

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.

BIBLIOPOLY
BIBLIA
MONASTICIS

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 blosser Denkiprocesse 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

zu der Annahme geführt, dass die Elementarstoffe ursprünglich aus unveränderlichen, das heisst nicht weiter theilbaren, aber ungemein kleinen materiellen Theilchen oder Atomen zusammengefügt sind, welche sich bei der chemischen Vereinigung der Elementarstoffe in bestimmter Art und Zahl anziehen und aneinanderlagern und lauter gleich zusammengesetzte Partikelchen oder Moleküle bilden, die sich zu einer homogenen Körpermasse zusammenordnen.

Der berühmte englische Forscher Dalton hat im Jahre 1808 diese Annahme gemacht; wir nennen sie die atomistische Theorie und heute gibt es keinen Chemiker, der nicht die Ansicht hätte, dass wir zur Aufstellung dieser Theorie durch alle chemischen Erfahrungen, welche hinter uns liegen, gezwungen wären.

Wenn die Elementarstoffe chemische Verbindungen bilden sollen, so müssen die Atome derselben ihren Ort verändern, sie müssen sich an einen andern Ort bewegen. Diese Ortsveränderungen, diese Bewegungen der Atome sind die Vorgänge, welche wir als chemische Processe bezeichnen. Aber nicht nur zwischen den Elementen finden chemische Processe statt, sondern auch zwischen den chemischen Verbindungen. Bei diesen letzteren werden aus Verbindungen von bestimmter Zusammensetzung neue Verbindungen von anderer Zusammensetzung erzeugt, indem sich zwei oder mehrere chemische Verbindungen bis auf ihre Moleküle theilen und gewisse Atome der Moleküle der einen Verbindung sich an den Ort gewisser Atome der andern Verbindung und umgekehrt bewegen. Man hat daher die Bildung neuer Verbindungen durch Aufeinanderwirken vorhandener als Bildung durch gegenseitige Substitution bezeichnet und man unterschied eine Zeit lang zwischen Bildung von chemischen Verbindungen durch Vereinigung von Elementen und Bildung durch gegenseitige Substitution von Elementen.

Da zeigte aber im Jahre 1811 der italienische Forscher Avogadro, dass auch die Bildung chemischer Verbindungen durch Aufeinanderwirken der Elemente und in gleicher Weise die Ausscheidung der Elemente aus ihren Verbindungen nichts anderes seien, als Processe der gegenseitigen Substitution.

Er wies nach, dass auch in den Elementarstoffen die Atome nicht einzeln existiren, sondern dass sie in einer Anzahl von zwei oder mehreren Atomen zu Molekülen mit einander vereinigt sind.

Wenn zwei Elemente, z. B. Chlor und Wasserstoff sich mit einander zu Salzsäure verbinden, so geht diess in der Weise vor sich, dass zwischen den Chlormolekülen, die aus zwei Chloratomen und den Wasserstoffmolekülen, die

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 Prozesse sind Substitutionsvorgänge, die sich zwischen den Molekülen der Elemente und Verbindungen vollziehen. Alle chemischen Prozesse 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

Anspruch nehmen wird, ehe sie als gelöst betrachtet werden kann. Soviel lässt sich aber jetzt schon sehen, dass für ein jedes Element so viele Gesetze aufzusuchen sein werden als Elemente existiren, mit deren Atomen die Atome des betreffenden Elementes Verbindungen einzugehen vermögen.

Es scheint nur wenige Elemente zu geben, die allen andern gegenüber mit einem constanten oder doch nahezu constanten Substitutionswerth in chemische Action treten. Zu diesen wenigen gehört nach Allem, was wir darüber wissen, der Kohlenstoff und es liegt darin auch zum grossen Theil der Grund, warum sich in der letzten Zeit die meisten forschenden Chemiker mit dem Studium der Chemie des Kohlenstoffs beschäftigt haben.

Das Studium der Kohlenstoffverbindungen und der ihrer Bildung und Zersetzung zu Grund liegenden chemischen Prozesse hat uns schon manchen Aufschluss und Angelpunkt für die Feststellung der Substitutionsverhältnisse anderer Elemente verschafft und stellt deren noch viele in Aussicht.

Das Studium der Kohlenstoffverbindungen vermittelt aber ausserdem die Erkenntniss der Vorgänge, welche wir als Lebensprocesse der Pflanzen und Thiere bezeichnen; diese Lebensprocesse sind der Hauptsache nach nichts anderes als chemische Prozesse kohlenstoffhaltiger Verbindungen.

Dem Studium der Kohlenstoffverbindungen haben wir noch ein anderes höchst merkwürdiges Ergebniss zu danken. Es hat uns viele Gruppen von Körpern kennen gelehrt, deren Glieder bei qualitativ und quantitativ vollkommen gleicher Elementarzusammensetzung ganz verschiedene Eigenschaften besitzen. Wir nennen solche Körper untereinander *isomer*. Die Chemiker fühlten begreiflicherweise das Bedürfniss, es erschien ihnen geradezu als nothwendig, die Verhältnisse zu erforschen, auf welchen die Verschiedenheit in den Eigenschaften isomerer Körper beruht. Sie fanden sie in der Verschiedenheit der Anordnung der betreffenden Atome in den Molekülen der unter einander isomeren Substanzen. So entstand die Lehre von der Constitution der chemischen Verbindungen als ein weit ausgedehntes Feld der Forschung, dessen Bebauung nicht unerhebliche Schwierigkeiten darbietet. In diesem Augenblick besteht die Hauptthätigkeit der experimentell forschenden Chemiker in der Ermittlung der Constitution der Körper, d. h. in der Ermittlung der Aneinanderfügungsweise ihrer Elementarbestandtheile.

Dass die Kenntniss der Constitution als Ergänzung der Kenntniss der Elementarzusammensetzung zu der Kenntniss des innern Wesens der Körper für das Studium der chemischen Prozesse nothwendig ist, liegt auf der Hand,

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 Prozesse 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

wurden sogar viele Verbindungen, deren Bildung man früher nur in dem Lebensprocess der Pflanzen und Thiere für möglich gehalten hatte, in dem Laboratorium aus den Elementen zusammengesetzt. Diese Synthese chemischer Substanzen diene gewissermassen als Beweis für die Richtigkeit, oder doch als Stütze für die grösste Wahrscheinlichkeit der auf analytischem Wege ermittelten Constitution.

Es ist einleuchtend, dass wir bei dem Experimentiren, mit Hülfe der Analyse und Synthese die Constitution, d. h. die Ruhelage der Bestandtheile der Körper zu erforschen, auch gleichzeitig deren Ortsveränderung zu verfolgen Gelegenheit gewinnen, und damit in der Erkenntniss der chemischen Prozesse immer weiter voranschreiten.

Allein trotz des ausgedehntesten Studiums in den angegebenen Richtungen bleiben noch wichtige Fragen zu beantworten, ehe wir daran denken können, den vollen Einblick in die chemischen Prozesse zu gewinnen. Wir wissen so gut wie nichts über das Wesen der Kräfte, welche die Bewegung der Atome verursachen, so gut wie nichts über die Bedingungen, unter welchen die Bewegung in dieser oder jener Richtung fortschreitet oder zum Stillstand kommt, unter welchen eine gewisse Gleichgewichtslage aufgehoben wird, unter welchen sie bestehen bleibt u. s. w. u. s. w. Das sind Fragen, deren Beantwortung wir weiteren Forschungen überlassen müssen.

Die Chemiker gestehen zu, dass sie erst an dem Eingang des Weges angekommen sind, der sie in die Geheimnisse der Ruhe und der Bewegung der Atome einführen soll, es muss aber doch als ein eminenter Fortschritt der Chemie anerkannt werden, dass es ihr in vielen Fällen möglich ist, anzugeben und in chemischen Formeln zur Anschauung zu bringen, in welchen chemischen Beziehungen zusammengesetztere zu weniger zusammengesetzten Verbindungen stehen, dass sie im Stande ist vorauszusagen, dass und wie die ersteren aus den letzteren erzeugt, die letzteren aus den ersteren hervorgebracht werden können.

Diese Erfolge sind freilich klein gegen die enorme Arbeit, welche darauf verwendet werden musste, aber sie sind gross, wenn wir sie als Wegweiser, die uns angeben, in welcher Richtung wir weiter vordringen müssen, um in den uns noch unbekanntem Gegenden neues Terrain zu gewinnen, mit einem Worte, wenn wir sie als Forschungsmethode zu benützen verstehen.

