Ueber das

Verhalten des Bittermandelöles

zum Sauerstoffe.

Von

C. F. Schoenbein.

Aus den Abhandlungen der k. bayr. Akademie d. W. II. Cl. VIII. Bd I. Abth.

München 1857.

Verlag der k. Akademie,

in Commission bei G. Franz.

Ueber das

Verhalten des Bittermandelöles zum Sauerstoffe.

Von

C. F. Schoenbein.

Die Beantwortung der Frage, ob der gewöhnliche Sauerstoff als solcher mit irgend einer Materie chemisch vergesellschaftet werden könne, oder ob derselbe immer im ozonisirten Zustande sich befinden müsse, damit er mit andern Stoffen verbindbar sei, ist für die theoretische Chemie von nicht geringer Wichtigkeit.

Schon seit Jahren suche ich darzuthun, dass den Oxydationen, welche der atmosphärische Sauerstoff oder O überhaupt scheinbar als solcher (in so vielen Fällen selbst bei gewöhnlicher Temperatur) bewerkstelliget, die Ozonisation dieses Elementes als eine conditio sine qua non derselben vorausgehe, und es ist von mir als einer der Hauptgründe für diese Annahme das Verhalten des Phosphors zum gewöhnlichen Sauerstoff geltend gemacht worden, von welchem letztern Körper ich gezeigt habe, dass alle die Umstände, welche dessen Ozonisation verhindern, auch die langsame Verbrennung des Phosphors hemmen und umgekehrt Alles, was die Ozonisation von O begünstiget, auch die Oxydation des Phosphors befördert. (Man sehe unter Anderm in Liebig's Annalen meinen Aufsatz „Ueber die verschiedenen Zustände des Sauerstoffes“.)

Ich glaube ferner an einer Anzahl organischer Materien, namentlich an den Camphenölen nachgewiesen zu haben, dass sie ähnlich dem Phosphor sich verhalten, d. h. erst den gewöhnlichen Sauerstoff ozonisiren und dann von diesem $\mathring{O}$ oxydirt werden.

Da aber die Zahl der Thatsachen sicherlich nicht genug gehäuft werden kann, aus welchen eine von den bisherigen Vorstellungen so stark abweichende Folgerung gezogen werden soll, es überdiess auch höchst wünschenswerth ist, dass derartige Thatsachen so augenfällig und unzweideutig als möglich seien, so geht schon längst mein Bemühen dahin, eine organische Materie aufzufinden, an welcher die Richtigkeit meiner Annahme in einfachster und anschaulichster Weise sich zeigen liesse.

Und ich habe mich ganz geflissentlich nach einer derartigen Substanz umgesehen, weil auf dem organischen Gebiet die scheinbar durch den atmosphärischen Sauerstoff schon bei gewöhnlicher Temperatur bewerkstelligten Oxydationen so recht eigentlich zu Hause sind, wie uns hievon die Verwesung und thierische Respiration die grossartigsten Beispiele liefern.

Ich glaube nun eine Materie der gesuchten Art gefunden zu haben und erlaube mir im Nachstehenden der königl. Akademie die Ergebnisse meiner Untersuchungen über das Verhalten der fraglichen Substanz vorzulegen.

Von dem Bittermandelöl, dessen chemische Natur uns Liebig und Wöhler aufgeschlossen haben, ist längst bekannt, dass es schon bei gewöhnlicher Temperatur Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und dadurch zu Benzoesäurehydrat oxydirt wird.

Hat nun meine Annahme Grund, dass O erst in $\mathring{O}$ übergeführt

seyn müsse, damit es zu oxydiren vermöge, so wird auch die Umwandelung des Bittermandelöles in Benzoesäure nicht durch gewöhnlichen — sondern durch ozonisirten Sauerstoff bewerkstelliget, d. h. geht auch in diesem Falle die Ozonisation von O der Oxydation des Benzoylwasserstoffes voraus.

Dass dem wirklich so ist, werden, denke ich, die nachstehenden Angaben zur vollen Genüge zeigen, und um diesen Beweis zu führen, wird mir obliegen, darzuthun, dass der Sauerstoff im Augenblicke, wo er das Bittermandelöl zu Benzoesäurehydrat oxydirt, das Vermögen besitzt, auch diejenigen Oxydationswirkungen hervorzubringen, welche nur der ozonisirte — nicht aber der gewöhnliche Sauerstoff zu bewerkstelligen vermag.

