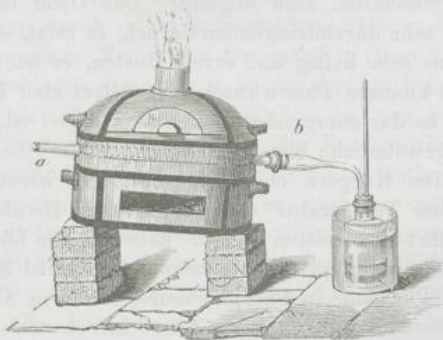


## Chemische Technik und Experimente.

Zur Darstellung des Schwefelkohlenstoffs behufs eines Collegienversuchs eignet sich am besten der Apparat Fig. 155.

Das durch den Ofen gesteckte Porzellanrohr *ab* wird mit kleinen Kohlenstücken gefüllt, das eine Ende bei *a* mittelst eines Korks verschlossen, und so weit

Fig. 155.



Darstellung  
des Schwefelkohlenstoffs.

aus dem Ofen herausragen gelassen, dass der Kork nicht anbrennen kann, das andere Ende *b* mit einem gebogenen Vorstoss versehen, dessen Spitze ein wenig in die als Vorlage dienende und zum Theil mit Wasser gefüllte Flasche taucht, die bei der Operation in eiskaltem Wasser steht. Man erhitzt nun die etwas geneigt im Ofen liegende Porzellanröhre zum Glühen, trägt dann bei *a* ein Stück Schwefel ein, und verschliesst die Oeffnung gleich wieder mit

dem Korke. Der Schwefel schmilzt, fließt in dem geneigten Rohre gegen *b* zu, verwandelt sich in Dampf, und vereinigt sich nun mit der glühenden Kohle zu Schwefelkohlenstoff, welcher sich in der Vorlage, im Wasser derselben untersinkend, zu ölartigen Tropfen verdichtet. Lässt die Dampfwickelung nach, so bringt man ein neues Stück Schwefel bei *a* ein, und fährt damit fort, so lange sich noch Schwefelkohlenstoff bildet. Der so erhaltene Schwefelkohlenstoff ist noch nicht rein, sondern enthält überschüssigen Schwefel gelöst. Durch Destillation aus einer Retorte im Wasserbade wird er davon befreit.

Der Versuch, welcher die glänzende und ohne Explosion stattfindende Verbrennung des Schwefelkohlenstoffs in Stickoxydgas zeigt, wurde bereits beim Stickoxydgase beschrieben. Um aber die heftige Explosion zu zeigen, welche stattfindet, wenn man ein Gemenge von Sauerstoff und Schwefelkohlenstoff mit einem brennenden Körper berührt, bringt man in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Zweipfund-Flasche einige Tropfen Schwefelkohlenstoff, verschliesst hierauf die Flasche mit dem Kork, schüttelt tüchtig, umwickelt sie hierauf sehr sorgfältig bis zum Halse herauf mit einem starken Tuche, befestigt einen brennenden Spahn an einem Stocke, öffnet den Kork, und führt den brennenden Spahn in die Mündung der Flasche. Die Explosion erfolgt augenblicklich, und ist gewöhnlich so heftig, dass das Tuch gewaltsam zerrissen und die Flasche in viele Stücke zertrümmert wird.

Dieser Versuch ist daher nur mit grosser Vorsicht anzustellen.

Experimente damit.

## O Z O N.

Eigenschaften. Das bei der Elektrolyse des Wassers erhaltene Sauerstoffgas, sowie auch solches, durch welches man zahlreiche elektrische Funken schlagen liess, enthält eine geringe Menge eines Körpers beigemengt, der sehr merkwürdige Eigenschaften besitzt und nach den

Eigenschaften.



Das Ozon ist wahrscheinlich eine allotropic Modification des Sauerstoffs

bisher darüber angestellten Beobachtungen eine allotropic Modification des Sauerstoffs ist. Derselbe Körper bildet sich auch unter verschiedenen Bedingungen, wenn man die Imponderabilien und einige chemische Agentien auf atmosphärische Luft einwirken lässt, aber auch hier nur in sehr geringer Menge.

und wirkt bei gewöhnlicher Temperatur energisch oxydirend.

