

# Zeitschrift für angewandte Chemie.

1902. Heft 25.

## Vorträge, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Düsseldorf am 22. und 23. Mai 1902.

### Der theoretische Anfangsunterricht der Chemiker.

Von Dr. Wilhelm Staedel.

Angesichts all des Grossartigen, das auf der Reise hierher den Blick gefesselt, und mehr noch Angesichts des imposanten Denkmals, das sich in der hiesigen Ausstellung deutscher Fleiss und deutsche Thatkraft gesetzt haben und das ich den Triumph der That nennen möchte, der Deutschlands Ruhm in alle Lande tragen soll, könnte mich fast ein Gefühl der Bangigkeit beschleichen, da ich es unternehme, vor einem Kreise von Männern, die eben an diesem Erfolge so wesentlichen Anteil haben, ein Thema zu behandeln, das so ganz der Gedankenwelt des Theoretikers anzugehören scheint, wenn mich nicht die Überzeugung erfüllte, dass gerade aus dieser Gedankenwelt ein gutes Theil des Samens hervorgegangen ist, der, befruchtet durch das energetische Wollen thatkräftiger Männer, diese Erfolge ergeben hat.

Selbst der flüchtigen Beobachtung kann es nicht entgehen, dass seit geraumer Zeit eine mächtige Bewegung die chemische Welt durchzieht. Sowohl die wissenschaftlichen, als die technischen Kreise wurden von ihr berührt. Aus letzteren ertönte zuerst der Ruf nach Reform.

In zwei Forderungen liess er sich zusammenfassen. Ein Staatsexamen für Chemiker wurde verlangt. Es sollte der Technik die Gewähr verschaffen, dass nur tüchtig vorgebildete Leute sich dem Berufe eines chemischen Technikers zuwenden.

Die zweite Forderung galt einer Vertiefung und Erweiterung des Unterrichts in der anorganischen Chemie.

Beide Forderungen fanden lebhaften Widerhall in wissenschaftlichen Kreisen. Erstere allerdings, um vorerst durch Schaffung der sogenannten „Verbandsprüfung“ erledigt zu werden, letztere, um eine Controverse ins Leben zu rufen, deren Ende vorläufig noch nicht abzusehen ist.

Meines Erachtens liegt der beiden Forderungen gemeinsame Kernpunkt in der Frage nach der Grundlage, auf der das chemische Studium aufgebaut werden soll, in der Frage nach der Ausgestaltung des Anfangsunterrichtes der Chemiker.

Vor einem Jahr hat Herr Otto N. Witt auf der Hauptversammlung in Dresden über die Ausbildung der Chemiker für die Technik gesprochen. Ich glaube wohl, Herr Witt hat mit seinen Ausführungen der übergrossen Mehrzahl aller Chemiker aus der Seele geredet. Vor allem wird man ihm beistimmen müssen, wenn er das Hauptgewicht des chemischen Unterrichts in das Laboratorium, nicht in den Hörsaal verlegt, wenn er betont, wie gerade für den Chemiker das Können neben dem Wissen unbedingtes Erforderniss für künftige Leistungsfähigkeit ist, wie gerade dasjenige Wissen, das durch andauernden Fleiss und mühsames Ringen im Kampf mit experimentellen Schwierigkeiten errungen wurde, fruchtbringend und werthvoll ist. In keiner andern Wissenschaft ist wohl die Kunst des Experimentirens so unbedingte Voraussetzung für das Eindringen in das Wesen der Sache, wie in der Chemie. Die Kunst setzt das Können, die Wissenschaft das Wissen voraus und die Chemie ist nicht nur eine Wissenschaft, sie ist auch eine Kunst. Das sollte beim Unterricht nie aus dem Auge verloren werden.

Es ist nicht meine Absicht, auf die Gestaltung des chemischen Unterrichts im Allgemeinen näher einzugehen. Dies ist in so trefflicher Weise schon von Andern behandelt worden, dass kaum etwas Neues und zugleich Gutes gesagt werden könnte. Nur einen besonderen Abschnitt möchte ich herausgreifen und näher beleuchten.

Ob und wie weit theoretischer Unterricht gleich zu Anfang des chemischen Studiums einzusetzen hat, ist eine Frage, die auch in ihrer Allgemeinheit nicht zu allen Zeiten gleichmässig zu beantworten war, und noch mehr verschieden konnte zu verschiedener Zeit die Antwort ausfallen auf die Frage,

welche Theorien sollen im Anfangsunterricht des Chemikers Verwerthung finden.

Es schien mir eine dankenswerthe Aufgabe, diese Frage einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen, und gerne bin ich dem Er suchen nachgekommen, vor dem versammelten Verein deutscher Chemiker das Resultat dieser Prüfung vorzutragen.

Von den Zeiten Stahl's bis zu unseren Tagen vollzieht sich eine lange Entwicklung der Chemie und kaum ist man geneigt, noch eine Parallele zwischen damals und heute zu ziehen. Und doch ist es derselbe Geist, der damals zur Aufstellung der ersten umfassenden chemischen Theorie, der Phlogistontheorie führte, der auch heute noch lebendig ist. Im Wesen ist es die gleiche Gedankenarbeit, die vor bald 200 Jahren in so heterogenen Erscheinungen wie das Verbrennen einer Kerze und das Rosten des Eisens das Gemeinsame erkennen liess, welche heute uns neue Aufschlüsse über die Natur der Stoffe giebt, die zur Auffindung so wunderbarer Stoffe wie die Jodoniumverbindungen führte, die uns die basische Natur des Sauerstoffs erkennen liess. Es ist das specifisch chemische Denken, das Denken in Reactionen, was zu früheren Zeiten einen Scheele befähigte, eine solche Fülle neuer Stoffe zu entdecken, und heute es ermöglicht die künstliche Darstellung des Indigos, des Zuckers, des Coniins u. A. zu finden.