Zu den Merkmalen, welche den ozonisirten Sauerstoff vorzugsweise kennzeichen, gehört, wie wohl bekannt, seine Fähigkeit schon in der Kälte Jod aus dem Jodkalium abzuscheiden (daher den Jodkaliumkleister zu bläuen), das Guajakharz blau zu färben, das in Schwefelsäure gelöste Indigoblau zu Isatin zu oxydiren und mit den Manganoxydulsalzen Mangansuperoxyd zu erzeugen.

Schüttelt man dünnen mit Jodkalium versetzten Stärkekleister, sei es im Lichte, sei es im Dunkeln auch noch so lange mit gewöhnlichem Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft zusammen, so wird er sich nicht im Mindesten bläuen. Wird zu solchem Kleister Bittermandelöl gefügt unter völligem Ausschlusse von O, so bläut sich begreiflicher Weise dieses Gemeng ebenfalls nicht und eben so wenig tritt Bläuung auch bei Anwesenheit von O ein, falls die miteinander in Berührung gesetzten Substanzen in völliger Dunkelheit gehalten werden. Ganz anders aber verhält sich die Sache unter der Mitwirkung des Lichtes.

Dünner jodkaliumhaltiger Stärkekleister mit atmosphärischer Luft

und verhältnissmässig sehr kleinen Mengen Bittermandelöles zusammen geschüttelt, wird sich schon im zerstreuten Lichte bläuen und zwar um so rascher, je lebhafter das Schütteln und je stärker die Beleuchtung. Die besagte Operation im unmittelbaren Sonnenlichte vorgenommen, führt schon in wenigen Sekunden die tiefste Bläuung des Kleisters herbei.

Etwas dicker auf Papier ausgestrichener Jodkaliumkleister mit einigen Tropfen Bittermandelöles benetzt, färbt sich in völliger Dunkelheit nicht, während er sich im unmittelbaren Sonnenlichte ziemlich rasch bläut. Ein feuchter Streifen ozonoscopischen Papieres in einer mit reinem Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft gefüllten Flasche aufgehangen, deren Boden mit Bittermandelöl bedeckt ist, erscheint noch nach Wochen ungefärbt, falls man das Gefäss in vollkommener Dunkelheit gehalten, während das besagte Papier sich bläut langsamer im zerstreuten — rascher im unmittelbaren Sonnenlichte.

Mit der raschern oder langsamern Bläuung des Jodkaliumkleisters geht aber auch die Schnelligkeit oder Langsamkeit der Bildung von Benzoesäure Hand in Hand: unter sonst gleichen Umständen findet nämilch die Oxydation des Bittermandelöles im unmittelbaren Sonnenlichte viel rascher als im zerstreuten statt, und in der Dunkelheit erfolgt sie nur mit äusserster Langsamkeit, wenn sie überhaupt unter diesen Umständen Platz greifen sollte.

Von zwei gleichen Portionen Oeles unter möglichst gleiche Umstände gebracht, die Eine aber in völligem Dunkel gehalten, die Andere der Einwirkung des unmittelbaren Sonnenlichtes ausgesetzt, war die Letztere in wenigen Stunden zu Benzoesäurehydrat oxydirt, während hievon in Ersterer noch keine Spur nachgewiesen werden konnte.

Die erwähnte Bläuung des Jodkaliumkleisters rührt selbstverständlich von Jod her, welches aus dem Jodsalz ausgeschieden wird, und

da diess der gewöhnliche Sauerstoff nicht zu thun vermag, wohl aber der ozonisirte, so muss in Betracht, dass bei unserem Versuche nur O in Anwendung kommt, dieser Sauerstoff unter dem gedoppelten Einflusse des Lichtes und Bittermandelöles in $\dot{O}$ übergeführt werden, welches $\dot{O}$ zwischen Benzoylwasserstoff und Jodkalium sich theilend, jenes zu Benzoesäure oxydirt und aus dem genannten Salze Jod abscheidet.

