Von den Schülern der Realschule tritt die Mehrzahl in das praktische Leben ein. Da nun die Schule nicht um ihrer selbst willen, sondern für das spätere Leben ihrer Zöglinge arbeitet, so mufs auch aus dem chemischen Unterricht ein Gewinn für das praktische Leben hervorgehen. Dieser kann nicht darin bestehen, dafs der Schüler für einzelne Gewerbe und für einzelne Industriezweige vorgebildet werde; das besorgen die Fortbildungsschulen und Fachschulen. Er mufs vielmehr darin bestehen, dafs dem in das Leben eintretenden Schüler die allgemeinen Ursachen chemischer Vorgänge, wie Wärme, Elektrizität, Licht, mechanische Wirkungen, nicht gedächtnismäfsig geläufig bleiben, sondern ganz selbstverständlich sind. Er darf sich nicht lange fragen was z. B. die Verwitterung dieses oder jenes Gegenstandes, das Rosten der Metalle u. s. w. mehr begünstigt, ob feuchte oder trockne Luft, ob feuchtwarme oder kalte. Er mufs für eine ganze Reihe oft wiederkehrender Vorkommnisse in Handel, Gewerbe und Industrie findig geworden sein um nicht nur zur Ausbesserung und Hebung dieses oder jenes Schadens, sondern zur Beseitigung durch Unwissenheit, Schlendrian und Gedankenlosigkeit eingerissener Schädigungen des Berufszweiges sein Scherflein beitragen zu können. Dazu wird er zwar in der Regel chemischer Formeln nicht bedürfen, aber an diesen und deren in Fleisch und Blut übergegangenem Verständnis ist ihm erst die Findigkeit aufgegangen, wie an der Grammatik die sichere Anwendung der fremden Sprache. Es kann für den chemischen Unterricht nicht genügen, die bekannteren Elemente nach dem Lehrgange systematischer Lehrbücher durchzunehmen. Es ist notwendig, aus Handel, Gewerbe und Industrie Passendes herauszugreifen und methodisch zu verarbeiten. Man darf dabei aber nicht in den Fehler verfallen, Technologie lehren zu wollen. Vieles ist im Anschlufs an oder im Hinweis auf vorgeführte Experimente zu bringen, insbesondere ist alles in das Gebiet der organischen Chemie Gehörende nur zu berühren, soweit es sich im täglichen Leben aufdrängt, da ein weiteres Eingehen darauf aufserhalb des Rahmens einer Realschule liegt. Der Umfang des Lehrstoffes mufs aber mit dieser Einschränkung so weit bemessen werden, denn fast kein Berufszweig kann heute der Chemie ganz entbehren. Ein tüchtiger Kaufmann mufs nicht nur wissen, woher eine Ware möglichst vorteilhaft und den Ansprüchen der Kundschaft entsprechend bezogen wird; er mufs auch die Güte seiner Ware aus der Art der Fabrikation beurteilen lernen, und er kann in gar vielen Fällen gesundheitspolizeilichen Vorschriften nicht nachkommen, wenn ihm die chemischen Grundanschauungen vollständig fehlen. Und wie soll ohne diese heutzutage ein Industrieller, vielfach auch ein Handwerker zur Hebung seines Berufes beitragen können? Dafs er aber dazu

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

beitragen wolle, hat die Schule ihm einzuimpfen. Sie soll ihm nicht nur allgemeine Bildung, nicht nur Interesse für die vielseitigen Erscheinungen des Lebens mitgeben, sondern ihn mit Hülfe des Elternhauses so zu erziehen suchen, dafs er etwas Tüchtiges leiste in seinem späteren Berufe.

Woher aber die Zeit nehmen, und wie den Schüler gegen zu grofse Beanspruchung schützen? Nach dem Angeführten kann es nicht genügen, Kenntnis der bekanntesten chemischen Elemente und ihrer hauptsächlichsten Verbindungen nach dem Gange eines systematischen Lehrbuches zu vermitteln. So wird auch von anderen, z. B. von Löw (in Rethwisch, Jahresberichte über d. h. Schulwesen, Bd. I S. 285 ff.) betont, dafs „der Anfänger nur schrittweise in das Verständnis des Gegenstandes eingeführt werden kann, sofern ein wirkliches Begreifen und selbstthätiges Operieren mit den erworbenen Vorstellungen beabsichtigt wird. Die Verfasser systematisch-chemischer Lehrbücher fühlen diesen Umstand auch sehr wohl, indem sie meist in der Vorrede darauf hinweisen, dafs die in ihrem Buche vorausgeschickte allgemeine Einleitung, in welcher von chemischen und physikalischen Naturerscheinungen, von Elementen und Verbindungen, Molekülen und Atomen, vom Gesetz der konstanten Verbindungsgewichte, sowie der chemischen Formelsprache die Rede zu sein pflegt, nicht etwa den chemischen Unterricht eröffnen solle, sondern dafs diese allgemeinen Kapitel nach Vorführung geeigneter Experimente an passender Stelle dem übrigen Unterrichtsgange einzufügen seien. Da aber gerade in der Art dieser Einführung der methodische Schwerpunkt des ganzen Unterrichts liegt, so lassen die systematischen Lehrbücher dem Lehrer allerdings freien Spielraum, dem Schüler gewähren sie aber, wenigstens während der ersten Monate des Unterrichts, so lange nämlich die methodologische Einleitung dauert, wenig oder gar keinen Nutzen.“ Von der Behörde wird auch hervorgehoben, dafs die Schüler an einem einfachen Stoffe und durch einfache, leicht durchsichtige Versuche in das Verständnis der induktiven Methode eingeführt werden sollen, dafs sie dabei aber nicht durch gleichmäfsige Behandlung aller Elemente und ihrer Verbindungen mit Lehrstoff überladen und zu überwiegend gedächtnismäfsiger Aneignung genötigt werden. Hier ist also das induktive Verfahren vorgeschrieben, aber keine besondere Methode. Wie hat man es angefangen, um im Zeitraume eines Jahres die Forderung der Behörde mit möglichst vielen Anforderungen des praktischen Lebens zu verknüpfen? Wie kann man im Unterricht schnell und doch fruchtbringend weiter kommen? Nur dann, wenn man von der rechten Basis ausgeht. Die Ansichten über diese widersprechen sich vielfach. Es giebt darunter auch solche, nach denen alles Hypothetische dem Anfangsunterricht fern zu halten sei. Nun ist aber die Forschungsweise der Naturwissenschaft notwendig mit Hypothesen verknüpft. An die konstatierten Thatsachen tritt immer aufs neue der Kausalitätstrieb. Er sucht nach dem Grunde zunächst einzelner Erscheinungen, um von diesem aus, wenn eine genügende Menge von Thatsachen für dessen höchste Wahrscheinlichkeit gefunden, spekulativ einen Schritt weiter zu gehen, um einen gemeinsamen Grund ganzer Gruppen von Erscheinungen zu finden. Das Fragen nach dem Warum? ist aber nicht gebunden an eine bestimmte Studienrichtung, es ist bei allen denkenden Menschen vorhanden, also auch bei den Schülern, denen Chemie gelehrt werden soll. Soll nun der Unterricht nicht nur Kenntnisse vermitteln, sondern vor allem den Geist so schulen, dafs von ihm verständige Fragen gestellt, Antworten und Begründungen ihrer Richtigkeit gesucht und gefunden werden, dafs er sich selbst kontrollieren lernt, so ist mit dieser Forderung der rein dogmatische Unterricht in der Chemie ausgeschlossen, bis auf solche Fälle, für deren Verständnis der Schüler noch nicht reif ist, die man aber nicht einfach fortlassen kann.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Das ganze grofse Gebäude der Chemie ist auf eine Hypothese gebaut. Niemand hat eine Molekel, niemand ein Atom gesehen; niemand hat nachzuzählen vermocht, ob in gleichen Volumen verschiedener Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur die Zahl der Molekeln die gleiche sei. Und doch ist diese Hypothese Avogadros die Grundlage für die Anwendung der atomistischen Theorie auf die Chemie. Mufs nun alles Hypothetische aus dem Anfangsunterricht fortgelassen werden? Alsdann dürfte auch von Molekel und Atom nicht die Rede sein. Es wäre dann die Begründung, weshalb grade diese chemische Formel für diesen physikalisch so und so charakterisierten Stoff hat gewählt werden müssen, ausgeschlossen. Es gäbe dann für die Schüler zwar Einwirkungen eines Stoffes auf einen anderen, wobei als überraschendes Ereignis ein Stoff mit von denen der Komponenten verschiedenen physikalischen Eigenschaften herauskäme; das Wie und Warum des Geschehens aber würde dem zugleich staunenden, zugleich nach der Ursache sich fragenden Schüler grundsätzlich vorenthalten. Wäre das pädagogisch zu verantworten? Man hat hierauf schon seit längerer Zeit mit einen entschiedenen Nein geantwortet, ist sich aber bis zur Stunde teils nicht klar, teils nicht einig über den Platz, an welchem im Unterrichtsgange Hypothesen besprochen werden sollen. Viele wollen die Gesetze und Hypothesen erst bringen, wenn eine beträchtliche Menge chemischer Thatsachen experimentell vorgeführt ist. Dabei wird es dann oft vorkommen, dafs durch zu gehäufte Anwendung der Versuche das Interesse an der Chemie nicht genügend wach und rege gehalten, ja zur blofsen Neugierde herabgezogen wird. Auf der andern Seite kommt es auch vor, dafs der Unterricht mehr in Worten erteilt und nur gelegentlich durch Experimente illustriert wird. Diese Schäden verringern sich glücklicherweise mehr und mehr. Man sucht doch heute schon ziemlich allgemein am Experiment das Gesetzmäfsige in den chemischen Vorgängen zu zeigen. Wenige aber nur wollen die Sache beim Schopf ergreifen und durch gut durchdachte Art und Folge der Versuche den Schüler anregen in den chemischen Vorgang hineinzukriechen, ihn in der Phantasie mitzumachen. Diese Aufgabe ist zwar die schwierigere, aber sie ist von wesentlicher Bedeutung. Einzelwissen geht bald wieder verloren, von dem aber, was der Geist zugleich erschaut und begriffen hat, bleibt der Kern bestehen; und je nach der hierzu anregenden Gelegenheit werden nicht nur die zugehörigen Einzelheiten reproduziert, sondern auf dem Gebiete der Naturwissenschaft ist nur diese Art Vorgänge anzuschauen produktiv und für das Leben fruchtbringend. Das gilt besonders auch für die vielen von der Realschule Abgehenden, die nicht Gelegenheit haben, durch drei weitere Schuljahre oder vielleicht obendrein noch durch ein Universitätsstudium nach und nach in die Wissenschaft hineinzuwachsen.

