

Die
Aufgabe des chemischen Unterrichts

gegenüber den
Anforderungen der Wissenschaft und Technik.

R e d e

gehalten in der
öffentlichen Sitzung der k. Akademie der Wissenschaften

am 25. Juli 1871

zur Vorneier des allerhöchsten Geburts- und Namensfestes
Sr. Majestät des Königs Ludwig II. von Bayern.

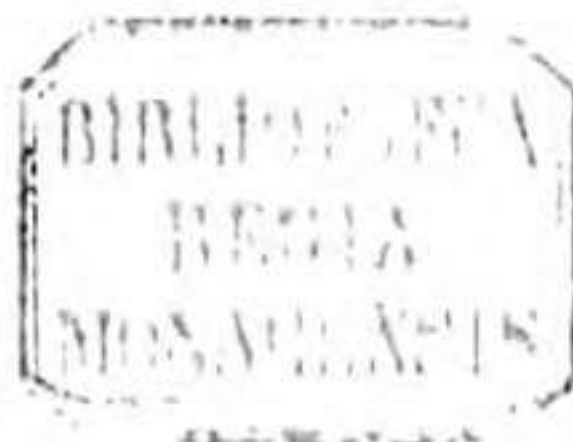
von

Dr. Emil Erlenmeyer,

o. Professor der Chemie am k. Polytechnikum und a. o. Mitglied der
mathematisch-physikalischen Classe der Akademie.

München 1871

Im Verlage der königl. Akademie.



Hochansehnliche Versammlung!

Man könnte angesichts meines Themas behaupten, dass die Erörterung der Frage nach der Aufgabe des Unterrichts nicht Gegenstand einer akademischen Rede sein dürfe, da die Akademien sich nur mit der Forschung befassen und den Unterricht den Universitäten und Schulen überlassen. Aber ich glaube, dass sich mein Unternehmen unschwer rechtfertigen lässt, wenn man bedenkt, dass Forschung nur möglich ist, wenn Forscher vorhanden sind, und dass Forscher heutzutage nur in seltenen Fällen anders als durch Unterricht ausgebildet werden. Wenn es daher der Akademien höchstes Streben ist, die ausgedehntesten und bedeutendsten Forschungen zum Zwecke der allseitigen Ausbildung der Wissenschaften zu veranlassen und zu fördern, so muss ihnen auch daran gelegen sein, die tüchtigsten Kräfte für solche Forschungen heranzuziehen und demzufolge können sie nicht gleichgültig sein gegen die Mittel, welche zur Ausbildung der forschenden Factoren in Anwendung gebracht werden.

Es wird Niemand läugnen wollen, dass die latenten Talente der Menschen zu um so bedeutenderen Forscherkräften entwickelt werden können, je richtiger und intensiver dieselben geschult werden. Wenn nun die Akademien der bedeutendsten Forscherkräfte bedürfen, um die Aufgabe, welche sie sich gesetzt haben, sicher zu lösen, so dürfen sie sich nicht damit begnügen abzuwarten, ob überhaupt und wie viele solcher Kräfte sich darbieten, sondern es muss eine ihrer Hauptsorgen sein, die Unterrichtsanstalten, in welchen Forscherkräfte ausgebildet werden, auf die höchste Stufe der Vollendung emporzuheben. Sie sollten geradezu in den Unterricht eingreifen und die Methoden desselben kritisiren und rectificiren. In dieser Meinung habe ich es unternommen, die Aufgabe des chemischen Unterrichts einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

Es kann kaum bezweifelt werden, dass unter allen Wissenschaften die Chemie in unserm Jahrhundert die relativ bedeutendsten Fortschritte gemacht hat, und kaum gibt es eine andere Wissenschaft, welche in gleichem Grade der weiteren Entwicklung fähig und bedürftig ist, wie die Chemie.

Man pflegt die Chemie als den Zweig der Naturwissenschaft zu bezeichnen, der sich mit dem Studium des inneren Wesens der Naturkörper zu befassen hat. Dieses innere Wesen, welches die Chemie in ihre Betrachtung aufnimmt, ist nicht geistiger, es ist rein materieller Natur. Die Erforschung und Ergründung desselben kann nicht durch blosse Denkprocesse bewirkt werden, sie lässt sich nur auf dem Wege der Beobachtung erreichen.