Ich glaube daher schon aus den angeführten Thatsachen den Schluss ziehen zu dürfen, dass der Oxydation des Bittermandelöles die Ozonisation des gewöhnlichen Sauerstoffes vorausgehe, gerade so wie diess auch bei der langsamen Verbrennung des Phosphors in atmosphärischer Luft oder bei der unter gleichen Umständen erfolgenden Oxydation des Terpentinöles der Fall ist. Es werden aber weiter unten noch andere Thatsachen angeführt werden, welche nach meinem Dafürhalten über die Richtigkeit der von mir gezogenen Folgerung nicht den geringsten Zweifel übrig lassen und als demonstratio ad oculos gelten können.

Frische Guajaktinctur färbt sich nicht, wie lange man sie auch im Dunkeln mit reinem Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft schütteln mag, eine an Guajak arme Harzlösung bläut sich zwar unter diesen Umständen im unmittelbaren Sonnenlichte, jedoch nur äusserst schwach; fügt man aber derselben nur kleine Mengen Bittermandelöles zu, so färbt sie sich bei lebhaftem Schütteln schon im zerstreuten Lichte bald tiefblau und sehr rasch in der Sonne, woraus erhellt, dass unter gleichen Umständen die Guajaktinctur dem Jodkaliumkleister ganz ähnlich sich verhält.

Bekanntlich besitzt auch das Terpentinöl die Eigenschaft unter Lichteinfluss den gewöhnlichen Sauerstoff zu ozonisiren, zu gleicher Zeit aber auch das Vermögen dieses $\dot{O}$ bis zu einer beträchtlichen Menge in sich anhäufen zu lassen und mit ihm als solchem bei gewöhnlicher Tem-

peratur längere Zeit vergesellschaftet zu bleiben; woher es eben kommt, dass das ozonisirte Terpentinöl als kräftig oxydirendes Agens sich verhält, d. h. das in ihm vorhandene $\overset{\circ}{O}$ leicht auf andere oxydirbare Substanzen übertragen lässt.

Es übertrifft jedoch das ozonisirende Vermögen des Bittermandelöles bei Weitem dasjenige des Terpentinöles, wie schon daraus vermuthet werden kann, dass unter sonst gleichen Umständen der Benzoylwasserstoff zu Benzoesäurehydrat viel rascher, als das Terpentinöl zu Harz u. s. w. sich oxydirt; denn wie man sogleich sehen wird, folgen sich im Bittermandelöl Ozonisation und Oxydation einander gleichsam auf dem Fusse nach.

Trotz dieses Umstandes lässt sich aber nachweisen, dass beide Vorgänge nicht gleichzeitig stattfinden, sondern die Oxydation des Oeles noch durch einen merklichen Zeitraum von der ihr vorausgehenden Ozonisation des Sauerstoffes getrennt ist.

Wendet man ein Bittermandelöl an, welches bei Ausschluss von Sauerstoffgas die Guajaktinctur ungefärbt lässt, und schüttelt man ein solches Oel selbst im zerstreuten Lichte nur zwanzig bis dreissig Sekunden lang mit atmosphärischer Luft lebhaft zusammen, so wird es die Eigenschaft erlangt haben, für sich allein die Guajaktinctur wie auch den Jodkaliumkleister tief und augenblicklich zu bläuen. Lässt man aber das so beschaffene Oel unter völligem Ausschlusse von atmosphärischer Luft sich selbst über, so wird es schon nach kurzer Zeit (einer Stunde etwa) sein Bläuungsvermögen eingebüsst haben, um es natürlich bei erneuertem Schütteln mit beleuchtetem Sauerstoff sofort wieder zu gewinnen.

Diese Thatsachen zeigen, dass unter dem Einflusse des Lichtes das Bittermandelöl rasch sich ozonisirt und $\overset{\circ}{O}$ noch als solches, d. h. im

thätigen oder übertragbaren Zustand zu enthalten vermag; es erhellt aber auch aus den gleichen Thatsachen, dass dieser ozonisirte Sauerstoff als solcher nicht lange mit dem Benzoylwasserstoff vergesellschaftet bleiben kann, sondern nach meinen Beobachtungen selbst bei einigen Graden unter Null ziemlich rasch zur Bildung von Benzoesäurehydrat verwendet wird.