Das Ozon weicht in seinen Eigenschaften von dem gewöhnlichen Sauerstoff in sehr bemerkenswerther Weise ab. Seine bis nun mit Sicherheit festgestellten Eigenschaften sind folgende: Das Ozon besitzt einen charakteristischen und sehr durchdringenden Geruch, es reizt, eingehathmet, die Respirationsorgane sehr heftig und erregt Husten, es ist überhaupt sehr giftig und tödtet kleinere Thiere rasch, vor Allem aber ist es dadurch ausgezeichnet, dass es das energischste Oxydationsmittel ist, was wir kennen. Während der gewöhnliche Sauerstoff sich meist erst bei höherer Temperatur mit anderen Körpern chemisch vereinigt, wirkt das Ozon schon bei gewöhnlicher Temperatur und bei blosser Berührung energisch oxydirend, und führt die meisten Körper dabei in die höchste Oxydationsstufe über, die sie überhaupt bilden können. So wird Silber dadurch in Silbersuperoxyd, Phosphor in Phosphorsäure, Arsen in Arsensäure, Schwefel, Schwefelwasserstoff und schweifige Säure in Schwefelsäure, Blei und Bleioxyd in Bleisuperoxyd, Manganoxydul in Mangansuperoxyd, Schwefelblei in schwefelsaures Bleioxyd, Ammoniak in salpetersaures Ammoniak u. s. w. verwandelt. Das Ozon macht ferner aus Jodkalium Jod frei, was am einfachsten daraus erhellt, dass mit Jodkaliumlösung bereiteter Stärkekleister bei Gegenwart von Ozon sich sofort aufs Tiefste bläut. Das durch Ozon aus dem Jodkalium in Freiheit gesetzte Jod vereinigt sich nämlich mit dem Stärkemehl zu einem blauen Körper: der Jodstärke. Mit Jodkaliumkleister bestrichene Papierstreifen führen den Namen Ozonometer, und sind das empfindlichste Reagens auf Ozon, welches aber in allen jenen Fällen unanwendbar ist, wo andere Jod aus Jodkalium abscheidende Substanzen zugegen sind. Auch viele organische Körper werden durch Ozon sehr energisch oxydirt und unter Umständen förmlich verbrannt, d. h. in die einfachsten Verbindungen verwandelt, andere werden dadurch in einer bestimmten, bei einem gewissen Punkte stehenbleibenden Weise verändert. Guajaktinctur wird dadurch gebläut, organische Farbstoffe aber, so namentlich Indigolösung, werden sehr rasch gebleicht. Es ist das Ozon ein sehr energisches Bleichmittel, eben in Folge seiner oxydirenden Wirkungen. Alle diejenigen Substanzen, die sich durch Ozon oxydiren, entozonisiren die ozonisirte Luft, d. h. sie nehmen das Ozon auf, und die rückständige Luft enthält nun den gewöhnlichen Sauerstoff.

Ozonometer.

Ozon ist ein kräftiges Bleichmittel.

Durch Glühhitze wird das Ozon zersetzt, und es bleibt gewöhnlicher Sauerstoff zurück. Lässt man stark ozonisirten Sauerstoff, d. h. solchen, der Jodkaliumstärke energisch bläut, den charakteristischen Geruch des Ozons zeigt u. s. w., durch eine zum Glühen erhitzte Glasröhre streichen, so entweicht daraus gewöhnlicher Sauerstoff, der nicht mehr im Geringsten die Fähigkeit besitzt, Jodkaliumstärke zu bläuen.



Vorkommen. Geringe Mengen von Ozon sind in der atmosphärischen Luft enthalten; der Gehalt derselben an Ozon ist übrigens sehr schwankend und, wie es scheint, von Jahreszeit, Temperatur, elektrischer Spannung und anderen Momenten abhängig.

Vorkommen.