Als inneres Wesen der Körper begreift man vorzugsweise deren stoffliche Zusammensetzung. Die Erforschung der stofflichen Zusammensetzung bildet nur einen Theil der Aufgabe der wissenschaftlichen Chemie.

Das innere Wesen der Körper ist kein dauerndes, die stoffliche Zusammensetzung unterliegt den mannigfaltigsten Veränderungen. Die Vorgänge, welche diese Veränderungen zu Stande bringen, nennen wir chemische Processe, und die heutige wissenschaftliche Chemie hat es sich als Hauptaufgabe gesetzt, diese chemischen Processe in allen ihren Einzelheiten zu studiren.

Durch das Studium der stofflichen Zusammensetzung der Naturkörper hat sich als allgemein anerkannte Wahrheit herausgestellt, dass eine gewisse Anzahl, etwa fünfundsechzig materiell verschiedene, aber je unveränderliche Stoffe, sogenannte Elementarstoffe oder Elemente existiren, welche der Natur zum Aufbau der uns zugänglichen Körper gedient haben und noch dienen.

Ferner hat sich ergeben, dass die Verschiedenheit in den Eigenschaften, welche wir an den uns umgebenden Körpern wahrnehmen, bedingt ist durch die verschiedene Qualität und Quantität, beziehungsweise durch die verschiedene Anordnung ihrer Elementarbestandtheile.

Körper, welche übereinstimmende Eigenschaften besitzen, enthalten immer dieselbe Qualität und Quantität von Elementarbestandtheilen, wo sie auch aufgefunden, wie sie auch dargestellt sein mögen, d. h. es ist noch niemals der Fall beobachtet worden, dass zwei Körpermassen mit vollständig übereinstimmenden Eigenschaften eine verschiedene Qualität und Quantität von Elementarbestandtheilen enthalten haben.

Da man nun bei einem jeden chemischen Einzelkörper ein solches constantes Zusammensetzungsverhältniss bis in seine durch mechanische Mittel herstellbaren kleinsten Theilchen immer wieder beobachtet hat, so wurde man

aus zwei Wasserstoffatomen bestehen, ein Austausch, ein Platzwechsel, eine gegenseitige Substitution von einem Chloratom gegen ein Wasserstoffatom stattfindet. Wenn andererseits die Salzsäure in Chlor und Wasserstoff zersetzt wird, so wirken je zwei Chlorwasserstoffmoleküle derart aufeinander ein, dass sie Wasserstoff und Chlor gegen einander austauschen. An die Stelle des Wasserstoffs in dem einen Molekül tritt Chlor, an die Stelle des Chlors in dem andern Molekül tritt Wasserstoff.

Heute sagen wir, alle chemischen Processe sind Substitutionsvorgänge, die sich zwischen den Molekülen der Elemente und Verbindungen vollziehen. Alle chemischen Processe beruhen auf Gegenseitigkeit, jeder chemische Process besteht in Bewegung der Atome der auf einander wirkenden Moleküle. Vorhandene Moleküle werden zersetzt, und die Zersetzungsproducte verbinden sich zu neuen Molekülen. Bei jedem chemischen Process gehen Zersetzung und Verbindung Hand in Hand. Es gibt ebenso wenig reine Zersetzungsprocesse wie reine Verbindungsprocesse. Jeder Oxydationsprocess ist von einem Reductionsprocess, jeder Reductionsprocess von einem Oxydationsprocess begleitet etc. Wir müssen demzufolge auch die Elemente als chemische Verbindungen auffassen, sie sind Verbindungen, deren Moleküle aus gleichstoffigen Atomen bestehen, während die Moleküle der zusammengesetzten Körper aus ungleichstoffigen Atomen zusammengefügt sind.