In einer meiner letzten der Akademie mitgetheilten Arbeiten habe ich der Thatsache erwähnt, dass selbst das noch so stark mit $\dot{O}$ beladene Terpentinöl für sich allein die Guajaktinctur nicht zu bläuen vermöge, diess aber unter dem Einflusse der Blutkörperchen thue. Nach meinen Erfahrungen kann auch das Bittermandelöl auf kurze Zeit solchen Sauerstoff enthalten, der nur unter Mitwirkung von Blutkörperchen auf das gelöste Guajak sich werfen lässt. Zeigt das im Lichte mit atmosphärischer Luft geschüttelte Oel das Vermögen, für sich allein die Guajaktinctur zu bläuen, so warte man ab, bis es diese Reaction entweder nur äusserst schwach oder auch gar nicht mehr hervorbringt; fügt man nun zu einem Gemische solchen Oeles mit Guajaklösung einige Tropfen Blutkörperchenlösung, so wird sich die Flüssigkeit augenblicklich bläuen. Bei noch längerem Zuwarten fällt diese Reaction schwächer aus und nach einiger Zeit vermag das von der Luft völlig ausgeschlossen gebliebene Oel auch unter Beisatz von Blutkörperchen nicht mehr zu bläuen, was beweist, dass es nun keinen übertragbaren Sauerstoff mehr enthält. Nach diesen Angaben brauche ich kaum mehr ausdrücklich zu bemerken, dass Bittermandelöl, welches für sich allein schon die Guajaktinctur bläut, unter Mitwirkung der Blutkörperchen eine noch tiefere und raschere Bläuung der Harzlösung verursacht.

Durch Indigotinctur gebläuetes Wasser mit O oder atmosphärischer Luft geschüttelt, entfärbt sich selbst im unmittelbaren Sonnenlichte nur äusserst langsam, ist aber der gefärbten Flüssigkeit einiges Bittermandelöl beigemengt, so findet unter diesen Umständen eine ziemlich rasche

Zerstörung des gelösten Indigoblaues statt, welche Substanz gerade so, wie durch ozonisirten Sauerstoff selbst, zu Isatin oxydirt wird.

Eine Unze Wassers durch Indigotinctur beinahe bis zur Undurchsichtigkeit geblaut und mit einigen Tropfen Bittermandelöles vermischt, war bei ununterbrochenem Schütteln in einer nicht sonderlich kräftigen Sonne schon nach sieben Minuten vollständig entbläut. Feuchte, mittelst Indigolösung gefärbte Papierstreifen in einer lufthaltigen Flasche aufgehangen, deren Boden mit Bittermandelöl bedeckt ist, bleiben in der Dunkelheit völlig unverändert, bleichen sich aber, wenn beleuchtet, vollständig aus und zwar um so rascher, je grösser die Stärke des einwirkenden Lichtes.

Aus den zuletzt mitgetheilten Thatsachen geht hervor, dass der unter dem Einflusse des Bittermandelöles und des Lichtes stehende gewöhnliche Sauerstoff gerade so auf das gelöste Indigoblau einwirkt, wie diess der ozonisirte Sauerstoff für sich allein thut.

Ich habe zu seiner Zeit gezeigt, dass ein specifisches Reagens auf den freien ozonisirten Sauerstoff die Manganoxydulsalze und namentlich das Sulfat seien, mit deren Basis Ö Mangansuperoxyd erzeugt, was bekanntlich der gewöhnliche Sauerstoff durchaus nicht zu thun vermag. Daher kommt es, dass aus einer wässrigen Lösung des letztgenannten Salzes beim Schütteln mit ozonisirtem Sauerstoff sich bräunliche Flimmerchen von Mangansuperoxydhydrat ausscheiden oder mit der gleichen Lösung auf Papier Geschriebenes sichtbar wird, wenn man dasselbe in ozonisirte Luft bringt.

Schüttelt man gelöstes Mangansulfat mit einigem Bittermandelöl und atmosphärischer Luft lebhaft zusammen, so bräunt sich nach einiger Zeit die Flüssigkeit schon im zerstreuten Lichte, welche Färbung von gebildetem Mangansuperoxydhydrat herrührt. Hängt man mit Mangansulfatlösung beschriebenes Papier in einer durch zerstreutes Licht beleuchteten und lufthaltigen Flasche auf, deren Boden mit Bittermandelöl

bedeckt ist, so kommt allmählig (im Laufe einiger Tage) eine bräunliche Schrift zum Vorschein, ganz gleich derjenigen, welche auf demselben Papier der ozonisirte Sauerstoff sichtbar machen würde. Im unmittelbaren Sonnenlicht erscheint unter den erwähnten Umständen die Manganschrift schon im Laufe weniger Stunden, verschwindet jedoch aus mir unbekannten Ursachen wieder bei längerem Verweilen in mit Bittermandelöldampf geschwängerter atmosphärischer Luft.