Bildung. Von einer Darstellung des Ozons kann nicht die Rede sein, da eine Methode, sich diesen merkwürdigen Körper in erheblicher Menge zu verschaffen, noch fehlt. Man kann Tausende von elektrischen Funken durch reines Sauerstoffgas schlagen lassen, und immer wird nur eine geringe Menge von Sauerstoff in Ozon verwandelt sein. Schafft man das gebildete Ozon immer wieder fort, so kann man allerdings allen Sauerstoff bis auf das letzte Theilchen in Ozon verwandeln, allein das Fortschaffen besteht eben nur in der Entozonisirung, in der Verwendung des Ozons, und so lässt sich darauf keine Methode der Darstellung gründen. Wenn atmosphärische Luft so stark wie möglich mit Ozon beladen ist, enthält sie immer erst  $\frac{1}{1300}$  dieses Körpers. Die Unmöglichkeit, Ozon sich in grösserer Menge zu verschaffen, ist der Grund, warum die Eigenschaften des reinen Ozons eigentlich noch gar nicht bekannt sind und sich alle Angaben nur auf Gemenge von gewöhnlichem Sauerstoff und geringen Mengen Ozon beziehen. Das, was wir von den Eigenschaften derartiger Gemenge kennen, berechtigt uns aber anzunehmen, dass das Ozon im reinen Zustande grossartige Wirkungen hervorbringen müsste.

Bildung.

Die Bildungsweisen des Ozons sind sehr mannigfach; es kann nämlich das Ozon auf elektrischem, auf elektrolytischem und auf chemischem Wege erzeugt werden. Lässt man durch reines Sauerstoffgas zahlreiche elektrische Funken aus einer kräftigen Elektrirmaschine schlagen, oder lässt man sogenannte stille Entladungen durch Sauerstoffgas gehen, so zeigt das Sauerstoffgas bald den charakteristischen Geruch des Ozons und bläut Jodkaliumstärke merklich. Auf elektrolytischem Wege bildet sich Ozon durch Zersetzung von mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser mittelst eines galvanischen Stroms: das am positiven Pole sich ausscheidende Sauerstoffgas zeigt Geruch und Eigenschaften des Ozons. Der wirksamste Weg zur Ozonisirung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft ist aber der chemische: indem man Phosphor bei Gegenwart von etwas Wasser mit atmosphärischer Luft in Berührung bringt, oder indem man trockenes übermangansaures Kali mit Schwefelsäurehydrat vermischt. Der schon bei gewöhnlicher Temperatur entweichende Sauerstoff ist stark ozonisirt. Ozon bildet sich ferner bei langsamen Verbrennungen verschiedener Körper, so z. B. des Aethers, und vielleicht bei allen Oxydationen, die bei nicht zu hoher Temperatur vor sich gehen. Manche Körper, insbesondere organische, wie Terpentinöl und andere ätherische Oele, haben ferner die merkwürdige Eigenschaft, bei längerer Berührung mit Luft, namentlich unter dem Einflusse des Lichts, sich mit Sauerstoff zu beladen, selbst, ohne sich mit ihm chemisch zu verbinden, zu ozonisiren und ihn an andere oxydable Körper wieder abzugeben. Diese Kör-

Ozon bildet sich auf elektrischem, elektrolytischem und chemischem Wege.



Ozonträger  
 und Ozon  
 übertra-  
 gende  
 Körper.

per wirken also oxydirend und rufen alle charakteristischen Erscheinungen des ozonisirten Sauerstoffs hervor. Man nennt solche Körper Ozonträger. Sie geben zuweilen ihren Sauerstoff ohne Weiteres an oxydirbare Körper ab, zuweilen aber erst unter Mithilfe eines dritten, der ihn von dem einen Körper auf den anderen gewissermaassen überträgt. Solche übertragende Körper sind meist organische, worunter insbesondere die Blutzellen zu erwähnen sind; es gehören dazu aber auch anorganische, wie z. B. Platin, als Platinmohr oder Platinschwamm, und Eisenoxydul-lösung. Die physiologische Bedeutung dieser höchst merkwürdigen Thatsachen kann erst in der organischen Chemie erörtert werden.

Geschicht-  
 liches.