Es war schon Dalton bekannt, dass sich die Atome der Elemente in verschiedenen Verhältnissen mit einander verbinden, so dass ein Atom nicht nur mit einem sondern auch mit zwei, drei und mehr, oder dass zwei mit drei mit fünf Atomen etc. in Vereinigung treten können. Aber erst durch die ausgedehnten Untersuchungen, welche in den letzten 60 Jahren angestellt wurden, sind die Chemiker allmählig zu der Annahme geführt worden, dass den Atomen eines jeden Elements wenigstens für die Bedingungen, unter welchen wir bisher Beobachtungen anzustellen im Stande waren, eine bestimmt begrenzte Anziehungsfähigkeit für Atome eines jeden andern Elements innewohnt, so dass sich die Atome der verschiedenen Elemente bei chemischen Processen nach ganz bestimmten Gesetzen gegenseitig substituieren. Mit der Aufstellung dieser Gesetze, mit der Feststellung der Substitutionswerthe, mit der Bestimmung der Aequivalente und der Werthigkeit der Atome, welche sich bei den verschiedensten chemischen Processen geltend machen, sind die Chemiker zwar schon seit längerer Zeit beschäftigt, aber sie stehen doch erst am Anfang einer schwierigen Aufgabe, die noch reiche experimentelle und expositionelle Thätigkeit in

denn wenn man die Bewegung der Atome verfolgen will, so muss man die Lage derselben zu einander kennen, ehe ihre Bewegung beginnt. -- Welche ausserordentlichen Schwierigkeiten die Ermittlung der Lage, der Zusammenhangsweise der Atome in einer complicirter zusammengesetzten chemischen Verbindung darbietet, lässt sich unschwer einsehen, wenn man bedenkt, dass in den complicirtest zusammengesetzten Verbindungen, in welchen wir die grösstmöglichen Moleküle voraussetzen müssen, diese noch so klein sind, dass wir sie mit der stärksten Bewaffnung des Auges nicht einzeln zu erkennen vermögen. Es ist uns also ein Einblick in ihr Inneres, ein Erkennen der Atome in ihrem Nebeneinandersein, in ihrer Aneinanderlagerung vollkommen versagt. Es ist klar, dass wir auf eine Bestimmung der Lage, des Ortes der Atome im Raume vor der Hand verzichten müssen. Wir müssen uns mit der Bestimmung relativer Verhältnisse begnügen, wir müssen zufrieden sein, wenn wir durch Vergleichung mit einfacher zusammengesetzten Verbindungen bis zur grössten Wahrscheinlichkeit ermittelt haben, in welcher Ordnung die Atome der Moleküle aneinander gefesselt sind, welche in engerer, welche in weiterer, welche in gar keiner Verbindung miteinander stehen. Es ist desshalb begreiflich, dass wir bei der Ermittlung der Constitution einer gewissen complicirter zusammengesetzten Verbindung entweder danach trachten, dieselbe in einfacher zusammengesetzte, deren Constitution nicht mehr fraglich ist, zu zerlegen, oder sie aus solchen aufzubauen. Die Constitution, welche wir für complicirter zusammengesetzte Verbindungen zu ermitteln im Stande sind, ist daher immer nur eine relative, relativ zu der Constitution anderer weniger complicirter Verbindungen und relativ zu unseren Kenntnissen, über die wir jeweils zu verfügen haben.

So lange man mit Untersuchungen über die Constitution beschäftigt ist, hat man immer das Complicirtere mit dem Einfacheren verglichen. In der ersten Zeit dachte man sich, es gäbe überhaupt nur binäre Verbindungen, d. h. Verbindungen aus zwei Theilen zusammengefügt, wie die einfachsten, welche aus zwei Elementen bestehen. Diese letzteren nannte man Verbindungen erster Ordnung und dachte sich: zwei solcher Verbindungen vereinigen sich miteinander und bilden eine Verbindung zweiter Ordnung, zwei dieser letzteren wieder eine Verbindung dritter Ordnung etc.