Wie aber soll diese Forderung erfüllt werden? Auf dem Wege zur Lösung dieser Frage hat man gröfstenteils die rein systematische Art der Behandlungsweise, wie sie auf den Hochschulen sich herausgebildet hat und bis dahin auch von den Schulen gehandhabt wurde, verlassen. Man hat, gedrängt von den Anforderungen, welche die Hochschulen an die Vollanstalten, und welche Handel und Gewerbe an die Nicht-Vollanstalten stellen, sich der Methodik des Unterrichts intensiver zugewandt; freilich nicht mit gleichem Glück. Insbesondere ist es nicht leicht, den chemisch-mineralogischen Unterricht der Realschule für das eine zu Gebote stehende Jahr fruchtbringend zu gestalten in dem Sinne, dafs die Schüler mit dem im Chemie-Unterricht Gelernten im späteren Beruf etwas anzufangen wissen, auch wenn sie die chemischen Formeln längst vergessen haben, und dafs ihnen über manches, von ihnen in der Schule nicht bis auf den Kern Verstandene, und über manches, des vorgeschriebenen Pensenplanes wegen im Unterrichte nur

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Angereihte, bei späteren Gelegenheiten plötzlich ein Licht aufgeht: „das hat damals mein Lehrer so gemeint!“

Unter den methodischen Lehrbüchern verdienen besondere Beachtung das von Arendt und das von Wilbrand. Beide aber lassen sich für Realschulen nicht verwenden ohne bedeutende Abänderungen. Arendt bringt eine stufenweise tiefer eindringende Begriffsanalyse des chemischen Vorganges. Die Abweichung von der hergebrachten Systematik ermöglicht ein fortdauerndes, vom Leichteren zum Schwereren aufsteigendes Lehrverfahren. Die überwiegend synthetische, nur vom Experiment ausgehende, Unterrichtsweise ist für den Schüler anregend. Aber die Überfülle vorgeschriebener Experimente und Einzelthatsachen erfordert einen bedeutend gröfseren Zeitraum als zur Verfügung steht. Sie trägt auch zur Zersplitterung bei und erschwert dem Schüler die Übersicht und damit das Aneignen positiver Kenntnisse. — Wilbrand will nicht das Experiment als den Ausgangspunkt, sondern als den Endpunkt einer Gedankenreihe verwenden. Er geht analytisch von den zusammengesetzten Erscheinungen aus und zerlegt sie in bereits bekannte Faktoren. Dabei durchbricht er in geschickter Weise die rein induktive Lehrmethode, indem er bei seinem induktiven Verfahren Gebrauch von deduktiven Schlüssen aus einfachen Grundsätzen macht. Aber seine Methode ist noch zeitraubender als die Arendts, freilich auch gründlicher. Er will, dafs das Experiment nie unvermittelt sei, dafs es stets an Bekanntes anschliefse. Indem er diese Behandlungsweise nur im Anfangsunterricht verwendet und in einem zweiten Kurse das so Gewonnene zu einem systematischen Ganzen zusammenfafst, das aufserdem durch theoretische Erörterungen und neue Thatsachen weiter ausgebaut wird, gesteht er stillschweigend ein, dafs mit einer rein methodischen Behandlungsweise nicht auszukommen ist. Er wird dadurch der Anforderung, dafs der Unterricht auch positive Kenntnisse zu vermitteln habe, mehr gerecht als Arendt.

Von den Methodikern wird über der Anleitung zum induktiven Schliefsen, der Hauptaufgabe des chemischen Unterrichts, der Hinweis auf den Wert positiver Kenntnisse und die Übung des Ausdrucks in der Wiedergabe des Durchgenommenen fast ganz übergangen. Nach den Methoden von Arendt und Wilbrandt, die für viele der später erschienenen Leitfäden und Lehrbücher Muster gewesen sind, kann die Schule, insbesondere die Realschule, dem Schüler nicht zur Genüge gerecht werden. Aber beide Autoren haben das grofse Verdienst, für die Schule in das Gebiet der Chemie, in dem zum Teil noch heute die Herrschaft systematischer Lehrbücher und eine dogmatische Behandlungsweise vorhanden sind, einen frischen Zug gebracht zu haben.

Dafs auch die folgenden aus mehrjähriger Praxis des Verfassers gewonnenen Vorschläge der Mängel genug aufweisen werden, liegt auf der Hand, da auf diesem Gebiet Abgeschlossenes zur Zeit nicht vorliegt; es will erst werden. Es versteht sich wohl von selbst, dafs man das hier Gebotene nicht ohne weiteres als Lehrprobe nehmen wird, auch da nicht, wo es so aussieht. Denn vieles ist nur erwähnt, manches zu kurz, manches vielleicht nicht elementar genug geschildert.