Es entwickelt sich aus dieser Arbeit eine ganz besondere Eigenthümlichkeit, eine besondere Fähigkeit des Geistes, die schwer zu definiren ist, die Ähnlichkeit hat mit der künstlerischen Befähigung. Clemens Winkler hat erst kürzlich wieder einmal an diese geistige oder seelische Qualität erinnert. Er nannte sie das chemische Gefühl.

In besonders lichtvoller Darstellung hat uns Jacob Volhard in seiner 1870 erschienenen Schrift <sup>z</sup> Die Begründung der Chemie durch Lavoisier <sup>z</sup> das Wesen dieser geistigen Besonderheit durch Gegenüberstellung der Arbeiten Lavoisier's und seines Zeitgenossen Scheele geschildert.

Die Keime solcher seelischen Qualitäten sind angeboren, aber sie können verkümmern und zu Grunde gehen oder sie können unter günstigen Bedingungen sich entwickeln und zu gewaltigen Kräften entfalten. Das hoch entwickelte chemische Denken ist ihre Frucht.

Die oberste und erste Pflicht des Lehrers ist, die jungen Leute, die Chemiker werden wollen, das chemische Denken zu lehren. Das wird natürlich am ausgiebigsten beim praktischen Unterricht im Laboratorium erreicht. Aber auch in der ersten grundlegen-

den Vorlesung kann hier viel gewonnen werden. Hier setzt der richtig geführte theoretische Unterricht ein.

Wie ein solcher zu ertheilen ist, dafür können specielle Regeln kaum gegeben werden. Die Individualität des Lehrers fällt allzusehr ins Gewicht. Aber allgemeine Gesichtspunkte lassen sich finden, von denen aus das Ganze der Aufgabe betrachtet werden kann.

Es ist seit alten Zeiten Gebrauch, in der Hauptvorlesung über anorganische Chemie die chemischen Elemente und ihre Verbindungen zu besprechen in einer dem jeweiligen Stande der Wissenschaft entsprechenden Reihenfolge. Es werden die Darstellungen und Eigenschaften dieser Stoffe erklärt und wo möglich durch anschauliche Versuche erläutert. Begnügt sich der Lehrer aber damit, flicht er günstigen Falles da und dort Bemerkungen über praktische Verwerthung chemischer Kenntnisse in der Industrie, in den Gewerben und im täglichen Leben ein, so hat er m. E. den Haupittheil seiner Aufgabe übersehen, nicht erfüllt.

Nicht die Eigenschaften der Stoffe an sich, nicht deren Verwerthung in der Praxis ist für den Anfangsunterricht das Wichtigste, sondern die Frage, wie sich durch die Summe aller Eigenschaften ein Stoff charakterisiren lässt, wie die chemischen Charaktere der verschiedenen Stoffe zu einander in Beziehung treten. Vergleiche der verschiedenen Stoffe miteinander, Hervorhebung der Ähnlichkeiten und Unterschiede und damit Gewinnung eines Überblicks über eine Gruppe von Erscheinungen, eine Gruppe von Stoffen ist das Wesentlichere. Die Eintheilung der chemischen Elemente nach dem periodischen System scheint mir hier eine vorzügliche Basis zu sein. Die Zusammenfassung der Elemente in Gruppen, die Beziehung der einzelnen Gruppen zu einander muss eingehend gewürdigt werden.

Man werfe mir nicht ein, dass dies für den ersten Anfangsunterricht zu schwierig sei, dass es nicht gelinge, die Hörer zu einem einigermaassen selbständigen Urtheil so bald schon zu bringen. Meine persönliche Erfahrung beweist mir das Gegentheil. Freilich muss die in der ersten Vorlesung gewonnene Einsicht nachher durch ständige Verwerthung gefestigt werden. In solcher Arbeit entwickelt sich das chemische Denken, entfaltet sich das chemische Gefühl.

Ist erst einmal die Fähigkeit geweckt, das chemisch Mögliche oder Wahrscheinliche zu erkennen, dann werden auch Hinweise auf praktische Verwerthung chemischer Erscheinungen oder chemischer Stoffe ein ver-

tieftes Interesse erregen. Und solche Hinweise werden dann das Studium allen denen besonders anziehend machen, die befähigt, sich vom Einzelnen zum Ganzen zu erheben, die bestrebt sind, ihren Blick auf das Grosse zu richten.