Man konnte sich aber keine Rechenschaft darüber geben, wie es möglich sei, dass zwei fertige in sich abgeschlossene chemische Verbindungen sich als solche wieder miteinander chemisch verbinden könnten und viele schon damals

bekannte kohlenstoffhaltige Substanzen liessen sich nicht als binäre Verbindungen auffassen. Man war mittlerweile durch fortgesetztes Studium der chemischen Processe zu der Erkenntniss geführt worden, dass alle chemischen Verbindungen durch Substitutionsvorgänge entstehen. Es lag daher sehr nahe, gewisse einfacher zusammengesetzte Verbindungen beziehungsweise Elementarmoleküle als Typen anzunehmen und complicirter zusammengesetzte als Substitutionsproducte der einfacheren aufzufassen oder mit diesen zu vergleichen.

Schon bei dem ersten Studium der Kohlenstoffverbindungen überzeugte man sich, dass hier sehr häufig grössere oder kleinere Gruppen von Atomen eine ganz ähnliche Rolle spielen, wie bei andern Verbindungen und Processen die einzelnen Atome. Man nannte diese Atomgruppen zusammengesetzte Radicale und dachte sich im Anfang, dass dieselben eine analoge Unveränderlichkeit besitzen müssten, wie die einzelnen Elementaratome, die man auch als einfache Radicale bezeichnet.

Bei weiterem Studium ergab sich jedoch, dass die zusammengesetzten Radicale, welche sich sowohl untereinander als auch mit Elementaratomen verbinden können, einer gleichen Veränderung in ihrer Zusammensetzung fähig sind, wie die geschlossenen Moleküle der chemischen Verbindungen selbst; dass einzelne Atome in ihnen durch Atome anderer Elemente oder sogar wieder durch zusammengesetzte Radicale substituirt werden können.

Bei der Zersetzung complicirter Verbindungen durch verschiedene Agentien zeigt sich nämlich, dass dieselben bald eine weniger tiefe, bald eine tiefere Veränderung erleiden, indem bald kleinere bald grössere Bruchstücke aus einer Verbindung an die Stelle eines Elements in einer andern Verbindung und umgekehrt übertragen werden können. Man kam so zu der Einsicht, dass die zusammengesetzten Radicale in immer kleinere Bruchstücke gespalten werden können und fing desshalb an, in jedem einzelnen Fall diejenigen Bruchstücke einer Verbindung, welche sich bei gewissen Aufeinanderwirkungen oder Reactionen substituierbar und substituierend gezeigt hatten, als Radicale zu bezeichnen und dieselben in nähere und entferntere Radicale zu unterscheiden. Man lernte so durch stufenweise tieferes Eingreifen in den Bau der verschiedenen Radicale die Zusammenhangsweise ihrer Atome immer genauer kennen. Sobald man aber die Constitution der näheren und entfernteren Radicale erfasst hatte, konnte man auch sagen, wie die entferntesten Radicale, d. h. die Atome der Elemente in den geschlossenen Molekülen zusammengefügt sind. (1) Es gelang dann auch, complicirtere Verbindungen aus einfacheren zu erzeugen, ja es

Zusammensetzung der Körper und deren Veränderung, durch Beobachtung der chemischen Processe, Wahrheiten zu entdecken im Stande ist.

Wiewohl nun die Natur im Mineral-, Pflanzen- und Thierreich vielfache Gelegenheit zu solchen Beobachtungen bietet, so ist doch von jeher der grössere Theil chemischer Wahrheiten und in erster Linie die chemische Zusammensetzung der Körper auf dem Wege des Experiments entdeckt worden. Während die chemischen Processe in dem grossen Laboratorium der Natur sich gewissermassen von selbst ohne unser Zuthun vollziehen und sich unserer Beobachtung darbieten, leiten wir durch das Experiment künstlich und willkürlich chemische Processe ein, indem wir die Körper in den mannigfaltigsten Combinationen und unter den mannigfaltigsten Umständen aufeinander einwirken lassen. Einem jeden unserer Experimente geht eine gewisse Frage voraus, deren Beantwortung wir durch die Reaction der zusammengeführten Körper erwarten.

Sind auch diese Fragen für die einzelnen Fälle besondere, so lassen sie sich doch im Grossen und Ganzen unter die folgenden Gesichtspunkte zusammen fassen:

Welche Elementarzusammensetzung besitzt eine gegebene Substanz?

