

6847

In. etc

11303

1270
A 1270

Separatabdruck aus dem

„Fahrbuch des Vereins für wissenschaftliche Pädagogik“ XXVI. Jahrgang. Dresden 1894.

VII.

Ein Lehrgang aus Chemie auf geschichtlicher Basis.

Von

Dr. J. Capesius.

I. Die Lehrgänge von Arendt und Wilbrand.

Die Behandlung der Chemie im erziehenden Unterricht hat ~~noch~~ verhältnismässig wenig Bearbeitung erfahren. Ziller trug bekanntlich „gegen einen wahrhaft chemischen Unterricht in der Erziehungsschule überhaupt“ Bedenken,¹ vor allem deshalb, weil derselbe die atomistische Theorie voraussetze, die nur auf dem Weg metaphysischer Betrachtung gewonnen werden könne, indem diese „die Notwendigkeit der Zurückführung der Materie auf diskrete, unteilbare Elemente“ nachweise. Metaphysik aber hat keinen Platz in der Erziehungsschule, sondern gehört dem akademischen Studium an. Die Ansicht Zillers ist indes auch in den Kreisen der wissenschaftlichen Pädagogik nicht durchgedrungen, vielmehr hat man sich hier in der Hauptsache den Anschauungen Arendts angeschlossen, der Ziller gegenüber geltend machte,² man könne in der Entwicklung chemischer Kenntnisse ziemlich weit gehen ohne von Atom, Molekül, Ver-

¹ Erl. z. Jahrb. 1879, S. 33 f.

² Arendt, Technik der Experimentalchemie. 1. Aufl. I. Einl. S. XXI f. u. Jahrb d. V. f. wiss. Päd. XV. 1863 S. 206 ff. Vergl. auch Rein, Pickel, Scheller, Das achte Schuljahr, 2. Aufl. 1888, S. 58 ff.

wandtschaft u. s. w. zu sprechen. Zudem seien dies reine Hypothesen, bloss zum Zwecke der Orientierung über die Masse der Thatsachen von der Wissenschaft eingeführt, ohne doch „als eine in der Natur der Dinge begründete thatsächliche Wahrheit“ gelten zu können. Immerhin möge, sofern sie sich ja doch enge an die empirischen Thatsachen anschliessen, im höheren Unterricht (auch der Erziehungsschule) von ihnen die Rede sein.

In diesem Sinne hat Arendt einen doppelten Kursus des chemischen Unterrichts durchgeführt, einen niedern für die (gehobene Volksschule, und einen höhern für die Realschulen, höhern Bürger- und Gewerbeschulen, Gymnasien, Lehrerseminare.¹ Der erste behandelt in 7 Stufen, „welche den aufeinanderfolgenden Klassen einer gehobenen Volksschule entsprechen“², zunächst Lösungs- und Krystallisationsvorgänge, Abdampfen, Schlämmen, Bodensatz, Filtrieren, Krystallwasser (Verwitterung) alkalische Wirkungen (1. und 2. Stufe), sodann Bildung von chemischen Niederschlägen und nach der physikalischen Seite Sieden, Destillation, Sublimation, atmosphärische Prozesse und Ventilation (3. Stufe). Eigentlich chemische Prozesse in weiterer Auswahl bringt die 4. und 5. Stufe: ausgehend von den im Wasser löslichen Gasen (Kohlensäure, Salzsäure, Ammoniak) wird die Wechselwirkung von Säuren und Basen gezeigt, und in Vorführung der wichtigsten Grundstoffe (Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor) erfolgt die Erklärung der Verbrennung, Atmung und chemischen Verbindung und Zersetzung überhaupt. Die 6. und 7. Stufe endlich behandeln noch praktisch wichtige Stoffe und Vorgänge: Kohle, Harze u. s. w., Fette und Seifen, Gärungsvorgänge, Ernährung, Metalle und schliessen mit einem Überblick über den Kreislauf der Stoffe und Kräfte im Haushalt der Natur. Dabei sind die Stoffe, an denen die Beobachtungen angestellt werden, sämtlich der täglichen Erfahrung naheliegend. Von chemischen Theorien und allgemeineren Zusammenfassungen

¹ Den Stoff des niederen Kursus bieten die „Materialien f. den Anschauungsunterricht in der Naturlehre“, den des höhern das „Lehrbuch“ und knapper der „Grundriss der anorganischen Chemie“. Als Kommentar für beide Kurse ist die zweibändige „Technik der Experimentalchemie“ bestimmt, deren ausführliche Einleitung die allgemeine pädagogische, didaktische und methodische Grundlegung des Gegenstandes enthält. Die genannten Bücher sind sämtlich bei L. Voss in Leipzig erschienen und wiederholt aufgelegt.

² Technik der Experimentalchemie I. S. 185.

ist nirgends die Rede, nicht einmal von Grundstoffen, und so treten denn auch die chemischen Zeichen und Formeln nicht auf.

Den Lehrgang des höhern Kursus bezeichnet Arendt selbst als einen synthetischen und charakterisiert ihn folgendermassen¹: „Die Richtschnur und das Mass für den Fortschritt der Synthese ist die chemische Reaktion. Mit der einfachsten und am leichtesten fassbaren wird der Anfang gemacht: diese aber ist naturgemäss die Bildung binärer Verbindungen und zwar der wichtigsten Klasse derselben, der Oxyde; hieran reihen sich die Sulfide und daran die Haloide, womit man diese Klasse von Reaktionen zum Abschluss bringt, jedoch nicht ohne zuvor die Umwandlung dieser drei Körperklassen in einander auf experimentalem Wege dargethan zu haben. In der ungezwungensten Weise findet sich nun der Uebergang zu den Reduktionen, d. h. zu der Rückbildung der chemischen Elemente aus den binären Verbindungen; hieran schliesst sich die Darstellung ternärer Verbindungen (Salze) und wiederum die umgekehrte Reaktion: die Zersetzung derselben in Säuren und Basen, resp. die Reduktion derselben zu Metallen. Es folgen die partiellen Oxydationen, Chlorierungen etc. und Reduktionen, die Spaltungen und Umsetzungen im Radikal und schliesslich die Chemie der Wasserstoffverbindungen.“ Als Neuerung und Vorzug dieses Lehrgangs, gegenüber den herkömmlichen Lehrbüchern und Leitfäden ist die Anordnung nach gleichartigen Thatsachen der chemischen Reaktion, statt nach Grundstoffen und deren Verbindungen hervorgehoben worden.²

In einer Reihe von Schriften hat Wilbrand den Lehrgang Arendts, dessen bahnbrechende Bedeutung er übrigens willig anerkennt³, einigermassen modifiziert, indem er nicht die chemischen Reaktionen sondern bekannte Stoffe in den Vordergrund stellt und in analytischem Gange ihre chemische

¹ Technik der Experimentalchemie I. Einl. S. LXXXIV.

² Ballauff im Jahrb. d. Ver. f. wiss. Päd. IX. 1877, S. 127. Arendt, a. a. O. S. LXXX. Er stellt seinen Lehrgang als „methodischen“ dem herkömmlichen systematischen gegenüber.

³ Wilbrand, Über Ziel und Methode des chemischen Unterrichts. 1881. S. 26. Ferner: Leitfaden für den methodischen Unterricht in der anorganischen Chemie. 5. Aufl. 1886. Grundzüge der Chemie in chemischen Untersuchungen. Zum Gebr. an Gymnasien, Lehrerseminaren und höheren Bürgerschulen, 2. Aufl. 1888. Frick-Meier, Lehrproben und Lehrgänge, 13. Heft. S. 37—53.

Zusammensetzung ermittelt. Als erster Stoff wird die atmosphärische Luft behandelt, deren Untersuchung zum Sauerstoff, Stickstoff, den Oxyden des Kupfers, Eisens, Zinks, Quecksilbers und den Begriffen „Verbindung, Element“, sowie zur Erklärung des Wesens und der Aufgaben der Chemie führt. Am Wasser lernt man den Wasserstoff, das Gesetz der konstanten Verbindungsverhältnisse, den Begriff der chemischen Verwandtschaft kennen.¹ Es folgen Schwefel (Schwefelmetalle, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Säuren) und Vitriolöl (Basen, Salze, Kupfer-, Zink-, Eisenvitriol, Schwefelwasserstoff). Hierauf ein theoretischer Abschnitt: Verbindungsgewichte, Formeln, Gleichungen, dann wieder die Stoffe: Kochsalz (Natrium, Chlor und ihre Verbindungen, ein- und mehrwertige Elemente), Kohle (Kohlensäure, Kohlenoxyd, Reduktionen), Kalkstein (Säureanhydride und Säuren) Salpeter (Kalium, Kali etc., Salpetersäure etc.), Pottasche und Soda, Hirschhornsalz, Bittersalz, Phosphor, Eisenvitriol, Braunstein (multiple Proportionen), Sand, Thon (Isomorphismus), Atomtheorie.

In der Ausführung dieses Lehrgangs legt Wilbrand besonders Gewicht auf bewusste Anwendung der Regeln der induktiven Forschung. Er bezeichnet geradezu als das zu erstrebende Hauptresultat „Einführung in die Art induktiven Denkens, Bekanntschaft mit den Methoden und Hilfsmitteln der experimentalen Forschung, mit den Bedingungen der Sicherheit induktiver Schlüsse, mit den wichtigsten Quellen des Irrtums; vor allem Gewöhnung an erwägende Umsicht bei Beobachtungen und an prüfende Vorsicht bei der Bildung eigener und der Annahme fremder Erklärungen.“² Der Unterricht in Chemie soll „eine praktische Schule der induktiven Logik“ sein.³ Die Regeln der induktiven Forschung werden im Anschluss an J. St. Mill formuliert. Daneben finden noch die Logiker Bain, Jevons und Sigwart Berücksichtigung.

Vergleicht man Wilbrand's Lehrgang mit demjenigen Arendt's, so muss man letzterem wohl Recht geben, wenn er

¹ In den „Grundzügen“, deren zusammengesetzener Lehrgang wohl am meisten der Schulpraxis entspricht, treten hier auch schon die Formeln und Gleichungen, sowie die Atomtheorie auf.

² Leitfaden, Vorw.

³ Ziel und Methode etc., S. 6.

meint¹, dass die Behandlung im einzelnen von der seinigen gar nicht so sehr abweiche, sondern ungetähr dasselbe, wenn auch in ganz anderer Reihenfolge vorgenommen werde. Dies wird vollends klar, wenn man die ausgeführten Lehrproben ansieht, die Arendt² veröffentlicht hat. Trotz der Verschiedenheit der Überschriften bei Arendt und Wilbrand ist der Ausgangspunkt für die chemische Betrachtung dieselbe, nämlich die Oxydation der Metalle unter Einwirkung der atmosphärischen Luft. Dabei will auch Arendt den Unterricht „zu einer praktischen Schule der induktiven Logik“³ machen, wie er dies übrigens schon in der Einleitung zu seiner Technik der Experimentalchemie⁴ und zwar ebenfalls unter Hinweis auf Mill's Theorie der Induktion gethan hatte. Jedenfalls ist sein Verfahren unter dem logischen Gesichtspunkt auch ein analytisches, indem jeder neu zu beobachtenden Thatsache eine logische Analyse des zu gewärtigenden Erfolges vorangeht. Andererseits kann man den Lehrgang Wilbrands auch synthetisch nennen, insofern die Reihenfolge der demselben zu Grunde gelegten Stoffe im ganzen nicht durch analytische, mit dem Schüler selbst anzustellende Betrachtungen gewonnen, sondern demselben einfach gegeben wird. Auch scheinen mir hier mehrfach verfrühte Abstraktionen vorzuliegen (man sehe oben, was an „Luft“ und „Wasser“ alles entwickelt wird), die es fraglich machen, ob der eingeschlagene induktive Forschungsgang auch psychologisch vom Schüler erfolgreich mitgemacht wird. Und darum handelt es sich doch, wenn ihm das induktive Verfahren in Fleisch und Blut übergehen soll. Und so könnte der auf breiterer Basis angelegte und weit allmählicher zu Abstraktionen fortschreitende Lehrgang Arendts vielleicht doch zweckdienlicher sein auch für diejenigen Ziele des Unterrichts, die Wilbrand in erster Linie ins Auge fasst.

Gewiss sind auch die Ausführungen Wilbrands für den Pädagogen wie für den praktischen Lehrer vielfach fördernd und wegweisend und er verdient darum neben Arendt genannt zu werden, wo von Herausführung des chemischen Unterrichts

¹ Technik etc. I. Einl. S. XCI.

² Lehrproben und Lehrgänge von Frick und Richter, 6., 7. und 8. Heft. Nachmals auch separat und erweitert herausgegeben.

³ Ebd. H. 6. S. 78.