Geschichtliches. Das Ozon wurde von Schönbein 1840 entdeckt, in welchem Jahre er zeigte, dass der sogen. elektrische Geruch von einer eigenthümlichen gasförmigen Materie herrühre, die auch bei der Elektrolyse des Wassers erzeugt werde. Seit jener Periode hat Schönbein sich unablässig mit diesem Gegenstande beschäftigt und die wichtigsten Thatsachen ermittelt; so hat er namentlich auch die Beziehungen des Ozons zu den Ozonträgern, und letzterer zu den übertragenden Körpern entdeckt. Schönbein betrachtet das Ozon als polarisirten Sauerstoff, und zwar als die negativ-active Modification desselben. Nach ihm ist der gewöhnliche inactive Sauerstoff — negativer + positiver Sauerstoff, die sich zu inactivem ausgeglichen haben, ebenso wie sich + und — Elektricität zu dem sogenannten unelektrischen Zustande ausgleichen. In den Oxyden ist der Sauerstoff theils als negativ-activer enthalten, theils als positiv-activer, der negativ-activen Modification giebt er das Symbol  $\ominus$  oder  $\bar{O}$ ; der positiven, welche er auch wohl Antozon nennt, das Symbol  $\oplus$

Ozon und  
 Antozon.  
 Ozonide und  
 Antozonide.

oder  $\bar{O}$ . Dem entsprechend nennt er die Oxyde Ozonide oder Antozonide, je nachdem sie nach seiner Ansicht den Sauerstoff in der negativ- oder positiv-activen Modification enthalten. So wären nach Schönbein die Uebermangansäure und die Untersalpetersäure Ozonide, und er schreibt ihre Formeln  $Mn_2O_2\bar{O}_5$ , und  $NO_2, \bar{O}_2$ , indem er annimmt, dass von den 7 Aequivalenten Sauerstoff der Uebermangansäure 5 Aeq., und von den 4 Aeq. der Untersalpetersäure 2 Aeq. negativ activ seien, — das Wasserstoff-, Baryum- und Bleisuperoxyd dagegen wären Antozonide, sie enthielten 1 Aeq. Sauerstoff in der positiv-activen Modification. Dies erklärt nach Schönbein die Thatsache, dass Ozon, nach ihm negativer Sauerstoff, durch Zusammenbringen mit den oben genannten Superoxyden sofort zerstört wird, indem gewöhnlicher Sauerstoff entweicht (durch Vereinigung des negativen mit dem positiven entstanden), während die Superoxyde in niedere Oxyde verwandelt sind. Schönbein und Meissner wollen das Antozon  $\bar{O}$  auch im ungebundenen Zustande durch Behandlung von Baryumsuperoxyd mit Schwefelsäure erhalten haben, und Meissner wies nach, dass beim Elektrisiren des gewöhnlichen Sauerstoffs neben Ozon eine Materie erzeugt wird, die mit dem chemisch entwickelten Antozon Schönbeins in ihren Eigenschaften übereinstimmt,



und die besonders dadurch charakterisirt ist, dass sie Wasserdampf zu Nebel zusammenzieht; allein es erscheint vorläufig dieser Gegenstand noch so wenig reif zu einer elementaren Darstellung, dass ein näheres Eingehen auf denselben hier kaum am Platze wäre. Ausser Schönbein haben Margnac, de la Rive, Baumert, Williamson, Houzeau, Andrews und Tait und Meissner sich eingehender mit dem Ozon beschäftigt.

#### Chemische Technik und Experimente.

Um die Bildung von Ozon auf elektrischem Wege zu versinnlichen, verfährt man in nachstehender Weise:

Eine kleine, mehrere Zoll hohe, etwa einen Zoll weite Flasche, mit eingeriebenem Stöpsel und zwei eingeschmolzenen Platindrähten versehen, die, durch entgegengesetzte Punkte der Flasche gehend, so weit in das Innere derselben reichen, dass die einander zugekehrten Drahtenden noch etwa 4 bis 5<sup>'''</sup> von einander abstehen, wird mit reinem Sauerstoffgase, aus chloresurem Kali bereitet, gefüllt, und hierauf das eine ausserhalb der Flasche befindliche Drahtende mit dem ersten Leiter einer kräftigen Elektrisirmaschine, das entsprechende andere Drahtende aber mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt. Lässt man nun einige Minuten lang Funken durchschlagen, so hat nach Verlauf dieser Zeit der Sauerstoff Geruch und Eigenschaften des Ozons angenommen, und bläut Jodkaliumstärke.

Bequemer noch ozonisirt man die Luft und viel stärker durch den von v. Babo construirten Apparat, der darauf fusst, dass da, wo unter starker Spannung der Uebergang der Elektrizität durch die Luft ohne Funken, ohne starke Wärme- und Lichtentwicklung stattfindet, sehr viel Ozon erzeugt wird. Der Apparat ist beschrieben in den Berichten über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Freiberg in Breisgau Bd. II, S. 331, und in Meissner's Schrift: Untersuchungen über den Sauerstoff. Hannover 1863, S. 14 u. s. f.