Welche Veränderungen erfährt die Zusammensetzung unter verschiedenen Einflüssen?

Welche relative Constitution besitzt eine gegebene Substanz?

Aus welchen Körpern und unter welchen Umständen kann eine bestimmte Substanz erzeugt werden?

Wer chemische Wahrheiten finden will, muss also im Beobachten erfahren sein und die Fähigkeit besitzen, Experimente anzustellen, und damit ist uns die Richtschnur für die Aufgabe des chemischen Unterrichts gegeben. Bei dem angehenden Chemiker müssen diese Fähigkeiten angeregt und ausgebildet werden.

So ist es denn auch schon seit lange Gebrauch gewesen, den angehenden Chemiker durch Experimentalvorlesungen im Beobachten und Experimentiren zu unterweisen. Erst nach und nach entstanden, anfangs meist privatim, Unterrichtslaboratorien, in welchen dem angehenden Chemiker zur Anstellung von Experimenten Gelegenheit geboten werden sollte.

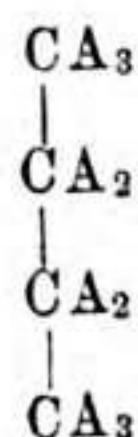
Die Practicanten dieser Laboratorien übten sich, wie man sagte, im Laboriren, indem sie Präparate darstellten. Sie führten ihre Operationen *lege artis* aus, d. h. sie stellten ihre Präparate nach Vorschriften, nach Recepten dar, welche nicht bloss eine Liste der in Wechselwirkung zu setzenden Substanzen

davon, dass es kaum eine anstrengendere und aufreibendere Thätigkeit gibt, als der richtig geleitete Laboratoriumsunterricht, so ist es physisch unmöglich, dass ein Lehrer mehr als höchstens 12 Leute bei ihren Arbeiten zu beaufsichtigen und in der angegebenen Weise zu unterrichten im Stande ist. Nach diesem Masstab müssen die Lehrkräfte in den chemischen Instituten vermehrt werden, wenn wirklich die Resultate erzielt werden sollen, welche die Akademie, die Schule und die Technik in unserer Zeit zu fordern berechtigt sind.

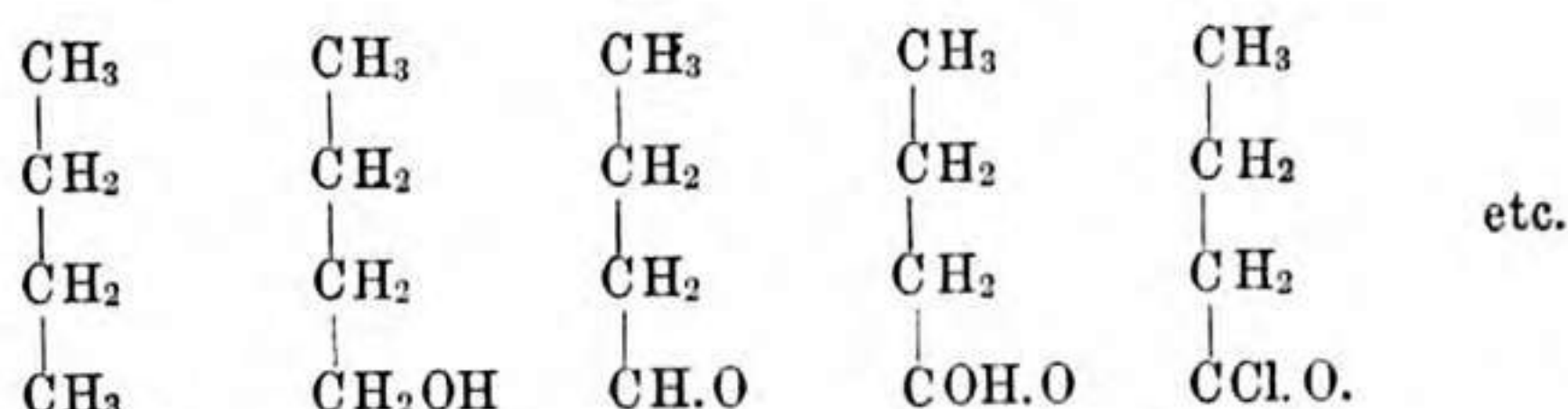
Wenn der erfahrene Laboratoriumslehrer die Hand auf's Herz legt und sich fragt, ob es möglich ist, die Aufgabe, welche dem chemischen Unterricht bei dem heutigen Stand der Wissenschaft und der Technik gestellt werden muss, mit einem geringeren Aufwand an Lehrkräften zu lösen, so muss er sich sagen, dass alle Beschreibungen und Zeichnungen, alle Vorschriften und Schemata, alle Lehrbücher und Katechismen, auch wenn sie mit dem sublimsten Raffinement ausgeführt und zusammengetragen sind, nicht entfernt den Unterricht durch das lebendige Wort und die lebendige That zu ersetzen im Stande sind. Das lebendige Wort ist die Leiter, auf welcher der Gedanke des Lehrers zu den Gedanken des Schülers hinab- und der Gedankengang des Schülers zu dem Gedankengang des Lehrers hinaufsteigt. Nur wenn Lehrer und Schüler mit einander und durch einander denken und arbeiten, ist es möglich den Unterricht der Individualität des Schülers anzupassen. Gerade darin muss der Schwerpunkt des Laboratoriumsunterrichts liegen, dass jeder Schüler seiner Individualität entsprechend unterrichtet wird, dass nicht alle nach derselben Schablone behandelt werden.