Aus dem bisher Gesagten lässt sich unschwer ersehen, dass die Chemie nur durch Beobachtung und zwar durch die Beobachtung der stofflichen

Zusammensetzung der Körper und deren Veränderung, durch Beobachtung der chemischen Prozesse, 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 Prozesse 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 Prozesse 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

in oft wunderlichen Mass- und Gewichtsverhältnissen enthielten, sondern auch eine umständliche Beschreibung der Handgriffe und Cautelen aufwiesen, welche angewandt und befolgt werden mussten, wenn das vorgesteckte Ziel sicher erreicht werden sollte. Es ist schon an sich einleuchtend, dass in dieser Weise keine Chemiker gebildet werden konnten, da ja den Experimenten, wenn die geschilderten Operationen überhaupt schon so genannt werden dürfen, immer nur die eine Frage «wie stellt man diese oder jene Substanz dar» als Grundlage diene. Wenn man sich überdiess erinnert, dass der Practicant beständig in der Zwangsjacke des Receipts operirte, so kann darüber kein Zweifel sein, dass der junge Mann nur zum Laboranten, um nicht zu sagen zum Handwerker, erzogen wurde.

Die Meister dieser Werkstätten hatten ihre Ausbildung zwar meistens auf demselben Wege erlangt, aber manche von ihnen waren ausserdem noch Autodidacten, insoferne sie nicht bei der Operation nach Receipt stehen blieben, sondern sich zum wirklichen Experiment hinaufschwangen. So blieb es denn nicht aus, dass in manchen Laboratorien neue chemische Wahrheiten entdeckt wurden.

Eine andere Frage, die: welche Bestandtheile enthält diese oder jene Substanz, wurde hier und da ebenfalls experimentirt. Wenn man anfangs auch nur auf ganz bestimmte Bestandtheile prüfte, wie schon früher der Erprobirer auf Metalle, der Pharmaceut auf beigemengte Substanzen, wenn man anfangs auch nur auf trockenem Wege in hoher Temperatur operirte, so führte doch nach und nach das Bedürfniss zur Entdeckung anderer Mittel, welche auf nassem und kaltem Wege die Bestandtheile einer Substanz — und oft sicherer wie dort — erkennen liessen. Ein anderer Umstand beschleunigte noch ausserdem die Ermittlung und Anwendung der jetzt gebräuchlichen Reagentien. Die Mineralogen entdeckten immer mehr neue Mineralien, so dass die bis dahin angewandten Mittel dieselben zu bestimmen und in das System einzureihen, nicht mehr ausreichten. Selbst der Löthrohrversuch gab nicht mehr in allen Fällen sicheren Aufschluss. So kam es, dass sich die Mineralogen und Chemiker gegenseitig in die Hände arbeiten mussten. Die ersteren lieferten die Objecte, die letzteren fanden die Bestimmungsmethoden.

Es bildete sich so eine chemische Analyse aus, die sich hauptsächlich auf die Producte des Mineralreichs bezog.

Mit der Entdeckung neuer Metalle gewann dieselbe ein immer grösseres Feld, und es stellte sich bald das Bedürfniss heraus, alle aufgefundenen

analytisch-chemischen Thatsachen in einem Buche zusammengeordnet zu haben. H. Rose hat diese ebenso schwierige als verdienstvolle Arbeit in seinem Handbuch der analytischen Chemie unternommen. Er gibt darin einen Gang der chemischen Analyse, aber als grössten Theil des Werkes eine ausführliche Beschreibung des chemischen Verhaltens der Metalle, Nichtmetalle und Säuren. Dieses hierdurch so werthvolle Buch erschien jedoch zu voluminös und zu ausführlich um einen practischen Leitfaden für den angehenden Chemiker abzugeben. Es wurden desshalb von verschiedenen Chemikern theils mit, theils ohne Geständniss Auszüge aus Rose's Handbuch als Anleitungen zur chemischen Analyse herausgegeben. Aus diesen wurden wieder von Manchen nur die analytischen Gänge ausgezogen und als Schemata in die Unterrichtslaboratorien eingeführt. Die synthetischen Arbeiten wurden mehr und mehr in den Hintergrund gerückt und die Analyse, wiewohl sie ebenfalls nur auf eine Frage der Chemie Antwort gibt, in den meisten Laboratorien als ausschliessliches Unterrichtsmittel benützt.

Der practische Unterricht wurde damit begonnen, dass man dem in das Laboratorium eintretenden Studirenden die erste Nummer der in Reihe und Glied aufgestellten 100 bis 150 Substanzen mit dem Auftrag übergab, dieselbe nach dem eingeführten Schema mit strenger Einhaltung des vorgeschriebenen Ganges qualitativ zu analysiren.

Hatte der Practicant eine gewisse Anzahl von Substanzen nach diesem Gange analysirt, so war ihm derselbe so geläufig, dass er ihn mit wahrhaft automatischer Unwillkührlichkeit und maschinenmässiger Sicherheit ausführte. Der Practicant wurde selbst zum Automaten, das Schema war die Maschine, welche ihn in Bewegung setzte und seine Handlungen dictirte.

Wenn alle Nummern nach 2, wenn es gut ging nach $1\frac{1}{2}$ Semestern durchanalysirt waren, so stieg der Practicant eine Stufe höher, er ging zur quantitativen Analyse über. Auch hier fand er in den betreffenden Büchern jede Operation so genau und detaillirt beschrieben, dass er fast noch weniger zu denken hatte, als bei der qualitativen Analyse, ja selbst die Berechnung der Resultate der Analyse war ihm so bequem gemacht, dass er nur nöthig hatte, in einer Tabelle einige Zahlen aufzusuchen und dieselben zu addiren. Immerhin bekam sein Gedächtniss einige neue Nahrung, denn der Gang der quantitativen Analyse war in vielen Punkten ein ganz anderer, wie derjenige der qualitativen Analyse.

Hatte sich der Practicant die Trennungs- und Bestimmungsweisen der

wichtigsten Metalle und Säuren eingeübt, so wurden ihm Mineralien und Producte der Technik zur Analyse übergeben, in welchen häufig nur der Procentgehalt der Bestandtheile oder Gemengtheile zu ermitteln war. Es konnte bei solcher Beschäftigung nicht ausbleiben, dass der Practicant nach 3 bis 4 Semestern so vollständig vom Nachdenken über chemische Vorgänge entwöhnt wurde, dass ihm selbst die Auseinandersetzungen, welche ihn in der Experimentalvorlesung zum Denken angeregt hatten, vollkommen unverständlich geworden waren. Wenn es dann dem einen oder dem andern zum Bewusstsein kam, dass es doch auch noch andere chemische Fragen, als die nach der qualitativen und quantitativen Elementarzusammensetzung der Körper gebe, und wenn er das Bedürfniss fühlte, Präparate darzustellen, so wurde ihm das als «Scheu vor dem strengen Gang der Analyse und als Neigung zu den bequemeren practischen Beschäftigungen, die leicht zum Dilletantismus führen» ausgelegt. Es wurde ihm gesagt, «dass keine Art von practisch-chemischen Arbeiten den Studirenden in gleichem Masse fördere, als die Beschäftigung mit der Analyse, auf sie müsse deshalb vorzugsweise die Zeit im Laboratorium verwendet werden; bei den analytischen Arbeiten kämen alle Arten von chemischen Operationen vor, sie gäben mehr als irgend andere Gelegenheit zum Beobachten und zur Aneignung von Geschicklichkeit beim Arbeiten».(2)

Gestatten Sie mir zunächst, das Schicksal der jungen Männer zu verfolgen, die sich damit begnügten, sich in der qualitativen und quantitativen Analyse ausgebildet zu haben. In Wirklichkeit waren sie nur Analytiker, aber sie hielten sich für fertige Chemiker, für befähigt, eine Technikerstelle in einer chemischen Fabrik ebensowohl wie eine Lehrerstelle an einer Gewerbschule etc. auszufüllen; denn sie wurden mit einem glänzenden Zeugnis oder mit dem Doctordiplom aus dem Laboratorium entlassen. Viele von diesen Chemikern sind in der Heimath oder in fernen Welttheilen zu Grunde gegangen, manche haben sich noch zur rechten Zeit einen andern Beruf gewählt, nur wenige vermochten sich mit grosser Anstrengung über Wasser zu halten, indem sie als Techniker oder Lehrer erst etwas lernten. Das waren in der That traurige Zustände, die noch um so nachtheiliger wirkten, als sich in dem Publicum die Ansicht verbreitet hatte, es gebe nichts Leichteres und Einfacheres als das Studium der Chemie, ja es wurde förmlich zur ultima spes für alle die, welche zu anderen Studien nicht fähig waren. Es darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, dass es von der geschilderten Unterrichtsweise rühmliche Ausnahmen gegeben hat.

Erdmann hat es in seinem Schriftchen «über das Studium der Chemie» als eine neue Epoche des chemischen Studiums bezeichnet, als unter Liebig's Leitung an der Universität Giessen eine Schule der Chemie erblühte. Damit hat Erdmann ein bedeutungsschweres Wort ausgesprochen. Das war in der That und Wahrheit eine Schule, während manche andere Laboratorien, wenn sie auch äusserlich nach dem Muster des Giessener angelegt, selbst mit vielen Verbesserungen und Vervollkommnungen versehen waren, nur Werkstätten für practische Beschäftigung genannt werden konnten. Die Einrichtungen und die materiellen Mittel des Laboratoriums bilden den geringsten Theil des Materials zum Aufbau einer Schule. Der grösste und schwerste Theil liegt in der Person des Dirigenten. Es gibt leider nur wenige Meister, welche das Material zum Aufbau einer Schule in sich tragen, es gibt nur wenige, die sich jener Facultät der Verallgemeinerung erfreuen, welche sie befähigt, vor den Augen des Schülers ein Bild aufzurollen, auf welchem dieser das Wirken und Schaffen des allmächtigen Räderwerkes der Natur und das wunderbare Ineinandergreifen der einzelnen Theile leibhaftig vor sich sieht. Es gibt nur wenige, die sich neben der Verfolgung ihrer besonderen Richtung zur vollen Erkenntniss der allgemeinen Methode der Naturforschung emporschwingen können, die allein den Geist in productive Thätigkeit zu versetzen vermag. Es gibt nur wenige, die im Stande sind, in Anderen diese Erkenntniss hervorzurufen, die es zugleich verstehen, die übersprudelnden Funken ihrer eigenen Geistes-thätigkeit auf ihre Schüler zu übertragen und dort zum lodernden Feuer der Begeisterung für die Wissenschaft anzufachen.

Der Meister der Giessener Werkstätte practischer Thätigkeit hat diese Materialien in seiner Person vereinigt und nur desshalb konnte sein Laboratorium zu einer Schule emporblühen, zu einer Schule, deren Geist noch in viele Jahrhunderte hinein wirken und Früchte tragen wird. Der Einfluss der eminenten literarischen Leistungen jenes Meisters auf die Entwicklung der wissenschaftlichen Chemie kann als verschwindend klein bezeichnet werden gegen die Wirkung des Ueberschusses seiner geistigen Thätigkeit, durch welchen er mit dem lebendigen Wort, ja manchmal nur mit einem zündenden Blick dem Geiste seiner Schüler lebendige Bewegung und wahrhaft wissenschaftliche Richtung gegeben hat. Wenn es noch nothwendig erschiene, factische Beweise für diesen Ausspruch beizubringen, so könnte man mit Leichtigkeit darthun, dass die Grundideen der neueren Chemie in den dreissiger und vierziger Jahren schon in dem Hörsaal des Giessener Laboratoriums als keim-

kräftige Samen auf den geistigen Boden der Zuhörer angestreut worden sind. Solche chemische Schulen wie die Giessener hat es noch sehr wenige gegeben. Sie steht als eine Ausnahme da in der Geschichte der Chemie.

Das Giessener Laboratorium hatte überdiess, dank seiner Unterrichtsweise, den grossen Vorzug vor anderen, dass es sehr bald die Spreu von den Körnern trennte. Nur die befähigten Köpfe hielten aus und wurden seine Schüler und von diesen sind die allermeisten tüchtige Förderer der Wissenschaft und brauchbare Lehrer oder vortreffliche Techniker geworden.

Alle Hochschullehrer, welche die Unterrichtsmethode des Giessener Laboratoriums kennen gelernt haben und richtig anzuwenden verstehen, sollten tüchtige Chemiker auszubilden im Stande sein.

Wir müssen dem chemischen Unterrichte die Aufgabe stellen, die Studirenden der Chemie soweit auszubilden, dass sie nicht nur der Entwicklung der Wissenschaft und dem Fortschreiten der Technik receptiv zu folgen vermögen, sondern dass sie auch productiv in den Fortschritt einzugreifen und daran mitzuarbeiten im Stande sind. Das Ziel des chemischen Unterrichts kann, um es mit einem Worte auszudrücken, kein anderes sein, als die Studirenden zu Forschern und Entdeckern im Gebiete der wissenschaftlichen und technischen Chemie heranzubilden. Dieses Ziel können wir nur erreichen, wenn wir den Studirenden an der Hand der Literatur und des Experiments auf den Standpunkt unseres heutigen Wissens und unserer heutigen Forschungsmethoden emporheben.

Der Studirende muss studiren beobachten und experimentiren lernen. Zu dem Ende halten wir ihm Vorlesungen und unterrichten ihn in dem Laboratorium.

Die erste Vorlesung, welche wir dem Studirenden der Chemie halten, nachdem er seine mathematischen und physikalischen Studien vollendet hat, ist eine Vorlesung über anorganische Experimentalchemie. Sie zerfällt in einen allgemeinen und einen speciellen Theil.

In dem allgemeinen Theil wird zunächst das Forschungsgebiet der Chemie dargelegt und abgegrenzt. Man zeigt durch das Experiment dem Zuhörer den Unterschied zwischen physikalischen und chemischen Eigenschaften und gibt ihm die nöthigen Andeutungen zum Verständniss der chemischen Erscheinungen. Der Zuhörer befindet sich zu den chemischen Eigenschaften und Erscheinungen, die ihm in den Experimenten vorgeführt werden, in einer ganz ähnlichen Stellung wie ehemals die Entdecker derselben. Er soll die Experi-

mente nicht nur anschauen und das Gesehene in sein Gedächtniss aufnehmen, er soll vor allen Dingen nach den Gründen und Bedingungen fragen, welche das Eintreten der gesehenen Erscheinungen möglich gemacht haben. Der Lehrer muss den Zuhörer zur Selbstthätigkeit anzuregen suchen, er muss dessen Interesse so weit zu wecken verstehen, dass der Schüler sich selbst jedesmal die Frage vorlegt, warum und wenn tritt diese oder jene Erscheinung ein, was muss ihr nothwendig vorausgehen? Es muss einen gewissen Reiz für ihn gewinnen, selbst die Antwort zu finden. Mit einem Wort, der Lehrer darf den Schüler nicht zuschauen und zuhören lassen, er muss ihn zum richtigen Sehen und Denken, zum Beobachten anweisen. Das ist nach meinem Dafürhalten aber nur dann zu erreichen, wenn man gleich von vornherein die quantitativen Verhältnisse der Erscheinungen mit in Betracht zieht. Schon in dem zweiten und dritten Vortrag sollte man das Verständniss der Begriffe Aequivalent, Atom, Molekül, Volum, der Begriffe Element und chemische Verbindung anbahnen, um sie in den folgenden Vorträgen experimentell und expositionell klar zu machen. Man sollte dann gleich die chemischen Zeichen und Formeln in Anwendung bringen, um die chemischen Processe, welche den Experimenten zu Grunde liegen, damit auseinander zu setzen. Der Studirende soll chemisch denken lernen, wir können aber heutzutage nicht anders chemisch denken als mit den angegebenen Begriffen. Der Zuhörer soll die chemische Sprache lesen und schreiben lernen, wir drücken aber heutzutage unsere chemischen Gedanken in chemischen Formeln aus.

Die Elementarvorlesung über Chemie hat in dem allgemeinen Theil den Zuhörer auf den Standpunkt zu geleiten, dass er dem Lehrer ohne Schwierigkeit auf dem Weg durch den speciellen Theil zu folgen vermag.

In dem speciellen Theil wird der Zuhörer mit den verschiedenen Systemen, nach welchen die chemischen Körper abgehandelt werden können und mit dem descriptiven Theil der Chemie bekannt.

Da ein jedes Element seine eigene Chemie hat, so gibt es eigentlich so viele Chemieen, als Elemente existiren und es ist nur Sache des auf didactische Erfahrung gegründeten Gutdünkens, welche von diesen Chemieen und in welcher Reihenfolge man sie abhandeln will.

Wenn der Chemie der Vorwurf gemacht werden konnte, sie habe kein feststehendes System und sie sei deshalb keine Wissenschaft, so beruhte diess auf Unbekanntschaft mit den eben erwähnten Verhältnissen. (3) Die Chemie eines jeden Elementes ist eine Disciplin für sich. Wie die Chemie des Kohlenstoffs

als organische Chemie in besonderen Lehrbüchern und Vorlesungen, der grösste Theil der Chemie des Siliciums in der Mineralogie abgehandelt wird, so könnte man eine Chemie des Sauerstoffs, des Stickstoffs etc. ebenfalls ganz gesondert als selbstständige Disciplinen lehren. Freilichwohl besteht ein Zusammenhang zwischen diesen Disciplinen, insoferne ein Element mit vielen oder allen andern Elementen Verbindungen bildet. Sie haben das miteinander gemein, dass die Verbindungen aller Elemente durch Aneinanderlagerung von Atomen entstehen und desshalb pflegt man die Chemieen aller Elemente mit Ausnahme des Kohlenstoffs, zu einer Disciplin zusammenzufassen und als anorganische Chemie abzuhandeln.

Es wäre sehr unzweckmässig, ja geradezu unmöglich sich in dem speciellen Theil der ersten Vorlesung über diese ganze Disciplin zu verbreiten. Man greift nur die häufiger vorkommenden Elemente heraus, und bespricht die am ausführlichsten, deren Chemismus am genauesten studirt ist und die grösste Vielseitigkeit darbietet, Wenn man dem Zuhörer an einigen Elementen gezeigt hat, auf welche physikalischen und chemischen Eigenschaften das Hauptgewicht zu legen ist, um den Chemismus eines Elements zu studiren und so vollkommen wie möglich kennen zu lernen, so ist er im Stande durch Selbststudium sich mit allen anderen, für die er Interesse hat, bekannt zu machen.

In dem speciellen Theil der Experimentalvorlesung sollte möglichst viel auf die Umstände und die Art und Weise, wie die Thatsachen gefunden worden sind, Bezug genommen werden. Wo es sich nur irgendwie ausführen lässt, sollte der Lehrer die Thatsachen, welche er den Zuhörern mitzutheilen für nöthig erachtet, vor deren Augen sozusagen noch einmal entdecken, um immer wieder Gelegenheit zu haben, die Fähigkeit des Beobachtens zu üben und die Methode des Forschens klar zu machen. Es sollte auch von keinem Lehrer versäumt werden, die Entdecker der Thatsachen zu nennen und auf die betreffende Literatur hinzuweisen, damit der Studirende möglichst früh daran gewöhnt wird, auf die Quellen zurückzugehen und die Originalarbeiten zu studiren.

Wenn der Studirende eine solche Vorlesung nicht bloss besucht und gehört, sondern auch verstanden hat, dann ist er vorbereitet für den Laboratoriums-Unterricht.

Der practische Cursus in dem Laboratorium ist für den Chemiker der wichtigste Theil des Unterrichts, er ist im Grund genommen nichts anderes als ein potenziertes, beziehungsweise individualisirter Vorlesungsunterricht,

durch welchen der Zuhörer zum Experimentator herangebildet wird. In dem Laboratorium soll der Studirende die Fähigkeit erlangen, mit eigener Hand Experimente anzustellen. Er muss zu diesem Zwecke zunächst in gewissen manuellen Fertigkeiten, die er nicht aus Büchern erlernen kann, unterwiesen werden.

Wenn beim Beginn des Semesters eine grössere Zahl von Anfängern in das Laboratorium eintritt, so halte ich es für sehr zweckmässig, dem Beispiele der Engländer zu folgen und den Laboratoriumsunterricht mit einer zweiten Experimentalvorlesung zu eröffnen. An einem speciell für diesen Zweck in dem Laboratorium eingerichteten Experimentirtisch, der so erhöht ist, dass alle Practicanten von ihren Arbeitsplätzen auf denselben hinblicken können, wird diese Vorlesung gehalten. Die Experimente, welche der Vortragende anstellt, hat jeder einzelne Practicant auf seinem Arbeitsplatz, gleich nachdem er sie gesehen hat, in derselben Weise, wie sie der Vortragende ausführte, zu wiederholen. Die Practicanten werden dabei von dem Lehrer und seinen Assistenten beaufsichtigt und, wo es nöthig ist, unterstützt und zurechtgewiesen. Man kann so einer grösseren Zahl von Anfängern in weit kürzerer Zeit und weit sicherer über die ersten Schwierigkeiten ihrer practischen Thätigkeit hinweghelfen, als wenn man von vornherein jedem einzelnen eine besondere Anleitung gibt.

In den ersten Stunden dieser Laboratoriumsvorlesung werden die Practicanten mit einer Reihe von Manipulationen, die immer wieder kehren, bekannt gemacht und in deren Ausführung geübt. Es werden immer die Manipulationen gezeigt, welche sich durch die Erfahrung als die rationellsten erwiesen haben, aber es wird stets durch Vergleichung mit weniger guten auseinandergesetzt, inwiefern und warum sie die rationellsten sind. Nach diesen Explicationen wird zu den eigentlichen Experimenten übergegangen.

Man wählt für den Anfang natürlich die einfachsten, welche die einfachsten Apparate und Manipulationen erheischen und am leichtesten verständlich sind. Es eignen sich dazu ganz vortrefflich die analytischen Reactionen. Anknüpfend an das, was in der ersten Vorlesung über Experimentalchemie demonstriert wurde, stellt man zuerst die Frage, welche das Experiment zu beantworten bestimmt ist, führt dann das Experiment aus und macht auf alle Bedingungen und Erscheinungen aufmerksam. Haben dann alle Practicanten das Experiment richtig wiederholt, so veranlasst man sie, sich über die chemischen Processe, welche die beobachteten Erscheinungen bewirkt haben, Rechenschaft zu geben und dieselben in chemischen Formeln aneinander zu

setzen, d. h. man lässt sie nicht nur das Qualitative der Erscheinungen, sondern auch das Quantitative der Prozesse in Betracht ziehen.

Hat man dann in einer Reihe solcher Vorlesungen allen Anfängern gemeinsam den Weg gezeigt, den sie einzuschlagen haben und die Richtung angeben, in welcher sie voranschreiten müssen, dann verwandelt sich die Vorlesung in eben so viele Privatissima, als Anfänger vorhanden sind. Von nun an muss jeder einzelne unabhängig von den anderen seiner Individualität entsprechend unterrichtet werden. Man lässt mit möglichster Ansnützung der Arbeitszeit des Practicanten das experimentelle Studium der chemischen Eigenschaften der Körper, die Ausführung von qualitativen, von Gewichts- und Volumanalysen, die Darstellung von Präparaten und stöchiometrische Berechnungen beständig mit einander abwechseln oder neben einander hergehen. Der Practicant soll keine Handlung ausführen, ohne dass er sich Rechenschaft darüber geben kann, zu welchem Zwecke und warum er sie gerade so und nicht anders ausführt. Er soll alle chemischen Prozesse, die den angestellten Experimenten zu Grunde liegen, auseinander setzen können, oder in einzelnen Fällen wissen, dass dieser oder jener Process noch nicht aufgeklärt ist. Bei allen diesen experimentellen und expositionellen Arbeiten ist die beständige Aufsicht und der intensivste Unterricht von Seiten der Laboratoriumslehrer unbedingtes Erforderniss, denn der Anfänger muss bei jedem Schritt, denn er thut, zum Denken angeregt und angehalten werden. Kolbe sagt in seinem Buch «das chemische Laboratorium der Universität Marburg»: «darin liegt das Geheimniss der berühmten Giessener Schule, aus welcher eine so grosse Zahl bedeutender Männer hervorgegangen ist, dass Liebig seine Schüler zum Selbstdenken anzuregen verstand.»

Um sein Bewusstsein bei der Arbeit beständig wach zu erhalten und zur eigenen Controle seiner Thätigkeit muss der Practicant über alle Experimente genau Buch führen und zu Hause Ausarbeitungen machen, die von den Lehrern durchgesehen werden. Auf etwaige Fehler wird er aufmerksam gemacht, und wenn er sie einsieht, so ist er gewöhnlich auch im Stande, sie selbst zu corrigiren.

Ueber die Ausführung von Gewichts- und Volumanalysen, sowie über die Darstellung von Präparaten hat der Practicant überdiess eine Ausarbeitung mit allen Berechnungen und möglichst vollständigen Literaturangaben in dem Archiv des Laboratoriums niederzulegen.

Neben dieser Selbstcontrole wird von Seiten der Lehrer über jeden Practicanten ein genaues Journal geführt, so dass man am Abend eines jeden Arbeitstages weiss, was jeder gethan resp. nicht gethan hat und bestimmen kann, was er den nächsten Tag zu arbeiten hat. Dazu sind natürlich tägliche Conferenzen der Lehrer erforderlich, in welchen alle Vorkommnisse und Bedürfnisse des Laboratoriums besprochen werden.

Bei dieser Unterrichtsweise lässt sich schon in der zweiten Hälfte des ersten Semesters, wenn sie nicht mehr gleichzeitig dieselben Experimente ausführen, sondern jeder nach Fähigkeiten und Kenntnissen einzeln voranschreitet, eine Classification der Practicanten in bessere, mittelmässige und schwache aufstellen. Die letzteren bleiben trotz schärfster Aufsicht und intensivster Belehrung von Seiten der Laboratoriumslehrer bald so auffallend zurück, dass man in den meisten Fällen nichts heilsameres thun kann, als ihnen zur Wahl eines anderen Berufes zu rathen.

Ich halte es für ganz verfehlt, wenn man alle jungen Leute, die in das Laboratorium eintreten, unter jeder Bedingung zu Chemikern ausbilden will. Es gibt Menschen, die absolut keinen Sinn für Chemie haben. Soll nun der Lehrer seine Zeit und Kraft den besseren entziehen, und sie auf solche Leute verwenden, wenn er sieht, dass mit grösster Anstrengung höchstens Arbeiter aus ihnen gemacht werden können? Das scheint mir nicht die Aufgabe des Lehrers einer Hochschule zu sein.

Er soll lieber die Mittelmässigen so viel wie möglich vorwärts zu bringen und die Besseren auf ihrer Stufe zu erhalten suchen.

Beide bringen es bei intensivem Unterricht in einer Arbeitszeit von 10 Stunden wöchentlich im ersten Semester und 20 Stunden in den beiden folgenden gewöhnlich im dritten Semester des Laboratoriumsunterrichts dahin, dass sie rationell experimentiren und mit Bewusstsein die Analyse anorganischer Substanzen sicher ausführen können. Da die Practicanten im zweiten Semester ihres Fachstudiums eine Vorlesung über organische Experimentalchemie und im dritten eine solche über theoretische Chemie gehört haben, so kann man sie in dem vierten Semester des Laboratoriumsunterrichts ohne Scrupel in die Untersuchungsmethoden der organischen Chemie einführen. Man lässt sie, vom Leichterem zum Schwierigeren fortschreitend unter steter Benützung der Originalabhandlungen Präparate darstellen und zunächst die Elementaranalyse derselben ausführen. Ist die empirische Zusammensetzung festgestellt, so werden physikalische Eigenschaften, das Molekulargewicht auf

chemischem und wo es möglich ist auf physikalischem Weg bestimmt und daran Untersuchungen zum Zweck der Feststellung der Constitution angeknüpft.

Ich halte es für sehr zweckmässig, wenn man die Bestimmung der physikalischen Eigenschaften und des Molekulargewichts auf physikalischem Weg nur in dem chemischen Laboratorium anwenden, aber in dem physikalischen Laboratorium unter Leitung des Lehrers der Physik erlernen lässt. Der Chemiker soll deshalb mindestens ein Semester lang wöchentlich 4 bis 6 Stunden im physikalischen Laboratorium arbeiten.

Wenn man jetzt dafür sorgt, dass die Practicanten gute Originalabhandlungen studiren, in welchen Untersuchungen über die Constitution chemischer Verbindungen niedergelegt sind, dann werden manche sehr lebhaft angeregt zu eigenen Speculationen und Ideen, die man immer zu reguliren sucht. Die Besseren finden leicht selbst ein Thema zu einer neuen Experimentalarbeit, den Mittelmässigen gibt man ein solches Thema. Wenn der Practicant über die Zeit der Uebungen hinaus ist, wenn bei ihm in Gedanke und Experiment die Selbstständigkeit erwacht, dann sollte man ihn auch aus dem Anfängerlaboratorium in die der selbstständigen Forschung geweihten Räume translociren.

Keinen Practicanten sollte man als fertigen Chemiker aus dem Laboratorium entlassen, bevor er nicht eine Untersuchung ausgeführt hat, welche eine bis dahin noch offene Frage der Chemie beantwortet, weil er sich erst damit als Forscher manifestirt und den Beweis liefert, dass er das Ziel des chemischen Studiums errungen hat.

In der angeführten Weise werden alle Practicanten, gleichgültig, ob sie sich der Technik oder dem Lehrfach widmen wollen, ganz übereinstimmend unterrichtet und geleitet. Ich bin nicht der Ansicht meines Freundes Fittig wenn er in seiner akademischen Antrittsrede sagt: «die Aufgabe der polytechnischen Schulen ist es nicht, wissenschaftliche Forscher und Gelehrte im eigentlichen Sinn des Wortes zu bilden, sie sollen vielmehr ihre Schüler mit den Kenntnissen und den Fertigkeiten ausrüsten und vertraut machen, welche die Technik und das practische Leben verlangen. Sie sind so recht eigentlich dazu bestimmt, die Resultate und Ergebnisse der streng wissenschaftlichen Forschung auf ihre Brauchbarkeit für's Leben zu prüfen und deren Anwendung zu vermitteln. Deshalb sollte auch bei der Lehrmethode auf ihnen die practische Seite der einzelnen Wissenschaften in den Vordergrund gesetzt werden, man sollte die weiter vorgeschrittenen Schüler dazu anhalten, neue Anwendungen bekannter Gegenstände fürs Leben zu suchen, aber nicht, wie es häufig, in

völliger Verkennung der Bestimmung dieser Lehrinstitute geschieht, sie zur Entscheidung rein theoretischer Fragen veranlassen.»

Ich halte es für eine völlige Verkennung der Bestimmung der polytechnischen Schulen, wenn man glaubt, dass sie ihre Schüler mit den Fertigkeiten ausrüsten sollen, welche die Technik verlangt. Das ist zumal bei dem Chemiker ganz unmöglich. Es wäre nur dann ausführbar, wenn mit den polytechnischen Schulen ein Complex von chemischen Fabriken verbunden wäre, in welchen alle Producte, welche die chemische Technik überhaupt erzeugt, fabricirt würden, wenn dann der Candidat der technischen Chemie nacheinander in allen diesen Fabriken so lange als Arbeiter diene, bis er sich alle die zur Fabrication der betreffenden Producte nöthigen Fertigkeiten angeeignet hätte. Man denke sich nur, welche enorme Lehrzeit dazu gehörte und welche complicirte Verwaltung die polytechnischen Schulen erforderten. Zur Widerlegung der Ansicht meines Freundes brauche ich nur auf die Worte zu verweisen, welche von Liebig vor vielen Jahren ausgesprochen hat und die von der grössten Mehrzahl der chemischen Fabrikanten als richtig angenommen worden sind. Er sagt: «Ein wahrhaft wissenschaftlicher Unterricht soll fähig und empfänglich für alle und jede Anwendung machen, und mit der Kenntniss der Grundsätze und Gesetze der Wissenschaft sind die Anwendungen leicht, sie ergeben sich von selbst».

Ich sehe keinen Unterschied in den Aufgaben und Zielen des chemischen Unterrichts, ob er an der Universität oder an der polytechnischen Schule ertheilt wird, sie sollen an beiden Anstalten dieselben sein: wissenschaftliche Forscher und Entdecker zu bilden. Wie ich früher an der Universität gelehrt habe, so thue ich es heute an der polytechnischen Schule, und ich sage hier wie dort allen jungen Leuten, welche sich zu technischen Chemikern ausbilden wollen: Bereiten Sie sich soweit vor, dass Sie sich an einer Universität oder polytechnischen Schule als Privatdocent der wissenschaftlichen Chemie habilitiren können, dann werden Sie von jedem chemischen Fabrikanten als tüchtig vorbereitet für das Verständniss und die Leitung der technisch-chemischen Processe anerkannt.

Von dem technischen Oberleiter einer Fabrik wird freilich heutzutage mehr verlangt, als die Kenntniss der Grundsätze und Gesetze der Chemie. Er hat nicht nur chemische Arbeiten, sondern auch die Arbeiten der Maschinen, die seit etwa 20 Jahren in grosser Zahl in den chemischen Fabriken eingeführt sind, ferner Hochbau-, Weg- und Wasserbau-Arbeiten zu leiten. Der Fabrik-

besitzer überträgt desshalb die Oberleitung seiner Fabrik nur solchen Chemikern, die ausser ihren chemischen Kenntnissen etwas von Maschinenbau, Hochbau, Weg- und Wasserbau verstehen. Wenn Fittig meinte, mit diesen Kenntnissen und der damit verbundenen Fertigkeit im Zeichnen und Construiren, welche heutzutage die Technik verlangt, könnten nur die polytechnischen Schulen vertraut machen, dann wäre ich ganz mit ihm einverstanden.

Wenn die Klage, welche man öfter zu hören hat, gegründet ist, dass aus den chemischen Laboratorien keine tüchtigen Lehrer und keine brauchbaren technischen Chemiker hervorgingen, so kann das nur so erklärt werden, dass in vielen Fällen die Unterrichtsmittel weder den ausserordentlichen Fortschritten und Anforderungen der Wissenschaft und Technik, noch der bedeutend erhöhten Theilnahme an dem Studium derselben entsprechend verbessert und vermehrt worden sind.

Man hat zwar grossartige Laboratorien gebaut, aber nicht immer daran gedacht, dass die grössere Zahl von Schülern, welche darin Platz findet, auch vermehrte Lehrkräfte erfordert. Da wo dieselben nicht eingesetzt worden sind, kann es nicht ausbleiben, dass die sogenannten absolvirten Chemiker meist nur analytische Gänge und unzusammenhängende Thatsachen im Kopfe haben, aber sich keinen Ueberblick über die Wissenschaft, keine Kenntniss von ihrem Gedankengang und von ihren Forschungsmethoden erworben haben. Sie sind in ihrer Ausbildung auf dem halben Wege stehen geblieben.

Die oben scizzirte Lehrmethode, welche ich für die allein richtige halte, erfordert, wenn sie nicht nur auf dem Papiere stehen, sondern fruchtbringend angewendet werden und die Aufgabe des chemischen Unterrichts sicher lösen soll, beträchtliche Lehrkräfte. Mit den practischen Uebungen im Laboratorium müssen die intensivsten Denkübungen verbunden sein, denn es ist in der That nichts so schwierig und doch nichts so nothwendig, als die angehenden Chemiker an's Selbstdenken zu gewöhnen und darin zu unterweisen. Die Anfänger verfallen gar zu leicht in ein gedankenloses Arbeiten nach Schema oder Recept; sie lesen nur, aber sie studiren nicht, sie manipuliren nur, aber sie experimentiren nicht, sie sehen nur, aber sie beobachten nicht, wenn sich der Lehrer nicht beständig mit ihnen beschäftigt und durch fortwährendes Examiniren über ihre Thätigkeit ihr Bewusstsein wach erhält und sie zum Nachdenken animirt oder geradezu zwingt.

Das ist aber, wie die Erfahrung gelehrt hat, nur durchzuführen, wenn für je 12 Practicanten mindestens ein Hülflehrer angestellt ist. Abgesehen

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.

Anmerkungen.

Zu (1) Pag. 9. Die grösste Mehrzahl der heutigen Chemiker ist der Ansicht, dass wir die Constitution der chemischen Verbindungen bis zu der Zusammenfügungsweise der Elementarbestandtheile zu erforschen bestrebt sein müssen. Unsere Bestrebungen in dieser Richtung sind auch bereits von den schönsten Erfolgen gekrönt worden und wir dürfen hoffen, dass die Chemiker durch weitere Vervollkommnung der Methoden nach und nach zu der Erkenntniss der relativen Constitution aller auch der complicirtesten Verbindungen vorzudringen im Stande sein werden.

Es gibt nur wenige Chemiker, und an deren Spitze Kolbe, welche es für einen Irrweg erklären, die Ergründung der Constitution der chemischen Verbindungen bis zur Bindungsweise der Elementaratome anzustreben. Kolbe hat diess zuletzt in einem Aufsatze «über die Structurformeln und die Lehre von der Bindung der Atome» ausgesprochen (Journ. f. prakt. Chemie N. F. 3. 127).

Da Kolbe in diesem Aufsatze, wenn auch nur mittelbar, meine Anschauungen über die chemische Constitution kritisirt, so finde ich mich veranlasst, das Verhältniss, in welchem seine Anschauungen zu den meinigen stehen und in erster Linie deren Entwicklungsgeschichte einer kurzen Besprechung zu unterwerfen.

Ich habe im Jahre 1863 (Zeitschr. f. Chem. 1863. 729.) die Ansicht geäussert, dass die Kolbe'sche Betrachtungsweise ebenfalls, wie die Gerhardt'sche Typentheorie, eine typische Betrachtungsweise sei, und ich muss diese Ansicht, trotzdem dass sich Kolbe schon verschiedentlich und zuletzt wieder in einer Anmerkung auf S. 132 der oben citirten Abhandlung dagegen ausgesprochen hat, auch heute noch aufrecht erhalten.

Beide Typentheorien fussen auf der Werthigkeit der Elemente. Freilichwohl existirte dieselbe in Gerhardt, als er seine Theorie aufstellte, nur als geahnter nicht als bewusster Begriff.

Nachdem Williamson schon 1851 in seiner Abhandlung über die Constitution der Salze einbasische und zweibasische zusammengesetzte Radicale angenommen hatte, wurden zuerst von Frankland im Jahre 1853 (Annalen der Chemie und Pharm. 85. 368) Gesetzmässigkeiten in den Verbindungsverhältnissen verschiedener Elemente erkannt und auf die Sättigungscapacität der letzteren zurückgeführt. (Frankland spricht (S. 371) von dreiatomigen und fünfatomigen Gruppen). Im Jahre 1854 hat Odling und in demselben Jahre Kekulé solche Sättigungsgesetze für zusammengesetzte und noch weitere Elementarradiale aufgestellt. Im Jahre 1857 (Annalen 101. 257) hat Kolbe die Anschauungsweise Franklands adoptirt und weiter ausgedehnt auf eine Anzahl Kohlenstoffverbindungen, indem er dieselben von der wasserfreien Kohlensäure (C_2O_4) ableitete. In demselben Jahre (Annalen 104. 132) trägt dann Kekulé die von Gerhardt nur geahnte Idee der Typen mit voller Klarheit in die Betrachtungsweise der Zusammensetzung chemischer Verbindungen hinein, indem er die Typen Gerhardts auf

ein-, zwei- und dreiatomige Elementaratome und in gewissem Sinne den Kohlensäuretypus Kolbe's auf das vieratomige Kohlenstoffatom zurückführt. Wiewohl Kekulé in der oben citirten und noch mehr in einer 1858 (Annalen 106. 129) erschienenen Abhandlung zu erkennen gibt, dass er es für nothwendig hält, bei der Betrachtung der Constitution der chemischen Verbindungen die Constitution der Radicale ins Auge zu fassen und bis auf die Elemente zurückzugehen, so hält er doch noch an den Typen fest, und indem er den einfachen Typen Gerhardt's und den combinirten Williamson's und Odling's noch die gemischten Typen hinzufügt, erklärt er die rationellen Formeln für blosser Umsetzungsformeln, die bei dem heutigen (d. h. von 1858) Stand der Wissenschaft nichts anderes sein könnten. Er weist aber darauf hin, dass von den verschiedenen rationellen Formeln diejenige die rationellste sei, welche die grösste Anzahl von Metamorphosen gleichzeitig ausdrücke. Ich hatte mich dieser Kekulé'schen Typentheorie vollkommen angeschlossen.

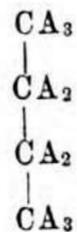
Kolbe wollte mit seinen typischen Formeln nicht nur die Umsetzung, sondern auch die Zusammensetzung d. h. die Constitution der chemischen Verbindungen ausdrücken. Er baute die zusammengesetzteren Kohlenstoffradicale aus einfacheren auf und schrieb die ersteren in sog. aufgelösten Formeln.

Die beiden typischen Betrachtungsweisen trugen aber den Mangel an sich, dass sie die chemischen Verbindungen wesentlich nur von einer Seite anschauten und sich jede Verbindung auf dem Fundament des oder der Typen errichtet dachten. Die typischen Theile wurden so zu sagen als Stamm, die Radicale als Aeste und Zweige betrachtet, während doch die typischen Theile eben so gut Radicale sind wie die Radicale als typische Theile aufgefasst werden können (vgl. Erlenmeyer's Lehrbuch der organ. Chemie S. 230 u. f.). Wenn man mit Gerhardt den Rest einer Verbindung, welcher bei einer Reaction unangegriffen geblieben ist, als Radical bezeichnet, dann sind auch die typischen Theile, als solche Reste, Radicale. In dieser Meinung habe ich im Jahre 1861 angefangen, die chemischen Verbindungen als Vereinigungen von Radicalen zu betrachten, indem ich die Werthigkeit (vgl. Zeitschr. für Chemie 1860. 540) der letzteren aus der Werthigkeit und der Zusammenfügungsweise ihrer Elementarbestandtheile ableitete (vgl. Zeitschr. für Chemie 1861. 362 und 363; 606; 660 etc.). Ich habe so mit der typischen Betrachtungsweise gebrochen und aufgehört, die Verbindungen einseitig zu betrachten. Später habe ich die zusammengesetzteren Radicale in einfachere aufgelöst, wie es schon Kolbe gethan hatte, und schliesslich habe ich auch diese, wie es Kekulé schon vorgeschlagen hatte, bis zu den Elementen gegliedert. Aber ich habe für viele Betrachtungen und selbst für die Classification die zusammengesetzten Radicale benutzt und halte das heute noch für sehr zweckmässig (vgl. mein Lehrb. d. org. Chemie). Dabei versteht es sich von selbst, dass ich mir immer soweit diess möglich ist, über die Constitution der Radicale Rechenschaft gebe, allein niemals, wie diess meine Classificationsweise deutlich zeigt, die Annahme mache, dass die Radicale chemisch unveränderliche Atomgruppen seien.

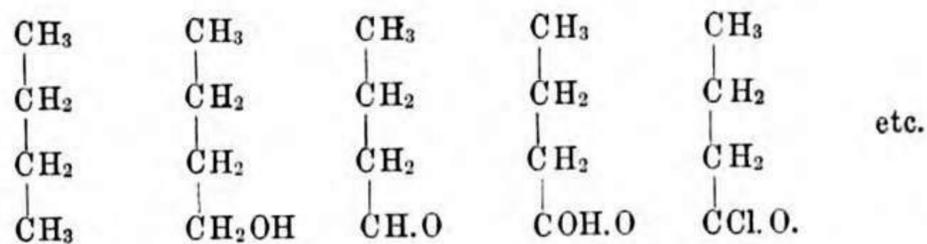
Die complicirter zusammengesetzten Kohlenstoffverbindungen sind wie die einfachsten in letzter Linie aus Atomen zusammengesetzt, aber alle einzelnen Kohlenstoffatome sind mit bestimmten Atomen anderer Elemente verbunden zu Radicalen, deren Zusammensetzung durch

die allgemeinen Formeln $\overset{\text{I}}{\text{CA}_3}$, $\overset{\text{II}}{\text{CA}_2}$, $\overset{\text{III}}{\text{CA}}$, $\overset{\text{IV}}{\text{C}}$ ausgedrückt werden kann, wenn man mit A eine Affinitätseinheit, einen Verbindungswerth oder eine Werthigkeit irgend welcher anderen

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

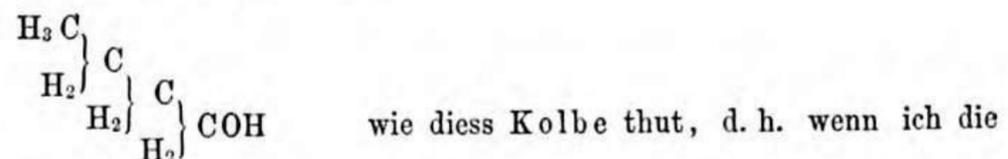


ist z. B. die allgemeine Formel für eine ganze Reihe von Verbindungen mit 4 Atomen Kohlenstoff, wie beispielsweise die folgenden Formeln zeigen:



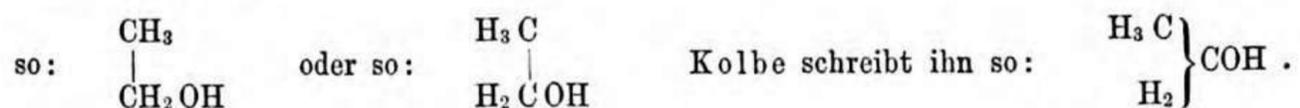
Man kann in allen diesen Verbindungen das gemeinschaftliche zusammengesetztere Radical C_4H_7 annehmen, nachdem man sich von seiner Zusammensetzungsweise Rechenschaft gegeben hat und weiss, dass es aus CH_3 und zweimal CH_2 und nicht aus zweimal CH_3 und CH besteht etc.

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



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.»

Ich gehöre zu denen, welchen das Methyl des Aethylalkohols als wirklich existirendes Substituens von 1 At. Wasserstoff gilt und zu denen, welche daraus folgern, 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 sie vertritt, aber ich folgere weiter: Nicht allein obgleich, sondern weil diess so ist, muss der Kohlenstoff dieses Methyls direct an dem andern Kohlenstoffatom des Aethylalkohols hängen und zwar natürlich nur, weil in Folge seiner Zusammensetzung das Methyl einwerthig ist.

Da Kolbe (S. 127) zugibt, dass er auf der Atomigkeitslehre fusst, und (S. 129), dass das Methyl in Folge seiner Zusammensetzung einwerthig ist, so muss er auch zugeben, dass die Einwerthigkeit desselben dadurch verursacht ist, dass von den 4 Werthigkeiten des Kohlenstoffatoms nur drei durch Wasserstoff gesättigt sind und die vierte noch durch ein einwerthiges einfaches oder zusammengesetztes Radical gesättigt werden kann resp. ein Atom Wasserstoff direct zu substituiren im Stande ist. Wenn daher das Methyl mit dem Hauptkohlenstoffatom des Alkohols eben so verbunden zu denken ist, wie das einfache Wasserstoffatom, dessen Stelle es vertritt, so heisst das doch nichts anderes als 1 Kohlenstoffatom (in Gemeinschaft mit 3 Atomen Wasserstoff als Methyl) (S. 128) hängt sich mit seiner vierten Werthigkeit direct an eine Werthigkeit eines andern Kohlenstoffatoms, von welchem 2 Werthigkeiten durch 2 At. Wasserstoff und eine durch Hydroxyl gesättigt ist, oder, um in der früheren Sprache Kolbe's zu reden: Ein Angriffspunkt des einen Kohlenstoffatoms setzt sich an einen Angriffspunkt eines andern Kohlenstoffatoms an, wenn sich das Radical Methyl mit dem Radical der primären Alkohole $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ verbindet. Es gibt kaum ein Verhältniss, das leichter verständlich wäre, als dieses.

Nun hat aber die Kolbe'sche Betrachtungsweise noch eine andere Seite, durch welche sie sich von der meinigen und der heutigen Betrachtungsweise der meisten andern Chemiker unterscheidet, das ist die typische Einseitigkeit, die Kolbe beibehalten hat. Er sagt S. 128: «Nach meiner Auffassung gleicht die Constitution einer chemischen Verbindung derjenigen eines gut organisirten constitutionellen Staates mit einem Oberhaupte und mehreren ihm näher oder entfernter stehenden untergeordneten Gliedern, welche so organisirt sind, dass darin an die Stelle des einzelnen Individuums eine aus verschiedenen Individuen bestehende Gruppe von gleichem Rang fungiren kann. Als Beispiel mögen die Homologen des Methylalkohols dienen.»

«Von den 2 Kohlenstoffatomen des Aethylalkohols steht das eine in dem Range über dem andern und fungirt, um in dem Vergleich fortzufahren, als Oberhaupt der Verbindung. Es ist diess dasselbe Kohlenstoffatom, welchem im Methylalkohol die 4 Glieder H, H, H und OH unterstellt sind. Wenn überhaupt darüber ein Zweifel sein kann, dass im Aethylalkohol das zweite Kohlenstoffatom für die ganze Verbindung eine ganz andere und zwar untergeordnetere Bedeutung hat, als jenes dominirende erste Kohlenstoffatom, so braucht man nur zu bedenken, dass wenn das zweite Kohlenstoffatom in Gemeinschaft mit 3 At. Wasserstoff als Methyl an die Stelle von 1 At. Wasserstoff in jenen Methylalkohol substituierend eingetreten ist, der chemische Charakter dieses letzteren dadurch wenig alterirt wird, dass mithin jenes zweite Kohlenstoffatom für das Bestehen einer Verbindung von den Eigenschaften des Alkohols nicht nothwendig, das erstere dominirende Kohlenstoffatom dagegen unentbehrlich ist. Selbstverständlich spielt im

Propylalkohol das dritte Kohlenstoffatom, welches mit 3 At. Wasserstoff als Methyl in das Methyl des Aethylradicals für 1 At. Wasserstoff sich einfügt, eine noch untergeordnetere Rolle.»

Jenes dominirende Kohlenstoffatom ist dasjenige, an welchem sich Hydroxyl befindet, das die ganze Verbindung zum Alkohol stempelt, an welchem sich ausserdem 2 Atome Wasserstoff befinden, die den Alkohol zu einem primären Alkohol machen. Man kann es desshalb wohl das «Hauptkohlenstoffatom des Alkohols» nennen, aber ich würde es vorziehen zu sagen,

das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ ist das Hauptradical oder das unbedingt nothwendige oder schlechthin das Radical der primären Alkohole; denn es ist Gattungscharakter der primären Alkohole, dass sie das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ enthalten. Das lehre ich schon seitdem Kolbe die secundären und tertiären Alkohole (mit den respectiven Radicalen $\overset{\text{II}}{\text{CHOH}}$ und $\overset{\text{III}}{\text{COH}}$) prognosticirt hat.

Die Verbindungen, welche das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ enthalten, sind einer Reihe von Veränderungen fähig, die charakteristisch sind für die primären Alkohole, sie erfahren diese Veränderungen, weil sie das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ enthalten und sie erleiden sie an diesem Radical, während alle andern Radicale, die sie noch enthalten, unverändert bleiben können. *) Wie sich Kolbe aber bei näherer Betrachtung dieser Verhältnisse dazu verleiten lassen konnte, den Boden der Radicale zu verlassen und auf die Elemente zurückzugehen, das verstehe ich nicht, denn es ist nicht das fette Kohlenstoffatom, das einer Verbindung den Charakter eines primären Alkohols verleiht, sondern es ist das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$.

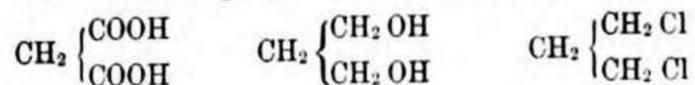
Eben so wenig verstehe ich, wie Kolbe zu dem Schluss geführt werden konnte, dass das Kohlenstoffatom des Radicals $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ die Kohlenstoffatome der andern Radicale der Homologen des Methylalkohols dominiren**) könne, wenn er nicht zugleich zugeben will, dass die Kohlenstoffatome selbst (nicht, blos die Radicale, wie er meint) zusammenhängen.

In den 2basischen Carbonsäuren denkt sich Kolbe zwei dominirende Kohlenstoffatome von gleicher Rangstufe. Nach gewissen Anschauungen Kolbe's muss einer jeden 2basischen Carbonsäure ein primärer Dialkohol entsprechen, der ebenfalls 2 dominirende Kohlenstoffatome enthält, von denen jedes mit 2 At. Wasserstoff und mit Hydroxyl verbunden ist. Aus diesem

*) Wenn eine Verbindung das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ zweimal enthält, dann ist sie ein primärer Dialkohol und kann zweimal alle die Veränderungen erleiden, deren der primäre Monoalkohol nur einmal fähig ist etc.

**) Ich würde es für richtiger halten, das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ das dienende zu nennen; denn es muss in sehr vielen Fällen für die ganze Verbindung die chemischen Dienste verrichten, es spielt gewissen Feinden gegenüber, die wir gewöhnlich Reagentien nennen, die Rolle des Vorpostens der ganzen Verbindung, insofern es zuerst angegriffen wird. Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass nicht alle Reagentien zuerst auf das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2\text{OH}}$ losgehen, dass es auch solche gibt, welche das Methyl des Aethylalkohols zuerst angreifen. Dem Chlor gegenüber ist das Methyl der Vorposten oder das dienende resp. dominirende Radical.

Dialkohol müssen sich Halogenüre darstellen lassen, welche wieder 2 dominirende Kohlenstoffatome enthalten. Denken wir uns als zweibasische Säure die Malonsäure, so wird der betreffende Alkohol und dessen Chlorür durch folgende Formeln auszudrücken sein:



Kolbe spricht in seiner oben citirten Abhandlung S. 130 von einem grechlornten Propylchlorür. Er meint, es werde, wenn man darauf ausginge, nicht schwer sein, ein Propylchlorür darzustellen, in dessen untergeordnetstem Methylatom noch 1 Atom Wasserstoff durch Chlor vertreten ist und spricht die Ansicht aus, dass dasselbe beim Erhitzen mit wässriger Kalilauge analog dem grechlornten Propionsäurechlorid nur 1 Atom Chlor gegen Hydroxyl austauschen würde. Abgesehen davon, dass der Vergleich mit dem Chlorpropionsäurechlorid hier nicht statthaft ist,*) weil das Radical $\overset{\text{I}}{\text{COCl}}$ sein Chlor bekanntlich weit leichter (schon beim Zusammentreffen mit Wasser) gegen Hydroxyl austauscht, als das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2 \text{Cl}}$, so ist doch andererseits bekannt, dass auch selbst das letztere z. B. in der Monochloressigsäure sein Chlor gegen Hydroxyl vertauscht, wenn man mit wässrigem Kalihydrat kocht.

Herr Geromont hat in meinem Laboratorium das dem Kolbe'schen Chlorür entsprechende Bromür dargestellt und daraus den Di-essigester und aus diesem den Dialkohol erhalten. Kolbe wird diesen Alkohol als hydroxylierten Propylalkohol betrachten, aber es wird ihm schwer werden zu entscheiden, welches von den beiden Radicalen $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2 \text{OH}}$ dem «untergeordnetsten Methylatom» entspricht und welches das dominirende Kohlenstoffatom enthält; denn es wird nicht möglich sein, zwei isomere Chlorhydrine daraus zu gewinnen. Wir halten diesen Alkohol für den Alkohol der Malonsäure und können uns gar nicht denken, dass er etwas anderes sein sollte.

Kolbe ist Typiker geblieben, während die meisten anderen Chemiker den typischen Standpunkt verlassen haben. Er betrachtet die chemischen Verbindungen nicht als solche nach ihrer ganzen Zusammensetzung und Constitution und allen dadurch bedingten Eigenschaften, sondern nur als Alkohole, als Aldehyde, als Carbonsäuren, als Sulfonsäuren, als Amine etc. etc. Der Wasserstoff in der Ameisensäure hat für ihn denselben Werth wie das Methyl in der Essigsäure, wie das Normalpropyl in der Normalbuttersäure, wie das Pseudopropyl in der Isobuttersäure und er denkt nicht daran, wie enorm verschiedene chemische Eigenschaften diese Verbindungen haben, die bedingt sind durch die untergeordneten, untergeordneteren und untergeordnetsten Radicale, die untereinander und mit dem dominirenden Kohlenstoffatom verbunden sind. Die Stearinsäure ist für Kolbe eine Verbindung mit denselben sauren Eigenschaften

*) Man sieht hier recht deutlich, dass man allerdings auf Irrwege geräth, wenn man (am unrechten Ort und nur einseitig) auf die Elemente zurückgeht. Nicht das Kohlenstoffatom als solches hat die dominirenden Eigenschaften, sondern das Radical $\overset{\text{I}}{\text{COCl}}$, beziehungsweise das Radical $\overset{\text{I}}{\text{CH}_2 \text{Cl}}$.

wie die Essigsäure; denn das dominirende Kohlenstoffatom kann sich doch nicht von den 17 anderen Kohlenstoffatomen und den 35 Wasserstoffatomen dominiren lassen. *)

Kolbe ist auf dem Standpunkt angekommen, dass er z. B. in der Stearinsäure 18 unterschiedliche Kohlenstoffatome annehmen muss, und man wird unwillkürlich daran erinnert, wie er einst (Kolbe's Lehrbuch I. 52) Gerhardt apostrophirte, weil dieser in dem Eisenchlorür und dem Eisenchlorid zwei verschiedene Eisen annahm.

Wenn man daran denkt, dass man, wie Schorlemmer gezeigt hat, durch Vereinigung von 2 Methylradicalen, die demselben Methylchlorür entstammen, Dimethyl oder Aethylhydrür darstellen kann, in welchen sich ein Wasserstoff durch Chlor und dann durch Hydroxyl ersetzen und so gewöhnlicher Aethylalkohol darstellen lässt, wie man immer von demselben Methylchlorür, das man ursprünglich anwendete, Methyl mit Aethyl, Propyl etc. verbinden kann und aus den erhaltenen Kohlenwasserstoffen wieder Alkohole, Aldehyde, Säuren etc. gewinnen kann, ohne dass man weiss, ob Wasserstoff in dem ersten oder letzten Methyl durch Hydroxyl vertreten wird, so begreift man nicht, wie Kolbe es für möglich hält, die einzelnen Kohlenstoffatome typisch und typographisch von einander zu unterscheiden.

Kolbe gibt in seiner Abhandlung auf S. 133 zwei, wie er sagt, «wahrhaft unbegreifliche Strukturformeln, welche für das Diämylen und dessen Oxydationsproduct vorgeschlagen und discutirt sind . . . , um an einem Beispiel darzuthun, wie bestechend für junge Chemiker die Lehre von der Bindung der Atome sein muss, da sie auch Unerfahrene befähigt, subtile Fragen zu discutiren und darüber zu philosophiren.» «Er sagt dann: «Der reifere Chemiker weiss und hat es hundertmal selbst erfahren, dass die Natur sich ihre Geheimnisse so leicht nicht ablauschen lässt.»

Ich muss hier zunächst bemerken, dass ich an der Aufstellung der beiden Kolbe unbegreiflichen Strukturformeln grossen Antheil habe. Es kommen desshalb auch Radicale darin vor und zwar solche von den Formeln $\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{CH}$, die aber begreiflicher Weise nicht durch geschwungene, sondern durch gerade Klammern miteinander verbunden sind. Dann möchte ich die Ansicht aussprechen, dass es selbst für reifere Chemiker weit schwieriger sein dürfte, die chemischen Verbindungen nach allen chemischen Eigenschaften in ihrer ganzen Constitution zu studiren, als sich damit zu begnügen, nur ihr Oberhaupt kennen zu lernen; aber trotz der grösseren Schwierigkeit der ersteren Aufgabe wird man an deren Lösung nicht verzweifeln. Das Geheimniss, ob eine Verbindung ein Alkohol oder ein Aldehyd oder eine Säure oder eine Amin etc. ist, ob die Verbindung ein einfaches oder ein aus zwei oder drei combinirtes Kolbe'sches Oberhaupt hat, lässt sich die Natur unschwer ablauschen und es ist kaum mehr möglich, jedenfalls nicht nöthig, darüber noch zu philosophiren. Es scheint mir, dass gerade wegen der geringeren Schwierigkeit dieser letzteren Aufgabe sich an deren Lösung jüngere, unerfabrene Chemiker weit eher betheiligen können als an der Lösung jener weitergehenden, schwierigeren Aufgabe.

*) Wenn die Stearinsäure das Normalalkoholradical $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$ enthält, was wir noch nicht wissen, so würde Kolbe nach seiner Einschachtelungstypographie von S. 129 das untergeordnetste Methyl darin so klein schreiben müssen, dass man ein Mikroskop nöthig hätte, um es noch zu sehen.

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.