Die Gebilde der Natur erscheinen uns teils belebt, wie Menschen, Tiere, Pflanzen, teils unbelebt, wie die Mineralien. Die Stoffe, aus denen sie gebildet sind, oder die sich in ihnen oder durch sie bilden, kennen wir in dreierlei Zuständen, als feste, flüssige und luft- oder gasförmige. Zwischen diesen sind Übergangsformen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Die Chemie beschäftigt sich mit der Einwirkung dieser Stoffe aufeinander, insofern durch diese Einwirkung die physikalischen Eigenschaften so verändert werden, dafs neue Stoffe entstehen. Aus den Funktionen unseres eigenen Körpers sind uns Vorgänge des Stoffwechsels zur Genüge bekannt. Wir nehmen unsere Nahrung teils aus dem Tier- und Pflanzenreich, teils aus dem Mineralreich auf. Wir geniefsen sie als feste, flüssige und bei der Atmung als luftförmige Nahrung. Aus allem, was unser Magen und Darmkanal aufnimmt, wird unter Ausscheidung unbrauchbarer Stoffe schliefslich Blut. Und aus dieser einen Flüssigkeit Blut werden Stoffe abgeschieden, die Knochen, Nerven, Muskeln u. s. w. bilden oder weiter aufbauen. Lassen wir eine junge Pflanze aufwachsen, z. B. eine Bohne keimen, ohne ihr Nahrung zuzuführen aufser Wasser und Luft, so wächst der Keimling dennoch zur jungen Bohne mit Stengeln und Blättern heran. Wir finden aber, dafs die Keimblätter ziemlich proportional dem Wachstum einschrumpfen; die in ihnen enthaltenen Bestandteile werden in andere, den Leib der jungen Pflanze aufbauende, umgewandelt. Sind sie aufgebraucht, so müssen wir dafür sorgen, dafs der jungen Pflanze von aufsen neue Nahrung zukomme. Wir pflanzen sie ein in den Erdboden, und nun verändert sie die Bestandteile des Bodens, gelöste saugt sie auf, andere bringt sie durch Ausscheiden saurer Stoffe, die wir als Pflanzensäuren kennen, in Lösung, um sie alsdann in ihrem Leibe zu verarbeiten. Und wie Menschen und Tiere bei der Atmung Luft aufnehmen und mit Teilen ihres Körpers verbinden, so auch die Pflanze. Diese belebten Wesen leben nur, so lange in ihnen dieser ihnen eigentümliche Stoffwechsel dauert. Wird dieser an irgend einer Stelle dauernd unterbrochen, hört z. B. die Atmung auf, so tritt der Tod ein. Durch diesen wird freilich der Stoffwechsel als solcher nicht unterbrochen, aber er ist jetzt anderer Art. Das vordem Lebendige vermag jetzt nicht mehr Ersatz für im Stoffwechsel ausgegebene Substanzen zu schaffen, und so zerfällt es nach und nach, bis ein Häuflein Asche oder nur das Knochengerüst noch übrig bleibt. Auch diese werden im Laufe der Zeit verändert und so verwandelt, dafs von dem, was einst war, alles verschwunden zu sein scheint. Indes ist konstatiert, dafs nichts verloren wurde, sondern dafs alle vordem organischen Stoffe umgeändert sind in mineralische, in Stoffe der unbelebten Welt. Dafs aber in diesen nicht Beständigkeit, nicht Ruhe herrscht, geht aus den angeführten Beispielen der Ernährung und des Wachstums organisierter Wesen hervor; sodann weifs jeder im allgemeinen, was man unter Verwitterung versteht. Das Holz unserer festesten Bauten wird morsch und verwittert, und so auch der Stein und der festeste Fels im Gebirge; bald schneller, bald langsamer, es kommt das auf die Umstände an, unter denen die Stoffe aufeinander wirken, und auf die Zustände, in denen sie sich befinden.

Jeder dieser Zustände ist abhängig von einer immateriellen Gröfse, der Energie. So z. B. hat eine solche, das Licht oder die strahlende Energie genannt, einen merkwürdigen Einflufs auf das Leben sich selbständig ernährender Pflanzen. Die Pflanzen vermögen zwar im Licht wie im Dunkeln zu atmen, aber im allgemeinen nur im Licht die Baustoffe des Pflanzenleibes zu erzeugen, zu assimilieren. Bei Ausschlufs des Lichts gewachsene Pflanzenteile, wie Blätter und Blüten, färben sich erst durch die Wirkung des Lichtes. Menschen und Tiere gedeihen wie die Pflanzen am kräftigsten bei genügender Zufuhr von Luft und Licht. — Im Licht verblassen die künstlichen Farben vieler Gegenstände. Man schützt deshalb viele Präparate wissenschaftlicher Sammlungen, Bücher der Bibliotheken, in den Schaufenstern ausgelegte Tuchwaren u. s. w. vor dem Sonnenlicht. Man bleicht Leinen und Baumwolle im Sonnenlicht. — Man bringe mit Silber-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

lösung getränkte Papierstreifen zum Vergleiche in Sonnenlicht, in diffuses Licht und in einen dunkeln Raum bei Zutritt der Luft. Im Sonnenlicht tritt sehr schnell eine Schwarzfärbung ein, langsamer im diffusen Lichte und gar nicht im Dunkeln. Auch kann man durch geeignete Vorrichtung, indem man z. B. das Licht durch farbige Gläser auf die Papierstreifen fallen läfst, beobachten, dafs die verschiedenen Teile des Spektrums ungleiche Wirkung ausüben, einige gar keine. Man benutzt das in der Photographie.

Aus dem Bereiche der mechanischen Energie ist z. B. die Äufserung der Bewegungsenergie, die im allgemeinen noch als lebendige Kraft bezeichnet wird, bekannt. Die Wirkung eines Kilogrammgewichtes ist nicht dieselbe, ob es auf der Hand schwebend gehalten wird und hier einen Druck äufsert, oder ob es im Zustande der Bewegung aus der Höhe herabfällt oder bei Wurf und Schufs auf ein Ziel trifft. Eine grofse Zahl von Wirkungen der magnetischen und elektrischen Energie sind ebenfalls aus der Physik bekannt. Eine Energieform, die ganz allgemein auftritt unter den verschiedensten Umständen, ist die Wärme. Und gerade die Wirkungen der Wärme können auf das Verständnis der chemischen Vorgänge ganz besonders gut vorbereiten.

Durch Verringerung oder Vermehrung der Wärmezufuhr wird ein Körper aus einem Aggregatzustande oft in einen anderen übergeführt. — Man führe Eis über in Wasser, dieses in Dampf; beachte die Ausdehnung, das Steigen der Temperatur, die Konstanz der Temperatur beim Gefrieren und Sieden. Wärme wird hier umgewandelt in mechanische Energie. Die Höhe des Siedepunktes hängt ab von der Gröfse des Druckes auf die Wasseroberfläche, also von der zu leistenden Arbeit. — Papinscher Topf. Dampfkesselexplosion. Man zeige, dafs bei der Volumänderung durch die Wärme, sofern nicht andere Kräfte einwirken, kein Substanzverlust eintritt und auch kein Zuwachs, dafs die Volumänderung beruht auf der Änderung der Entfernung der kleinsten Teilchen des Stoffes. — Massenteilchen oder Molekel. — Zur Destillation des Wassers nehme man die Sublimation des Schwefels. Man führe an, dafs die Dichte des Schwefeldampfes — Dampfdichte — mit steigender Temperatur geringer wird, bis sie bei 1000° (Schmelzpunkt des Goldes 1035°) konstant ist; ein Zeichen, dafs hier alle Molekelgruppen in einzelne Molekel zerteilt sind. Man führe an, dafs die Molekeln des Wassers in der Weifsglut sich nochmals teilen, jetzt aber nicht Molekelgruppen in einzelne Molekeln, sondern letztere in zwei vom Wasser ganz verschiedene Stoffe, den Wasserstoff und den Sauerstoff, die wie der Schwefel mit unseren Mitteln nicht weiter teilbar sind und Grundstoffe oder Elemente genannt werden. Wärme besteht also nicht nur in der lebhaften Bewegung der Molekel, sondern auch deren Teile, deren Zusammenhang bei einem gewissen Grade dieser Bewegung aufhört. Zur Veranschaulichung des Zerfalls der Molekel wähle man jetzt das Quecksilberoxyd. — Sauerstoff, Quecksilber. Atom. Dissociation. Beim Abkühlen treten Sauerstoff und Quecksilber nicht wieder zusammen, sondern die gleichartigen Teilchen vereinigen sich für sich, ihr Zustand ist geändert. Reichlichere Mengen von Sauerstoff erhält man bei der Erwärmung eines salzartigen Stoffes, des Kaliumchlorats. Hier tritt aber eine nur teilweise Dissociation ein, das Zurückbleibende ist, wie wir später sehen werden, eine zusammengesetzte Substanz. Die Molekel des Kaliumchlorats besteht aus mehr als zweierlei Atomen.

Man untersuche die Zustandsänderungen, welche durch Wärme bewirkt werden, an einigen anderen Beispielen. Ein Glasstab wird zuerst in der Gasflamme, dann vor der Gebläselampe erhitzt. Er gerät zuerst in dunkle, dann in immer hellere Glut. Beim Sinken der Temperatur geht die

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

hellere Glut nach und nach in dunkle über, bis auch diese verschwindet. Das Glas ist jetzt zwar etwas anders geformt, erscheint im übrigen aber ganz wie das Glas am Anfang, an seinem Stoff ist nichts geändert. An dem Vorgange sehen wir, wie ein Teil der Wärmeenergie umgewandelt wird in strahlende, in Licht, und zwar ziemlich proportional der Temperatur. Die Strahlungsgröfse mifst man in der Physik an einem gleichgestalteten Körper mit möglichst vollkommen schwarzer Oberfläche und findet, dafs strahlende Energie von der Beschaffenheit, wie sie dem Auge als Licht erscheint, sich aus Wärme erst bei Temperaturen zwischen 400° und 500° bildet. Hat man den Glasstab vorher gewogen und wiegt ihn nachher, so findet man keinen Unterschied. Seine Zustandsänderung beruhte lediglich in der Ausdehnung und in der darauf beim Sinken der der Temperatur eintretenden Verringerung des Volumens auf die ursprüngliche Gröfse, also auf der Entfernung und Wiederannäherung seiner Massenteilchen und auf der lebhafteren und wieder verlangsamten Schwingung der Atome um ihre Gleichgewichtslage. Denn aus dem Zusammenhange fielen sie dabei nicht, ihre Kohäsion blieb erhalten.