Wie aus den voranstehenden Angaben hervorgeht, erlangt der unter dem Einflusse des Bittermandelöles und des Lichtes stehende gewöhnliche Sauerstoff ganz und gar dieselben Eigenschaften, welche als durchaus charakteristische dem ozonisirten Sauerstoffe zukommen, wesshalb ich auch nicht anstehe, aus dieser Gleichheit des chemischen Verhaltens beider Sauerstoffarten auf die Gleichheit ihrer chemischen Zustände zu schliessen, d. h. anzunehmen, dass O wie durch den Phosphor so auch durch das Bittermandelöl in $\mathring{O}$ übergeführt werde.

Und da obigen Angaben gemäss in dem mit O geschüttelten Bittermandelöl noch $\mathring{O}$ als solches sich nachweisen lässt, dieses $\mathring{O}$ aber schnell verschwindet, indem es zur wirklichen Oxydation des Benzoylwasserstoffes verbraucht wird, so können wir wohl auch kaum umhin, anzunehmen, dass aller in das Oel tretende gewöhnliche Sauerstoff erst in $\mathring{O}$ übergeführt werde, und dieses allein es sei, welches später das Bittermandelöl zu Benzoesäure oxydire.

Wenn aber der bei gewöhnlicher Temperatur erfolgenden Oxydation des Phosphors, der Camphenöle, des Aethers und des Benzoylwasserstoffes eine solche Zustandsveränderung (Allotropie) des gewöhnlichen Sauerstoffes erfahrungsgemäss vorangeht, ist es nicht als eine an Gewissheit gränzende Wahrscheinlichkeit zu betrachten, dass bei allen übrigen scheinbar durch gewöhnlichen Sauerstoff unmittelbar bewerkstelligten Oxydationen eine solche allotrope Modification dieses Ele-

mentes vorausgehe und dieselbe eine Grundbedingung für die chemische Verbindungsfähigkeit des gewöhnlichen Sauerstoffes sei?

Ich stehe nicht an, diese Frage im bejahenden Sinne zu beantworten, und zweifle desshalb auch keinen Augenblick daran, dass früher oder später diese Annahme als ein allgemeiner Erfahrungssatz gelten wird. — Der Umstand, dass es manche Oxydationsfälle gibt, bei welchen die ihnen vorangehende Ozonisation des gewöhnlichen Sauerstoffes nicht in der Art sich nachweisen lässt, wie diess bei der langsamen Oxydation des Phosphors, Benzoylwasserstoffes, Terpentinöles u. s. w. so leicht geschehen kann, beweist, wie mir scheint, ganz und gar nicht, dass in jenen Fällen die Allotropie von O nicht stattfinde, d. h. der gewöhnliche Sauerstoff als solcher die Oxydation bewerkstellige.

Die Unmöglichkeit das Vorhandenseyn von $\mathring{O}$ nachzuweisen, kann seinen Grund ganz einfach in der grossen Schnelligkeit haben, mit welcher Ozonisation und Oxydation sich einander folgen, so dass es den Anschein hat, als ob die beiden Vorgänge gleichzeitig stattfänden.

In dieser Beziehung ist das verschiedenartige Verhalten des Terpentinöles und des Benzoylwasserstoffes sehr belehrend. Ersteres vermag, wie wohl bekannt, O in $\mathring{O}$ überzuführen und mit diesem $\mathring{O}$ als solchem längere Zeit (Monate, ja Jahre lang) in der Kälte vergesellschaftet zu bleiben, weil unter diesen Umständen der ozonisirte Sauerstoff nur sehr langsam auf das mit ihm verbundene Oel wirklich oxydirend einwirkt. Desshalb lässt sich auch das Terpentinöl bei niedrigen Temperaturen verhältnissmässig so stark mit $\mathring{O}$ beladen, und kann ihm dieses $\mathring{O}$ durch oxydirbare Materien so leicht wieder entzogen werden.