⁴ S. LIV ff. „So dürfte man insbesondere die Chemie als eine Schule der logischen Induction bezeichnen. S. LXII.

aus der alten systematischen Leitfadenmanier in erfolgreichere Bahnen die Rede ist. Aber Arendt gebührt doch das Hauptverdienst in der Unterstellung des chemischen Unterrichts unter umfassende pädagogische Gesichtspunkte, wobei er sich durchaus dem durch Ziller und dessen Kreise vertretenen Standpunkt der wissenschaftlichen Pädagogik anschliesst. Gleichwohl beansprucht er keineswegs, den Forderungen der Pädagogik mit seinem Unterrichtsgang schon vollständig und abschliessend entsprochen zu haben, am allerwenigsten in Bezug auf den niedern Lehrkurs, wo z. B. mit Rücksicht auf die „Konzentration des Unterrichts“ die pädagogische Verarbeitung der dargebotenen Materialien für diesen Zweck dem Lehrer selbst überlassen bleiben soll.¹ „Dasjenige aus dem grossen Gebiete der Naturlehre herauszufinden, was für den Unterricht an niederen Schulen geeignet ist, zugleich aber auch die Form und Ordnung festzustellen, in welcher es am passendsten dargeboten werden kann, wird wesentlich eine Aufgabe der Pädagogen sein.“²

Sind diese derselben nachgekommen? So viel ich sehe, bis jetzt noch nicht, und daher meine am Eingang dieses Aufsatzes ausgesprochene Behauptung. Die Verfasser der „Schuljahre“ bleiben mit ihren allgemeinen Erörterungen des Gegenstandes so ziemlich bei dem von Arendt Ausgeführten stehen, wenn sie auch erklären zu einer zusammenhängenden Durchnahme seiner „Materialien“ keinen Raum auf dem Stundenplan und auch nicht die Stelle für ihre Einfügung in das Lehrplansystem zu finden.³ Nachdem also in den früheren Schuljahren nur gelegentliche und vereinzelt chemische Beobachtungen und Versuche gemacht werden, tritt im 8. Schuljahr eigentlicher chemischer Unterricht auf (in Zusammenfassung mit Mineralogie und Physik), wobei der Stoff rein nach technisch-praktischen Gesichtspunkten den beiden Kapiteln „Heizung und Beleuchtung“ und „Nahrungs-

¹ Technik etc. I. Einl. S. LXXX. Auf der folgenden Seite heisst es auch in Bezug auf den höheren Kursus: „Nun aber lassen sich sehr verschiedenartige Methoden denken und die von mir in meinem Lehrbuch durchgeführte ist nur eine davon. Seitdem sind andere versucht worden und hoffentlich wird die Zukunft noch mehrere bringen. Die Erfahrung wird dann lehren, welches die beste ist. Ich bin weit davon entfernt, die meinige dafür zu halten.“

² Ebd. S. 179.

³ Rein, Pickel, Scheller, Aechtes Schuljahr, 2. Aufl., S. 66.

mittel“¹ eingeordnet erscheint. Das ist in Bezug auf den Lehrgang allerdings eine wesentliche Abweichung von Arendt, und zeigt die ausschlaggebende Betonung des praktischen Moments im Unterricht der Erziehungsschule.² Bei der methodischen Ausführung im einzelnen, soweit diese in Beispielen erläutert wird, schliessen sie sich aber wieder enge an Arendt und Wilbrandt an³, bis zur Annahme der von J. St. Mill eingeführten Bezeichnungen der „induktiven Methoden.“

Als ich vor einer Reihe von Jahren den chemischen Unterricht in der letzten Seminarklasse in die Hand bekam, wo in drei Wochenstunden innerhalb eines Semesters der ganze chemische Lehrstoff bewältigt werden sollte, wusste ich zunächst auch nichts besseres zu thun, als mir aus dem Lehrgange Arendts den meinigen zurechtzuschneiden. Es zeigte sich dabei unerlässlich, aus den „Materialien“ des niederen Kurses die grundlegenden Anschauungen zu gewinnen, da meine Schüler aus dem früheren naturkundlichen Unterricht diese nur unzureichend mitbrachten und die ihnen hie und da zugeflogenen Brocken chemischen Wissens mit ihrer Unklarheit und Verworrenheit den Unterricht weit mehr hemmten als förderten. Dabei ergab sich denn gar bald, dass Arendts Lehrgang in den Materialien, so sehr er auch an bekannte Stoffe anknüpft, doch lediglich nach fachwissenschaftlichen Gesichtspunkten angeordnet ist und zu wenig mit den psychologischen Faktoren des Unterrichts rechnet, mit dem Interesse, und dem durch dieses geleiteten Wechsel von Vertiefung und Besinnung. Irgend ein physikalischer oder chemischer Vorgang rein als solcher nimmt das Interesse noch keineswegs zuverlässig in Anspruch. Er muss für den Schüler irgend welche praktische oder theoretische Bedeutung haben, um deren willen es sich lohnt ihn zu verfolgen und seine Bedingungen und Umstände zu erforschen. Und wieder dieses Verfolgen und Erforschen muss in einer dem Schüler vollständig bewussten Stufenfolge sich vollziehen, er muss die schrittweise auftauchenden Probleme und ihre Lösungen selbstthätig ergreifen und leisten. Es sind das ja nur Forderungen, die auf dem Boden des erziehenden Unterrichts längst feststehen und schon oft und oft ausgesprochen worden sind.

¹ Ebd. S. 54

² Nach Ziller, Allg. Päd., 3. Aufl. S. 198.

³ Es handelt sich um den Oxydationsprozess a. a. O. S. 67 ff. Vergl. oben S. 9.

Von ihrer allgemeinen und strengen Durchführung sind wir aber noch weit entfernt. Man prüfe einmal Arendts „Materialien“ darauf hin und man wird die Bemerkung nicht unterdrücken können, dass der Schüler nicht weiss, warum er denn nun die verschiedenen Lösungs- und Krystallisationsverhältnisse, das Schlämmen, Filtrieren u. s. w., womit Arendt beginnt, beobachten soll. Ebenso wenig findet sich in seinem Anschauungs- und Gedankenkreis etwas, was ihn veranlassen könnte, zu fragen: was geschieht, wenn Alaunlösung und Sodalösung oder Kupfervitriolösung zusammengeossen werden?¹ Dass es gegenüber dem, was bislang in den Schulen behandelt worden, als ein grosser Fortschritt anzusehen ist, wenn überhaupt derartige Dinge im Unterricht beobachtet und besprochen werden und dass die Schüler, namentlich in den niedrigeren Klassen, ihnen daher eine lebhaftere Teilnahme entgegenbringen werden, als manchem anderen, was ihnen der Unterricht bietet, ist ohne weiteres zuzugeben, — ebenso, dass der geschickte Lehrer die Sache ausserordentlich beleben und vertiefen kann. Die Proben, welche Arendt selbst für die Behandlung im einzelnen gegeben hat², bieten treffliche Vorbilder. Dabei gesteht er ja aber selbst den Mangel organischer Einordnung des chemischen Anschauungsmaterials in das System des Unterrichts zu, und überlässt es den Pädagogen — das in dieser Richtung etwa noch Erforderliche und Mögliche zu thun. Das wird sich da besonders dringlich erweisen, wo man nicht mehr mit der ausserordentlichen Regsamkeit und Empfänglichkeit des jüngern Knabenalters zu rechnen hat. Wollte man aber hier sofort mit dem höhern Kurs Arendts beginnen, so würde man ebenso die Bemerkung machen, dass derselbe zu wenig mit dem vom Schüler mitgebrachten Vorstellungskreis und der natürlichen Gedankenentwicklung innerhalb desselben rechnet, indem er einen rein formal-fachwissenschaftlichen Gesichtspunkt, die „binären Verbindungen,“ Stoff und Fortschritt des Unterrichts bestimmen lässt, und dabei zum Ausgangspunkt eine Reihe von Erscheinungen nimmt (die bekanntesten Metalle mit ihren physikalischen Eigenschaften und ihr Verhalten beim Erhitzen an der Luft), die weder ein bedeutenderes empirisches Interesse in Anspruch nehmen, noch die theoretische Bedeutung, die ihnen zukommt, von vornherein genügend erkennen lassen.³

¹ Materialien, Vers. 47 und 48, 53—55.

² Technik I S. 169 ff.

³ Eine arge Verführung scheint es mir zu sein, wenn gleich im Anschluss hieran, wie es in Arendts Grundriss S. 17 ff ge-

Noch weniger kann ich Wilbrand beistimmen, wenn er den chemischen Unterricht mit der ganz allgemein gefassten Untersuchung der Eigenschaften der Luft beginnt, und sich zunächst damit aufhält, sie unter den „durch Vergleichung der Eigenschaften verschiedener fester und flüssiger Körper“ erst festzustellenden Begriff Körper zu subsumieren, dann ihre Wirkungen durch Druck und Stoss bespricht und endlich ihren Anteil an der Atmung und Verbrennung hervorhebt. Nach solcher Fragestellung arbeitet allenfalls der Verfasser des Artikels „Luft“ für ein Konversationslexikon, nicht aber ein Schüler — selbst der Oberklasse — in den ihm natürlichen Gedankenbahnen. Da muss es ein ganz konkretes Problem sein, welches von vornherein die ganze Untersuchung leitet, und zwar ein solches, bei dem das Wo? Warum? und Wie? vom Schüler selbstthätig ergriffen und begriffen wird.

Dem gegenüber ist es ein entschiedener Fortschritt, wenn man, wie es in den „Schuljahren“ von Rein, Pickel und Scheller auf Grund Ziller'scher Ideen geschieht, unmittelbar an solche konkrete Probleme anknüpft, die im praktischen Leben eine ganz augenscheinliche, auffällige Bedeutung haben. Hiermit ist dem wichtigen Unterrichtsfaktor Interesse gebührend Rechnung getragen. Eine Entscheidung für die im einzelnen zu treffende Stoffauswahl ist damit allerdings nicht gegeben. Denn was ist gerade von chemischen Vorgängen nicht alles praktisch wichtig? Wilbrand könnte füglich für sich geltend machen, was sei denn wichtiger als Atmung und Verbrennung? Und Arendt könnte immerhin darauf hinweisen, dass doch auch die Oxydation der Metalle eine nicht geringe praktische Bedeutung habe. Und thatsächlich sind die Verfasser der Schuljahre mit ihrer Stoffanordnung unter praktischen Gesichtspunkten genau auf denselben Gegenstand für den Beginn des chemischen Unterrichts gekommen.

Man sieht indes leicht, dass bei der Wahl gerade dieses

schieht, allgemeine logische, ja sogar erkenntniss-theoretische Erörterungen über Erklären, Beobachten, Hypothese, Induction, Experiment angestellt werden. Hier hätte sich der didaktische Methodiker doch sagen müssen, dass das Allgemeine immer erst als Ergebnis aus dem Konkreten herauswachsen darf, also von Regeln und Gesetzen der inductiven Forschung erst die Rede sein kann, nachdem dieselben an einer Reihe einzelner Fälle tüchtig geübt worden sind. Man vergl. auch die einschlägigen Ausführungen Arendts in seinen Lehrproben, Frick-Richter, Lehrpr. u. Lehrg. 6. Heft S. 82 f.

Stoffes für den Anfang keineswegs bloss seine praktische Wichtigkeit entscheidend war, sondern vielmehr der Umstand, dass' er unmittelbar zu den Thatsachen und Begriffen führte, die man als die grundlegenden sofort erarbeiten wollte, nämlich zu den wichtigsten Grundstoffen und deren chemischen Eigenschaften. Liegt aber hier nicht eine Übereilung vor? Ist es zweckmässig, den Schüler sogleich beim Eingang in die neue Disziplin in die abschliessenden Auffassungen derselben einzuführen? Nähert sich dadurch der Lehrgang nicht einigermassen dem üblichen Leitfadenvorhaben, welches dem Schüler gleich in der ersten Stunde von „Elementen“ und „Verbindungen“ sagt, und nun die letzteren aus den ersteren entstehen lässt? Man fängt zwar nicht mit dem Abstrakten an, aber man führt es doch so bald als nur möglich ein und verfällt damit der wiederholt schon von mir gerügten Verfrühung der Abstraktion.

Aus alledem ergibt sich, wie es neben der Forderung, dass der Ausgangspunkt des Unterrichts ein praktisch wichtiges, dem Interessenkreis des Schülers hinreichend naheliegendes konkretes Problem (und zwar ein wirkliches Problem — und nicht etwa eine so allgemeine Aufgabe, wie „Untersuchung der Luft,“ oder „Veränderung der Metalle“) sei, noch zu überlegen gilt, ob dasselbe die für den Anfang des Unterrichts geeigneten wissenschaftlichen Einsichten, Vorstellungen und Begriffe liefern könne. Und für diese Überlegung giebt es wohl keinen bessern Leitfaden, als den uns Ziller durch den Hinweis auf die geschichtliche Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnis, nahe gelegt hat.

II. Die geschichtliche Basis.

Der Gedanke an geschichtliche Behandlung ist auch den beiden Methodikern, auf deren Ansichten im bisherigen eingegangen wurde, nicht fremd. Arendt bemerkt einmal über den von ihm eingeschlagenen Entwicklungsgang, er stimme „in seinen Grundzügen mit der Entwicklungsgeschichte der Chemie

¹ Eine allgemeine Erörterung über die Anwendung des historischen Prinzips beim Unterricht enthält mein Aufsatz über „Gesamtentwicklung und Einzelentwicklung“ im XXI. Jahrbuch d. V. f. w. Päd. 1889. In Bezug auf die Stellung Zillers zu demselben s. insbesondere S. 119 f. und S. 172 ff.

selbst überein. Hier wie dort geht die Beobachtung von natürlichen Objekten aus, deren chemische Natur zunächst völlig unbekannt ist; die Entstehung neuer Substanzen durch Wechselwirkung dieser Objekte regt zu Schlüssen über das Wesen der während der Reaktion eintretenden Veränderungen an und führt zur Erkenntnis des ursächlichen Zusammenhanges zweier oder mehrerer Erscheinungen. Dadurch wird die Natur der chemischen Objekte selbst aufgeklärt und allmählich gelangt man zur Kenntnis der wahren chemischen Zusammensetzung und schliesslich zur Auffindung der Elemente.“

Daran aber, diesen allgemeinen Gedanken für die Gestaltung des Unterrichtes ganz in concreto nutzbar zu machen, scheint Arendt nicht gedacht zu haben, da er die Geschichte der Chemie nur als ein hinzutretendes Mittel betrachtet den Unterricht zu beleben. „Endlich besitzt der Lehrer,“ heisst es in seinen Lehrproben,¹ „noch ein sehr wirksames Mittel zur Belebung des chemischen Unterrichtes für erwachsene Schüler in der Anknüpfung an die Geschichte der Chemie. Durch Hervorhebung der Schwierigkeiten, welche sich in der Veranlagung unserer Sinnesorgane der richtigen Erkenntnis der Natur der chemischen Erscheinungen entgegen gestellt haben, bieten sich einerseits zahlreiche Momente von psychologischer Bedeutung dar, und andererseits wird durch geeignete Schilderung des jahrhundertelangen Ringens nach der Wahrheit ein kulturhistorisches Element in den Unterricht hineingetragen, durch welches er in unmittelbare Fühlung mit den historischen und litterarischen Disziplinen tritt.“ So giebt Arendt,² nachdem die Oxydationserscheinungen behandelt worden, einen kurzen historischen Überblick über die hierauf bezüglichen Ansichten vom Altertum bis auf Stahl (Phlogiston) und die Begründung der neueren Chemie durch Lavoisier und schliesst daran im Sinne seiner obigen Worte psychologische und erkenntnistheoretische Bemerkungen. Die Geschichte der Wissenschaft tritt hier keineswegs als bestimmend auf für Gang und Form des Unterrichtes, sondern wird nur in Gestalt von mehr oder weniger ausführlichen Notizen und Mitteilungen herangezogen.³

¹ Frick-Richter, Lehrproben und Lehrgänge, VI. Heft, S. 79.