Die Erläuterung der Bildung des Ozons durch Elektrolyse des Wassers fällt mit dem Experiment der Elektrolyse des Wassers selbst zusammen (vgl. Fig. 41). Man verwendet zu dem Versuche ein Gemisch von 1 Thl. Schwefelsäure und 12 Thln. Wasser, oder auch wohl eine schwefelsäurehaltige Chromsäurelösung, und es muss die Elektrolyse bei möglichst niedriger Temperatur vorgenommen werden.

Das zweckmässigste Verfahren, um Luft auf chemischem Wege möglichst stark zu ozonisiren, ist folgendes:

In einen Ballon, wie er zur Versendung von Schwefelsäure verwendet wird, von der in Fig. 156 abgebildeten Form und etwa 30 Liter Capacität, bringt man

Fig. 156.



ein paar Stücke Phosphor von reiner Oberfläche, und so viel Wasser, dass der Phosphor nur zur Hälfte mit Wasser bedeckt ist. Man verschliesst die Mündung der Flasche lose mit einem Stöpsel, und überlässt nun das Ganze bei einer Temperatur von 16 bis 20° C. mehrere Stunden sich selbst. Nach Verlauf dieser Zeit ist die Luft des Ballons so stark ozonisirt, dass ein feuchtes Jodkaliumstärkepapier, in den Ballon eingeführt, augenblicklich schwarzblau wird.

Mit dieser so ozonisirten Luft lassen sich nun alle für das Ozon charakteristischen Erscheinungen hervorrufen. Für Collegienversuche eignen sich vorzugsweise nachstehende Versuche: Ein mit Bleioxydhydrat bestrichen-

ner Papierstreifen wird braun, ebenso ein mit Manganoxydauflösung getränkter, ein mit Schwefelblei braun gefärbter wird gebleicht, Indigolösung entfärbt, und Guajaktinctur gebläut, ein feuchtes blankes Silberblech bedeckt sich allmählich mit einer schwarzen Kruste von Silbersuperoxyd (letzterer Versuch verlangt einige Zeit).

Um aus übermangansaurem Kali und Schwefelsäure Ozon zu entwickeln, übergießt man 2 Thle. staubtrockenen übermangansauren Kalis mit 3 Gewichtstheilen Schwefelsäurehydrat in einem Kolben; das entweichende Sauerstoffgas ist auf das Stärkste ozonisirt, und lässt sich dies durch Jodkaliumstärkepapier nachweisen. Die energisch - oxydirenden Wirkungen eines Gemisches von übermangansaurem Kali und Schwefelsäure lassen sich in folgender Weise constatiren: Bringt man eine geringe Menge dieses Gemisches zu Aether, Alkohol, Terpentinöl oder einem beliebigen ätherischen Oele, so findet sofort Entflammung derselben statt. Schwefelblumen werden bei der Berührung mit dem Gemische unter explosionsartigem Geräusch momentan in Schwefelsäure verwandelt (Böttger). Die rasche Uebertragung des Ozons von sogenannten Ozonträgern auf dritte Körper durch Vermittelung von Platinmohr, Eisenvitriollösung oder Blutkörperchen lässt sich durch sehr schlagende Versuche veranschaulichen.

Löst man in einigen Grammen Guajaktinctur zwei oder drei Tropfen stark ozonisirten Terpentinöls auf, was man erhält, indem man Terpentinöl namentlich zur Winterszeit unter häufigem Schütteln dem Sonnenlichte aussetzt, und daran erkennt, dass solches Oel die Korkstopfen ähnlich dem Chlor bleicht, — so bläut sich die Guajaktinctur nicht, beinahe augenblicklich aber, wenn man etwas Platinmohr, Eisenvitriollösung oder Blutkörperchenlösung zufügt. Ozonisirtes Terpentinöl bleicht zwar beim Schütteln Indigolösung, aber ziemlich langsam, nach Zusatz von Blutkörperchen, Eisenvitriollösung oder Platinmohr aber tritt sofort vollständige Entfärbung ein. Aehnlich verhalten sich ozonisirter Aether und Bittermandelöl.