Das Bittermandelöl lässt sich nach obigen Angaben allerdings noch viel leichter und rascher als das Terpentinöl mittelst gewöhnlichen Sauerstoffes ozonisiren, und es kann auch das in ihm vorhandene $\mathring{O}$ durch Jodkaliumkleister oder Guajaktinctur noch nachgewiesen werden;

allein dieser ozonisirte Sauerstoff wird so rasch zur Oxydation des Benzoylwasserstoffes verwendet, dass man selbst bei niedrigen Temperaturen nicht lange zuwarten darf, um ihn noch als solchen im Oel anzutreffen.

Würde im Bittermandelöl die Oxydation der Ozonisation noch viel rascher folgen, d. h. fielen diese beiden Vorgänge der Zeit nach noch viel näher zusammen, als diess in Wirklichkeit geschieht, so sieht man leicht ein, dass es den Anschein haben müsste, als ob der gewöhnliche Sauerstoff qua solcher das Bittermandelöl zu Benzoesäurehydrat oxydirte und dieser chemischen Action die Ozonisation jenes Elementes nicht vorausgienge.

Das Stibaethyl und ähnliche Verbindungen der Alkoholradikale mit metallischen Stoffen, welche Verbindungen bekanntlich selbst bei niedrigen Temperaturen scheinbar durch gewöhnlichen Sauerstoff so rasch oxydirt werden, liefern ein schlagendes Beispiel dieser Art; denn in ihnen lässt sich kein O als solches anhäufen, weil die Ozonisation von O und die Oxydation des Stibaethyles u. s. w. so schnell aufeinander folgen, dass beide Vorgänge als gleichzeitige erscheinen.

Durch die Anwendung eines kleinen Kunstgriffes ist es jedoch leicht zu zeigen, dass auch in diesem Falle die Ozonisation des gewöhnlichen Sauerstoffes der Oxydation des Stibaethyles u. s. w. vorangeht. Zu diesem Behufe braucht man blos in verdünnte Indigotinctur einige Tropfen jener Verbindung einzuführen und das Gemeng mit gewöhnlichem Sauerstoff oder atmosphärischer Luft zu schütteln, unter welchen Umständen das gelöste Indigoblau gerade so zerstört wird, als ob dasselbe mit Phosphor oder Bittermandelöl und O, oder auch mit blossem O in Berührung gesetzt worden wäre. Der durch das Stibaethyl ozonisirte Sauerstoff theilt sich unter den erwähnten Umständen zwischen diesem Radikal und dem Indigoblau, letzteres zu Isatin oxydirend.

Bei diesem Anlasse bringe ich noch die von mir schon vor Jahren

ermittelten Thatsachen in Erinnerung, welche zu der im Eingange dieser Mittheilung aufgestellten Frage in nächster Beziehung stehen und denen gemäss eine Reihe schon bei gewöhnlicher Temperatur in der atmosphärischen Luft sich oxydirender Substanzen fähig sind, die ihnen beigemengte Indigotinctur zu zerstören, wie z. B. die Weinsäure, das Leinöl, die Oelsäure, gewöhnlicher Wein, Bier u. s. w. Es wirken somit diese Materien, wenn auch dem Grade nach schwächer, doch der Art nach wie der in der atmosphärischen Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur sich oxydirende Phosphor, der Benzoylwasserstoff, das Terpentinöl, das Stibaethyl u. s. w., und natürlich führen auch diese Thatsachen zu dem gleichen Schlusse, welchen wir aus den oben erwähnten Erscheinungen gezogen haben, zu dem Schlusse nämlich, dass die Ozonisation des gewöhnlichen Sauerstoffes jeder scheinbar durch ihn bewerkstelligten Oxydation vorausgehe.

Zum Schlusse sei mir gestattet, an die voranstehende Mittheilung noch einige Bemerkungen zu knüpfen, von welchen ich glaube, dass sie sich gleichsam von selbsten uns aufdringen, wenn wir die weiter oben besprochenen, wie überhaupt die in der neuesten Zeit ermittelten und auf die verschiedenen Zustände des Sauerstoffes sich beziehenden Thatsachen einer unbefangenen Betrachtung unterwerfen.

Der ungeheuren Massenhaftigkeit und allgemeinen Verbreitung des Sauerstoffes halber würde offenbar das Bestehen so vieler oxydirbaren Materien in der atmosphärischen Luft eine Unmöglichkeit seyn, wäre jener elementare Körper in dem normalen Zustande seines Vorkommens der chemischen Verbindung leicht fähig: es müssten die meisten Stoffe einfacher und zusammengesetzter Art in diesem Sauerstoffmeere rasch sich oxydiren, und könnte namentlich von dem Bestande einer organischen Welt, wie die vorhandene ist, der Oxydirbarkeit ihres Materiales wegen, durchaus keine Rede seyn.