² Ebd. S. 96 ff.

³ Diese Art die Geschichte der Wissenschaft beim Unterricht zu benutzen, hat sich in letzter Zeit auch in die Lehrbücher mehr und mehr eingebürgert, und wird auch in behördlichen Instruktionen empfohlen. So haben beispielsweise die

Auch Wilbrand denkt an den „historischen Weg“, aber nur um ihn geradezu abzulehnen. Er sagt diesbezüglich:¹ „Der Versuch, den historischen Weg einzuschlagen, erweist sich bald als erfolglos. Während es auf dem Gebiete der organischen und technischen Chemie eine Fülle von Arbeiten giebt, die als Beispiele für die Methode der Forschung dienen könnten, ist die Ausbeute in dieser Richtung auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, um die es sich in der Schule in erster Linie, wenn nicht allein handelt, sehr gering. Viele Entdeckungen sind dem Zufall und nicht der Forschung zu danken; andere wurden in Verfolgung unrichtiger Hypothesen aufgefunden, auf die man, um Verwirrung zu vermeiden, nicht eingehen darf. Es ist ferner nicht zu vergessen, dass die älteren Forscher, denen der Ausbau der anorganischen Chemie zu danken ist, aus der Gesamtheit der ihrer Zeit bekannten chemischen Thatsachen Analogien und Deduktionen herleiten konnten, die dem Anfänger unverständlich sein müssen. Es bleibt also in der Mehrzahl der Fälle nichts übrig, als den Stoff selbst zu ordnen, die Thatsachen so zusammenzustellen, wie sie hätten entdeckt werden können.“ Diese Einwände wären berechtigt der buchstäblich genommenen Forderung gegenüber, den geschichtlichen Ent-

„Instruktionen für den Unterricht an Realschulen in Österreich“ (1885) bei dem Unterricht in Physik einen besondern Abschnitt über „Beachtung des Geschichtlichen“ (S. 220), in welchem es heisst: „Ein anderes instruktives Moment des Unterrichtes liegt in der Bereicherung desselben mit gelegentlich eingeflochtenen historischen Notizen, ohne jedoch das Memorieren derselben von den Schülern zu beanspruchen“. Die letztere Bemerkung deutet sehr bezeichnend darauf hin, dass man sich von den „gelegentlichen Notizen“ keinen bleibenden Gewinn verspricht. In der That sollen die „kurzen historischen Bemerkungen“ — „zumal in den obern Klassen“ — nur dazu dienen, „die Auffassung zu unterstützen und das Interesse für den Gegenstand anzuregen“. Für den chemischen Unterricht dagegen scheinen dieselben Instruktionen geradezu den historischen Gang zu fordern, wenn es (S. 257) heisst, dieser Unterricht müsse „im allgemeinen dieselben Wege gehen, auf welchen die Wissenschaft zur Entwicklung gediehen und zur Aufstellung ihrer Erfahrungssätze gelangt ist.“ Aber der nächste Satz lautet: „Nur durch die experimentelle Behandlung des Lehrstoffs wird dieser Forderung genügt“; und wenn es auch weiterhin heisst, „dass die gesamte Lehre durch die Experimente genetisch ihre Entwicklung finden“ solle, so wird, wie der nachfolgende Stoffplan (der für die Unterstufen viel von Arendt entlehnt hat) zeigt, keineswegs an eine historische Anordnung des Stoffes gedacht.

¹ Über Ziel und Meth. des chem. Unt. S. 27.

wicklungsgang in allen Einzelheiten zu wiederholen. Aber zu einer solchen Monstrosität hat sich ja niemand verstiegen und es kann sich immer nur um einen durch die eigentümlichen Zwecke des Unterrichts bestimmten Auszug aus der geschichtlichen Entwicklung handeln, den wir machen,¹ in dem aber doch Hauptmomente jener Entwicklung fixiert erscheinen. Und so verwendet nun Wilbrand thatsächlich auch selbst die Geschichte, indem er zu seiner ersten chemischen Lektion, der Behandlung der Oxydationserscheinungen, bemerkt²: „Ich folge im wesentlichen dem Gedankengange Lavoisiers. Für die Zwecke der Schule bedarf dieselbe nur geringer Modifikationen, die sich im ganzen auf die Hervorhebung von Vor- und Zwischengedanken und auf die Vereinfachung der experimentellen Beweisführung beschränken.“

In der That glaube ich, dass ebenso wie Wilbrand auch Arendt zu der Art, in der er die Oxydationserscheinungen behandelt, nur durch die Berücksichtigung des geschichtlichen Entwicklungsganges der Wissenschaft geführt worden ist. Dabei lag es ausserordentlich nahe, den chemischen Unterricht mit denjenigen Erscheinungen und Versuchen zu beginnen, durch welche Lavoisier den Grund zu unsern heutigen chemischen Anschauungen legte — mit der sogenannten Verkalkung der Metalle. Ob eine tiefere Betrachtung der geschichtlichen Entwicklung und zugleich des Gedankenkreises, den der Schüler dem Gegenstand entgegenbringt, aber nicht vielleicht gezeigt haben würde, das hier keineswegs der geeignete Anfangspunkt für den Unterricht gegeben ist? Liebig hat sich einmal gegen die beliebte Auffassung, die Wissenschaft der Chemie erst seit Lavoisier zu datieren, ausgesprochen, und ich hoffe mir nur den Dank der Leser zu verdienen, wenn ich die Ausführungen des geistvollen Forschers, der, wie wenige, seine Wissenschaft in den grossen kulturgeschichtlichen Zusammenhängen zu erfassen wusste, in etwas weiterem Umfange hier wiedergebe. Im dritten seiner „chemischen Briefe“ sagt Liebig: „Der verbreitete Glaube an das jugendliche Alter der Chemie ist ein Irrtum, welcher zufälligen Umständen seine Entstehung verdankt; sie gehört zu den ältesten Wissenschaften. Derselbe Geist, welcher

¹ Vergl. die allgemeine Fassung des Gedankens bei Willmann, Didaktik I. S. 74: „Mag die Erziehung eine compendiöse Wiederholung der Weltgeschichte sein: Das Compendium machen wir im Geiste bestimmter Ideale, die uns erfüllen“.

² Frick-Meier, Lehrpr. und Lehrg. XIII. H. S. 40.

zu Ende des vorigen Jahrhunderts in einem hochcivilisierten Volke das wahnsinnige Bestreben erweckte, die Denkmale seines Ruhmes und seiner Geschichte zu vernichten, der Göttin der Vernunft Altäre zu bauen und einen neuen Kalender einzuführen, gab Veranlassung zu dem seltsamen Feste, in welchem Madame Lavoisier in dem Gewande einer Priesterin das phlogistische System auf einem Altar den Flammen übergab, während eine feierliche Musik ein Requiem dazu spielte.¹ Damals vereinigten sich die französischen Chemiker zu einer Änderung aller bis dahin gebräuchlichen Namen und Bezeichnungen von chemischen Vorgängen und chemischen Verbindungen, es wurde eine neue Nomenklatur eingeführt, welche im Gefolge eines in sich vollendeten neuen Systems sich in allen Ländern die Aufnahme erzwang. Daher denn die scheinbare grosse Kluft zwischen der gegenwärtigen und frühern Chemie. Der Ursprung einer jeden wichtigen Entdeckung, einer jeden gesonderten Beobachtung, welche bis zu Lavoisier's Zeit in irgend einem andern Teil Europa's gemacht worden war, war verwischt, die neuen Namen und geänderten Vorstellungen zerrissen allen Zusammenhang mit der Vergangenheit, unser gegenwärtiger Besitz scheint Vielen nur das Erbe der damaligen französischen Schule zu sein und die Geschichte nicht über diese hinaus zu reichen. Dies eben ist der Irrtum.“

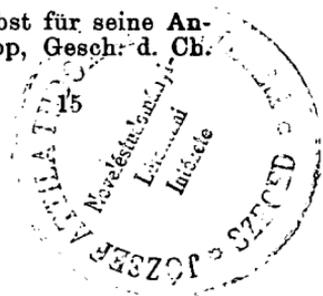
Haben nicht Arendt und Wilbrand diesen Irrtum in die Schule übertragen? Ein kurzer Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Chemie bis auf Lavoisier² mag darauf hindeuten, was aus derselben für den Unterricht etwa zu nützen ist.

¹ Das tragische Geschick, durch welches Lavoisier der Revolution, die er an seinem Teil mit heraufgeführt, zum Opfer fiel, indem sie in ihrer Brutalität erklärte „keiner Gelehrten mehr zu bedürfen“, verleiht dem Gegenstand noch ein ganz besonderes, allgemein menschliches Interesse.

² In sehr handlicher Zusammenstellung unter verschiedenen Gesichtspunkten und mit trefflichen allgemeinen Übersichten bietet das einschlägige Material Kopps vierbändige „Geschichte der Chemie“ (1843—47), kurz zusammengefasst desselben „Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit“ (1873). S. 1—133. Einen orientierenden Überblick mit einer Fülle geistvollster, den Gegenstand in seinen innersten Zusammenhängen beleuchtender Bemerkungen findet man in Liebig's „Chemischen Briefen“ (3. und 4. Br.). Durch zutreffende, scharfe Hervorhebung der leitenden Gesichtspunkte aus dem weniger Wesentlichen empfiehlt sich auch die Darstellung im 3. Bande von Whewell's Gesch. d. induktiven Wissenschaften, deutsch von Littrow (1841).

Was im Altertum die Stelle im Reich des Wissens einnahm, welche gegenwärtig die Chemie inne hat, war ein sehr allgemeines Spekulieren über das, woraus die Dinge bestehen, über die Grundstoffe oder Elemente, wie wir heute sagen würden. Freilich so, wie wir diesen Begriff auffassen, gab es ihn im Altertum und auch im Mittelalter noch nicht. Die letzten Bestandteile, auf die man damals die Konstitution der Dinge zurückführte, wurden keineswegs in der streng stofflichen, substantiellen Bestimmtheit gedacht wie unsere chemischen Elemente, sondern mehr in Form von Qualitäten, Attributen. Es waren nicht so sehr Grundstoffe als vielmehr *Grundeigenschaften*, die freilich, abstrakt vorgestellt, ebenso substantiellen Charakter annahmen wie die abstrakt gedachten Qualitätsbegriffe aus der adjektivischen in die substantivische Sprachform übergehen. So werden Güte, Schönheit zu Subjekten, zu selbständigen Wesenheiten — man denke an die platonische Ideenlehre. Auf der gleichen Hypostasierung abstrahierter Qualitäten beruht es, wenn nach Aristoteles das Kalte und das Warme, das Trockne und das Feuchte die eigentlichen Prinzipien sind, welche die Dinge der Körperwelt im letzten Grunde konstituieren. Nahe genug lag gerade diese Abstraktion allerdings für die allgemeinen Erfahrungen, welche uns der Wandel und Wechsel der Dinge und ihrer Qualitäten darbieten. Die stofflichen Veränderungen, die wir täglich zu beobachten haben, vollziehen sich fast ausnahmslos unter dem Einfluss oder mindestens im Geleite von Hitze und Kälte, sowie unter Anteilnahme des Wassers. Die Änderungen des Aggregatzustandes, das Verbrennen, Nasswerden, Aufweichen, Auflösen, sich Niederschlagen, Trocknen, Rosten, Vermodern u. s. f. sind solche Hauptformen stofflichen Wandels. Im organischen Leben bilden Wärme und Feuchtigkeit die offenkundigen Grundmächte, die alle Vorgänge bedingen und beherrschen. Es war daher nur natürlich und entsprach ganz der Art und Weise griechischer Philosophie, gewisse allgemeine Erfahrungen ohne strengere sachliche Analyse zu realen Erklärungsprinzipien zu machen, wenn man die bezeichneten Gegensätze zu solchen stempelte.¹ Die griechische Philosophie hat, wie mir scheint, auch hier nur einen natürlichen Zug menschlicher Erkenntnisbildung zu klassischem Ausdruck

¹ Über die Gründe, welche Aristoteles selbst für seine Anschauung beibringt, sehe man näheres bei Kopp, *Gesch. d. Ch.* I. S. 30 und Liebig, *Chem. Br.* S. 44 f.



gebracht. Noch heute können wir auf Schritt und Tritt sehen, wie das täglich Erfahrene, unserm Vorstellen zur zweiten Natur Gewordene gern als Letztes, keine weitere Erklärung Erforderndes angesehen wird: die Schwere der Körper, das Wachstum der Pflanzen und Tiere, das Ermüden, das Hungrig- das Schläfrigwerden. Die naive Philosophie bleibt gerne bei solchen Existenzen, Eigenschaften und Vorgängen als den letzten Erklärungsgründen stehen, welche uns durch die tägliche Erfahrung die vertrautesten sind.

Den Lehrer mag dies erinnern, dass er auch bei dem Schüler mit solch naturwüchsigem Vorstellen zu rechnen und auf rechte Umbildung desselben ein besonderes Augenmerk zu richten hat. Sonst geschieht es und bei der grossen Masse selbst unserer Gebildeten wird es nicht allzu selten der Fall sein, dass neben den von der Schule dargebotenen naturwissenschaftlichen Auffassungen noch jene ungeläuterten volksmässigen Anschauungen fortbestehen und oft die Herrschaft ausüben. Es wird sich für diesen Zweck immer um scharfes Erfassen und genaues Analysieren einzelner Thatsachen handeln, welche besonders geeignet sind die richtige Vorstellungsweise zu begründen. Für die Chemie bieten sich derartige Erscheinungen lange nicht so bequem und günstig dar, wie für gewisse Gebiete der Physik, und die Thatsache, dass es hier so lange Zeit gebraucht hat, bis man zu einer richtigen Erkenntnis der chemischen Vorgänge durchgedrungen ist, bildet nur das historische Korrelat zum Umstand,¹ dass in unsern Schulen noch so wenig und nur auf höhern Stufen ein eigentlich chemischer Unterricht erteilt wird, während eine gewisse Anzahl physikalischer Lehren (zum grössten Teil solche, die bereits das Altertum festgestellt hatte) sich schon längst das Bürgerrecht in allen Kategorien von Schulen erworben haben. Wohl lag auch dem Altertum in verschiedenen Gewerben (Färberei, Gerberei, Bearbeitung der Metalle, Bereitung der Seife, des Glases, Töpferei, Maurerei) manche chemische Thatsache, die uns heute für Bildung chemischer Anschauung recht instruktiv scheint, augenfällig genug vor, aber es war nicht die Art der

¹ Es ist recht interessant, die eigentümlichen Schwierigkeiten für den Erwerb richtiger chemischer Einsichten, die neuerdings in der didaktischen Litteratur so eingehend beleuchtet werden (besonders von Arendt, Technik I. Einl. S. XXXII f.) im geschichtlichen Entwicklungsgange der Wissenschaft zu verfolgen.

griechischen Philosophen sich um solche Spezialitäten zu kümmern, zumal wenn diese handwerksmässigem Betrieb angehörten, denn der Vorzug wissenschaftlicher Betrachtung bestand ja gerade darin, dass sie sich vom „Banausentum“ der „Techniker“ fernhielt.

Thatsächlich indes erwachsen eigentliche chemische Kenntnisse erst aus der Verfolgung praktischer Aufgaben und Ziele, die man sich gesteckt hatte. Es geschah dies im Mittelalter zunächst in der Alchemie, die darauf ausging die Erzeugung edler Metalle aus minderwertigem Stoff zu finden und sich nun unter diesem praktischen Gesichtspunkt vor die Frage gestellt sah, woraus die Körper bestehen und wie sich die stofflichen Änderungen derselben vollziehen. Wir sind heute gewöhnt über die Versuche der Metallverwandlung überlegen zu lächeln, da uns in der Schule wohl vordoziert wurde, dass das etwas unmögliche sei. Ob dabei aber unsere Borniertheit nicht eine grössere ist als die der von uns belächelten Alchemisten? Anders urteilt Liebig über dieselben¹, wenn er sagt: „In der ersten Stufe der Entwicklung der Wissenschaft konnten die Alchemisten über die Natur der Metalle keine andere Vorstellung haben, als die, welche sie hatten, keine andere Vorstellung war zulässig oder möglich, sie war darum naturgesetzlich notwendig. Man sagt, dass die Vorstellung des Steins der Weisen ein Irrtum gewesen sei; aber alle unsere Ansichten sind aus Irrtümern hervorgegangen. Eine jede Ansicht, welche zum Arbeiten antreibt, den Scharfsinn weckt und die Beharrlichkeit erhält, ist für die Wissenschaft ein Gewinn; denn die Arbeit ist es, welche zu Entdeckungen führt.“ Und an solchen Entdeckungen ist die Alchemie reich. „Auf welchem Standpunkt wäre die heutige Chemie ohne die Schwefelsäure, welche eine über tausend Jahre alte Entdeckung der Alchemisten ist, ohne die Salzsäure, die Salpetersäure, das Ammoniak, ohne die Alkalien, die zahllosen Metallverbindungen, den Weingeist, Äther, den Phosphor, das Berlinerblau! Es ist unmöglich, sich eine richtige Vorstellung von den Schwierigkeiten zu machen, welche die Alchemisten in ihren Arbeiten zu überwinden hatten; sie waren die Erfinder der Werkzeuge und der Prozesse, welche zur Gewinnung ihrer Präparate dienten, sie waren genötigt, alles was sie brauchten, mit ihren eigenen Händen darzustellen.“

Die Alchemie wird im 16. Jahrhundert durch die Jatro-

¹ Chem. Br. S. 33.

chemie abgelöst, deren Programm Paracelsus, der Zeitgenosse Luther's, dahin ausspricht: „Der wahre Gebrauch der Chemie ist nicht Gold zu machen, sondern Arzeneien zu bereiten.“ Die Erforschung der Zusammensetzung der Dinge soll nunmehr hauptsächlich dazu dienen Krankheiten zu heilen und das Leben zu verlängern. Dieser nächste Zweck wird in dem gewünschten Umfang hier so wenig wie bei der Alchemie erreicht. Aber die Förderung, welche das chemische Wissen in den Händen der Ärzte — zum guten Teil wissenschaftlich gebildeter Männer — erfährt¹, ist kein geringer. In Bezug auf die chemische Grundanschauung von der Zusammensetzung der Körper war die Alchemie noch durchaus beherrscht von der alten Aristotelischen Auffassung, die in gewissen Hauptqualitäten die letzten Bestandteile der Körper sah. Denn wenn wir auch von der Alchemie Schwefel, Quecksilber und Salz als solche Bestandteile nennen hören, so werden darum doch nicht diese bestimmten empirischen Stoffe, sondern gewisse qualitative Prinzipien², die sie vertreten, darunter verstanden. Ähnlichen Ansichten begegnen wir zunächst auch bei den Jatrochemikern³, doch richtet sich ihre Aufmerksamkeit im Verlaufe mehr und mehr auf gewisse Reaktionen, deren genaue Auffassung die bisherigen Anschauungen, das Operieren mit Qualitäten, die als solche in die Verbindungen eingehen, von Grund aus erschüttern sollten. Es ist dies Wechselwirkung von Alkalien und Säuren. Schon bei van Helmont (1577—1644) spielt sie eine Rolle, und wird von dem hervorragendsten Repräsentanten dieser ganzen Richtung Sylvius (1614—1672) zur Grundlage seines medizinisch-chemischen Systems gemacht, dessen Bedeutung für die allgemeinen chemischen Einsichten Whewell⁴ wohl zutreffend gewürdigt hat: „Unter den Resultaten, die aus den verschiedenen Mischungen jener ersten Chemiker hervorgingen, wurden vorzüglich zwei Arten von Ingredienzen gefunden, deren jede für sich selbst scharf und zerstörend wirkte, beide zusammen aber sich von milder oder auch gar keiner Wirkung zeigten, indem nämlich die Wirkung der einen von der der andern aufgehoben oder gleichsam neutralisiert zu werden schien. Dieser Begriff von Opposition oder Neutralisation wurde auf eine sehr grosse

¹ Kopp, Gesch. d. Ch. I. S. 87.

² Liebig a. a. O. S. 48. Kopp, Entw. d. Ch. S. 21.

³ Kopp, ebd. S. 24.

⁴ Gesch. d. ind. Wiss. III. S. 122 ff.

Reihe von chemischen Prozessen sehr gut anwendbar gefunden. . . . In der That war diese gegenseitige Relation der Säuren und Alkalien vorzüglich deswegen wichtig, weil sie gleichsam die erste bestimmte Form bildete, in welche man den Begriff von einer chemischen Attraktion oder Verwandtschaft gebracht hatte“, denn sie geben ein „auffallendes Beispiel chemischer Anziehung, durch welche zwei entgegengesetzte Körper zu einem neuen von wesentlich verschiedener Beschaffenheit sich verbinden.“ Dabei tritt noch ein Umstand, der für die Gestaltung unserer heutigen chemischen Anschauungen entscheidend geworden ist, recht augenfällig hervor: das zu einer chemischen Verbindung erforderliche bestimmte Mengenverhältnis der Bestandteile! „Für keine andere Klasse von chemischen Verbindungen,“ sagt Kopp¹, „findet man so frühe Anzeichen dieser Erkenntnis, als für die Salze; die entgegengesetzten Eigenschaften der Bestandteile der Salze wurden bald bekannt; man wusste, dass durch Zusatz einer starken Säure niedergeschlagen wird, was in einem Alkali gelöst war. Aber man wusste auch schon früher, dass zu einer solchen Wirkung nicht die Gegenwart der Säure allein hinreicht, sondern dass auch die Säure in einer bestimmten Menge zugesetzt werden muss.“ Ferner: „Man kam auf diese Art zu dem Begriffe der Neutralität einer Salzlösung, wofern nämlich eine Verbindung einer Säure mit einem Alkali weder die hervorstechenden Eigenschaften des einen, noch die des andern ihrer Bestandteile zeigt. Dieser Begriff der Neutralität ist für die Entwicklung der Stöchiometrie von grosser Wichtigkeit geworden.“ So unternahmen schon um die Wende des 17. Jahrhunderts einzelne Chemiker eine genaue Feststellung dieser quantitativen Verbindungsverhältnisse, die späterhin eine so grosse Wichtigkeit erlangten.

Zur selben Zeit, wo auf solche Weise für den weiteren Ausbau der Chemie grundlegende Kenntnisse gewonnen wurden, begründete der berühmte englische Physiker Boyle (1627—1691) die rein wissenschaftliche Chemie der Neuzeit, indem er die Aufgabe der Forschung von praktischen Zielen loslöste und zu einer selbständigen theoretischen Disziplin machte, die es lediglich mit der Erkenntnis der Zusammensetzung und Zerlegung der Körper zu thun habe.² Indem er dabei „die alten

¹ Gesch. d. Ch. II. S. 353.

² Kopp, Gesch. d. Ch. I. S. 146 f., 163 f. Entw. d. Ch. S. 38 f.

naturphilosophischen, wie die alchemistischen Elemente verwarf und auf die Grundstoffe aufmerksam machte, die man durch fortgesetzte Zerlegung der Körper finden würde, indem er alle chemischen Veränderungen als ein Verbinden oder Trennen der Atome auffasste, empfahl er der Chemie den Standpunkt, den sie mit solchem Erfolg in der Neuzeit behauptet hat.“¹

Von grösster Bedeutung für die Weiterentwicklung der chemischen Kenntnisse war die Phlogistontheorie, welche als „erste Frucht der selbständigen Richtung der Chemie“² das 18. Jahrhundert fast bis zu Ende beherrschte. Das grosse Verdienst dieser -- wenn auch materiell falschen -- Theorie war vor allem, dass sie „eine Menge von Veränderungen, die auf den ersten Blick nichts Gemeinschaftliches zu haben scheinen, als chemische Prozesse derselben Art zusammenstellte, wie z. B. Säuerung, Verbrennung, Verkalkung der Metalle, Respiration u. s. f.“³ Liebig bezeichnet dies als eine „grosse, unvergleichliche Entdeckung“, die „den Fortschritt bis zu uns bedingte.“⁴ Die Phlogistontheorie lenkte die chemische Untersuchung auf die entscheidenden Fragepunkte, aus deren richtiger Lösung die neuen Anschauungen eines Lavoisier sich ergeben sollten, und auf dem Wege dazu lehrte sie noch eine Anzahl von Stoffen kennen, welche für das Wissen und Können der Chemie von grösster Bedeutung wurden. Es ist das die Entdeckung und Erforschung gasartiger Körper, der die Geschichte der Wissenschaft wohl einen besondern Abschnitt als der „pneumatischen Chemie“ widmet.⁵ Hatte man doch noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts keine klare Vorstellung von substantiell verschiedenen Gasarten, die man, soweit man sie überhaupt kennen gelernt, nur für mehr oder weniger verunreinigte Luft hielt. Liebig macht hiezu die höchst beachtenswerte Bemerkung⁶: „Was naturgesetzlich sich entwickelt, kann nicht schneller gehen, als es geht. Erst nach der Bekanntschaft mit dem Verhalten der tastbaren Dinge konnte eine Chemie der unsichtbaren

¹ Rosenberg, Gesch. d. Physik II. (1884) S. 161.

² Kopp, Gesch. d. Ch. I. S. 153.

³ Whewell-Littrow, Gesch. d. ind. Wiss. III. S. 137.

⁴ Chem. Briefe S. 36. Vergl. die allgemeine Charakteristik bei Kopp, Gesch. d. Ch. I. S. 148 ff.

⁵ So Whewell ebd. S. 143 ff. Vergl. auch Kopp, Entw. d. Ch. S. 60 ff.

⁶ Chem. Br. S. 37.

Körper sich gestalten. Der heutige Begriff einer chemischen Verbindung ist aus der pneumatischen Chemie hervorgegangen.“ Die Begründung derselben liegt in den classischen Untersuchungen Blacks (1755) über den Unterschied zwischen Ätzkalk und Kalkstein und die Zurückführung desselben (ebenso wie bei Pottasche, Soda, Magnesia) auf den Anteil der Kohlensäure.¹ „Black's meisterhafte Untersuchungen“ sagt Liebig, „legten den ersten Grund zur antiphlogistischen Chemie. Der Fundamentalversuch Lavoisiers ist nur eine Nachahmung der Versuche Blacks über den Kalk und die Alkalien. Als Black nachwies, dass der ätzende Kalk, wenn er an der Luft liegt, in milden Kalk übergeht, indem er an Gewicht zunimmt; als er zeigte, dass diese Gewichtszunahme von der Aufnahme eines Gases (der Kohlensäure) aus der Luft herrührte, welches durch Hitze wieder ausgetrieben werden konnte; als er zeigte, dass die Gewichtsvermehrung dem Gewichte des aufgenommenen Gases entsprach, da begann die Epoche der quantitativen Untersuchung.“ Die Entdeckungen Lavoisier's wachsen aus der durch die Vorgänger geschaffenen Grundlage nunmehr naturgemäss hervor. Dass er gerade die sogenannte Verkalkung der Metalle für die entscheidenden Versuche in's Auge fasst, ist sehr natürlich, denn seit der Periode der Alchemie standen dieselben immer im Vordergrund chemischer Betrachtung, indem sich an sie zugleich die wichtigsten praktischen Probleme knüpften. Im übrigen ist die ganze Versuchsanordnung und die darauf gegründete Schlussfolgerung, welche Lavoisier etwa zwei Jahrzehnte nach der erwähnten Entdeckung Black's vornahm, nur die reife Frucht der bisherigen Entwicklung.²

¹ Ausser den schon citierten Stellen Kopp, Gesch. d. Ch. I. S. 227 f.

² Sehr bezeichnend ist eine Äusserung Lavoisiers über die Stellung zu seinen Vorgängern, aus dem Jahre 1778, die Kopp mitteilt (Entw. d. Ch. S 86): „Nachdem er einleitend besprochen hat, wie sich die Erkenntnis der sog. neutralen Salze, dass sie aus einer Säure und einer Base bestehen, herausgebildet hatte, geht er zu der Darlegung seiner eigenen Untersuchungen mit den Worten über: D'après cet état ou la science chimique nous est transmise, il nous reste à faire, sur les principes constituants des sels neutres, ce que les chimistes, nos prédécesseurs, ont fait sur les *sels neutres* eux mêmes, à attaquer les *acides* et les *bases*, et à reculer encore d'un degré les bornes de l'analyse chimique en ce genre.“

Bis zu diesem Punkt sollte uns der historische Rückblick führen — was hat er uns für den Unterricht gelehrt? Ich denke mancherlei. Inbezug auf das Altertum habe ich am betreffenden Ort schon einiges bemerkt über die Schwierigkeit, welche die richtige Auffassung stofflicher Veränderungen der natürlichen Anschauung machte, sowie darüber, dass am Misserfolg der griechischen Spekulation wesentlich der Umstand Schuld trug, dass man immer einen möglichst weiten Erfahrungskreis in Betracht zog, auf die allgemeinsten Eigenschaften sein Augenmerk richtete. Dies hatte einen guten Sinn, wenn es sich darum handelte das Existierende nach allgemeinen Kategorien zu gruppieren und hiemit eine sehr wichtige logische Arbeit vorzunehmen, war aber erfolglos oder gar irreführend, wo es auf die Erkenntnis naturgesetzlicher Zusammenhänge ankam. Unsere Lehr- und Schulbücher aber lieben bis heutigen Tages jene weitausgreifenden Überblicke, wobei der Schüler in raschem Flug eine ganze Reihe von Thatsachen überschauen und sich des gemeinsamen Allgemeinen in ihnen bewusst werden soll. Es geschieht dies namentlich in den allgemeinen Einleitungen, wo kurzweg von allen möglichen Erscheinungen gesprochen wird, aber auch bei den speziellen Kapiteln findet es sich wohl. Ein Rest solcher Betrachtungsweise ist es, wenn Wilbrand die Untersuchung der Luft mit einem allgemeinen Ausblick auf ihre Eigenschaften und Wirkungen beginnt. Der Unterricht hat für den Anfang dergleichen zu vermeiden; spricht er dergestalt über allgemeine Thatsachen, so verfällt er der Gefahr oberflächlicher, scharfes Auffassen und klares Denken schädigender Wortmacherei. Ja man kann geradezu sagen: „allgemeine Thatsachen“ giebt es nicht, Thatsachen sind immer konkret.

Wie die wissenschaftliche Erkenntnis sich immer erst an solchen konkreten Thatsachen und Problemen erschliesst, zeigt die Alchemie auf das schlagendste, zugleich das Weitere, dass es wichtige praktische Interessen sind, welche zu energischer Erforschung derselben veranlassen. Bis tief in die Neuzeit wird die chemische Forschung fast allein durch solche Interessen angeregt und getragen. Der Versuch, in ähnlicher Weise das praktische Interesse des Schülers dem Unterrichte dienstbar zu machen,¹ ist in unserer Pädagogik schon vielfach

¹ Der klassische Vertreter dieser Richtung ist wohl Rousseau und ich erinnere hier an das Beispiel, welches er im 3. Buch des Emil für den Beginn des chemischen Unterrichts anführt:

angestellt worden. Freilich gilt hier, was ich anderwärts¹ bemerkt habe: „Mag es immerhin der Kunst des Unterrichts gelingen, etwas von den Bedürfnissen und Interessen jener Zeit dem Zögling bewusst werden zu lassen, — unmittelbare, ursprüngliche, unabweisliche Impulse des vollen, wirklichen Lebens sind sie doch nicht mehr und können es der Natur der Sache nach zum guten Teil auch gar nicht sein.“ Wollte man etwa den chemischen Unterricht gut historisch geradezu mit dem Problem der Alchemie beginnen und sich nach dem Vorgang der Alchemisten an seiner Lösung versuchen, so würde mir dies ein arger Missgriff scheinen. Denn unserm Schüler liegt jenes Problem in seiner eigenen Lebenserfahrung — und von dieser sollen wir ja ausgehen — gar nicht als ein wirkliches, greifbares vor; es hätte nur den Wert eines Schulbeispiels. Dazu kommt, dass die Entscheidung über dieses Problem erst auf einer viel spätern Stufe der Wissenschaft möglich war und wenn wir unsern Schüler gleich auf diese erheben wollten, so würden wir Zwischenstufen, welche uns die geschichtliche Betrachtung als notwendig gezeigt hat, überspringen. Es wird also hier darauf ankommen, in sorgfältiger Feststellung aller dieser Entwicklungsstufen sich klar zu werden, welche derselben der Schüler notwendig durchlaufen muss und nun hiefür in seinem Erfahrungs- und Interessenkreis die geeigneten Anknüpfungspunkte zu finden. Das bleibende Verdienst der Alchemisten war die Auffindung vieler chemischer Stoffe und Reaktionen, welche das unentbehrliche Handwerkszeug für die chemischen Arbeiten der Folgezeit bildeten. Die Säuren und ihre Wirkungen, das Lösen, Fällern, Destillieren u. s. w. gehören hieher. Eine haltbare chemische Theorie ergibt sich aber zuerst inbezug auf das Verhalten von Säuren und Basen und ihrer Verbindungen zu Salzen, die darum auch ein Hauptkapitel des Unterrichts bilden müssen. Anknüpfungspunkte aus dem praktischen Leben bietet gerade dieser Stoff vielfach dar und man wird ihn geradezu an den Anfang des chemischen Unterrichts stellen können, weil er reichlich Gelegenheit giebt die wichtigsten chemischen Stoffe und Operationen in ganz natürlichen Zusammenhang einzuführen und kennen

Die Prüfung des Weines auf Fälschung durch Bleiglätte mittelst eines Alkalis. Dasselbe zeigt uns zugleich, wie man kurz vor Lavoisier chemische Prozesse erklärte; die Wahlverwandschaft ist schon eine geläufige Vorstellung.

¹ Jahrb. f. wiss. Päd. XXI, 1889. S. 169.

zu lehren. Während er so den Ertrag der alchemistischen Periode einzugliedern gestattet, führt er von selbst zu einem zweiten wichtigen Gebiet, mit welchem unser Schüler eigens vertraut gemacht werden muss, zu dem der pneumatischen Chemie. Wir sahen ja, wie Black dasselbe mit der Untersuchung gewisser basischer Körper, vor allem des Kalks, betrat. Hat sich der Schüler auf diesem Wege eine Reihe grundlegender chemischer Anschauungen, Operationen und Begriffe erworben, so mag er immerhin zu Lavoisier und der richtigen Erkenntnis der Verbrennungs- und sonstigen Oxydationserscheinungen geführt werden, ohne dass ich es für nötig hielte ihn irgendwie sich in die Lehre vom Phlogiston einleben zu lassen. Dieselbe bildete wohl einen notwendigen Durchgangspunkt für die Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnis, bezeichnet aber doch zugleich einen Um- und Irrweg, den wir unserm Schüler ohne weiteres ersparen können. Auch noch in einem Punkt erscheint mir hier eine Abweichung von dem tatsächlichen Gang der Geschichte zweckmässig, indem man nicht, wie Lavoisier, die Oxydation der Metalle voranstellt, sondern die Erklärung des Verbrennungsprozesses in der Kerzenflamme, welche der täglichen Erfahrung unserer Schüler weit näher liegt und zudem in Faraday's „Naturgeschichte einer Kerze“ eine klassische Behandlung für Unterrichtszwecke erfahren hat.

Alle diese Dinge und noch viel mehr hat Arendt in seinen „Materialien“ auch, aber doch zum Teil in anderer Anordnung und jedenfalls nicht in der geschlossenen Gliederung der entsprechenden Über- und Unterordnung, wie sie aus der Beachtung des geschichtlichen Ganges erwächst.¹ Dadurch ist auch die passende Auswahl aus den „Materialien“, auf die man in praktischen Schulverhältnissen immer angewiesen sein wird, er-

¹ Es liegt hier, wie ich glaube, ein Fall vor, auf welchen Zillers Wort (Allg. Päd. S. 215) treffende Anwendung findet: „Nach der Natur des Geistes kann der Zögling, um zu den Höhepunkten der Bildung in der Gegenwart zu gelangen, keine einzige der dazu führenden Entwicklungsstufen wirklich überspringen. Wenn nicht in geordneter, macht er sie in ungeordneter Weise durch und in demselben Masse, als er aus ihr weniger Bildungsgehalt für sein eigenes Geistesleben schöpft, in demselben Masse, als er die Bildungstoffe verschiedener Epochen in ein weniger richtiges Verhältnis setzt, wird seine eigene Gesamtbildung unvollkommen ausfallen und wird er an seinem Teile mangelhafter dazu beitragen, dass die allgemein menschliche Entwicklung fortgesetzt werde“.

schwert. Dazu kommt die fast ängstliche Vermeidung aller eigentlich chemischen Verallgemeinerungen, zu der doch ein so reichhaltiger Komplex verwandter Thatsachen unabweislich drängt.

Vollends der „höhere Kurs“ dürfte, wenn er von den zusammengesetzten Stoffen ausgeht und, der oben dargelegten Entwicklung folgend, sich auf die Grundstoffe und die einzelnen Gesetze chemischer Verbindung führen lässt, nur gewinnen. Dem synthetischen Aufbau der Wissenschaft, der, mit den „binären Verbindungen“ beginnend, zu Verbindungen höherer Ordnung fortschreitet, lässt sich in der systematischen Zusammenfassung immer noch Rechnung tragen. Gerade hier, wo es sich darum handelt, den Schüler tiefer in das Wesen der Wissenschaft und der Erkenntnis überhaupt einzuführen, wird dieses am besten auf den Wegen geschehen, auf welchen die Forschung thatsächlich zu ihren Ergebnissen gekommen ist. Fügt man nun noch die historischen Daten über den thatsächlichen Gang der Entwicklung hinzu, so werden diese sicher wirksamer aufgenommen werden, wenn schon der Unterrichtsgang Zusammenhang und Folge derselben dargestellt hat.

III. Der praktische Lehrgang.

Die Ökonomie meines Unterrichts, den ich, wie schon bemerkt, in einem Semester der letzten Seminarklasse mit einer Gesamtzahl von höchstens 60 Stunden zu bewältigen hatte, gestattete mir keine breite Ausführung der bisher dargelegten allgemeinen Grundsätze. Ich suchte ihnen im gegebenen Rahmen auf die Weise Rechnung zu tragen, dass ich in Analogie zur historischen Entwicklung um die beiden zentralen Stoffe der Säuren, Basen, Salze und der Verbrennung die Erarbeitung der grundlegenden chemischen Begriffe gruppierte, die in der Behandlung der wichtigsten Anwendungsgebiete der Chemie dann unausgesetzt verwertet und eingeübt wurden. Auch hierin ist übrigens der geschichtliche Verlauf nachgebildet, der erst in unserm Jahrhundert zu umfassender Beherrschung von Industrie, Agrikultur und Physiologie durch chemische Kenntnisse geführt hat.

Auf normale Giltigkeit kann mein Lehrgang schon wegen der ihm auferlegten Beschränkung keinen Anspruch machen. Gleichwohl meine ich nur einem berechtigten Verlangen zu be-

gegen, wenn ich ihn mitteile und es nicht bei bloss theoretischen Erörterungen bewenden lasse. So mag er zeigen, wie man auch in beschränkten Verhältnissen methodischen Grundsätzen Rechnung tragen kann. Dass es hier schon auf die bestmögliche Art geschehen sei, behaupte ich nicht entfernt, bin vielmehr überzeugt, dass die allgemeinen Grundsätze, die ich vertrete, — namentlich bei mehr Zeit — noch weit umfassender und fruchtbarer zur Anwendung kommen können. Das rechte Zusammenwirken tüchtiger fachlicher und historischer Bildung mit sorgfältiger methodischer Überlegung und praktischem Lehrer-geschick findet hier noch ein weites Arbeitsfeld.

Ich beschränke mich im Nachstehenden auf eine Mitteilung meiner beiden ersten „methodischen Einheiten“, da in ihnen die entscheidenden Fragen erledigt werden. Dabei gebe ich nicht die vollinhaltliche „Präparation“, sondern der Hauptsache nach nur die kurzen Zusammenfassungen, in welchen zugleich für die Niederschrift der Schüler der Gang des Unterrichts fixiert wurde. Andeutungen über die verbindenden und vermittelnden Überlegungen und Erörterungen habe ich, soweit sie mir für das Verständnis nötig erschienen, eingeschoben und durch kleinern Druck kenntlich gemacht. Der Kundige wird sich danach den Unterricht in allen Einzelheiten zurechtlegen können. Insbesondere wird sich ihm auch die Artikulation des Unterrichts nach den Formalstufen von selbst darbieten, die ich nicht ausdrücklich gekennzeichnet habe, wenn auch die Formung von methodischen Einheiten deutlich genug auf sie hinweist. Zu gross wird man diese methodischen Einheiten für die bezeichnete Unterrichtsstufe nicht finden. Augenfällig tritt in ihnen die Stufe des „Systems“ als „Zusammenfassung“ hervor und die in Anwendung der gewonnenen Begriffe sich daran schliessende „Methode“. Die vorangehenden Stufen der „Synthese“ (mit vorheriger „analytischer“ Erörterung des Gegenstandes) und „Association“ konnten der Natur der Sache nach nicht in einem einmaligen Gange erledigt werden, sondern lösen einander wiederholt ab, wobei denn auch immer wieder die Nötigung zu kleineren Zusammenfassungen — der beständige Wechsel von „Vertiefung“ und „Besinnung“¹ — auftritt. So mag man denn hier geeignete Beispiele finden für die Dehnbarkeit und Anpassungsfähigkeit der Formalstufen auf die verschiedenen Stadien und Gebiete

¹ Vergl. Herbart, Lehrb. d. Psych. § 210 und Päd. Schr. ed. Willmann I. S. 387 Anm.

des Unterrichts. Dieser methodischen Seite musste ich um so mehr Aufmerksamkeit zuwenden, da meine Schüler selbst schon mit pädagogischer Theorie und Praxis umgehen. So war es nur natürlich und geboten, dass wir bei dem chemischen Unterricht auch das formal Methodische gelegentlich ausdrücklich besprachen und in der speziellen Unterrichtslehre hierauf Bezug genommen wurde.

Erste Einheit.

(Säuren, Basen, Salze, chemische Verbindung, chemische Anziehung.)

I. Der Kalk.

Hauptziel: Wir wollen untersuchen, was eigentlich bei der Verarbeitung des Kalksteines zu Baukalk (Aetzkalk) geschieht.

Das Brennen, Löschen, wie wir es aus der täglichen Erfahrung kennen, wird kurz besprochen. Das erste, was wir genau festzustellen haben, ist:

1. Wodurch unterscheidet sich der gebrannte vom ungebrannten Kalk?

- a) Festigkeit,
- b) spezifisches Gewicht,
- c) Verhalten gegen das Wasser (das Löschen des Kalks, Kalkbrei, Kalkmilch, Kalkwasser),
- d) Verhalten gegen Säuren (der ungebrannte Kalk braust mit Säure auf, der gebrannte nicht),
- e) Ätzende Wirkung des gebrannten Kalks (Ätzkalk).

2. Worauf beruht dieser Unterschied — was ist mit dem Kalkstein beim Brennen geschehen?

Er erscheint uns lockerer — etwa in Folge von Ausdehnung? Aber auch leichter und zwar spezifisch leichter — direkt nachweisbar an einem in der Stunde gebrannten Stückchen Marmor oder Kreide. Worauf deutet das Leichterwerden hin? Verlust eines Stoffes. (Vorläufiger Hinweis auf das Gewicht als die konstante Grundeigenschaft der Materie.) Darauf deutet auch hin das Brausen des Kalksteins mit Säure, welches bei dem gebrannten Kalk fehlt, denn dieses Aufbrausen besteht in dem Entweichen von Luft. Der Unterschied dürfte also darauf beruhen, dass bei dem Brennen des Kalks diese Luft aus demselben ausgetrieben wird. Ob es wohl gewöhnliche Luft ist?

Prüfung derselben zunächst durch den Geruch und Geschmack¹ — er ist uns wohlbekannt aus dem sogenannten Sodawasser und Mineralwässern, wir wissen auch, dass man den Stoff, der hier das Aufbrausen und den prickelnden Geschmack verursacht, Kohlensäure nennt. Als neue Eigenschaften derselben lernen wir jetzt kennen, dass in ihr Licht verlöscht, dass sie schwerer ist als atmosphärische Luft und Lackmuspapier rötet. In dem gebrannten Kalk ist keine Kohlensäure, sie ist also beim Brennen entwichen. Ob wir sie wohl wieder mit dem Ätzkalk vereinigen können? Was wird geschehen, wenn ich Kohlensäure in Kalkwasser leite? So wird schliesslich festgestellt:

Kalkstein besteht aus Ätzkalk und Kohlensäure (Eigenschaften derselben). Kohlensäure in Kalkwasser geleitet bildet Trübung und Niederschlag (Kalkwasser als Prüfungsmittel für Kohlensäure).

In unserm Sauerwasser² finden wir auch Kohlensäure, auch Kalk (Nachweis) — gleichwohl ist es vollkommen klar. Dasselbe gilt, wenn auch nicht in gleichem Masse, von dem Brunnenwasser. Die Erklärung erfolgt durch Einleitung überschüssiger Kohlensäure in Kalkwasser.

3. Der natürliche Kalkgehalt des Brunnenwassers.

In einem Überschuss von Kohlensäure bildet sich doppeltkohlensaurer Kalk, der im Wasser löslich ist. In dieser Form kommt er im Brunnenwasser und den Mineralwässern vor — dazu freie Kohlensäure.—(Kesselstein.)

4. Erzeugung künstlicher Mineralwässer (Sodawasser) durch Einführung (Lösung) von Kohlensäure unter höherem Druck in Wasser.

Sodawasser und Brausepulver geben die Überleitung zu.

II. Soda.

1. Waschsoda (Krystallwasser, Verwittern, gebrannte Soda) doppeltkohlensaures Soda (grösserer Kohlensäuregehalt — nachweisbar durch das Gewicht): beide haben einen eigentümlichen (unangenehmen) Geschmack, färben roten Lackmus blau.

Weinsteinsäure (Krystallisation, Geschmack, Wirkung auf Lackmus).

¹ Es ist nicht unwesentlich, dass beim Beginn des Unterrichts solche Stoffe auftreten, bei welchen diese natürlichste chemische Reaktion in Anwendung kommt.

² Dies der bei uns übliche Name für die in Siebenbürgen sehr häufigen und daher jedermann bekannten Mineralwässer. Von diesen auszugehen scheint deshalb zweckmässig, weil sie die betreffenden Erscheinungen weit auffälliger zeigen, als das Brunnenwasser.

2. Soda besteht aus Ätznatron (Eigenschaften) und Kohlensäure (einfach- und doppeltkohlensaures Natron. Vergleich mit dem Kalk).

3. Was für ein Stoff bleibt, nachdem die Kohlensäure durch Weinstein-, Schwefel- oder Salzsäure aus der Soda ausgetrieben, im Rückstand?

Prüfung desselben durch den Geschmack, Lackmus und Abdampfen ergibt:

Soda + Salzsäure = Kochsalz + Kohlensäure

Soda + Schwefelsäure = Glaubersalz + Kohlensäure

Austreiben der Kohlensäure durch die stärkere Säure. Eigenschaften von Kochsalz und Glaubersalz (Geschmack, neutrales Verhalten gegenüber Lackmus).

4. Verwendung der Soda beim Waschen, Kochen, der Seifensiederei.

Ein Stoff ähnlicher Verwendung (wobei von der gewöhnlichen Küchenlauge ausgegangen werden kann) ist die

III. Pottasche.

1. Eigenschaften analog der Soda

2. Zusammensetzung: Kohlensäure und Ätzkali — kohlensaures Kali.

3. Verbindungen:

Pottasche + Salpeters. = Salpeter + Kohlens.

Pottasche + Schwefels. = Schwefels. Kali + Kohlens.

4. Gewinnung (aus Asche) und Verwendung der Pottasche. Gewinnung der Soda aus der Asche von Meerpflanzen.

Wir wollen nun zwei luftförmige Stoffe kennen lernen, die unsichtbar sind, aber ihr Vorhandensein durch gewisse Wirkungen (zunächst Geruch) anzeigen.

IV. Ammoniak und Salzsäure.

1. Eigenschaften: Beide Stoffe gasförmig, im Wasser löslich, werden durch Erwärmung ausgetrieben (vgl. Kohlensäure). Ammoniak schmeckt und wirkt scharf ätzend, färbt Lackmus energisch blau, Salzsäure schmeckt sauer, färbt Lackmus energisch rot.

Was ist von einem Zusammentreffen beider Stoffe zu erwarten?

2. Verbindung von Ammoniak und Salzsäure:

Ammoniak + Salzs. = Salmiak (neutr. Eigensch.)

Ammoniak + Kohlens. = Hirschhornsalz (nicht neutral).

Die bisher betrachteten Stoffe und Vorgänge zeigen so viel Gemeinsames, dass wir dasselbe herausheben und zusammenfassen können.

V. Zusammenfassung.

1. Säuren (Kohlens., Salzs., Schwefels., Salpeters.: schmecken sauer, färben bl. Lackmus rot) verbinden sich mit Basen oder Alkalien (Ätzkalk, -natron, -kali, Ammoniak: eigentümlicher, laugenhafter oder alkalischer Geschmack, färben roten Lackmus blau) meist zu Salzen, die entweder neutral (gegen Lackmus — salziger Geschmack: Kochsalz, Glaubersalz, Salpeter, Salmiak) oder basisch (kohlens. Verbindungen) sind. Die Salze krystallisieren aus den Lösungen in bestimmten Formen, häufig unter Aufnahme von Krystallwasser (Soda, Glaubersalz) — Verwittern. Abweichendes Verhalten des Kalks.

Die an diesen Stoffen gemachten Beobachtungen haben uns auch einen Einblick eröffnet in das Wesen chemischer Vorgänge überhaupt

2. Chemische Vorgänge überhaupt bestehen darin, dass ein Stoff sich in Bestandteile zerlegt (Kalkstein durch Hitze in Ätzkalk und Kohlens.), — oder dass durch chemische Verbindung zweier Stoffe ein neuer dritter entsteht (Säuren, Basen, Salze).

Die Bestandteile zeigen wesentlich andere Eigenschaften als die Verbindung. Dabei ist die Neigung sich chemisch mit einander zu verbinden, bei verschiedenen Stoffen eine verschiedene. Man bezeichnet sie als chemische Anziehungskraft oder chemische Verwandtschaft (Affinität). Wird ein Körper aus der chemischen Verbindung mit einem zweiten durch die grössere Verwandtschaft zu einem dritten ausgetrieben, so heisst diese Wahlverwandtschaft.

Chemische Verwandtschaft findet insbesondere statt zwischen Körpern von entgegengesetzten Eigenschaften.

Die Körper wirken chemisch auf einander in flüssigem und gasförmigem Zustand. Unterschied zwischen bloss mechanischer Teilung und Mischung und chemischer Trennung oder Verbindung.

Basen und basische Salze kommen hauptsächlich zur Anwendung bei der Bereitung der Seife. Wir wollen mit Hilfe der gewonnenen Begriffe die chemischen Vorgänge, die dabei stattfinden, verfolgen.

VI. Seife und Fett.

1. Darstellung der Seife.

- a) Aus Aschenlauge (Pottasche) wird durch Zusatz von gebranntem Kalk Ätzlauge (Lösung von Ätzkali) erzeugt. Mit dieser kocht Fett zu Seife u. z. zu Kaliseife (Schmierseife). Durch Zusatz von Kochsalz wird aus der Kaliseife Natronseife.
- b) Aus Ätznatron und Fett wird direkt Natronseife dargestellt.

2. Eigenschaften der Seife: Im Wasser löslich, löst Fett auf, schäumt und wäscht dadurch mechanisch. Hartes und weiches Wasser (Kalk und Seife bildet eine unlösliche Verbindung). Verhalten der Seife zu den Säuren. Kernseife, Eschweger Seife.

3. Konstitution der Fette. Die Fette und Öle — teils tierischen, teils pflanzlichen Ursprungs, bei gewöhnlicher Temperatur mehr oder weniger fest (Talg, Schmalz, Öl) — bestehen aus Fettsäure und einem neutralen Stoff, dem Glycerin (Ölsüss). Bei der Seifenbereitung verbindet sich die Fettsäure mit einem Alkali (Kali oder Natron) und bildet die Seife. Das Glycerin wird ausgeschieden.

Die beiden wichtigsten Fettsäuren sind das Stearin (hart) und das Olein oder Elain (flüssig), welche in den meisten natürlichen Fetten gemischt vorkommen. Bei der Stearinfabrikation wird nach Ausscheidung des Glycerins das Olein durch Auspressen vom Stearin getrennt, das erstere zu Seifen, das letztere zu Stearinkerzen verarbeitet.

So weit, als uns unsere bisherige Betrachtung geführt hat, war die richtige Erkenntnis chemischer Vorgänge um die Mitte des vorigen Jahrhunderts (zur Zeit Friedrichs d. Gr., Rousseau's, Lessing's) gediehen. Auch hatte man damals eine Erklärung der Verbrennungserscheinungen zu geben gesucht, deren Erforschung unsere nächste Aufgabe bilden soll.

Zweite Einheit.

(Verbrennung. Grundstoffe. Stöchiometrie. Atomistik).

Hauptziel: Wir wollen sehen, ob wir nun auch die chemischen Vorgänge, welche bei dem Brennen einer Kerzenflamme eintreten, erforschen und vielleicht auch hieran noch etwas lernen können.

Die Erklärung durch Annahme des Phlogiston wird mitgeteilt und auf die Plausibilität derselben für die unmittelbar zu beobachtenden Thatsachen hingewiesen. Hiebei sofort auch die Oxydation der Metalle heranzuziehen, erscheint mir nicht zweckmässig; ich halte es für richtiger die Aufmerksamkeit der Schüler nunmehr ganz auf den konkreten Vorgang zu konzentrieren, dessen genaue Erforschung uns obliegt.

I. Die Kerzenflamme.

1. Was brennt in der Flamme?

Das Stearin oder der Docht? Für sich allein keins — geschmolzenes Stearin löscht die Flamme geradezu aus. Brennen Stoffe überhaupt nur in Dochten? Petroleum, Spiritus, Benzin, Äther bekanntlich nicht. Diese Stoffe zeichnen sich durch leichte Verdampfbarkeit aus (Geruch) — Gegensatz zum Öl. Geschmolzenes Stearin genügend erhitzt brennt ebenfalls. Die einzelnen Versuche¹ führen zum Ergebnis:

Das durch die Hitze der Flamme geschmolzene Stearin steigt vermöge der Kapillarität in der gerade genügenden Menge im Docht auf,² geht hier durch weitere Einwirkung der Hitze in Dampf über und dieser Stearindampf ist es, welcher brennt.

Bedeutung und Notwendigkeit des Dochtes. Unterschied in der Art des Brennens bei Stearin, Wachs, Talg, Öl, Petroleum, Spiritus, Benzin, Äther. Vorsichtsmassregeln bei letzteren Stoffen.

2. Was geht mit dem Stearindampf in der Flamme vor?

- a) Die Teile der Flamme: I. Innerer: Der dunkle Kern. II. Mittlerer: Leuchtende Hülle. III. Äusserer: Lichtschwacher, blauer Mantel.
- b) Vorgänge in denselben.

Zunächst werden Vermutungen angestellt — etwa: was wird im innersten Teil sein? wo wird die grösste Hitze stattfinden? Wahrscheinlich im hellsten Teil der Flamme. Der Versuch, aus irgend einem Teil der Flamme den betreffenden Stoff für sich zu gewinnen, führt sofort auf die Thatsache der Russbildung und zeigt so den Weg für die weitere Untersuchung.

¹ Man sehe dieselben bei Faraday, Naturgeschichte einer Kerze. 1. Vorlesung.

² Die schönen Betrachtungen Faraday's über „Anpassung“ der einzelnen Teile der Kerze, über das „Schälchen“ für den Brennstoff dürfen natürlich nicht vernachlässigt werden. Es lassen sich hieran recht anziehende und wertvolle Erörterungen über die kulturgeschichtliche Entwicklung der Beleuchtungsmittel (älteste Lampe) anknüpfen.

Am einfachsten geschieht diese für den inneren und mittleren Teil der Flamme mittelst einer quer hindurch gehaltenen (dünnen) Glasröhre: aus dem inneren Teil schlägt sich auf derselben der Stearindampf nieder, zu beiden Seiten die Kohle aus dem hellen Teil als Russ. Ein dünner Draht glüht nur im äusseren lichtschwachen Teil — ebenso der Docht bei dem (absichtlich durch die Art seiner Herstellung herbeigeführten) Umbiegen.¹ Wir kommen zum Ergebnis:

In I befindet sich Stearindampf; in II brennt derselbe und scheidet feste Kohlenteilchen aus (Russ), welche die Flamme leuchtend machen; in III verbrennt die Kohle und ist die Hitze am grössten.

Hinweis auf das Auffällige und Überraschende dieser That-sachen: der hell leuchtende Teil der Flamme enthält die schwarze Kohle, der lichtschwache Teil ist am heissesten (Vorblick auf den Anteil der Luft). Sehr instruktiv ist der Schatten der Flamme, der sich nur vom hellen Teil bildet und so die Gegen-wart fester Stoffe in demselben anzeigt; auch der aufsteigende Luftstrom der Umgebung wird hiebei gut sichtbar. Wo war die Kohle? Offenbar im Stearin — ebenso auch im Petroleum, Benzin. Wir erfahren neuerdings, wie die Stoffe in der chemischen Verbindung ihre Eigenschaften vollständig aufgeben.

3. Was entweicht aus der Flamme? (Die Verbrennungs-produkte).

Der nächstliegende Weg zur Beantwortung dieser Frage ist, einen Cylinder (eine Glasglocke) über die Kerze zu stürzen und so in demselben die Verbrennungsprodukte aufzufangen. Dabei zeigt sich sofort zweierlei: der Cylinder beschlägt und die Flamme erlischt bald — offenbar wegen Mangels an frischer Luft. Wir gehen zunächst der ersten Thatsache nach, indem wir eine genügende Menge dieses Beschlages bilden, um uns durch den Geschmack von der Richtigkeit unserer Vermutung zu überzeugen², dass es Wasser sei. Woher kommt dasselbe? Eine sorgfältige Analyse der Bedingungen zeigt, dass es nicht als solches aus der Atmosphäre kommen kann. Wir stehen somit vor der erstaunlichen, für die natürliche Auffassung geradezu verblüffenden Thatsache: Aus der Flamme, dem Feuer kommt Wasser. Wie denn? War es etwa als solches im Stearin vorhanden (nach Analogie des Krystallwassers)? Nein, aus geschmolzenem und erhitztem Stearin entweicht kein Wasserdampf. Es bleibt also nur übrig: das Wasser ist chemisch entstanden, entweder durch Zersetzung des Stearins (wurde

¹ Im Übrigen vergleiche man Faraday's 2. Vorlesung.

² Faraday wendet, um vor seinem grossen Auditorium be-quem den Nachweis zu erbringen, dass der gebildete Nieder-schlag Wasser sei, die Wirkung desselben auf Kalium an. Beim eigentlichen Unterricht kann vor einem so vermittelten Er-kennungszeichen natürlich keine Rede sein.

uns schon fraglich) oder durch Verbindung. Im letztern Fall wäre das Wasser chemisch zusammengesetzt, also kein Grundstoff, kein „Element“. Ehe wir zur Erörterung dieser Frage fortschreiten, wollen wir noch ein Verbrennungsprodukt nachweisen, indem wir den von der Kerze aufsteigenden Luftstrom durch Kalkwasser leiten, oder einfach einen Cylinder, in dem eine Kerze gebrannt hat, mit Kalkwasser schütteln.¹ Dieser Versuch tritt ohne vorbereitende Analyse, ganz synthetisch auf und die Schüler haben nur das Resultat selbstthätig auszusprechen, welches zusammengefasst lautet:

Als Verbrennungsprodukte entweichen aus der Flamme Wasser und Kohlensäure.

Wir kehren nunmehr zunächst zur Beobachtung der Abhängigkeit der Verbrennung vom Luftzutritt zurück, und fragen:

4. Welchen Anteil hat die Luft an der Verbrennung?

Die geeigneten Versuche ergeben:

Die Luft besteht aus zwei Bestandteilen: Der eine (etwa $\frac{1}{5}$) unterhält das Brennen und verschwindet beim Brennen (Brennluft); der andere (etwa $\frac{4}{5}$) unterhält das Brennen nicht (Stickluft, Stickstoff) und scheint etwas leichter als atm. Luft.

Das Verschwinden des Stoffes, den wir nach der an ihm beobachteten Eigenschaft vorläufig „Brennluft“ nennen, können wir uns nur erklären als das Eintreten in eine chemische Verbindung, wie wir dies schon an Luftarten kennen gelernt haben. So ist also die Entstehung von Wasser und Kohlensäure vielleicht auf die chemische Verbindung gewisser Stoffe der Kerze mit der Brennluft zurückzuführen. Einen dieser Stoffe haben wir speziell kennen gelernt: die in dem hellen Teil der Flamme glühende, im äussern Teil verschwindende (verbrennende) Kohle. Schon der Name deutet darauf hin, dass die Entstehung der Kohlensäure es mit dieser Kohle zu thun habe. Ein Versuch mit reiner Kohle, deren Verbrennung keinerlei Wasserbeschlagnahm, wohl aber reichlich Kohlensäure liefert, bestätigt die Richtigkeit unserer Annahme und giebt Antwort auf die Frage:

5. Wie entsteht die Kohlensäure?

Die Kohlensäure entsteht beim Verbrennen von Kohle durch die Verbindung derselben mit der Brennluft der atm. Luft.

Damit ist unsere Erforschung des Verbrennungsprozesses zu einem gewissen Resultat gekommen, welches wir nun folgendermassen vorläufig zusammenfassen:

¹ Hierbei kommen uns nun die früher gewonnenen Kenntnisse zu statten — ebenso in der Folge die Bekanntschaft mit den übrigen Säuren und den Basen. So erhalten wir beständig Gelegenheit zu immanenter Repetition. Zugleich zeigt sich, wie jene Thatsachen und Lehren eine wesentliche Vorstufe für die Behandlung der Oxydationserscheinungen bilden.

6. Der **Verbrennungsprozess in der Flamme** besteht in einer chemischen Verbindung des erhitzten Stearindampfes mit Brennluft, wobei im mittlern Teil der Flamme Kohle ausgeschieden wird, die im äusseren Teil zur Kohlensäure verbrennt.

Hierbei haben unsere chemischen Kenntnisse nun abermals eine wichtige Bereicherung und Erweiterung erfahren: Entstehung und Bestandteile der Kohlensäure, Zusammensetzung der atmosphärischen Luft — Nachweis, dass die letztere nur als mechanische Mischung und nicht als chemische Verbindung aufzufassen ist —, die Entstehung des Wassers. Letztere bleibt noch näher zu untersuchen; sie wird uns in weitere Zusammenhänge einführen und wird daher in einem besonderen Hauptabschnitt behandelt.

II. Die Entstehung (Zusammensetzung) des Wassers.

Hiebei erscheint mir nur das synthetische Verfahren möglich und so wird denn auch den Schülern ausdrücklich gesagt: bisher wurde die Art unserer Untersuchung meist durch die gemeinsame Überlegung geleitet; hier jedoch stehen wir an einem Punkt, über den wir mit unseren Kenntnissen und Erfahrungen nicht hinübergeführt werden. So müssen wir uns denn nun einfach zeigen lassen, was die wissenschaftliche Forschung dargethan hat. Giessen wir nach Anweisung derselben über Zink Wasser und Schwefelsäure, so entwickelt sich ein Gas, welches brennt und beim Brennen reichlich Wasser (aber keine Kohlensäure) liefert.

1. Das Wasser entsteht bei dem Verbrennen eines Gases, welches sich aus verd. Schwefelsäure und Zink entwickelt. Wir nennen dasselbe Wasserstoff. Das Wasser ist somit eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Brennluft.

2. Eigenschaften des Wasserstoffs. Er ist sehr leicht (etwa 14 mal so leicht als atm. L., $1\text{ l} = 0.09\text{ gr}$ oder fast 0.1 gr) brennt mit blauer, lichtschwacher, aber sehr heisser Flamme, unterhält das Brennen nicht, giebt mit Luft ein explodierendes Gemenge.

3. Andere Darstellungsarten des Wasserstoffs.

- a) Aus Natrium und Wasser. Natrium (leichtes, weiches Metall) verbindet sich mit der Brennluft des Wassers zu Ätznatron und der Wasserstoff wird frei.
- b) Ebenso aus Kalium, wobei Ätzkali entsteht.

Selbstverständlich wird hiebei die Oxydation von Natrium und Kalium an der atmosphärischen Luft gezeigt. Während bei der Entwicklung des Wasserstoffs aus Schwefelsäure und Zink der Ursprung nicht so leicht zu konstatieren war, ist hier

die Zersetzung des Wassers durch Einwirkung der Wahlverwandtschaft seitens des Metalls schon ganz durchsichtig. Völlig entscheidend ist endlich, weil kein zweiter Stoff ins Spiel kommt,

- c) Die Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom direkt in Wasserstoff und Brennluft, deren Volumina sich genau wie 2 : 1 verhalten. Das Wasser ist somit zusammengesetzt aus Wasserstoff und Brennluft und zwar im Volumverhältnis 2 : 1. Die Brennluft zeigt die Eigenschaft, das Brennen zu erhalten, im unvermischten Zustande in erhöhtem Masse.

4. Die Brennluft.

- a) Darstellung aus chlorsaurem Kali, Quecksilberoxyd und Braunstein durch Erhitzen.

Bei dem Quecksilberoxyd wird der Reduktionsvorgang ausdrücklich bemerkt, dagegen bei chlorsaurem Kali und Braunstein auf den Chemismus nicht eingegangen.

- b) Verbindungen: unter lebhaften Verbrennungserscheinungen mit Kohle, Schwefel, Phosphor zu Säuren (Kohlens., schwefl. S., Phosphors.). Somit erscheint die Brennluft als Säureerzeuger und wurde daher **Sauerstoff** (Oxygenium) genannt

Ebenso verbrennen Eisen, Kalium, Natrium, Magnesium etc. mit Sauerstoff zu Eisenoxyd (Rost), Kali, Natron, Magnesia. Bezeichnung der Sauerstoffverbindungen als **Oxyde**.

- c) 1 Volumen Sauerstoff mit 2 Volumen Wasserstoff giebt Knallgas. Knallgasgebläse (Drummond'sches Kalklicht).

Der Name Sauerstoff ist erst hier aufgetreten, wo er seine sachliche Begründung erhält. Dass er nicht so gedeutet werden kann, dass jede Sauerstoffverbindung eine Säure ist, zeigen Wasser, Kali, Natron etc. Ob aber wohl jede Säure Sauerstoff enthält? Die Frage wird weiterer Erörterung vorbehalten.

Welche Bedeutung hat es, dass der Sauerstoff in unserer Atmosphäre mit Stickstoff gemischt ist? Ausmalung der Folgen, die in einer reinen Sauerstoffatmosphäre eintreten würden. Dabei wird nochmals die Luft als blosses Gemenge besprochen.

Ob wohl nur der Sauerstoff Verbrennung hervorruft? Wir wollen noch einen Stoff kennen lernen, in welchem gleichfalls andere Stoffe verbrennen. (Abermals rein synthetischer Fortschritt.)

5. Das Chlorgas

- a) Darstellung: aus Chlorkalk, Braunstein und Salzsäure, Braunstein, Kochsalz und Schwefelsäure.

- b) Eigenschaften: Geruch, Farbe, sp. Gewicht, giftig, bleicht Pflanzenfarben.
- c) Verbindungen: mit Wasserstoff in gleichen Volumteilen (Chlorknallgas) zu Salzsäure, mit Natrium zu Kochsalz, mit Zink zu Chlorzink u. s. w.

Dabei haben wir erfahren, dass es Säuren ohne Sauerstoff giebt und dass das Kochsalz nicht als aus Säure und Basis zusammengesetzt erscheint. Eine etwaige spätere Erörterung über die Konstitution der Säuren und Salze hätte an diesem Punkt anzuknüpfen. Nunmehr sind wir im Stande den Verbrennungsprozess vollständig zu erklären, auch haben wir eine ganze Reihe der von uns bisher als einfach betrachteten Stoffe (Wasser, sämtliche Basen und Säuren) als zusammengesetzt erkannt, und endlich bei einzelnen Verbindungen eine einfache Gesetzmässigkeit in dem Mengenverhältnis der Bestandteile gefunden. Dies führt zu folgender

III. Zusammenfassung.

1. Erklärung der Flamme und des Verbrennungsprozesses überhaupt.

Der Verbrennungsprozess besteht in der chemischen Verbindung des Wasserstoffs, Kohlenstoffs, (Schwefels, Phosphors, Eisens, Magnesiums, Natriums u. s. w.) mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft.

Die Flamme wird erzeugt durch das brennende Gas, in welchem zunächst der Wasserstoff brennt, wobei die Kohle ausgeschieden wird und durch ihre glühenden Teilchen das Leuchten der Flamme bedingt (Eisen, Kohle brennen ohne Flamme, glühen.)

Verbrennungsprodukte sind Wasser und Kohlensäure, (schwefelige Säure, Phosphorsäure, Eisenoxyd, Magnesia, Natron u. s. w.). Ebenso wie mit dem Sauerstoff verbinden sich Stoffe mit dem Chlor unter Verbrennungserscheinungen.

Bei der Verbrennung entsteht Wärme eventuell Licht.

Unsere Erklärung der Verbrennung hat uns nirgends auf das vom vorigen Jahrhundert angenommene Phlogiston geführt. Dasselbe ist also vollständig überflüssig. Geschichte der Widerlegung der Phlogistonlehre durch Lavoisier — dessen persönlichen Schicksal in der französischen Revolution.

2. Zusammengesetzte Stoffe und Grundstoffe:

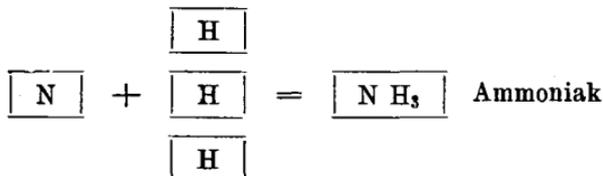
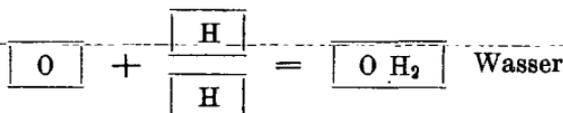
Wasser, Kohlensäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Natron, Kali, Kalk, Ätzkalk, Ammoniak, Salpetersäure sind als zusammengesetzte Stoffe erkannt worden.

Dagegen haben sich Wasserstoff (H) Sauerstoff (O) Kohlenstoff (C) Stickstoff (N) Chlor (Cl) Schwefel (S) Phosphor (P) und sämtliche Metalle bis jetzt noch nicht in weitere Bestandteile zerlegen lassen und gelten einstweilen als Grundstoffe (Elemente), deren man gegenwärtig etwa 70 zählt. Jeder Grundstoff wird mit dem Anfangsbuchstaben seines (lateinischen) Namens bezeichnet.

3. Gesetzmässigkeit der chemischen Verbindungen in Bezug auf das Mengenverhältnis der Bestandteile.

Während wir zu einer blossen Mischung von zwei Stoffen beliebige Mengen nehmen können, erfolgt die chemische Verbindung derselben (zu einem neuen Stoff) immer nur in ganz bestimmten einfachen Mengenverhältnissen. (Vgl. Verbindung der Säuren und Basen zu Salzen).

a) nach Volumen



Ebenso verbinden sich auch alle übrigen gasförmigen Stoffe immer nur in ganz bestimmten einfachen Mengenverhältnissen.

b) Nach dem Gewicht.

Setzen wir an Stelle der Volumina ihre Gewichte, so verbinden sich, da Cl 35·5-, O 16-, N 14 mal so schwer ist als H

35·5	Gewichtsteile	Cl	mit	1	Gewichtsteil	H
16	"	O	"	2	"	H
14	"	N	"	3	"	H

Ebenso finden bei allen anderen Verbindungen feste Gewichtsverhältnisse statt. Es verbinden sich :

12	Gewichtst.	C	mit	2×16	Gewichtst.	O	zu	Kohlensäure
23	"	Na	"	35·5	"	Cl	"	Kochsalz
2×23	"	"	"	16	"	O	"	Ätznatron
2×14	"	N	"	1×16	"	O	"	Stickstoffoxydul ¹
2×14	"	N	"	2×16	"	O	"	Stickstoffoxyd
2×14	"	N	"	3×16	"	O	"	salpetriger Säure
2×14	"	N	"	4×16	"	O	"	Untersalpeters.
2×14	"	N	"	5×16	"	O	"	Salpetersäure.

Jeder Grundstoff geht in eine chemische Verbindung nur in einem bestimmten Gewichtsverhältnis ein. Diese für jeden Stoff ganz charakteristische Verhältniszahl heisst sein Verbindungsgewicht.

In den chemischen Formeln bedeutet der einen Grundstoff bezeichnende Buchstabe immer zugleich die bestimmte Menge seines Verbindungsgewichtes (also H = 1 Gewichtsteil, O = 16 Gewichtsteile u. s. w.).

So drücken die Formeln Cl H, O H₂, N H₃, C O₂ u. s. w. zugleich die quantitative Zusammensetzung der Verbindung aus.

4. Erklärung dieser Thatsachen. Atom, Atomgewicht

Die Thatsachen der Verbindungsgewichte nötigen zur Annahme, dass jeder Grundstoff aus kleinsten, d. h. nicht weiter teilbaren, gleichen Teilchen, Atomen besteht und dass bei einer chemischen Verbindung immer je 1, 2, 3 . . . Atome des einen Stoffs sich mit 1, 2, 3 . . . Atomen des anderen Stoffs verbinden.²

Wäre nämlich ein Stoff ganz beliebig und ins Unendliche teilbar,³ so wäre nicht einzusehen, warum sich zwei Stoffe nicht in ganz beliebigen Mengenverhältnissen mit einander verbinden

¹ Diese Stoffe sind allerdings noch nicht aufgetreten, finden aber in dem bisher durchgenommenen eine hinreichende Analogie für das rechte Verständnis.

² An diesem Punkte wird klar, wie grundlos das Bedenken Zillers war, dass die atomistische Theorie nur auf dem Weg metaphysischer Betrachtung gewonnen werden könne. Sie ist in der That nur die unmittelbare Konsequenz ganz konkreter wissenschaftlicher Erfahrungsthatfachen.

³ Zur Veranschaulichung lassen sich Erbsen- und Weizenkörner verwenden, die als Körner immer nur im einfachen oder multiplen Gewichtsverhältnisse der einzelnen Körner, als Mehl dagegen in absolut beliebigen Verhältnissen zusammengebracht werden können.

sollten (z. B. 1 Gewichtsteil H mit 2, 10, 100, 238 . . . Gewichtsteilen O).

Besteht dagegen ein Stoff aus Atomen und verbinden sich die Stoffe chemisch immer atomweise, so kann dieses immer nur in einem Gewichtsverhältnis geschehen, in welchem die Atome der verschiedenen Stoffe zu einander stehen. Die Verbindungsgewichte geben uns daher zugleich das Gewichtsverhältnis zwischen den Atomen der einzelnen Stoffe an und heissen deshalb auch geradezu *Atomgewichte*.

Die durch Verbindung mehrerer Atome gebildeten physikalisch kleinsten Teilchen eines zusammengesetzten Körpers heissen *Moleküle*: (H_2O das Wassermolekül).

Im gasförmigen Zustand der Stoffe enthalten verschiedene Stoffe im gleichen Volumen immer gleichviel Atome.

5. Die allgemeinen Bedingungen und Erfolge chemischer Prozesse.

Geht die chemische Wechselwirkung immer zwischen den Atomen der Körper vor sich, so setzt sie eine solche Lockerung und Beweglichkeit der Atome voraus, dass dieselben von verschiedenen Körpern mit einander in Berührung treten. Daher ist es notwendig, die Stoffe damit sie chemisch wirken, aufzulösen oder in Gasform umzuwandeln (Wirkung der Wärme).

Eine allzu lebhafte Bewegung der Moleküle, wie sie ihnen durch stärkere Erhitzung gegeben wird, kann die Atome aber auch wieder von einander reissen. So erklärt sich die chemisch zersetzende Wirkung der Wärme.

Das Zusammentreffen der Atome unter Einwirkung der chemischen Anziehungskraft erzeugt eine lebhafte Bewegung derselben, die als Wärme und Licht in Erscheinung tritt.

Damit ist, wie man sieht, die Basis der modernen Chemie gewonnen, so wie sie im Anfang unseres Jahrhunderts festgelegt worden ist. Mir musste sie genügen, da ich nicht die Zeit fand, mich auf die weitere Entwicklung der chemischen Theorie einzulassen, wie dies bei einem ausgedehnteren Unterricht zu geschehen haben wird.

Die Stufe der Methode für die zweite Einheit bildet zunächst die atomistische Erklärung aller bisher betrachteten chemischen Prozesse und deren Darstellung in Formeln und Gleichungen. Sodann ist die ganze weitere Betrachtung eine

Anwendung der gewonnenen Begriffe, „angewandte Chemie“, die ich unter folgende Stoffgruppen zusammenfasse:

- I. Brennmaterialien, Heizung, Beleuchtung
- II. Explosivstoffe und Feuerzeug
- III. Die Nahrungsmittel
 - A. Vegetabilische.
 1. Kohlehydrate (Gährung).
 2. Stickstoffhaltige
 - B. Tierische (Milch, Ei, Fleisch).
- IV. Die Zusammensetzung des tierischen Organismus (Gerberei, Leim etc.).
- V. Die Ernährung und der tierische Lebensprozess.
- VI. Das Pflanzenleben und der Kreislauf der Stoffe.

In den grossen Prozessen des Naturlebens, mit denen wir unsere Betrachtung schliessen, begegnen wir wieder denselben Stoffen, von denen sie ausging: das Kalkwasser dient uns zum Nachweis der Kohlensäure, die unser Organismus nebst Wasser genau in derselben Weise produziert, wie die Kerzenflamme und in den Salpetersäure- und Ammoniakverbindungen erkennen wir das grosse Vehikel des Stoffwechsels. So schliesst sich uns das chemische Wissen zu einer organischen Einheit zusammen, die uns in wunderbarer Harmonie das durch wenige einfache Gesetze regierte „Auf- und Niedersteigen der Himmelskräfte“ zeigt.

Wie aber chemische Technik und Wissenschaft auch geschichtliche Vorgänge und das Kulturleben der Menschheit mächtig beeinflusst und sich selbst zu einer grossartigen Kette von Ursache und Wirkung zusammenschliesst, lesen wir gelegentlich in dem berühmten 11. und 12. Briefe Liebigs, wo uns zugleich Anlass gegeben ist, Soda-, Schwefelsäurefabrikation und ähnliches zu besprechen.

Man vermisst in der gegebenen Stoffübersicht vielleicht die metallurgischen Prozesse. Sie sind in der Mineralogie näher behandelt worden, und auf die Chemie der Metalle einzugehen giebt die an die Chemie sich anschliessende Behandlung der galvanischen Erscheinungen¹ Gelegenheit. Diese zeigen am vollkommensten und schlagendsten die Umwandlung der verschiedenen Naturkräfte in einander und führen so zur neuesten und grössten

¹ Nebenbei bemerkt sollte dies überhaupt so gehalten werden; man folgt dabei abermals nur einem geschichtlichen Analogon. Arendt hat dies in seinen Materialien ebenfalls so gemacht.

Generalisation¹, die die Naturwissenschaft im Gesetz von der Erhaltung der Kraft aufgestellt hat — dem Gesetz, dessen praktische Ausnutzung heute der Technik unabsehbare Bahnen weiteren Fortschritts öffnet.

Wenn es uns so gelungen ist, unsern Schüler die mächtige Entwicklung, welche menschliches Wissen und Können im Verlauf zweier Jahrhunderte auf diesen Gebieten erfahren hat, einigermaßen nacherleben zu lassen und ihn mit innerm Anteil der Höhe der Gegenwart zuzuführen, so dürfen wir wohl hoffen, damit auch ein Stück erziehenden Unterrichtes geleistet zu haben.

¹ Auch Arendt hat sie in der Schlussbetrachtung seiner Materialien.