Wir führen dasselbe mit einem Platindraht oder Platinblech aus und finden, dafs diese sich in weit kürzerer Zeit zu der lebhaften Schwingung ihrer Atome erwärmen, die ihrerseits Lichtschwingungen des Äthers geben, als das Glas. Die spezifische Wärme des Glases ist 0,1, die des Platins 0,032; man braucht dem Platin ungefähr nur ein Drittel der Wärme zuzuführen. Es kann also bei geringerer Wärmezufuhr zu weit lebhafterem Leuchten gebracht werden. Auch das Platin hat bei diesem Vorgange an Substanz nichts verloren oder gewonnen und sein Stoff ist nicht geändert. Wie Platin verhalten sich Silber und Gold, aber bei verschiedener spezifischer Wärme. Alle drei nennt man wegen ihrer Unveränderlichkeit an der Luft edle Metalle, die Metalle, welche sich verändern, nennt man unedle.

Es wird jetzt ein Eisenstab zuerst in die Gasflamme, dann vor die Gebläselampe gehalten. Das dunkle Eisen gerät zuerst in dunkle Rotglut, dann nach und nach bis fast zur Weifsglut. Es geht zugleich ein eigentümlicher Prozefs vor sich, das Eisen wird auf der Oberfläche in eine abblätternde Masse verwandelt, vom Schmiede Hammerschlag genannt; es hat hier eine Stoffänderung stattgefunden. — Schweifsen des Eisens. — Ein Stückchen Magnesiumband wird an der Luft erhitzt. Es verbrennt mit intensivem dem elektrischen Lichte ähnlichem Glanze. Die Temperatur entspricht dabei ungefähr nur dem Viertel derjenigen, welche ein seinen Stoff nicht ändernder Körper von gleicher Gestalt und absolut schwarzer Oberfläche bei gleicher Lichtstärke haben würde. Das Metall Magnesium ist dabei in Magnesiumasche verwandelt. Bei diesem Vorgange ist ein Teil der chemischen Energie direkt in strahlende umgewandelt. Dasselbe gilt für das Eisen. Allgemein kann man hier hinzufügen, dafs alle Körper jederzeit Strahlen von ihrer Oberfläche aussenden, dafs bei höherer Temperatur, etwa von 500° ab, alle festen Körper rote Strahlen aussenden, bei noch höherer Temperatur kommen dazu gelbe, grüne, blaue, violette, so dafs bei der höchsten Temperatur, der Weifsglut, weifses Licht vorhanden ist. Alle festen glühenden Körper geben ein kontinuierliches Spektrum, wobei sie sich nur durch verschiedene Intensität unterscheiden. Ganz abweichend verhalten sich Dämpfe. Alle leuchtendem Dämpfe oder Gase geben diskontinuierliche Spektren; und zwar hat jede besondere Substanz, die verdampft, ein besonderes und charakteristisches Spektrum. Man kann die Natur eines Dampfes durch sein Spektrum erkennen. Diese Art die Zusammensetzung eines Stoffes zu untersuchen nennt man Spektralanalyse. — Flammenreaktionen, aber ohne Eingehen auf physikalische Deutung.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ein mit Fliefspapier abgetrocknetes Stück Phosphor verwandelt sich an der Luft in einen schweren weifsen Nebel, der stark hygroskopisch ist, und sich in dem von ihm angezogenen Wasserdampf der Luft zu Tropfen auflöst, die auch noch in ziemlicher Verdünnung deutlich sauer schmecken. Bei der Stoffänderung des Phosphors tritt Erwärmung ein und schliefslich Verbrennung, was man beschleunigen kann, wenn man den Phosphor durch Annäherung eines warmen Glasstabes auf seine Verbrennungstemperatur bringt. Die Umwandlung chemischer Energie in Wärme und strahlende Energie geschieht hier bei weit niedrigerer Temperatur als bei den vorhergehenden Versuchen. Es tritt hier Erwärmung ein ohne Zufuhr von Wärme; diese kann nur aus dem chemischen Vorgange herrühren. Da diese Wärme keinen sehr hohen Grad erreicht, so kann hier die Lichterscheinnng nicht erst aus der Wärme entstanden sein, sie ist aus der Umwandlung chemischer Energie entstanden. — Erzeugung des Lichtes durch Kerzen, Lampen u. s. w. — Man wende sich gegen die veraltete Auffassung, nach welcher sich zunächst die chemische Energie in Wärme, und infolge der so erlangten hohen Temperatur der an dem Vorgange beteiligten Stoffe die Umwandlung dieser Wärme in Strahlung vor sich gehe. Phosphor beginnt schon bei Zimmertemperatur einen Teil der chemischen Energie in strahlender Form auszugeben. Hierher gehören zahlreiche andere Erscheinungen, die man mit dem Namen Phosphorescenz belegt. Faulendes Fleisch, faulendes Holz leuchten im Dunkeln bei niederer Temperatur. Hierher gehört auch das Leuchten gewisser Tiere. Einrichtung des Leuchtapparats bei Johanniswürmchen.

Die schneller erfolgende Einleitung eines intensiveren chemischen Vorganges kann auch erreicht werden durch Umwandlung mechanischer Energie in Wärme, wie wir es täglich beim Anreiben der Zündhölzer ausführen. Durch den chemischen Vorgang wird eine Wärmemenge frei, die man messen kann, sie heifst die Bildungswärme des neu entstehenden Stoffes. Wir benutzen sie in unseren Heizeinrichtungen und nennen hier Verbrennungswärme eines Heizstoffes die bei der Verbrennung von 1 kg dieses Stoffes entwickelte mefsbare Wärme. — Man verbrenne Kohle in einem Luftstrome. Es entsteht eine schwere Luftart, die weder Verbrennung noch Atmung unterhält und im täglichen Leben Kohlensäure genannt wird. Man verbrenne Kohle bei ungenügendem Luftzutritt oder leite das im ersten Versuche erhaltene Gas durch glühende Kohle. Kohlendunst.

Wir konnten bei dem mit einem Eisenstabe angestellten Glühversuche wohl die Stoffänderung konstatieren, aber nicht, ob dabei ein Zuwachs oder eine Verminderung des Stoffes eingetreten sei. Wir verbrennen Eisenfeile an einem an der Wage hängenden Magneten: es findet eine Gewichtszunahme statt. Wir bringen Phosphor in ein unten durch Wasser abgeschlossenes Eudiometer und konstatieren, dafs etwa ein Fünftel der Luft verbraucht wird, und auch dann nur ebensoviel, wenn Phosphor im Überschufs ist. Wir lassen ein Licht in einem unten durch gefärbtes Wasser abgeschlossenen Cylinder abbrennen und sehen dasselbe eintreten, wie beim Phosphor im Eudiometer. Wir lassen ein Licht auf der Wage bei Zutritt der Luft abbrennen und fangen die Brenngase dabei auf. Die Wage sinkt auf der Seite des immer kleiner werdenden Lichtes.

Es ist ein Bestandteil der Luft mit den zu diesen Versuchen angewandten Stoffen hinzugetreten. Es ist derselbe Stoff, den wir bei der Dissociation des Quecksilberoxydes Sauerstoff nannten. Er verbindet sich bei vorsichtigem Erhitzen des Quecksilbers mit diesem zu der bekannten roten pulvrigen Masse, die bei etwas höherer Temperatur wieder zerfällt. Priestley in England und Scheele in Schweden erkannten ihn etwa um 1775 als einen eigentümlichen Stoff,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

aber erst der Franzose Lavoisier klärte einige Jahre später die wichtige Rolle auf, welche der Sauerstoff bei der Verbrennung, der Atmung, der Oxydation spielt.

Man verbrenne Eisen in Sauerstoff. Die den Prozefs einleitende Wärmemenge ist sehr gering, die Heftigkeit der Reaktion aber und die Intensität des Lichtes eine überraschend grofse. Dasselbe sieht man am Phosphor, der in trocknem Sauerstoff entzündet zu einer lockeren weifsen, ungemein hygroskopischen Masse verbrennt. Schwefel oxydiert sich unter blenderder Lichterscheinung zu einem stechend riechenden Gase, Kohle zu der schon bekannten schweren Luftart.