Da aber der heutige Haushalt der Natur es durchaus auch wieder

erfordert, dass der atmosphärische Sauerstoff in die mannigfaltigste Wechselwirkung mit einer grossen Zahl von Materien trete, so musste die chemische Thätigkeit dieses Urstoffes an bestimmte Bedingungen geknüpft werden und auf das Feinste berechnet seyn, wo die allverbreitete Substanz zu oxydiren, wo sie wirkungslos zu bleiben habe.

Diese Einschränkung der chemischen Wirksamkeit des Sauerstoffes in möglichst feste Gränzen ist für die organische Natur im Allgemeinen und für die Thierwelt insbesondere von unerlässlichster Nothwendigkeit; denn gewisse Theile des thierischen Körpers müssen zum Behufe seines Bestandes ohne Unterlass in Oxydation begriffen seyn, und es darf dieselbe eben so wenig über gewisse Gränzen hinausgehen, als diese nicht erreichen. Würde durch irgend eine Ursache die ganze Masse des atmosphärischen Sauerstoffes auf einmal in den ozonisirten Zustand versetzt, so müsste schnelle Vernichtung alles organischen und namentlich des thierischen Lebens die unmittelbarste und unausbleibliche Folge dieser Veränderung seyn; denn bei der oxydirbaren Natur des sämmtlichen organischen Materiales träte unter solchen Umständen überall Oxydation ein und somit auch da, wo sie ohne Gefährdung des Organismus entweder gar nicht stattfinden oder gewisse Gränzen nicht überschreiten darf. Stirbt doch ein Kaninchen schon an den Folgen eines Complexes heftigster Entzündungen, nachdem es nur eine Stunde lang atmosphärische Luft eingeathmet hat, welche höchstens $\frac{1}{2000}$ ihres Gewichtes an ozonisirtem Sauerstoff enthält.

Neuere Forschungen haben es in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, dass in dem Blute der Thiere Substanzen vorhanden seien, mit dem Vermögen begabt, den eingeathmeten unthätigen Sauerstoff der Atmosphäre in ähnlicher Weise zu verändern, wie der Phosphor und auch manche organischen Materien, z. B. das Bittermandelöl, diess thun, Substanzen nämlich, welche den Sauerstoff da thätig machen, wo er zur Förderung der Lebenszwecke Oxydationswirkungen hervorbringen soll.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.

Nur unter solchen Umständen scheint es möglich zu seyn, dass ein aus oxydirbaren Materien zusammengesetzter Organismus in dem sauerstoffhaltigen Luftmeere bestehe, ohne von diesem vernichtet zu werden, und kann es geschehen, dass im lebenden Thiere Oxydationsvorgänge erfolgen und dieselben dennoch auf bestimmte Oertlichkeiten eingeschränkt bleiben.

Freilich ohne das Vorhandenseyn von Substanzen, welche das Vermögen besitzen, O in $\mathring{O}$ überzuführen, würden die Thiere mitten in einem Ocean des reinsten, aber unthätigen Sauerstoffes eben so rasch ersticken, als diess in einem luftleeren Raume geschieht.

Wenn es für den Forscher irgend eines Gebietes der Natur nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass alle ihre Theile in der innigsten Zweckbeziehung zu einander stehen, dass Absichtlichkeit und weise Berechnung aus jeder ihrer Einrichtungen hervorleuchte, und wenn es ebenfalls gewiss ist, dass die höhere und eigentliche Wissenschaft gerade in der Kenntniss der Zweckbeziehungen der verschiedenen Theile der Natur zu einander bestehe, so dürfte wohl kaum Jemand in Abrede stellen, dass auch den Erscheinungen des terresteischen Chemismus teleologische Verhältnisse zu Grunde liegen und deren Aufdeckung von der grössten wissenschaftlichen Wichtigkeit sei.

Dass eines der wichtigsten dieser Verhältnisse eben in der Doppelnatur des Sauerstoffes auf das augenfälligste zu Tage trete, d. h. in der Fähigkeit dieses Elementes in einem chemisch-thätigen und unthätigen Zustande zu existiren, ist eine Ansicht, zu der ich mich offen bekenne.