Alle Versuche, anders zu verfahren, alle Versuche, das lebendige Wort durch das geschriebene zu ersetzen, sind fehlgeschlagen, die Aufgabe des chemischen Unterrichts kann nur gelöst werden, wenn in dem Laboratorium nicht bloss practisch gearbeitet, sondern von der nöthigen Zahl von Lehrern in der angegebenen Weise mit ausdauernder Energie gelehrt wird.

Elemente bezeichnet. Diese einfachen Radicale können in allen möglichen Combinationen und Zahlen mit einander zu complicirteren Radicalen resp. Molekülen vereinigt sein.

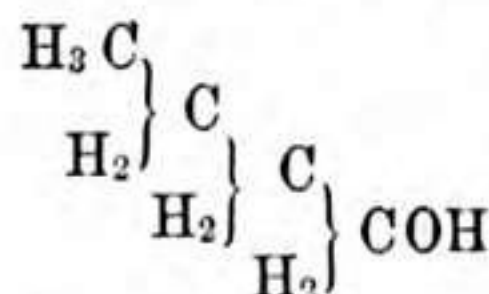


ist z. B. die allgemeine Formel für eine ganze Reihe von Verbindungen mit 4 Atomen Kohlenstoff, wie beispielsweise die folgenden Formeln zeigen:



Man kann in allen diesen Verbindungen das gemeinschaftliche zusammengesetztere Radical C H_7 annehmen, nachdem man sich von seiner Zusammensetzungsweise Rechenschaft gegeben hat und weiss, dass es aus CH_3 und zweimal CH_2 und nicht aus zweimal CH_3 und CH besteht etc.

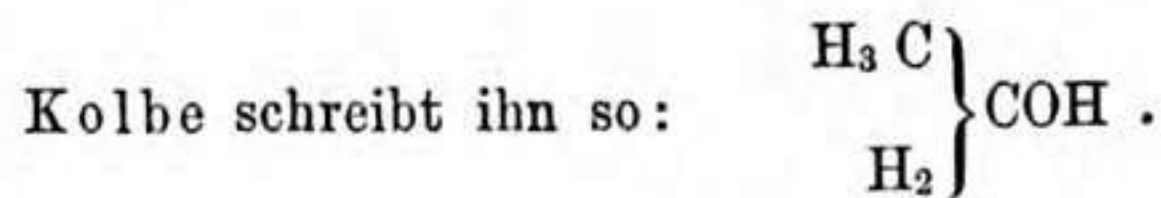
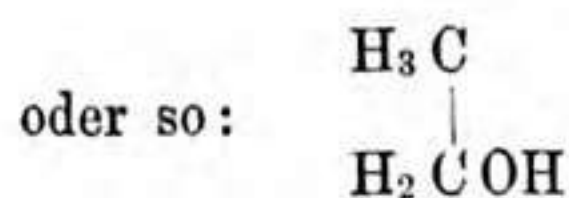
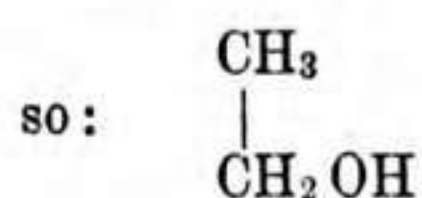
Wenn ich die zweite Verbindung, den kürzlich erst von Lieben und Rossi dargestellten Normalbutylalkohol in der folgenden Weise schreibe:



wie diess Kolbe thut, d. h. wenn ich die

Bindung der einzelnen Radicale durch geschwungene Klammern zur Anschauung bringe, so bedeutet das gewiss nichts anderes, als wenn ich sie durch gerade Klammern oder Striche andeute. Kolbe ist aber der Ansicht, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Auffassungen existire.

Nehmen wir ein einfacheres Beispiel, den Aethylalkohol, so schreibe ich denselben mit der Mehrzahl der Chemiker



Wo liegt da der Unterschied? Doch gewiss nur in der Form der Klammern!

Kolbe sagt nun in seiner Abhandlung S. 129: «Wem das Methyl des Aethylalkohols als wirklich existirendes Substitut von 1 At. Wasserstoff gilt, der muss, meine ich, mit mir weiter daraus folgern, dass nicht der Kohlenstoff dieses Methyls direct an dem andern Kohlenstoffatom des Aethylalkohols hängt, sondern dass die Methylgruppe als einheitliches Ganze (natürlich in Folge ihrer Zusammensetzung einwerthig) mit dem Hauptkohlenstoffatom des Alkohols eben so verbunden zu denken ist, wie das einfache Wasserstoffatom, dessen Stelle es vertritt.»

Wenn man eine chemische Verbindung vollständig studiren will, so muss man sich über die Zusammensetzung, Stellung und Rolle aller in ihr enthaltenen Radicale, auch der untergeordnetsten, Rechenschaft zu geben suchen. Die Constitution einer chemischen Verbindung ist wie die eines gut organisirten Staates gerade dadurch charakterisirt, dass sich alle Glieder in denselben in einer gegenseitigen Abhängigkeit befinden, dass nicht die untergeordneten nur abhängig sind von übergeordneten und diese und jene in letzter Linie von dem Oberhaupt. In einem chemisch-constitutionellen Staat hat jedes Elementaratom Sitz und Stimme, wenn die chemischen Schicksale des Staates in Frage kommen; jedes gemeinwesentliche Radical bringt seine berechtigten Eigenthümlichkeiten zur Geltung, indem es die seiner topographischen Lage sowie der Natur und den Sitten und Gebräuchen seiner Einwohner entsprechende Funktion ausübt.

Durch diese Auseinandersetzungen hoffe ich Kolbe überzeugen zu können, dass unsere Anschauungen nicht mehr von einander verschieden sind, wenn er sich entschliesst, sich von der typischen Einseitigkeit zu emancipiren resp. die Unterscheidung der Kohlenstoffatome in fette und magere aufzugeben, indem er die chemischen Verbindungen nach allen chemischen Eigenschaften in ihrer ganzen Constitution betrachtet und wenn er sich entschliesst, zu verstehen, dass sich Kohlenstoff direct mit Kohlenstoff verbinden muss, wenn das in Folge seiner Zusammensetzung einwerthige Methyl an die Stelle von 1 Atom Wasserstoff in das Methyl des Holzgeist's eintritt.

Zu (2) Pag. 14. Ueber das Studium der Chemie v. O. L. Erdmann. Leipzig bei Barth. S. 38 und 40.

Zu (3) Pag. 17. Ztschr. f. mathem. u naturw. Unterricht v. J. C. V. Hoffmann. I. 352.