Beim Verbrennen des Eisens im Sauerstoff scheinen zwar die herabtropfenden Eisenkügelchen dem Stoffe zu gleichen, den wir beim Verbrennen des Eisens an der Luft erhielten, aber an den Wandungen des Gefäfses und in dem unten befindlichen Wasser ist ein rotbrauner Stoff, den man nicht hätte erwarten sollen. Es drängt sich die Frage auf, ob nicht vorher ein voreiliger Schlufs gemacht ist, ob die an der Luft umgewandelten Stoffe, wie Eisen, Magnesium, Phosphor, Schwefel, Kohle Verbindungen nur des Sauerstoffs, nicht etwa auch des Stickstoffs sind. Aber Eisen bleibt in einer Stickstoffatmosphäre unverändert, es mufs sich also wohl der Sauerstoff mit dem Eisen in zweierlei Weise verbinden. Ist nicht der Eisenrost ganz ähnlich dem Produkte, das wir hier in der Sauerstoffatmosphäre erhalten haben? Diese Frage läfst sich für den Augenblick weder mit ja noch mit nein beantworten. Wie entsteht Eisenrost? Man kann Eisen in trockener Luft lange aufbewahren, es rostet nicht. Diese Eigentümlichkeit benutzt man, um Eisenteile an feineren Instrumenten, z. B. an Wagen, oder Eisenteile in mineralogischen Sammlungen vor Rost zu schützen. Man stellt dergleichen Gegenstände in einen gut schliefsenden Kasten, in dem zugleich ein stark hygroskopischer Stoff, z. B. ein Glas mit konzentrierter Schwefelsäure steht, die natürlich ab und zu erneuert werden mufs. Gröbere Eisenteile überzieht man mit einem Fetthauch, der die Luft abhält. In Eisenhandlungen bemerkt man, dafs alle polierten Eisenteile weniger schnell rosten, als die nicht polierten. Vielleicht hat die gröfsere Oberfläche eine gröfsere Anziehung auf den Sauerstoff. Ist aber die Anziehung der Massenteilchen Eisen und Sauerstoff von einer unveränderlichen Gröfse, so müssen die Teilchen der polierten Oberfläche genau so schnell angegriffen werden, wie die rauhen; nur wird in letzterem Falle das Produkt gröfser sein.

Wir sind hier vor eine neue Frage gestellt: „Hat ein Körper mit einer im Verhältnis zu seinem Volumen sehr grofsen Oberfläche eine besondere Wirkung auf die Luft, vielleicht auf Luftarten überhaupt? Wir nehmen ein Stückchen ausgeglühter, also von den an seiner Oberfläche haftenden Gasen möglichst befreiter Kohle recht poröser Art, z. B. ein Stück Koks, und führen es in einen unten durch Quecksilber abgesperrten Cylinder mit Sauerstoff. Es tritt eine Volumverminderung ein, die etwa dem 18fachen des Volumens der Kohle entspricht. Dabei tritt Wärme auf. — Geschichtete Haufen Kohlengrus geraten sehr häufig in Brand. — Es findet also eine Verdichtung des Gases auf der Kohle statt. Damit ist dann wohl das leichtere Rosten nicht polierter Eisenflächen durch die Massenwirkung des Sauerstoffs zur Genüge erklärt. Aber doch nicht. Das Volumverhältnis des Sauerstoffs zum Stickstoff ist auch für trockene Luft dasselbe. Weshalb rostet das Eisen schwer an trockner Luft? Wir leiten Wasserdampf über glühendes Eisen. Das Wasser wird zerlegt. Wir erhalten ein Produkt ganz gleich dem bei der Verbrennung des Eisens an der Luft entstehenden und aufserdem eine nicht weiter zerlegbare Luftart, den Wasserstoff. Mithin sind die Elemente des Wassers beim Rosten des Eisens nicht ohne Einflufs, und wir erfahren hier zugleich, dafs Wasser zusammengesetzt ist aus Wasserstoff und Sauerstoff, was eingangs schon

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

bei der Dissociation des Wassers erwähnt wurde. Weshalb aber bildet sich hier nicht der rote Eisenrost? Dafs das Wasser mit dem Rosten zu thun hat, ist klar. Es giebt aber auch Eisenrost ohne jede Spur von Wasser. Vielleicht hat die Temperatur, bei welcher die Einwirkung statt hat, mit dem Auftreten verschiedener Produkte zu thun. Oder sollte die Luft noch andere Bestandteile neben dem Sauerstoff, dem Stickstoff und dem Wasserdampf enthalten, welche hier bestimmend eingreifen können? Wir leiten rückwärts eine gröfsere, aus ebenso angestelltem Experiment erhaltene Menge Wasserstoff über das glühende, aus Eisen, Sauerstoff und noch fraglichen Stoffen bestehende Produkt; aber mit der Vorsicht, dafs das nun Entstehende im Wasserstoffstrom erkalte. Wir erhalten reduziertes Eisen, Wasser und den Überschufs an Wasserstoff. Also hat kein weiterer Bestandteil der Luft eingewirkt. Aus dem Vorangegangenen ist zu entnehmen, dafs wohl im allgemeinen die Metalle, welche sich an der Luft verändern, durch den Sauerstoff der Luft, eventuell unter Beihülfe der Luftfeuchtigkeit verändert werden. Wir gehen dieser Annahme nach und nehmen das oben über die Massenwirknng Gesagte zu Hülfe. Vielleicht hat die Menge des Sauerstoffs mit der Verschiedenheit der Produkte zu thun. Wir stellen mehrere blanke Kupferstreifen neben einander in einen hessischen Tiegel, doch so, dafs sie sich nicht berühren. Erhitzen wir nun den Tiegel von unten, so wird nach bekanntem physikalischen Gesetz kein sehr lebhafter Luftaustausch im Tiegel stattfinden, d. h. in der Zeiteinheit weniger Luft, also auch weniger Sauerstoff an das Kupfer herantreten, als wenn das Kupfer frei an der Luft erhitzt würde. Das Metall im Tiegel überzieht sich mit einer graurötlichen Masse, die man abklopfen und abschaben kann. Frei an der Luft erhitztes Kupfer bezieht sich dagegen mit einer schwarzen Schicht. Steht eine empfindliche Wage zur Hand, so können wir, das Beispiel von der Reduktion des Eisenoxydes durch Wasserstoff benutzend, eine gewisse Menge des grauroten und eine des schwarzen Pulvers erst wägen, dann reduzieren und wieder wägen. Die Differenz aus dem Anfangsgewicht und dem nach vollständiger Reduktion bleibenden giebt die Menge des jedesmal mit dem Kupfer verbundenen Sauerstoffs an. — Dieser Versuch ist, wo nicht zwei Stunden hintereinandergelegt oder eine Endstunde verlängert werden kann, in der schulfreien Zeit anzustellen. — Durch einfache Rechnung zeigt sich, dafs die graurötliche Masse des Metalls nur die Hälfte des Sauerstoffs besitzt, mit welchem das Kupfer in der schwarzen Masse verbunden ist. Man nennt die Verbindung mit geringerem Sauerstoffgehalt Oxydul, die andere Oxyd. — Luftanalyse durch Überleiten von trockner Luft über glühendes Kupfer. Eigenschaften des Stickstoffs.

Die Art eine chemische Verbindung auf ihre Bestandteile zu untersuchen, nennt man eine Analyse. Die Untersuchung auf die Art der Bestandteile heifst qualitative Analyse, die auf die Menge dieser Bestandteile die quantitative. Aus der ungemein grofsen Zahl der Analysen hat sich als gesetzmäfsig durchgehend gezeigt, dafs dieselben Stoffe auch stets dieselbe Zusammensetzung haben. — Gesetz der konstanten und der multiplen Proportionen. Die Gewichtsmengen, nach denen die Elemente sich binden, heifsen Verbindungsgewichte. — Man suche aus der prozentischen Zusammensetzung einer Reihe chemischer Verbindungen die Verbindungsgewichte ihrer Bestandteile. Stöchiometrie. Richter. —

Darstellung von Schwefeleisen. Man manche aufmerksam auf das Auftreten von Wärme und strahlender Energie. Die Wirkung der beiden Stoffe tritt erst ein, wenn der Schwefel geschmolzen, also möglichst viele Massenteilchen des Schwefels auf möglichst viele des Eisens ihre

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Wirkung äufsern können. Synthese. Schwefelkies enthält doppelt so viel Schwefel als das Schwefeleisen. Blei und Zinnfolie in Schwefeldampf. Sulfide.

