photosphäre der Sonne und anderer Fixsterne auf.

Den Namen Wasserstoff oder Hydrogenium (Wassererzeuger, von ὕδωρ , Wasser und γεννάω , erzeuge) hat das Element daher erhalten, dass es in Verbindung mit Sauerstoff das Wasser bildet; in dieser wichtigsten Verbindung des Wasserstoffs sind neben 88.81 Procent Sauerstoff 11.19 Procent Wasserstoff enthalten.

Man betrachtet die kleinsten Theilchen des Wassers, seine Molecüle, als eine Verbindung von 2 Wasserstoffatomen mit einem Sauerstoffatom und formulirt dieselben sonach HOH oder OH_2 oder H_2O . In weit geringerer Verbreitung findet sich der Wasserstoff auch in Vereinigung mit Stickstoff als Ammoniak NH_3 , sowie in Verbindung mit Kohlenstoff in einfachster Form als Sumpfgas oder Grubengas CH_4 , in complicirteren Formen im Petroleum oder Erdöl und namentlich in allen Organismen. Durch seinen üblen Geruch kenntlich ist das aus Wasserstoff und Schwefel zusammengesetzte Gas, der Schwefelwasserstoff SH_2 .

Wie sich aus einer Betrachtung der Volumverhältnisse, nach denen Wasserstoff mit anderen Gasen z. B. mit Chlor (vgl. Chlorwasserstoff) zusammentritt und aus dem Gesetze von Avogadro: „In gleichen Gasvolumen ist eine gleiche Anzahl von Molecülen vorhanden“ ergibt (s. u.) und wie dies durch zahlreiche andere Thatsachen bestätigt wird, besteht das kleinste, im Gaszustand existenzfähige Wasserstofftheilchen (Molecül), ganz wie Sauerstoff, Chlor etc., nicht aus einem, sondern aus zwei Atomen. Man schreibt daher das Wasserstoffmolecül: H_2 . Selbst in starker Weissglut bei 1600° sind solche Molecüle H_2 noch nicht in einzelne Atome H zerfallen.

Für die Darstellung des Wasserstoffs geht man fast immer von seiner verbreitetsten Verbindung, dem Wasser, aus. Das Wasserstoffgas kann aus dem Wasser in verschiedener Weise gewonnen werden.