Ja es wird dann auch die Besprechung der wirthschaftlichen Bedeutung chemischer Arbeit zeitweilig ihre Stelle finden und sich passend in den Rahmen des Ganzen einfügen lassen. Solche Darstellung wird den Hörer ohne Frage zu eignen Studien anregen, wird ihm Veranlassung sein, sich in der Litteratur umzusehen, um das in der Vorlesung Gehörte zu erweitern und zu ergänzen. Darum darf es mit grösster Freude begrüsst werden, dass wir in dem so reichhaltigen Werke: „Lehrbuch der anorganischen Chemie von H. Erdmann“ ein Werk haben, das mit feinem Verständniss für das, was das tiefste und innerste Wesen chemischer Forschung ausmacht, abgefasst ist. Es ist der alte gute Geist, der uns aus diesem Buch entgegenkommt, der Geist, der in einem Stahl und Scheele, einem Berzelius, Liebig und Wöhler lebendig war und der in diesen Heroen unseres Faches zu so gewaltiger Grösse sich entwickelt hatte. Der Geist, dem auch heute noch die hervorragendsten Leistungen entflossen und der noch immer der Urgrund alles chemischen Wirkens und Schaffens ist.

Von diesem Geist erfüllt, haben die Chemiker früherer und heutiger Zeit das ungeheure Material von Thatsachen zusammengebracht, das wir heute in unserem Besitz sehen, das in tausenden von Gestalten den Menschen zu Nutzen kommt, das den Inhalt grosser, mächtiger und blühender Industrien bildet und damit einer der Grundsteine der öffentlichen Wohlfahrt aller Culturvölker ist.

Und jener Geist hat auch Ordnung in dieses Thatsachenmaterial gebracht, hat auf ihm weittragende Theorien aufbauen können. Von der Phlogistontheorie bis zur heutigen Structurlehre, welche lange Kette wissenschaftlicher Theorien, die alle diesem Geiste entfloßen sind!

Aber für die Beantwortung der wichtigsten Frage, der Frage nach dem Wesen aller der Erscheinungen, nach dem Urgrund chemischen Geschehens, gebrauchte auch er eine Führung. Er suchte und fand sie in der Anlehnung an die exactere Wissenschaft, an die rechnende Physik.

Das Affinitätsproblem, so alt als das chemische Wissen, konnte nur einer Lösung entgegengeführt werden unter Zuhilfenahme exakter physikalischer Methoden, im lebendigsten Zusammenwirken von Chemie und

Physik. Des Öfteren hat das Verkennen dieser Forderung zu ungenauen oder gar unrichtigen Ergebnissen geführt. Zu ihrem eignen Schaden hat die Chemie nicht immer die Resultate physikalischer Forschung bereitwillig angenommen.

Und auch auf einem andern Gebiete konnte sie der Hülfe des Physikers nicht entrathen. Die genaue Definition der Molecular- und Atomgewichte und damit die Grundlage für den Aufbau ihrer Sprache gelang der Chemie erst, nachdem der Satz von Avogadro allgemein anerkannt worden war.

Dieser, im Jahre 1811 bereits ausgesprochen und wohl begründet, hat doch erst 50 Jahre später das Bürgerrecht in der Chemie erhalten.

Wie viel Verworrenheit, wie viel Mühe und Arbeit wäre erspart geblieben, wäre das früher geschehen. Aber wiederholte ältere Versuche, es durchzusetzen, scheiterten an dem Widerstande der Chemiker, die glaubten, das Problem, die genaue Definirung der Molecular- und Atomgewichte, auf rein chemischem Wege erreichen zu können.

Das Affinitätsproblem einerseits, die Atomlehre und die daraus hervorgewachsene Zeichen- und Formelsprache andererseits bilden die grossen theoretischen Aufgaben der Wissenschaft. Wenn wir der Lösung dieser Aufgaben heute näher gekommen sind, wenn wir heute einen Maassstab für die Affinität in der sogenannten freien Energie erkennen können, wenn wir über den Werth und die innere Berechtigung der Atomlehre heute andere, abgeklärtere Vorstellungen haben als die Begründer derselben, und wenn im Gefolge dessen unsere Sprache auf eine höhere Stufe der Entwicklung gekommen ist, so verdanken wir das der Anwendung physikalischer Gesetze.

Die Anwendung des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik in der Thermochemie und die durch Helmholtz, Horstmann, W. Gibbs und insbesondere durch van't Hoff mit so glänzendem Erfolge durchgeführte Anwendung des zweiten Hauptsatzes auf chemische Vorgänge haben die theoretische Chemie auf eine höhere Stufe gehoben, haben Gebiete der exacten Forschung erschlossen, die vorher kaum bekannt oder zum Wenigsten unzugänglich waren.

Und dass von dieser gewaltigen Entwicklung der theoretischen Chemie auch die Praxis wissenschaftlich chemischer Arbeit, ja des Weiteren die praktische Anwendung der Wissenschaft in der chemischen Industrie ihre Vortheile geniessen kann, wer wollte das leugnen?

So sehen wir ein besonderes Arbeitsgebiet gerade in den letzten Decennien sich mächtig entfalten: die physikalische Chemie. In ihren Anfängen bis auf Robert Boyle zurückzuführen, in hervorragender Weise gefördert durch Lavoisier und dann durch Gay Lussac, hatte sie auch in der Folgezeit hervorragende Vertreter. Nennen wir nur die Namen H. Kopp und R. Bunsen, von den noch Lebenden zu schweigen; aber in neuerer Zeit, seit etwa 20 Jahren, hat sie gerade in Folge der Verwerthung der Thermodynamik einen früher ungeahnten Aufschwung genommen. Ganz neue Gesichtspunkte haben sich ergeben und tiefgreifende Änderungen in den Vorstellungen der Chemiker mussten Platz greifen. Die gesammte Wissenschaft ist mit einem Worte durch die neuere physikalische Chemie auf eine höhere Stufe gehoben worden.