Kohlenoxyd und Kohlendioxyd. Öfen. Generatorfeuerung. Reduzierende Wirkung der Kohle, insbesondere des Kohlenoxyds. Darstellung der Metalle hier ganz im allgemeinen. Hochofen. Hier nur den Unterschied zwischen Roheisen, Stahl und Schmiedeeisen erwähnen. Bei der Besprechung über das Entstehen des Eisenrostes wurde die eigentümliche Verdichtung des Sauerstoffs auf Stoffen von sehr grofser Oberfläche gezeigt. Es giebt eine Reihe anderer Stoffe, welche diese Eigentümlichkeit in weit höherem Grade zeigen. Platinmohr. Döbereiners Zündmaschine. Man stelle hier den Wasserstoff durch Überleiten von Wasser über glühendes Eisen her. Man erwähne die Aufnahme sehr grofser Mengen von Wasserstoff durch Palladium. Ob derartige Stoffe allein durch die Verdichtung der Gase auf ihrer Oberfläche wirken, ist zur Zeit noch nicht genügend festgestellt. Die eigentümliche Kraft, mit welcher derlei Stoffe chemische Reaktionen einleiten, nennt man katalytische Kraft. — Deacons Verfahren der Chlordarstellung. Salzsäure. Chlor. Die meisten Eigenschaften des Chlors werden an dieser Stelle noch nicht gezeigt.

Einwirkung von Salzsäure auf Schwefeleisen. Auftreten eines übel riechenden Gases. Bei Erwähnung seiner Giftigkeit hebe man die Schädlichkeit des Chlors, des Kohlenoxydes, der Kohlensäure wieder hervor. Einwirkung des Schwefeldioxyds auf das durch Salzsäure und Schwefeleisen erzeugte Gas. Es entsteht Wasser unter Abscheidung von Schwefel. Bei der Darstellung des Schwefeleisens sind nur beteiligt Eisen und Schwefel, bei der des Schwefeldioxyds nur Schwefel und Sauerstoff. Mithin mufs bei der Einwirkung des übel riechenden Gases auf die Sauerstoffverbindung des Schwefels die Bildung des Wassers aus dem an Schwefel gebundenen Sauerstoff und dem in dem anderen Gase an Schwefel gebundenen Wasserstoff herrühren. Dieses letztere Gas ist Schwefelwasserstoff. Da dieser Schwefelwasserstoff entstand aus der Einwirkung der Salzsäure auf das Schwefeleisen, so enthält die Salzsäure Wasserstoff. Diesen Wasserstoff hatten wir im Deaconschen Verfahren gebunden an Sauerstoff und dabei Wasser und Chlorgas erhalten. Mithin besteht Salzsäure aus Wasserstoff und Chlor.

Einwirkung von Salzsäure auf Zink. Wasserstoffentwicklung. Substitution. Nach Eindampfen der Flüssigkeit bleibt ein salzartiger Körper, den man zum Tränken von Holzgegenständen benutzt, um diese vor Fäulnis zu schützen. Eisenbahnschwellen.

Man leite das schon bekannte Schwefelsauerstoffgas und Sauerstoff über Platinasbest. Es entsteht ein fester Körper, der eine andere Sauerstoffverbindung des Schwefels sein mufs. Dieser neue Stoff nimmt unter bedeutender Erwärmung Wasser auf, ohne dafs sich etwas ausscheidet. Die entstandene Flüssigkeit mufs, abgesehen von dem etwaigen Überschufs an Wasser, zusammengesetzt sein aus Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel. Sie ist sehr sauer und heifst Schwefelsäure. Läfst man sie auf Zink einwirken, so entwickelt sich Wasserstoff, und es bleibt nach dem Eindampfen der überschüssigen Flüssigkeit ein salzartiger Körper, der Zinkvitriol, der z. B. in der Färberei und Farbenindustrie gebraucht wird. Salzsäure und Schwefelsäure liefern salzartige Körper, indem ihr Wasserstoff durch ein Metall ersetzt wird. Läfst man Schwefelsäure auf das Kochsalz einwirken, so entwickelt sich das schon bekannte Salzsäuregas; nach dem Eindampfen bleibt ebenfalls eine salzartige Verbindung. Läfst man Chlor auf das Metall Natrium einwirken, so erhält man einen dem Kochsalz gleichen Körper. Seine Lösung in Wasser schmeckt voll-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ständig nach Kochsalz, und beim langsamen Verdunsten des Wassers erhält man dieselben Salzwürfel, wie aus einer Kochsalzlösung. Wir behandeln dieses Salz mit Schwefelsäure und erhalten Salzsäuregas und einen salzartigen Stoff gleich dem in einem früheren Versuche dargestellten. Kochsalz besteht aus Natrium und Chlor. Bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf Kochsalz wurde der Wasserstoff der Schwefelsäure an das Chlor des Natriums gebunden. Man läfst Schwefelsäure auf Eisenoxyd einwirken; es entwickelt sich kein Wasserstoff. Nach dem Eindampfen bleibt ebenfalls ein salzartiger Körper. Der Wasserstoff der Säure ist hier an den Sauerstoff des Oxyds gebunden.

Ein dem Eisen in seinem chemischen Verhalten nahe stehendes Metall ist das Mangan. Von diesem giebt es, wie vom Eisen, verschiedene Oxydationsstufen. Unter diesen ist eine hohe Oxydationsform das Mangansuperoxyd oder der Braunstein. Erhitzt man diesen mit konzentrierter Schwefelsäure, so erhält man einen salzartigen Körper, und es entwickelt sich Sauerstoff. Das Mangan hat sich ausgetauscht gegen den Wasserstoff der Säure, dieser ist nicht entwickelt, mufs, da er im Wasser kaum löslich ist, gebunden sein, also an den Sauerstoff. Das sich entwickelnde Gas ist der überschüssige Sauerstoff. Läfst man jetzt konzentrierte Schwefelsäure auf ein Gemenge von Braunstein und Kochsalz einwirken, so entwickelt sich überraschender Weise Chlor; also weder Sauerstoff noch Chlorwasserstoff. Einige Überlegung führt darauf, dafs der Wasserstoff des Chlorwasserstoffgases sich mit dem Sauerstoff verbunden hat und so das Chlor frei wurde.

Erinnert man sich an den Deacon-Prozefs, so findet man, dafs Wasserstoff und Sauerstoff sich unter verschiedenen Bedingungen leichter oder schwerer mit einander verbinden. Dort mufsten grofse Mengen Sauerstoff auf einen katalytisch wirkenden Körper oder auf der Oberfläche stark poröser Körper verdichtet, angehäuft werden, und erst bei hoher Temperatur, also bei starker Lockerung der Molekel. Chlorwasserstoff trat eine Verbindung zwischen Wasserstoff und Sauerstoff ein und wurde das Chlor frei; hier aber geht derselbe Prozefs ohne Schwierigkeit vor sich. Die beiden Elemente wirken im Zustande des Entstehens energischer aufeinander ein. Vergleichen wir dieses mit dem Verhalten von Quecksilber und Sauerstoff nach der Dissociation des Quecksilberoxydes, so wird die Annahme, welche sich dort schon aufdrängte, hier zu grofser Wahrscheinlichkeit erhoben. Die Elemente existieren für sich nicht als Atome, die in festen und flüssigen Körpern durch Kohäsion nahe aneinander gehalten sind, in den luftförmigen freier sich bewegen, sondern als Atomgruppen, in welchen sie durch ihnen eigentümliche Anziehungskraft zusammengehalten sind, ähnlich wie die ungleichartigen Bestandteile einer chemischen Verbindung. Zugleich sehen wir daran, dafs wenn sich das eine Mal gleichartige Atome, das andere Mal ungleichartige zu Atomgruppen binden, die Art der Anziehung nicht mit jener identisch sein kann, die wir aus der Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität kennen; denn sonst mufsten sich doch die gleichartigen abstofsen. Chemische Verwandtschaft oder Affinität; ganz allgemein. Entwicklung von Brom und Jod.

Die Identität des einen der Salze war besonders mit durch die Gleichheit der Krystallform nachgewiesen. Wie entstehen Krystalle? Krystallisation.

Man lasse Kochsalz und ebenso Alaun in der „feuchten Kammer", auf deren Boden man einen Tropfen konzentrierte Schwefelsäure gebracht hat, im „hängenden Tropfen" unter dem Mikroskop krystallisieren. Die Beziehung der Krystallform der Kochsalzwürfel auf die Oktaëder

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

des Alauns und deren meist sich einstellende Kombination mit dem Würfel führen ohne Zwang auf das Axenkreuz. Kombination. Indes überführe man die Schüler gleich darauf von der nur scheinbaren absoluten Regelmäfsigkeit dieser Würfel und Oktaëder. Spaltungsrichtungen. Flächen- und Kantenwinkel. Krystallsystem. Der Diamant ist eine allotrope Modifikation des Kohlenstoffs. Ozon. Krystalle des Schwefels aus dem Schmelzflufs verglichen mit denen aus der Lösung. Dimorphismus. Man bespreche hier allgemein das reguläre, quadratische und rhombische System; die übrigen an geeigneter Stelle, nachdem die Schüler in das Verständnis der chemischen Formelsprache eingeführt sind. — Mit Bezug auf den Dimorphismus erwähne man die Umlagerung, z. B. am schwarzen und roten Schwefelquecksilber, am gelben und roten Phosphor.

Aus allem Vorangegangenen sieht man, dafs die Summe der Gewichte der Stoffe, die an einer chemischen Umsetzung teilnehmen, nach der Umsetzung dieselbe ist. Es verschwindet kein Stoff, es wird auch kein Stoff aus nichts erzeugt. Es findet nur ein eigentümliches Wandern ungleichartiger Atome zu und von einander statt. Diese Erscheinung nennt man die Erhaltung des Stoffes oder der Materie. Wir haben aber weiter gesehen, dafs sich aus chemischen Verbindungen die einzelnen Bestandteile wieder erhalten lassen, und zwar mit all ihren ursprünglichen Eigenschaften. Diese Erscheinung heifst die Erhaltung der Art. Aber auch in Bezug auf die verschiedenen Ursachen der betrachteten Vorgänge fand sich, dafs die verursachenden Kräfte oder Energieen sich eine in die andere umwandeln, rückwärts und vorwärts, dafs keine verloren geht. Diese Erscheinung heifst das Gesetz der Erhaltung der Kraft oder der Erhaltung der Energie.

Aus allem Vorhergehenden läfst sich indes über die Anzahl der Atome in den einzelnen chemischen Verbindungen nichts Bestimmtes aussagen. Die quantitative Analyse des Wassers z. B. ergiebt zwar, dafs sich 8 Gewichtsteile Sauerstoff mit 1 Gewichtsteil Wasserstoff verbinden. Ist nun im Wasser ein Atom Sauerstoff mit einem Atom Wasserstoff verbunden? Dann ist das Atomgewicht des Sauerstoffs, auf Wasserstoff als das spezifisch leichteste der Elemente als Einheit bezogen, gleich 8. Es kann aber auch sein, dafs Wasser aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht, dann ist das Atomgewicht des Sauerstoffs 16. Es kann aber auch sein, dafs sich ein Atom Wasserstoff mit zwei Atomen Sauerstoff verbunden hat, dann ist das Atomgewicht des Sauerstoffs 4. Die quantitative Analyse vermag zur Lösung dieser Frage nichts beizutragen. Man sieht auch, dafs man sich wohl hüten mufs, Verbindungsgewicht und Atomgewicht zu identifizieren. Zugleich ergiebt sich, dafs man die absoluten Atomgewichte nicht zu kennen braucht, dafs hier die relativen vollständig ausreichen.

Bei Besprechung der Dissociation ist gesagt, dafs die Dampfdichte des Schwefels bei 1000° konstant ist. Man ist nun nicht nur hier, sondern in allen Fällen, in welchen die Dampfdichte, sei es eines Elements, sei es einer Verbindung, konstant ist, zu der Annahme gezwungen, dafs alsdann die Lockerung des betreffenden Stoffes ihren Höhepunkt erreicht hat, dafs solcher Dampf aus frei gegen einander schwingenden Molekeln besteht. Er verhält sich dann wie ein Gas. — An der Hand der Hofmannschen Versuche und mit Hülfe des Mariotteschen Gesetzes und des von Gay-Lussac schliefse man auf die Richtigkeit der Hypothese Avogadros.

Die Molekulargewichte verschiedener Gase verhalten sich bei gleichem Druck und gleicher Temperatur wie ihre Dichtigkeiten.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Es hat sich bislang kein Fall gefunden, in welchem die Molekel Wasserstoff in mehr als zwei Teile gespalten wäre. Das Molekulargewicht des Wasserstoffs ist 2.

Das Molekulargewicht irgend einer gasförmigen Verbindung oder irgend eines gasförmigen Elementes ist gleich dem doppelten auf Wasserstoff bezogenen Volumgewicht des Gases. — Phospor, Arsen, Cadmium, Zink, Quecksilber. —

Bei Besprechung des Gesetzes der konstanten und multiplen Proportionen ist auf Berechnungen über prozentische Zusammensetzung hingewiesen. Das Ergebnis einer quantitativen Analyse wird in der Regel nach dem Prozentgehalt angegeben. Man kann also bei bekanntem Molekulargewicht der untersuchten Verbindungen jederzeit berechnen, wie viel des Elementes in einer durch Molekulargewicht ausgedrückten Gewichtsmenge der Verbindung enthalten ist. Alsdann nimmt man als Atomgewicht eines Elementes die kleinste Gewichtsmenge desselben, die in einem Molekulargewicht irgend einer seiner Verbindungen enthalten ist; aber mit dem stillen Vorbehalt, dafs nicht in Zukunft eine Verbindung gefunden werde, die weniger enthalte. Die Atomgewichtsbestimmung ist also um so sicherer, je gröfser die Zahl der Verbindungen des Elementes von bekanntem Molekulargewicht ist.

Man führe diese Dinge keineswegs eingehend, sondern mehr dogmatisch aus; erwähne noch das Gesetz von Dulong und Petit.

Ein weiteres Eingehen würde für den Anfangsunterricht verwirrend sein und das Unterrichtsresultat hinfällig machen.

Die chemische Formel; chemische Gleichung; stöchiometrische Rechnungen; Wertigkeit der Elemente.

Man rechne im Anfang mit molekularen und nicht mit atomistischen Gleichungen, um die Schüler fortwährend daran zu erinnern, dafs die Elemente in freiem Zustande nicht als Atome, sondern als Molekeln existieren. Später rechnet man der Einfachheit wegen mit atomistischen Gleichungen.

Der Einführung in die chemische Formel sind die Gesetze über konstante und multiple Proportionen vorangegangen, auch Untersuchungen über Zusammensetzung des Wassers und der Salzsäure. Man ist deshalb im Stande, in wenigen Stunden an elektrolytischen und synthetischen Versuchen aus Hofmanns „Einleitung in die moderne Chemie“ die Konstanz der Volumina zu zeigen.

Da man der Deutung des elektrolytischen Vorganges nicht entgeht, so fragt sich, wie man diese elementar bringen könne. Ich schlage vor, an wenigen zugleich auf die Galvanoplastik sich beziehenden Versuchen, an dem Ausscheiden von Metallen aus Metallsalzlösungen durch andere Metalle, z. B. Blei aus Bleiacetatlösung durch Zink, Kupfer aus Kupfersulfatlösung durch Eisen oder durch Zink das Wandern der Stoffteilchen, das sich in einigen Fällen zugleich durch Farbenänderung der Lösung kundgiebt, zu zeigen. An dem Daniellschen Element konstatiert man mit der Stoffwanderung das Auftreten elektrischer Energie. Wiederum sieht man an der Zersetzung elektrolytischer Stoffe, wie elektrische Energie in diesen eine Wanderung und Sonderung der Stoffteilchen veranlafst. Man mufs dann noch einen Schritt weiter gehen und zeigen, dafs reines Wasser so gut wie nicht leitend ist, dafs nur die Lösungen gewisser Stoffe eine Zersetzung durch elektrische Energie erfahren. Sich auf mehr einzulassen, ist nicht zu empfehlen. Nicht nur sind die Versuche, welche über die Art und Richtung der Jonenwanderung Aufschlufs geben, zeitraubend, sondern diese theoretischen Erörterungen gehen auch über den Rahmen der Realschule weit hinaus.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

In diesem in seinen Grundzügen gezeichneten Lehrgange ist von vorn herein auf die — freilich erst viel später abzuhandelnden — Gesetze von Avogadro und Dulong-Petit hingearbeitet, erst nach deren Erledigung ein Eindringen in das Verständnis der chemischen Formelsprache möglich ist. Das blofse Anführen chemischer Gesetze widerspricht dem Begriffe Einführung in die Chemie, widerspricht überhaupt der pädagogischen Behandlungsweise. Sodann darf ein angeführtes Gesetz nichts absolut Überraschendes an sich haben; es mufs dem aufmerksamen Schüler, sobald es zum ersten Male im Unterricht ausgesprochen wird, als eine natürliche Folgerung und Forderung der vorangegangenen Einzelheiten erscheinen. Aufserdem läfst diese Art der Behandlungsweise am ungezwungensten gelegentliche Hinweise auf die Geschichte der Wissenschaft zu, welche dem Schüler nicht nur interessant sind, sondern auch Achtung abnötigen vor dem Scharfsinn und Spürsinn der Männer, welche im Stande waren der Natur ein Geheimnis abzulauschen. Solche Hinweise, die bei einem einjährigen Kursus allerdings nur spärlich gebracht werden können, zeigen ihm zugleich, dafs nicht nur eine bedeutende geistige Begabung zu Entdeckungen geführt hat, sondern auch eiserne Willenskraft und Begeisterung für die Sache. Diese Hinweise haben für ein jugendliches Gemüt unter allen Umständen etwas Erhebendes.