Es kann m. E. keinem Zweifel unterliegen, dass dieser Thatsache schon beim ersten Anfangsunterricht in der Chemie Rechnung getragen werden muss. Nur darüber kann man verschiedener Meinung sein, wie weit man gehen soll. Dass das Affinitätsproblem in seiner heutigen Gestalt hier nicht in Frage kommen kann, liegt für mich ebenso ausser Frage, wie dass die Grundlage für dessen Lösung, die Lehre der chemischen Energie, das Massenwirkungsgesetz, die Lehre der chemischen Gleichgewichte und die Lehre der elektrolytischen Dissocation die theoretischen Grundlagen des Anfangsunterrichts bilden müssen.

Und noch ein Anderes! Die Atom- und Molecularhypothese bildet die Grundlage der naturwissenschaftlichen Theorien. Sie ist dem Chemiker das Mittel zum Aufbau einer Sprache, die es ihm ermöglicht, seine Erfahrungen international verständlich zu beschreiben.

Aber fragen wir uns: Ist denn mit der Vorstellung, dass die chemischen Vorgänge aus dem Wechselspiel der kleinsten Masse-theilchen, der Atome und Moleküle hervorgehen, eine Erklärung derselben verbunden? Ist diese Vorstellung mehr als ein Bild, als ein Gleichniss? Deckt sie die Wirklichkeit? So müssen wir diese Frage mit „Nein“ beantworten.

Die Atomhypothese allein gestattet uns noch lange keine Erklärung der chemischen Vorgänge. Sie giebt uns z. B. auch entfernt noch kein Verständniss dessen, warum aus gasförmigem Sauerstoff und Wasserstoff das flüssige Wasser entsteht, warum bei der Entstehung chemischer Verbindungen aus ihren Elementen die Eigenschaften letzterer verschwinden und neue entstehen. Aber sie

giebt uns ein Bild, das unserem Bedürfniss nach Anschauung zunächst genügt. Je vollkommener dieses Bild, dieses Gleichniss mit unseren Erfahrungen übereinstimmt, um so werthvoller ist es uns.

Und es ist ein glänzendes Zeugniss für den Scharfsinn und die Erfindungskraft der Begründer dieser Hypothese, dass sie die Probe des letzten Jahrhunderts bestanden hat, ja dass sie heute nach einer geradezu beispiellosen Entwicklung aller der Wissenschaften, die mit der Materie zu thun haben, fast noch werthvoller und in mancher Hinsicht unentbehrlicher ist als zur Zeit ihrer Geburt. Aber sie ist auch heute noch nur eine Hypothese, sie gewährt uns nur ein allerdings wunderbar treffendes Gleichniss.

Und von einer solchen Hypothese muss sogleich beim Beginn des chemischen Unterrichts Gebrauch gemacht werden. Gründet sich darauf doch unsere Sprache, und die Sprache des Chemikers sprechen und schreiben soll der Anfänger gründlich erlernen. So arbeiten wir beim Unterricht fortwährend mit einem Bilde, mit einem Gleichniss. Durch anschauliche Versuche machen wir die Hörer mit den chemischen Vorgängen bekannt, und dann sind wir geneigt, das Gesehene in einer abstracten Sprache näher zu beschreiben.

Kein Wunder, dass der Hörer geneigt ist, das, was wir ihm in der chemischen Formelsprache sagen, nicht als Abstraction, sondern als Wirklichkeit zu betrachten. Die Atome werden ihm zu Realitäten und das Bild wird ihm zur Wirklichkeit.

Nicht genug kann davor gewarnt werden, in diesen Fehler zu verfallen. Eine Hauptschwierigkeit für den akademischen Lehrer liegt nun in den Vorurtheilen, die nur zu viele der Chemiestudirenden auf die Hochschule mitbringen. In vielen Mittelschulen wird ja schon Chemie gelehrt. Meist in recht dogmatischer Weise wird dort auch die Atomhypothese als Theorie behandelt und der Schüler gewöhnt sich daran, alle chemischen Erscheinungen im Lichte dieser Anschauung anzusehen. Die Existenz der Atome ist ihm ein Glaubenssatz geworden.

Hier gilt es gründlich Wandel zu schaffen, wollen wir aus ihm einen wissenschaftlich denkenden Chemiker machen.

Ist es aber einmal erreicht, dass er in der Atomlehre nicht mehr als ein Mittel sieht, uns die unsichtbar wirkenden Ursachen der chemischen Vorgänge vorstellbar zu machen, so kann das Bild, ja so muss das Bild gebraucht werden, wollen wir uns nicht eines Hülftsmittels der Darstellung berauben, das uns im Grunde doch unentbehr-

lich ist, denn um mit Arthur Schopenhauer zu reden: „Das mit Hülfe anschaulicher Vorstellungen operirende Denken ist der Kern aller Erkenntniss, indem es zurückgeht auf die Urquelle, auf die Grundlage aller Begriffe.“ Ein vorzüglicher Beleg dessen ist das so überaus geistvolle Werk W. Ostwald's „Grundlinien der anorganischen Chemie“, aus dem nicht sowohl der Schüler, als mehr noch der Lehrer der Jetzzeit Anregung in reicher Fülle entnimmt.

Im Anschluss hieran mag ein kleiner historischer Excurs gestattet und erinnert sein an die Zeit zu Anfang der sechziger Jahre. Damals vollzog sich langsam und über mehrere Jahre sich hinziehend ein Umschwung in der Chemie. Es handelte sich um die Einführung der neueren Atomgewichte auf Grund des Satzes von Avogadro. Cannizzaro's Ausführungen war es gelungen, die grosse Bedeutung dieses wichtigen Satzes ins rechte Licht zu stellen, und als Lothar Meyer in der ersten Auflage seiner „Moderne Theorien der Chemie“ 1864 in so überaus lichtvoller Weise gezeigt hatte, wie sich ein folgerichtiger Lehrgang darauf aufbauen liess, begann seine allgemeine Einbürgerung.

Zwar war die Notwendigkeit der Unterscheidung von Atom und Molekül bereits mehrere Jahre früher von Karl Gerhardt aus rein chemischen Erwägungen abgeleitet worden und August Kekulé hatte schon in seinem 1859 erschienenen Lehrbuch der organischen Chemie den ausgedehntesten Gebrauch hiervon gemacht und ein Gebäude von grandioser Einfachheit und monumentalaler Pracht darauf gegründet.

Aber gerade diese Beschränkung der neuen Lehre auf die organische Chemie zeigte eine eigenthümliche, geradezu unerhörte Discrepanz in der Behandlung der beiden grossen Gebiete der Chemie. In der organischen Chemie bürgerten sich die neuen Atomgewichte bald ein, in der anorganischen Chemie aber behielt man noch nach Jahren die alten bei. Die Anorganiker redeten eine andere Sprache als die Organiker. Wie viel Unheil in den Köpfen der studirenden Jugend hier angerichtet wurde, kann nur der ermessen, der die Zeit erlebt hat.

Die Erfahrungen der damaligen Zeit sollten m. E. für die Lehrer der Chemie eine recht eindringliche Lehre sein, und insbesondere alle diejenigen, die an sich selbst die Schwierigkeit der damaligen Lage empfunden haben, recht dringend davor warnen, allzu conservativ den theoretischen Neuerungen gegenüber sich zu verhalten. Ich lasse es dahin gestellt sein, ob und in wie weit dieser allzu conservative Sinn der Anorganiker es ver-

schuldet hat, dass die anorganische Chemie im Laufe der letzten Jahrzehnte thatsächlich so sehr hinter die organische Chemie zurückgetreten ist.

Mit kühner Hand hatte Kekulé in das Wirrsal theoretischer Vorstellungen, wie sie in den fünfziger Jahren bestanden, hineingebriffen, es zerrissen und an seine Stelle einen lichtvollen Bau gesetzt, der Forschung neue Bahnen weisend, und, da er dies auf organischem Gebiete that, dieser Richtung neue Impulse gegeben, die noch Jahrzehnte nachwirkend, der organischen Chemie auf lange Zeit eine dominirende Stellung gesichert haben. Was Wunder, dass sich alle jugendliche Kraft mit Vorliebe diesem Zweige zuwandte und dass die organische Forschung ebenso wohl intensiv wie extensiv einen gewaltigen Aufschwung nahm.

In der anorganischen Chemie fehlte es zwar auch nicht an tiefgehender Anregung, aber sie blieb lange wirkungslos. Hat man doch der klassischen Arbeit von Guldberg und Waage „Über die Gesetze der Affinität“, die im Jahre 1867 veröffentlicht worden war, nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Ihr Inhalt blieb lange ein abseits gelegenes rein theoretisches Gebiet. Von einer Aufnahme der in dieser Abhandlung entwickelten Grundprincipien im Anfangsunterricht ist noch lange nach deren Veröffentlichung kaum die Rede.

Das Gesetz der Massenwirkung fand nur in vereinzelten Fällen Anwendung. Die abnormen Dampfdichten z. B. des  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  u. a., von denen doch in den elementaren Lehrbüchern der Chemie die Rede war, hätten die beste Gelegenheit geboten, das erwähnte Gesetz zu erörtern, war doch das Grundgesetz der chemischen Dynamik, dass die Geschwindigkeit einer Reaction proportional der Concentration der reagierenden Stoffe ist, längst festgestellt worden.

Es ist W. Ostwald's grosses Verdienst, durch sein Werk „Allgemeine Chemie“, zuerst erschienen 1885, und vielleicht mehr noch durch seinen im Jahre 1889 in erster Auflage erschienenen „Grundriss der allgemeinen Chemie“ die Wege gezeigt zu haben, wie dieses grundlegende Gesetz der Massenwirkung in zahlreichen Fällen Anwendung finden könne.

Von da an fanden auch die Erscheinungen des chemischen Gleichgewichtes mehr Berücksichtigung. Wie weit dieselben im Anfangsunterricht verwortheit wurden, entzieht sich wohl der Beurtheilung. Nur darf aus dem Umstände, dass auch die im Laufe der 90er Jahre erschienenen Lehrbücher der Chemie sich noch meist recht gründlich hierüber aus-

geschwiegen haben, geschlossen werden, dass auch in den Vorlesungen über anorganische Chemie an Hochschulen diese Lehren zum Mindesten nicht in ihrer vollen Bedeutung zur Geltung kamen.

Es ist dies umso mehr zu verwundern, als W. Ostwald bereits 1894 in der ersten Auflage seiner „Wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“ dargelegt hat, wie ohne die Gesetze des chemischen Gleichgewichtes, ohne das Gesetz der Massenwirkung eine wirklich wissenschaftliche Behandlung der analytischen Chemie nicht denkbar ist.

Die analytische Chemie ist aber das erste Specialgebiet, das der Chemiker betritt und auf dem er durch praktische Arbeit sein chemisches Urtheil, sein chemisches Denken fördern will. Soll dies nicht schief werden, so muss er sich mit den Vorstellungen vertraut machen, die in der Lehre vom chemischen Gleichgewicht herrschen. Darum gehört eine recht eingehende Darlegung dieser Lehre zum Anfangsunterricht.

Die chemischen Umsetzungsgleichungen gewinnen dann eine neue Bedeutung, und die Sprache des Chemikers wird reicher. Wir lernen dann einsehen, dass der Ausdruck, den wir früher zur Erläuterung einer chemischen Umsetzung gebrauchten, zwar nicht unrichtig ist, dass er aber doch nur, wie sich Ostwald ausdrückte, einen idealen Grenzfall darstellt. Für den wahren Verlauf der Reaction gebrauchen wir eine andere Darstellung. Diese soll nicht nur den Anfangs- und den Endzustand eines Systemes angeben, sondern soll uns auch etwas über Vorgänge während des Reactionsverlaufs selbst aussagen.

Die Theorie der Lösungen und die daraus hervorgegangene Theorie der elektrolytischen Dissociation sind uns hier die Führer.

Wie die Theorie der Lösungen entstand, von der er sagte, dass sie da beginne, wo man die Abweichungen von derselben als von secundärer Natur zu deuten vermöge, wie die bei Elektrolyten beobachteten Abweichungen durch die Theorie der elektrolytischen Dissociation von Svante Arrhenius erklärt, wie diese Theorie auf wichtige chemische Vorgänge, z. B. die Verseifung der Ester, angewendet werden könne, hat van't Hoff in einem vor der Deutschen chemischen Gesellschaft in Berlin gehaltenen Vortrage geschildert. van't Hoff schliesst diesen Vortrag mit den Worten:

„Ist damit nun die Theorie der elektrolytischen Dissociation bewiesen? Wohl keineswegs. Sie hat jedoch auf dem Gebiete der Verseifung ganz unerwartet viel geleistet.“ (B. B. 27, 19.)

Dass sie auch auf zahlreichen anderen Gebieten viel zu leisten vermag, ist nach dem genugsam bewiesen worden. Eine Fülle von Erscheinungen, die früher entweder gar nicht oder doch nur mangelhaft erklärt werden konnten, erscheinen im Lichte der Dissociationslehre selbstverständlich. Insbesondere Ostwald hat ungemein reiches Material als Stütze für diese Lehre zusammengebracht. Er hat in dem bereits erwähnten Werke: „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“ diese Lehre zum Fundamente seiner Ausführungen gemacht, hat gezeigt, wie alle Reactionen der analytischen Chemie Jonen-Reactionen sind, und in der Folge eine ebenso einfache wie unmissverständliche Erklärung der Wirkung der Indicatoren in der Alkalimetrie und Acidimetrie gegeben.

Er hat mit der vorher bereits erwähnten Einführung der Lehre vom chemischen Gleichgewichte und dem Massenwirkungsgesetze, sowie mit der Anwendung der Jonenlehre die analytische Chemie aus dem Zustande des reinen Empirismus zu einer Wissenschaft erhoben.

Aber nicht nur für die analytische Chemie erweist sich die Jonenlehre von grossem Werthe, auch für viele Theile der anorganischen und organischen Chemie ist sie eine unerlässliche Bedingung klaren Verständnisses der Vorgänge. Doch es können hier nicht Einzelheiten aufgezählt werden.

Genug, die Lehre der elektrolytischen Dissociation, die Annahme der elektrisch geladenen Jonen hat sich als enorm fruchtbar erwiesen und sich ihr Bürgerrecht in der Wissenschaft mit so viel Recht erworben als nur irgend eine andere chemische Theorie, umso mehr als aus ihr sich im weiteren Entwicklungsgang eine Fülle neuer Resultate ergeben hat.

Durch genaue Messungen ist man zur Kenntniss der Energieumsätze gekommen, die beim Auflösen fester Stoffe eintreten; und weiter hat man in der elektrischen Spannung, die zur Abscheidung eines Bestandteils eines Elektrolyten an den Polen einer galvanischen Zersetzungszelle erforderlich ist, einen Maassstab gefunden für die Haftenergie der elektrischen Jonenladung. Die Elektronentheorie, dieser jüngste Spross am Baume der Wissenschaft, konnte auf festem Grunde erwachsen. Das Affinitätsproblem ist damit seiner Lösung wieder näher gerückt.

M. E. kann es nun wieder keinem Zweifel unterliegen, dass ebenso sicher, wie diese Consequenzen der Jonenlehre, die soeben kurz angedeutet würden, nicht in den Anfangsunterricht gehören, die Jonenlehre selbst nicht

allein im Anfangsunterricht berücksichtigt werden muss, sondern dass dieser auf der Jonenlehre aufgebaut werden muss.

Freilich ist dabei darauf zu achten, dass der Lernende nicht das Bild, das wir von den Erscheinungen entwerfen, mit der Erscheinung selbst identificire, dass er sich nicht etwa vorstelle, wie die elektrisch geladenen Jonen in einer Lösung herumschwimmen als frei bewegliche Massen dieser oder jener Gestalt, sondern dass die durch unsere Zeichensprache ausgedrückte Vorstellung nur ein Gleichniss sein soll.

Im Lichte der Jonenlehre werden unsere Vorstellungen von Säuren, Basen und Salzen eine präzise Gestalt annehmen. Wir lernen in der Dissociationsconstante einen Maassstab kennen für die Stärke der Basen oder Säuren, die wir ohnedies kaum definiren können.

Unschwier erkennen wir im Hinblick auf die geschilderten Verhältnisse einen Parallelismus der Zeit vor 40 Jahren mit der heutigen. Wie damals, gestützt auf Avogadro, ein folgerichtiger Lehrgang der Wissenschaft aufzubauen begonnen wurde, so heute in erweiterter Gestalt gestützt auf Avogadro und van't Hoff. Ersterer lehrte uns die Gase, letzterer die verdünnten Lösungen richtig erkennen.

Wenn vorher von einer Theorie der Lösungen die Rede war, so knüpft sich daran an die wenigstens kurze Erwähnung noch anderer Ergebnisse neuester physikalisch-chemischer Forschung. Die Lehre von den krystallwasserhaltigen Salzen und von den Doppel- und Tripelsalzen, die durch die Arbeiten van't Hoff's und seiner Schule so grosse Erfolge gezeigt hat. Auch auf diesem Gebiete steht die Wissenschaft heute auf einer höheren Stufe als vor 10 Jahren und es wird erforderlich sein, hierauf auch im Anfangsunterrichte Rücksicht zu nehmen, damit hier die Grundbegriffe, die Betrachtungsweise und die Ausdrucksweise frühzeitig aufgenommen und verstanden werden. Die graphische Darstellung der Bildung und Zersetzung der verschiedenen Hydrate eines Salzes, z. B. des Glaubersalzes, des  $MgCl_2$  und  $Fe_2Cl_6$ , der Bildung und Zersetzung der Doppelsalze kann beim Anfangsunterrichte nicht umgangen werden. In den von Meyerhoffer herausgegebenen Tafeln haben wir übrigens ein ausserordentlich bequemes und vorzügliches Hilfsmittel für diese Zwecke.

Die grosse Bedeutung gerade der Behandlung dieser Erscheinungen liegt nun aber darin, dass sie uns Gelegenheit giebt, die grossen Ziele und Bestrebungen der neueren physikalischen Chemie wenigstens anzudeuten. Was hierüber zu sagen, möchte ich mit den

Worten des Grossmeisters der physikalischen Chemie, van't Hoff's selbst sagen:

„Es besteht wesentlich darin, dass die Chemie Anschluss an die Physik sucht, dass besonders versucht wird, die chemischen Umwandlungserscheinungen auf physikalische Umwandlungserscheinungen zurückzuführen, speziell einen Contact zu finden mit den gegenseitigen Verwandlungen der verschiedenen Aggregatzustände von fest in flüssig, flüssig in dampfförmig u. s. w., um dann, wenn dieser Anschluss erreicht ist, die einfachen physikalischen Gesetze, die diese Erscheinungen beherrschen, auch auf die viel complicirteren chemischen Verhältnisse fruchtbar übertragen zu können.“

Die Auseinandersetzungen über den theoretischen Anfangsunterricht der Chemiker würden unvollständig bleiben, wenn nicht die Frage der Valenz- und Structurlehre berücksichtigt würde.

In der Valenzlehre haben wir nun m. E. in erster Linie ein wichtiges Classificationsprincip zu erkennen. Das periodische System giebt uns Gelegenheit, dasselbe zu verwerten.

Ob es angezeigt erscheint, im Anfangsunterricht weiter zu gehen und aus der Valenz mehr als die einfachsten Structurformeln abzuleiten, ist eine discutirbare Frage. Ich persönlich möchte sie nach meinen Erfahrungen verneinen. Ich erblicke in weitgehender Anwendung von auf diesem Wege abgeleiteten Structurformeln eine nicht zu unterschätzende Gefahr für den Anfänger. Er wird nur gar zu leicht verleitet, die Valenz selbst als etwas Feststehendes, als eine Constante der chemischen Elemente zu betrachten, die daraus abgeleiteten Formeln aber als Realitäten anzusehen. Er wird geneigt sein, die chemischen Stoffe sich nicht in ihren Reactionen, in ihrer Eigenschaft vorzustellen, sondern in ihrem Formelbilde, und das scheint mir ein Grundfehler.

Damit soll nicht gesagt sein, dass Structurformeln vom Anfangsunterrichte ausgeschlossen werden sollen. Im Gegentheil scheint es mir eine höchst reizvolle Aufgabe zu sein, aus dem chemischen und physikalischen Verhalten der Stoffe solche Formeln abzuleiten, um damit zu zeigen, wie wir in so einfacher und oft so präziser Weise durch ein Formelbild das Verhalten eines Stoffes beschreiben können.

Ist erst einmal das chemische Denken, das Denken in Reactionen, in Eigenschaften gefestigt, dann wird auch die ausgedehntere Anwendung von Structurformeln am Platze sein. Das ist aber nicht Sache des Anfangsstudiums.

Um noch einmal das Gesagte kurz zusammenzufassen, so scheint mir die erste Aufgabe des theoretischen Anfangsunterrichtes zu sein, den Jünger der Wissenschaft das chemische Denken zu lehren, sein chemisches Gefühl zu stärken und zu klären und weiter ihn durch ausgiebige Verwerthung der Resultate physikalisch-chemischer Forschung davor zu bewahren, dass ihn sein chemisches Gefühl nicht in die Irre führe, dass er hierdurch vorbereitet werde, im weiteren Verlauf des Studiums in die Tiefen der Wissenschaft nach allen Seiten einzudringen.

Es möge mir gestattet sein, meinen Vortrag durch Mittheilungen einiger auf das Gesagte bezüglichen persönlichen Erinnerungen und Erlebnisse zu beschliessen.

Es war im September 1873 in Wiesbaden, als August Kekulé einmal im Gespräche mit einer Anzahl jüngerer Fachgenossen, befragt nach seiner Ansicht, in welcher Richtung wohl die Chemie sich nunmehr weiter entwickeln werde, die Anlehnung an die Physik und die Verwerthung mathematischer Betrachtungsweise empfahl. Neue Impulse erwartete er für die Chemie von Seiten der Thermodynamik.

Dies sagte Kekulé zu einer Zeit, wo das durch seine grosse Theorie der aromatischen Verbindungen erschlossene Gebiet mit ungeheimem Eifer bearbeitet wurde. Die grosse Mehrzahl aller Chemiker heftete ihr Interesse an Aufgaben der organischen Chemie, unter denen gerade damals die sog. Ortbestimmungen in der aromatischen Reihe einen hervorragenden Platz einnahmen. Die Theilnehmer der Wiesbadener Naturforscherversammlung werden sich noch des Eifers erinnern, mit dem man sich damals darum stritt, ob V. Meyer, der dem Hydrochinon die Stellung 1:3 zuerkannte, oder Th. Petersen, der es als Paraverbindung bezeichnete, Recht habe.

Dreizehn Jahre später, nachdem Helmholtz und nach ihm W. Gibbs mit ihren thermodynamischen Studien hervorgetreten waren, nachdem die sog. Phasenregel, die wir heute als ein hervorragend wichtiges Classificationsprincip auch in dem Lehrgang des Anfangsunterrichtes aufnehmen müssen, aufgestellt war, nachdem durch F. M. Raoult's Untersuchungen über die Dampfdrucke und Gefrierpunkte der Lösungen ein überreiches physikalisches Beobachtungsmaterial der Chemie zur Verfügung gestellt, nachdem so die Forderung Kekulé's theilweise bereits erfüllt war, wies er wieder im Privatgespräche, zu einem kleinen Kreise von Fachgenossen gewendet — es war gelegentlich der Berliner Naturforscherversammlung 1886 — auf den

Mann hin, von dem er eine neue mächtige Förderung der Wissenschaft erwartete, auf van't Hoff.

Freilich lagen damals die grossen klassischen Arbeiten van't Hoff's über das chemische Gleichgewicht bereits vor. Der schweidischen Akademie der Wissenschaften hatte van't Hoff am 14. October 1885 seine Abhandlungen über: „Die Gesetze des chemischen Gleichgewichtes für den verdünnten, gasförmigen und gelösten Zustand“ vorgelegt. Ohne Zweifel kannte sie Kekulé und es ist ein glänzendes Zeugniß für den Seherblick des grossen Mannes, dass er damals schon die eminente Bedeutung dieser Arbeit für die Weiterentwicklung der Chemie erkannt hatte.

Den theoretischen Anfangsunterricht habe ich besprechen wollen. Von dessen Wichtigkeit bin ich durchdrungen. Auf ihm mag sich alles Weitere aufbauen.

Ich schliesse mit den Worten Friedrich Theodor Vischer's:

„Das Höhere versteht sich ja immer von selbst! Für die Basis, die Vorbedingung muss gesorgt sein.“

### Zur Theorie des Bessemerverfahrens.<sup>1)</sup>

Von **Ferd. Fischer**.

Die äussere Veranlassung zu folgenden Betrachtungen ist eine Abhandlung von Ponthière<sup>2)</sup>, welche dann von Hartley<sup>3)</sup> kritiklos ebenfalls veröffentlicht wurde. Ponthière geht von einem weissen Roheisen folgender Zusammensetzung aus:

Silicium	1,00	Proc.
Mangan	1,50	-
Kohlenstoff	3,50	-
Phosphor	1,40	-
Schwefel	0,01	-
Eisen	92,59	-

und gruppirt diese Stoffe in folgender Weise:

Mangancarbid, MnC,	1,40	Proc.
Mangansilicid, Mn <sub>2</sub> Si,	0,64	-
Manganphosphid	Spur	
Mangansulfid	Spur	
Eisencarbid, Fe <sub>3</sub> C	46,50	-
Eisensilicid, FeSi	2,58	-
Eisenphosphid, Fe <sub>3</sub> P	8,98	-
Eisensulfid	Spur	
Eisen, frei	39,9	-

<sup>1)</sup> Der Herr Verfasser war leider durch Krankheit verhindert, den Vortrag auf der Hauptversammlung zu halten; eingesandt auf Wunsch des Herrn Geschäftsführers. D. R.

<sup>2)</sup> Journ. of the Iron and Steel Institute 1897; gef. eingesandt. Sonderabdr.

<sup>3)</sup> Journ. of Arts 1898, 705 u. 733; vgl. Fischer's Jahresber. 1898, 155.