In einer Einführung in die Chemie darf man den physikalischen Fragen nicht damit entschlüpfen, dafs man „gleich mitten in die Sache eintreten wolle". Dem eventuellen Einwurfe, es wären die gleich im Anfang angestellten Betrachtungen über Umwandlung der Energieformen und über einige Grundbegriffe der mechanischen Wärmetheorie verfrüht gebracht und gehörten erst an das Ende des Pensums, kann man wohl mit Erfolg entgegenhalten, dafs z. B. in der Lehre von der Elektrizität notwendig schon von der Umwandlung einer Energieform in eine andere die Rede gewesen ist; desgleichen in der Lehre von der Wärme. Aufserdem sind die hier angestellten Betrachtungen durchaus elementarer Natur.

Für und wider die Bezeichnung „Energie" werden sich verschiedene Meinungen erheben. Da man aber jetzt in der Mechanik unter Kraft etwas versteht, das erst durch Multiplikation mit einer Strecke eine Energiegröfse wird, so wähle man gleich von vornherein für das, was bei allen zwischen den Objekten stattfindenden Vorgängen seinen Wert behält, während die Erscheinungsformen dieser Objekte auf das mannigfaltigste wechseln, den nun einmal in die Wissenschaft eingeführten Namen Energie. Für die Einführung des Energiebegriffs bietet es keine Schwierigkeiten, den Schülern klar zu machen, dafs die Eigenschaften, welche die Wahrnehmbarkeit der Objekte bedingen, nicht materieller Natur sind. Man kann ihre Temperatur, ihre Geschwindigkeit, ihren Druck u. s. w. ändern, ohne dafs ihre Masse oder ihr Gewicht eine Änderung erfährt. Der Nachweis, dafs die Energie bei ihren Umwandlungen aus einer Form in die andere ihren Wert behält, ist zwar nicht unmittelbar möglich. Aber bei der Zurückverwandlung einer umgewandelten Energiemenge in ihre erste Form wird dieselbe Menge wieder erhalten. — Wenn man nun auch Versuche hierüber nicht anstellen wird, da deren Resultate bei der gegebenen Zeit und den zur Verfügung stehenden Instrumenten nicht genau genug ausfallen, so läfat sich doch aus der Beschreibung und Zeichnung maschineller Vorrichtungen ein den Schüler befriedigendes Bild von der Ausführbarkeit solcher Energieumwandlungen geben.

Auf solche Dinge, wenn auch nur kurz, einzugehen, gehört wesentlich zur Sache. Man kann z. B. nicht umhin von Entzündungstemperatur, von Reaktionswärme, von Verbrennung unter Lichterscheinung u. s. w. zu sprechen. Da ist es denn richtiger, weil kein Zeitverlust damit

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

verbunden ist, von vornherein die Einsicht vorzubereiten, dafs wenn auch z. B. die Entzündungstemperatur für physikalisch verschiedene Stoffe verschieden hoch liegt, doch ganz allgemein der chemischen Reaktion eine in diesem Falle durch Wärme bedingte Auflockerung der Molekeln vorausgehen mufs, u. dgl. mehr.

Der Verfasser giebt sich der Hoffnung hin, dafs man mit den Schülern nach dem hier angedeuteten Lehrgange schnell bis zum Verständnis der chemischen Formelsprache vordringen wird, ohne die induktive Methode irgendwie zu vernachlässigen. Es ist zum Verständnis der Grundbegriffe der Chemie keineswegs erforderlich, bei jedem Schritt weiter immer wieder aufs neue denselben zeitraubenden Gang der Induktion zu wählen, wenn man von vornherein dafür sorgt, dafs die chemischen Reaktionen unter allgemeinen Gesichtspunkten aufgefafst werden und nicht jede einzelne Erscheinung als ein Ding für sich behandelt wird, das man nach allen Seiten bis in das Kleinste hinein durcharbeiten müsse.

Ist man mit den Schülern erst einmal zum Verständnis der Formel gelangt, so geht es schnell und leicht vorwärts. Man kann dann in einer Stunde sehr oft mehrere Reaktionen behandeln und stöchiometrische Rechnungen daranknüpfen. Dann bleibt auch genügend Zeit, auf manche Fragen über Gesundheitspflege des Menschen und über Lebensweise und Lebensbedingungen von Tieren und Pflanzen näher einzugehen, die in der vorhergehenden Klasse wegen der fehlenden chemischen Vorkenntnisse nur oberflächlich angeführt werden konnten.

Die Elemente gruppiert man wohl am besten nach der chemischen Ähnlichkeit in eine Chlorgruppe, Sauerstoffgruppe u. s. w. Ob man für diese Stufe gut thut, das natürliche System der Elemente mit hereinzuziehen, wage ich fast zu bezweifeln. Man gehe jetzt aber nicht ausschliefslich systematisch weiter, sondern behandele die Hydroxyde, Basen, Säuren, Salze, Radikale u. s. w. bei Besprechung von industriellen Vorgängen von nationalökonomischer Bedeutung, z. B. bei der Darstellung der Schwefelsäure, der Soda, des Glases, des Porzellans (Ackererde) u. s. w. Man suche, wo immer es geht, Anknüpfungspunkte an den früheren naturgeschichtlichen Unterricht, damit der Schüler ein deutliches Bild von dem Zusammenwirken der Naturkräfte in der belebten wie unbelebten Welt erhalte. —

Auf den Zusammenhang der physikalischen Eigenschaften der Krystalle mit ihrer Krystallform wird man nicht weit eingehen können. Ich möchte hier aber nicht unterlassen, auf eine Abhandlung über „die Symmetrie der Krystalle“ hinzuweisen vom Oberlehrer Anders, die als wissenschaftliche Beilage zum Programm des Lessing-Gymnasiums zu Berlin Ostern 1891 erschienen ist.

Druck von W. Pormetter in Berlin.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

verbunden ist, von vornherein die z. B. die Entzündungs-
temperatur für physikalisch versc ch ganz allgemein der
chemischen Reaktion eine in diese ng der Molekeln voraus-
gehen mufs, u. dgl. mehr.

Der Verfasser giebt sich chülern nach dem hier
angedeuteten Lehrgange schnell rmelsprache vordringen
wird, ohne die induktive Metho st zum Verständnis der
Grundbegriffe der Chemie keines iter immer wieder aufs
neue denselben zeitraubenden Gan von vornherein dafür
sorgt, dafs die chemischen Reak aufgefafst werden und
nicht jede einzelne Erscheinung al man nach allen Seiten
bis in das Kleinste hinein durcha

Ist man mit den Schülern l gelangt, so geht es
schnell und leicht vorwärts. Man ehrere Reaktionen be-
handeln und stöchiometrische Rech h genügend Zeit, auf
manche Fragen über Gesundheitspf nd Lebensbedingungen
von Tieren und Pflanzen näher ein e wegen der fehlenden
chemischen Vorkenntnisse nur obe

Die Elemente gruppiert n en Ähnlichkeit in eine
Chlorgruppe, Sauerstoffgruppe u. s das natürliche System
der Elemente mit hereinzuziehen, jetzt aber nicht aus-
schliefslich systematisch weiter, so äuren, Salze, Radikale
u. s. w. bei Besprechung von indu cher Bedeutung, z. B.
bei der Darstellung der Schwefel rzellans (Ackererde)
u. s. w. Man suche, wo immer es n naturgeschichtlichen
Unterricht, damit der Schüler ein en der Naturkräfte in
der belebten wie unbelebten Welt

Auf den Zusammenhang de lle mit ihrer Krystall-
form wird man nicht weit eingeh unterlassen, auf eine
Abhandlung über „die Symmetrie hrer Anders, die als
wissenschaftliche Beilage zum Pro lin Ostern 1891 er-
schienen ist.

Druck von W. Formetter in Berlin.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf