

Reader

Chemie

**Einarbeitungshilfe für den Aufbau
des Chemie – Unterrichtes
an Freien Waldorfschulen**

**zusammengestellt von Dr. Dirk Rohde
Freie Waldorfschule Marburg, Deutschland
2013**

Reader Chemie

Inhaltsverzeichnis

- 1: Einleitung; von Dirk Rohde
- 2: Naturkunde-Unterricht an Waldorfschulen; von Eugen Kolisko
- 3: 7. Klasse; von Eugen Kolisko
- 4: 8. Klasse I: Eiweiß, Fett und Kohlenhydrate; von Rudolf Steiner
- 5: 8. Klasse II; von Frits Julius
- 6: 9. Klasse I; von Manfred von Mackensen
- 7: 9. Klasse II; von Dirk Rohde
- 8: 10. Klasse; von Frits Julius
- 9: 11. Klasse I: Elektrolyse; von Rudolf Steiner
- 10: 11. Klasse II: Elektrolyse; von Günther Heuschkel
- 11: 11. Klasse III: Elektrolyse; von Gerhard Ott
- 12: 11. Klasse IV: Periodensystem, Bindungstypen; von Wolfgang Schad
- 13: 11. Klasse V: Periodensystem; von Friedrich Kipp
- 14: 11. Klasse VI: Formelschrift; von Manfred von Mackensen
- 15: 11./12. Klasse: Chemische Elemente des Eiweißes; von Rudolf Steiner
- 16: 12. Klasse: Ameisen- und Kleesäure; von Manfred von Mackensen
- 17: Abschließende + weiterführende Betrachtungen; von Rudolf Steiner

Einführung in den Reader Chemie für Freie Waldorfschulen

I Allgemeine Vorbemerkungen

Die Chemie ist eine sehr spannende und interessante Wissenschaft. Sie hat mit jedem einzelnen von uns sehr viel zu tun: Gesundheit und Krankheit, Medizin, Ernährung, alle möglichen technischen Aspekte, Weltklimafragen, Raumfahrt – nahezu überall stößt man auf die zahllosen positiven Einsatzmöglichkeiten wie auch auf die nicht zu übersehenden Risiken, die die verschiedenen Richtungen der Chemie mit sich bringen.

Selbstverständlich gehört sie daher heute auch als Fach in den Schulunterricht. Das Anliegen der Waldorfpädagogik ist, den jungen Menschen eine Vielfalt von Berührungsmöglichkeiten mit dieser wichtigen Naturwissenschaft zu eröffnen und sie in deren sehr bewegliche Gedankengänge einzuführen, sodass sie sich als selbstständig urteilsfähige Persönlichkeiten einen selbstbestimmten Umgang mit ihr erschließen können.

Die Waldorfpädagogik hat dazu einen ganz eigenen Ansatz entwickelt, der zumindest teilweise auch Früchte trägt. So belegten Untersuchungen im Rahmen der PISA-Studie 2006 sowohl für deutsche als auch für österreichische Waldorfschüler, dass - neben ihrem ebenso guten fachlichen Kenntnisstand wie bei Schülern staatlicher Schulen - ihr Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern wesentlich stärker ausgeprägt ist, und dass die in den staatlichen Schulen klar erkennbaren geschlechtsspezifischen Unterschiede (zu Ungunsten der Mädchen) in den untersuchten Waldorfschulen nicht auftreten. Und es überrascht dann auch nicht, dass nach einer Studie an Waldorfschul-Absolventen (von Heiner Barz und Dirk Randoll) die zweitgrößte Gruppe naturwissenschaftliche Berufe wählt. (1; 2; Erläuterungen zu diesen und den folgenden Fußnoten befinden sich am Ende dieses Einleitungs-Kapitels.)

Das ist alles andere als selbstverständlich. Es scheint heute vielen Zeitgenossen schwer zu fallen, einen Zugang zu den Naturwissenschaften, und zwar insbesondere zur Chemie zu finden. Es gibt nur verhältnismäßig wenige Chemiker, und sie haben eher den Ruf, Spezialisten für ein ambivalentes kleines Fachgebiet zu sein als eine allgemein bekannte und geschätzte Angelegenheit zu vertreten. Umso wichtiger ist für sie der intensive innerdisziplinäre Austausch. Und für die wenigen Waldorfschul-Chemielehrer gilt dies aufgrund der Anforderungen des speziellen pädagogischen Konzeptes in besonderem Maße.

Bei einer Waldorflehrer-Chemiefortbildung in Moskau im Frühjahr 2010 tauchte nun die Frage auf, ob es nicht möglich wäre, zur Vor- und Nachbereitung Grundlegendes für die internationale Waldorfschul-Bewegung schriftlich in die Hand zu bekommen. Dieser Wunsch ist umso verständlicher, wenn man bedenkt, wie schwierig es - besonders aufgrund der oft recht großen geographischen Distanz - für viele Kolleg(inn)en ist, sich außerhalb solcher Fortbildungswochen mit anderen Waldorf-Chemielehrern auszutauschen.

Andererseits liegt das Problem vor, dass die über die Jahrzehnte entstandene deutschsprachige Literatur zum Waldorfschul-Chemieunterricht inzwischen so umfangreich ist, dass es nahezu unmöglich geworden ist, alles in die Weltsprachen zu übersetzen: Es fehlen die personellen und finanziellen Ressourcen, und es würde viel zu

lange dauern. Hinzu käme, dass ein Anfänger vermutlich überfordert wäre, rasch eine sinnvolle Auswahl aus dem großen Kanon für seine Bedürfnisse zu treffen. So schlug ich vor, mich der Sache anzunehmen. Ich unterrichte seit 1988 an der Freien Waldorfschule Marburg (Deutschland) Chemie und engagiere mich seit vielen Jahren in der Lehreraus- und -fortbildung. Das Angebot, einen elektronischen Reader Chemie für Anfänger zu erstellen, stieß auf vielfältig positives Echo, sodass im Herbst 2010 mit der Arbeit begonnen werden konnte.

Vorausgeschickt werden muss, dass sich dieser Reader explizit an *Anfänger* richtet. Sie sollen hiermit einen Leitfaden in die Hand bekommen, der ihnen helfen soll, den Chemieunterricht an einer Waldorfschule aufzubauen oder in einer Situation zu übernehmen, in der ihnen wenig Hilfe von außen zur Verfügung steht. Zugleich soll er ihnen Anregungen geben, sich auf Fortbildungen vorzubereiten, auf denen der gemeinsame Austausch dazu führt, dass sie anschließend ihren Unterricht weiterentwickeln können.

Vieles, was die Fortgeschrittenen, die langjährig im Beruf sind, auf interessanten Tagungen auf weiterführendem Niveau erörtern, wird man daher vergebens suchen. Das betrifft z.B. auch die im anthroposophischen Kontext entstandenen bildschaffenden Methoden, die mir persönlich sehr am Herzen liegen. Man braucht aber als Anfänger zunächst sichere Grundlagen, bevor man sich weiter vorwagen kann. - Zudem habe ich nichts aufgenommen, was einen direkten Bezug zu staatlichen Vorgaben wie Lehrplänen und Schulabschlüssen hat: Diese differieren zu sehr von Land zu Land, und man wird sich vor Ort seinen jeweils dort adäquaten Umgang damit suchen müssen.

Ein weiteres Ausschlusskriterium war der Textumfang der einzelnen Artikel, die zur Auswahl standen. Es ist mit einem in vielerlei Hinsicht erheblichen Aufwand verbunden, eine Seite in eine andere Sprache zu übersetzen. Deshalb und auch in Hinsicht auf die angestrebten Einsatzziele stand von vornherein fest, dass der Gesamtumfang des Readers bei ca. 100 (Buch-Doppel-) Seiten liegen sollte. Da der Waldorf-Chemieunterricht vor allem die sechs Jahrgänge von der 7. bis zur 12. Klasse (in Deutschland) umfasst und damit eine Reihe von Themen berührt werden müssen, kamen relativ lange Artikel von vornherein nicht in Betracht.

Meine weiteren Überlegungen waren, dass ich gerne viele verschiedene Autoren aus der ganzen Zeit der Waldorfschulbewegung, also von 1919 bis heute, zu Wort kommen lassen wollte, die auf ihre jeweils ganz eigene Weise den Chemieunterricht unserer Schulen geprägt haben. Ich hoffe, dass dieser Reichtum bei aller Schwierigkeit der Übersetzung auch in den anderen Sprachen zumindest weitgehend erhalten geblieben ist. Dadurch vernimmt der "Neuling" im Original eine Vielzahl verschiedener Stimmen, die nicht nur inhaltlich, sondern auch in der ganzen Herangehensweise und im Temperament sich markant voneinander abheben und gerade dadurch vielfältige Inspirationen bieten. Mir scheint sich daraus ein harmonischer "Chor" zu bilden, die einzelnen Autoren ergänzen sich für mein Empfinden gut, da es nicht um Auseinandersetzungen zwischen ihnen, sondern um ihre Interpretationen desselben Ausgangspunktes geht: die Lehrplan-Angaben Rudolf Steiners. Zugleich kann man aber auch sehen, dass sich diese Interpretationen im Laufe der Jahrzehnte immer neue Gedankenräume erobern, die das Vorherige immer mehr erweitern.

Da in dieser Zeit jedoch auch die Chemie außerhalb der anthroposophischen Bewegung gewaltige Fortschritte gemacht hat, war es notwendig, alle Artikel gründlich zu lesen und einzelne Korrekturen und Streichungen vorzunehmen: Manches ist inzwischen

wissenschaftlich überholt; anderes ist (zumindest in Deutschland) aus Sicherheitsgründen nicht mehr erlaubt für den Schulunterricht; und wieder anderes verweist auf Sachverhalte, die nicht in den Reader aufgenommen wurden, und musste deshalb gestrichen werden. Jede(r) Nutzer(in) fühle sich verpflichtet, das hier Angedeutete selbstständig fortzusetzen: Die Entwicklung der Chemie schreitet weiter voran, sodass alle Sachverhalte einer kontinuierlichen Überprüfung auf eine gegebenenfalls notwendige Aktualisierung bedürfen.

II Zum Waldorfschul-Lehrplan

Der Waldorfschul-Lehrplan entstand in einem fortlaufenden Prozess in Konferenzen Rudolf Steiners mit der Lehrerschaft in den Jahren 1919 bis 1924. 1919 begann die erste Freie Waldorfschule (in Stuttgart, Deutschland) mit den Klassen 1 bis 8. Mit ihrer Einrichtung gab Steiner auch Hinweise, welche chemischen Themen in diesen ersten Waldorfschulklassen 7 und 8 zu unterrichten seien. Das setzte sich in den Jahren bis 1924 vor allem mit Angaben für die jeweils neu hinzukommenden Jahrgangsstufen fort, also 1920 für die erste 9. Klasse, und so weiter. Dabei lässt sich in der Chemie (wie auch in vielen anderen Fächern) eine der wichtigen Waldorfschul-didaktischen Leitlinien wiederfinden: Mit den aufsteigenden Klassenstufen folgt der Unterricht exemplarisch auch einzelnen Erkenntnisschritten, wie sie in der Geschichte der Chemie aufgetreten sind.

Wichtig ist ebenfalls, dass für jede Jahrgangsstufe immer nur eine Chemie-Epoche von drei bis vier Wochen vorgesehen war (und oft auch bis heute ist). Chemie wurde und wird also oft nur epochal täglich ca. zweistündig, das heißt, innerhalb eines ganzen Schuljahres in drei bis vier Wochen mit insgesamt ca. 30 bis 50 Schulstunden unterrichtet.

Die konkreten Angaben Steiners für diese damaligen Klassen dieser einen Schule in dieser Zeit wurden dann nach seinem Tod im Jahre 1925 - in der Chemie wie auch in allen anderen Fächern - als Anregungen und Ausgangspunkte für all die anderen Klassen und Schulen genommen, die seither neu zur Waldorfschul-Bewegung weltweit hinzugekommen sind. So ist auch dieser Reader gedacht: Er ist nicht dazu eignet, wie ein "Rezept" 1:1 umgesetzt zu werden. Er stellt vielmehr ein Kompendium von Anregungen dar, das die Lehrerschaft in ihrem pädagogischen Anliegen, die Schüler individuell optimal in ihrer Entwicklung zu fördern, unterstützen will. Daraus erwächst für jede einzelne Lehrkraft zugleich die Aufgabe, diese Anregungen mit denjenigen Anforderungen, vor die sie in ihrer konkreten Unterrichtssituation jeweils gestellt ist, entsprechend abzugleichen und ein eigenes Unterrichtskonzept daraus zu entwickeln. -

1920 trat der damals 27jährige Österreicher Eugen Kolisko in das erste Waldorfschul-Kollegium ein. Sein Vater war ein bedeutender Wiener Arzt. Eugen Kolisko hatte ebenfalls Medizin studiert und war darüber hinaus eine sehr kluge, hoch begabte und ausgesprochen breit gebildete Persönlichkeit mit zahllosen Talenten. Zugleich war er ein enger Schüler Rudolf Steiners und äußerst aktiver Anthroposoph. Kolisko wurde der erste Schularzt der Waldorfschul-Bewegung und verlieh diesem neuen Berufsbild ein erstes unverwechselbares Gepräge. Außerdem übernahm er als Fachlehrer Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern und baute hier insbesondere den spezifischen Waldorfschul-Chemieunterricht auf. Es gelang ihm dies so gut, dass Rudolf Steiner fortan auch von Kolisko'scher Chemie sprach, wenn er die Vorgehensweise des anthroposophischen Chemie-Ansatzes charakterisieren wollte. (4) Das besondere Anliegen des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Waldorfschule schildert Kolisko in sehr treffender Weise 1929 in einem Aufsatz, der zur Eröffnung den spezifisch chemischen Aufsätzen vorangestellt ist. (3)

II.1: 7. Klasse

Die Angabe Rudolf Steiners für die 7. Klasse lautet: „Gehen Sie aus von einem solchen Vorgang wie von der Verbrennung und suchen von einem solchen alltäglichen Vorgang wie von der Verbrennung dann den Übergang zu gewinnen zu einfachen chemischen Vorstellungen.“ (4) Kolisko hat daraus eine Vorgehensweise für die Einführungs-Epoche in die Chemie entwickelt, die bis heute in vielen, wenn nicht sogar allen Waldorfschulen zumindest teilweise die zentrale Leitlinie für den Unterricht bildet. Deshalb habe ich seinen bedeutsamen Aufsatz „Vom ersten Unterricht in der Chemie“ von 1932 als Grundlage für die 7. Klasse in diesen Reader aufgenommen. (3)

II.2: 8. Klasse

Zu dieser Klasse sagt Steiner: „Sie führen die einfachen chemischen Begriffe weiter, sodass das Kind auch begreifen lernt, wie industrielle Prozesse mit Chemischem zusammenhängen. Sie versuchen, im Zusammenhang mit den chemischen Begriffen dasjenige zu entwickeln, was zu sagen ist in Bezug auf die Stoffe, die den organischen Körper aufbauen: Stärke, Zucker, Eiweiß, Fett.“ (4)

Bemerkenswert ist, dass Steiner mit seinen Angaben alle drei wesentlichen organischen Stoffgruppen erfasst, von denen wir uns ernähren: Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate. Wie diese drei Stoffgruppen mit unserem eigenen Aufbau zusammenhängen (bei dem die Anthroposophie die sogenannten Wesensglieder physischer Leib, ätherischer Leib, Astralleib und Ich unterscheidet), stellt Steiner selbst 1923 in einem Vortrag für die Arbeiter am Goetheanum, dem Zentrum der anthroposophischen Bewegung, dar. Dieser Vortrag beinhaltet also die besondere Möglichkeit, von Steiner selbst einen Einblick in Hintergründe seiner Lehrplan-Angabe zu erhalten. Der sich darauf beziehende Teil des Vortrages wurde deshalb hier mit aufgenommen. (5)

Anschließend folgt ein Aufsatz von Frits H. Julius (6). Julius war Lehrer für Naturwissenschaften an der Freien Waldorfschule in Den Haag (Niederlande) von den 1930er Jahren bis in die 1960er Jahre. Zugleich war er ebenfalls Forscher und einer der bedeutendsten Goetheanisten, den die anthroposophische Bewegung hervorgebracht hat. Eine ungewöhnlich gute Beobachtungsgabe zeichnete ihn ebenso aus wie eine ausgesprochene geistige Tiefe und eine sehr große Innigkeit. Dies kann man auch in seinen Aufsätzen spüren. Er hat vieles über seine reichhaltigen Erfahrungen und Gedankengänge geschrieben. Seine Texte zum Chemie-Unterricht in den Klassen 8 und 10 schienen mir zur Aufnahme in den Reader besonders geeignet, weil sie in knapper und prägnanter Form und zugleich Waldorf-pädagogisch tief durchdrungen sehr viel Wesentliches für diese Jahrgangsstufen zusammenfassen.

II.3: 9. Klasse

„Das, was wir für die 8. Klasse bestimmt haben, die ersten Elemente der organischen Chemie - wobei das Wort 'organisch' nur um der Abkürzung willen gebraucht ist -, was ein Alkohol ist, was ein Äther ist, das wäre jetzt in der 9. Klasse fortzusetzen.“ (4) Das ist alles, was Steiner zum Chemie-Unterricht dieses Jahrgangs sagt. Damit steht man als Lehrer vor der großen und schwierigen Aufgabe, aus einem einzigen Stichwort-artigen Satz ein für die eigenen Belange passendes Konzept für eine ganze drei- bis vierwöchige Epoche zu entwickeln.

Ein Meister für eine solche Aufgabe ist Manfred von Mackensen. Er war bis vor kurzem Lehrer für Naturwissenschaften an der Freien Waldorfschule Kassel (Deutschland), aber sein Tätigkeitsfeld erstreckt sich weit darüber hinaus. Er hat - unter anderem - auch eine Pädagogische Forschungsstelle begründet und in diesem Kontext zahlreiche Materialien für den naturwissenschaftlichen Waldorfschul-Unterricht erforscht und beschrieben sowie Unterrichts-Konzeptionen erstellt und vieles veröffentlicht. Er hat damit umfangreiche Unterlagen der internationalen Waldorfschul-Bewegung zur Verfügung gestellt, die sich sowohl durch umfassendes Wissen auf aktuellstem Stand und große gedankliche Tiefe als auch durch hervorragenden Praxis-Bezug bis in die experimentellen Details hinein auszeichnen. Mackensens Bedeutung kann hier gar nicht überschätzt werden.

In diesen Reader konnten - aus den eingangs genannten Gründen - nur eine wenige Passagen aus Mackensens Gesamtwerk aufgenommen werden. Sie können zugleich auch stellvertretend als anregende Einblicke in seine übrigen Schriften aufgefasst werden. Für die Chemie-Epoche in der 9. Klasse ist ein kurzer Text wiedergegeben, der exemplarisch zeigt, wie man, von einer Steiner-Anregung ausgehend, zu einem gründlich durchdrungenen Unterrichts-Entwurf kommen kann. (7)

Meine eigene Interpretation der Steiner-Angabe für die 9. Klasse ist, dass man in dieser Epoche sehr gut den Kohlenstoff-Kreislauf zum zentralen Thema machen kann. Ich habe das gründlich untersucht, über Jahre erprobt und in einer Dissertation dargestellt. Einen ganz knappen Eindruck davon soll der kurze Auszug aus meiner Arbeit geben. (8)

II.4: 10.Klasse

Hierzu ist die Angabe Steiners etwas ausführlicher. Thematisch geht es darum, den Schülern „eine deutliche Vorstellung von der ganzen Bedeutung eines Salzes, einer Säure, einer Base“ zu vermitteln, zunächst durch „ordentliches Beobachten: Basisches, Säurehaftes, Salzhaftes“, dann „vom alkalischen und sauren Reagieren reden“ und danach „die physiologischen Prozesse anschließen“ (4). Ein Aufsatz von Julius stellt dieses Thema auf wenigen Seiten umfassend sowie - durch Einbeziehung mehrerer wichtiger Seitenthemen - zugleich vielfältig dar und gibt außerdem mit Aspekten der Elektrochemie bereits Vorblicke auf den Übergang zur 11. Klasse. Deshalb habe ich mich als leitenden Text für diese Epoche erneut für einen seiner Artikel entschieden. (9)

II.5: 11. Klasse

Da die Aussagen Steiners zu dieser Jahrgangsstufe trotz ihrer Kürze viele wichtige und bis heute äußerst aktuelle Fragen berühren, seien sie vollständig wiedergegeben: „In der Chemie würde es notwendig sein, die chemischen Leitbegriffe Säure, Salz, Base möglichst vollständig zu entwickeln, sodass man weiß, was ist Alkohol, was ist ein Aldehyd? Die traditionellen Sachen, die Trennung zwischen organischer und anorganischer Chemie wollen wir weniger berücksichtigen. - Das scheint mir dasjenige zu sein, wo hineingeflochten werden kann die Übersicht über die Stoffe. Ich würde es nicht für richtig finden, wonach zuerst eine Art Chemie entwickelt wird an Stoffen. Es ist besser, so den Prozess zu entwickeln, und da müsste man die Stoffe und die Metalle hineinkriegen, dass im Unterricht das Gefühl hervorgerufen wird, dass man es bei den Stoffen nur zu tun hat mit festgehaltenen Prozessen; dass die Vorstellung hervorgerufen wird, wie die Stoffe stehen gebliebene Prozesse sind. Wenn man ein Stück Schwefel vor sich hat, hat man den stehen gebliebenen Prozess vor sich. Wenn ich hier stehe, und es

regnet furchtbar, so habe ich einen Vorgang, in den ich eingespannt bin. Wenn ich aber die Wolke von weitem anschau, kommt sie mir wie ein Gegenstand vor. Wenn ich gewisse Vorgänge betrachte, ist es so, wie wenn ich im Regen stehe. Wenn ich den Schwefel betrachte, ist es so, wie wenn ich die Wolke von weitem betrachte. Stoffe sind erstarrt ausschauende Prozesse.“ (4)

Man sieht sofort: Themen der 9. und 10. Klasse tauchen wieder auf; mit der Trennung Anorganik / Organik soll neu umgegangen werden; dem Stoffbegriff soll sich auf eine sehr besondere Weise angenähert werden; und die „Übersicht über die Stoffe“ könnte auch das Periodische System der chemischen Elemente meinen. Der Schwefel wird zwar nur als Beispiel genannt, aber da er ein sehr wichtiger Stoff und zugleich ein chemisches Element ist, spielt er hiernach nun eine entsprechend große Rolle im Waldorfschul-Unterricht. Aufgrund der Vielseitigkeit der Themen nehmen die dazugehörigen Aufsätze einen umfangreicheren Platz im Reader ein.

Den Übergang 10. / 11. Klasse kann man auch Wissenschafts-historisch thematisch als Übergang zur neueren Chemie auffassen, der um 1800 herum erfolgte. Es begann mit den Versuchen, chemische Elemente neu zu definieren, woraufhin es zur Entdeckung einer Reihe neuer Elemente kam. Dabei kam im Laufe des 19. Jahrhunderts verstärkt die ebenfalls neu entdeckte Elektrizität zum Einsatz, besonders in der Elektrolyse. Die Elektrochemie nimmt daher auch in der Jahrgangsstufe 11 der Freien Waldorfschulen eine zentrale Stellung ein.

Auf die Elektrolyse geht Rudolf Steiner in einem Vortrag für Mediziner zwar kurz, aber detailliert und tiefgründig ein. Er stellt sie in den Zusammenhang mit Basen, Säuren und Salzen einerseits sowie mit den Metallen Blei, Zinn und Eisen, ihren Strahlungswirkungen und ihren Bezügen zu Ich, Astralleib und Ätherleib andererseits. Meines Erachtens ist es unerlässlich, diese Hinweise Steiners zu kennen, wenn man den Unterricht in der 11. Klasse vorbereitet. Sie stehen deshalb im Reader am Anfang der Materialien für diese Jahrgangsstufe. (10)

Der in Hamburg lebende Chemiker, hervorragende Experimentator und sehr aktive Anthroposoph Günther Heuschkel, der sein Berufsleben in der chemischen Industrie verbrachte, hat sich nach seinem Eintreten in den Ruhestand dieser (und weiterer) Ausführungen Steiners zu den Metallen angenommen, vielfältig und gründlichst darüber geforscht und zahlreiche seiner Ergebnisse veröffentlicht. Für den Schulunterricht kamen uns gemeinsam Ideen, wie man Steiners Aussagen zur Elektrolyse so umsetzen kann, dass man daran nicht nur die elektrochemischen Sachverhalte thematisieren, sondern sie zugleich als Schülerversuche durchführen und die charakteristischen, an der Kathode durch Reduktion entstehenden verschiedenen Metallformen so sichtbar machen kann, dass sie wie Bilder der Strahlungsarten des Bleis, des Zinns und des Eisens erscheinen. Der dem Reader beigegefügte Auszug aus Heuschkels umfangreichem Buch „Metallprozesse“ beschreibt die dafür notwendige Vorgehensweise. (11)

Anschließend folgt ein Text von Gerhard Ott. Ott war einer der engagiertesten Schüler Koliskos und wurde nach seiner Ausbildung ebenfalls mit Begeisterung Waldorflehrer. Er hat zunächst an der Freien Waldorfschule Hannover unterrichtet, wechselte dann während des Zweiten Weltkriegs an die Freie Waldorfschule Dresden und kehrte von dort später wieder zurück an die Schule in Hannover. Er hat (unter anderem) ein zweibändiges Werk zur „Chemie nach phänomenologischer Methode“ verfasst. Darin geht er - für mein Empfinden - sehr anschaulich auf „das Eingreifen der Elektrizität in die Bereiche der Chemie“ ein. Der Anfänger findet in diesen Passagen viel Wertvolles für in der 11. Klasse

durchzuführende Versuche. (12)

Alle Beschäftigung mit den Elementen führt in der Chemie konsequent zur Frage der Verwandtschaften dieser Elemente und damit zum Periodischen System. Die Überlegungen dazu und die Auseinandersetzungen über die verschiedenen Darstellungsweisen sind wesentlich vielfältiger, als den meisten Zeitgenossen bewusst ist. Eine sehr gute Einführung in dieses Thema (bei gleichzeitiger Fortsetzung mit einer Reihe von Aspekten aus dem Themenspektrum der 12. Klasse) gibt Wolfgang Schad. Schad ist Professor Emeritus der Universität Witten, einer der profiliertesten anthroposophischen Naturwissenschaftler mit ausgesprochen großem Betätigungsfeld und einer beeindruckend umfangreichen Liste von Veröffentlichungen. Da er auch Lehrer an der Freien Waldorfschule Pforzheim und Ausbilder am Waldorflehrer-Seminar in Stuttgart war, ist er mit allen Fragen des Waldorfschul-Unterrichts bestens vertraut. So richtet sich sein hier in den Reader aufgenommenen Aufsatz auch ausdrücklich an die Waldorf-Chemielehrer, er ist Teil des Buches „Chemie an Waldorfschulen“. (13) Wolfgang Schad hat den Text eigens für diesen Reader nochmals selber überarbeitet.

Zur Abrundung des Themas „Periodisches System“ ist eine von Friedrich A. Kipp vorgeschlagene Darstellungsweise beigefügt. Sie ist dem genannten Werk von Ott entnommen (12). Kipp war ein exzellenter anthroposophischer Naturwissenschaftler, der besonders in der Biologie viel geleistet hat. - Auf den jüngst erschienenen wegweisenden Artikel des Flensburger Kollegen Peter Brodersen kann dagegen hier nur hingewiesen werden. Er stellt, ausgehend von mathematischen Überlegungen, gut begründet einen Zusammenhang zwischen den chemischen Elementen und den Planeten her, den er in einer neuen Darstellung des Periodensystems zum Ausdruck bringt. (14)

Ein weiterer Aspekt der Auseinandersetzung mit den chemischen Elementen ist, dass man (spätestens) in dieser Jahrgangsstufe auch auf die Formelschrift eingehen und sie einführen muss. Der im Reader wiedergegebene Aufsatz Mackensens zeigt einen fundierten und erprobten Weg auf, wie man mit dieser Anforderung aus waldorfpädagogischer Perspektive umgehen kann. (15)

Wie Rudolf Steiner aus geisteswissenschaftlicher – und damit für den Waldorfschulunterricht wesentlicher – Sicht auf einzelne Elemente eingeht, kann man exemplarisch hervorragend im dritten Vortrag des Landwirtschaftlichen Kurses (GA 327) nachlesen. Der entsprechende Auszug ist deshalb an dieser Stelle in den Reader eingefügt. Er stellt zugleich auch eine Überleitung zur Eiweiß-Chemie der 12. Klasse dar. (16)

II.6: 12. Klasse

Alle Themen eines Jahrganges stehen in der Freien Waldorfschule gewissermaßen wie unter einer Art Leitmotiv, einem übergeordneten Motto. Dieses könnte man in der 9. Klasse „Revolution und Umbruch“ nennen, in der 10. Klasse „Polarität und Steigerung“, in der 11. Klasse „Das Einzelne, Individuelle und sein Zusammenhang mit dem Ganzen, der Welt“ und in der 12. Klasse „Abschließender Überblick“ (mit der 12. Klasse endet die Waldorfschulzeit, die teilweise vorhandene 13. Klasse ist für die Schulabschlüsse eingerichtet).

Diese Leitmotive lassen sich in den Angaben für den Chemie-Unterricht in den Jahrgangsstufen 9, 10 und 11 wiederfinden. In der 12. Klasse dagegen wird dies deutlich

schwerer. Die Schüler haben bis zum Ende der 11. Klasse noch verhältnismäßig wenig aus der Organischen Chemie (im konventionellen Sinne) gelernt, wurden noch kaum mit Strukturformeln konfrontiert und mit modernen chemisch-technischen Prozessen. Man kommt also nicht umhin, neben rückblickenden Zusammenfassungen auch noch neu auf eine Reihe weiterer Themen einzugehen.

Die Angaben Steiners zur 12. Klasse sind relativ umfangreich, was unter anderem damit zusammenhängt, dass seinerzeit (so wie jetzt auch) auf die Abschlussprüfungen Rücksicht genommen werden musste. Hier als Ausschnitt dasjenige, woran bis heute vielfach angeknüpft wurde: „Vorläufig müssten Sie versuchen, die Chemie zum Abschluss zu bringen ... Eine Übersicht der Formationenlehre (Gesteinsartiges, Versteinerungen) bis zur Eiszeit, ... das Wesen der organischen Gifte, der Alkaloide, noch einen Begriff von Cyan-Verbindungen im Gegensatz zu den Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Die qualitativen Zusammenhänge braucht man. Man kann es ganz aus den qualitativen Zusammenhängen heraus verstehen.“ „Wenn man wenigstens stereometrische Formeln verwenden würde, dann würde man Sinn damit verbinden können. Zumeist werden ganz in der Ebene geschriebene Formeln verwendet, die sinnlos sind.“ „Wir wollen einmal die Chemie im innigsten Zusammenhang mit dem Menschen betrachten. ... Nun würde es sich darum handeln, dass man wirklich heraufgeht bis zu den Prozessen, die sich nicht nur im Tier, sondern auch im Menschen finden, dass man spricht von Ptyalin, Pepsin, Pankreatin-Bildung und so weiter. - Die Metallprozesse im Menschen sollte man so nehmen, dass von dem Prinzipiellen etwas entwickelt wird, sagen wir, was man nennen kann einen Prozess von Blei im Menschen, dass (die Schülerinnen und Schüler) das verstehen. Man muss zeigen, dass alle Stoffe und Prozesse vollständig umgewandelt werden im Menschen. Bei der Pepsin-Bildung kommt es darauf an, dass man noch einmal ausgeht von der Salzsäure-Bildung, sie betrachtet als das Leblose und die Pepsin-Bildung betrachtet als dasjenige, was nur innerhalb des Ätherleibes sich vollziehen kann, wo sogar der Astralleib hineinwirken muss; also eine vollständige Abtragung des Prozesses und wiederum ein Aufbau: Salzsäure, von dem unorganischen Prozess geht man aus, aus Kochsalz oder durch Synthese, bespricht die Salzsäure in ihren Eigenschaften. Dann versucht man einen Unterschied zu dem hervorgerufenen, was nur im organischen Körper vorkommt. Gipfeln muss es im Unterschied zwischen pflanzlichem Eiweiß, tierischem Eiweiß, menschlichem Eiweiß, so dass ein Begriff von aufsteigendem Eiweiß da ist, begründet in der verschiedenen Struktur des Ätherleibes. Es ist das menschliche Eiweiß etwas anderes als das tierische Eiweiß. ... Man müsste eine anorganische, eine organische, eine animalische und eine menschliche Chemie haben. ... (als weiteres Beispiel:) Metamorphose-Prozess Ameisensäure - Oxalsäure.“ „Man müsste ausgehen vom Welten-Rhythmus, das periodische System aus dem Welten-Rhythmus heraus erklären. ... Etwas wie eine Oktave zum Beispiel hat man im Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff. Das führt aber zu weit.“ Und die chemisch-technischen Prozesse sind in der 12. Klasse vertiefend im separaten Fach Technologie zu unterrichten, in dem Zusammenhänge der wichtigsten weltwirtschaftlichen Gegebenheiten behandelt werden. (alles aus 4)

Die Themen sind also sehr anspruchsvoll und vielseitig und stellen auch für den langjährigen Waldorflehrer immer wieder aufs Neue eine große Herausforderung dar. Es gibt keinen schriftlich ausgearbeiteten Vorschlag eines bewährten Aufbaus der gesamten 12. Klasse-Chemieepoche, so wie wir dies für die Klassen 7 bis 10 vorliegen haben. Und es gibt auch nichts Vielfältiges mit zugleich einheitlicher Stoßrichtung, wie dies für die 11. Klasse aus dem Reader-Material hervorgeht. Für die 12. Klasse gibt es Ansätze für einzelne der aufgeführten Themen sowie, gerade neu erschienen, einen umfassenden Vorschlag von Ulrich Wunderlin (17). Besonders wichtig und ausgesprochen

aufschlussreich für Steiners Forderung nach einer Differenzierung zwischen pflanzlicher und tierischer Chemie sind meiner Erfahrung nach die Versuche zum Metamorphose-Prozess Ameisensäure - Oxalsäure. Mackensens knappe und praxisbezogene Darstellung hierzu wurde deshalb in den Reader aufgenommen. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Schrift, der diese wenigen Seiten entnommen wurden, weiteres Wesentliches zu diesem Thema sowie zum von Steiner genannten Bleiprozess enthält, neben anderem. (18)

Abschließend will ich versuchen, meinen eigenen Ansatz zur 12. Klasse - Epoche kurz zu umreißen. Da ich auch Biologie und chemische Technologie unterrichtete und die staatlichen Vorgaben für den höheren Schulabschluss in Deutschland sowohl relativ viele Kenntnisse in Biochemie wie auch in Genetik erfordern, versuche ich, Synergien (die sich auch aus der höheren Anzahl der Unterrichtsstunden durch die Kombination meiner Fächer ergeben) zu nutzen und - unter anderem - Steiners Angaben zum Eiweiß als Leitlinie für eine kombinierte Vorgehensweise in Chemie und Biologie umzusetzen. An Eiweiß-Verdauungsversuchen behandle ich die Themen Salzsäure, Ptyalin, Pepsin und Pankreatin (Trypsin). Am Ende der Verdauungsreihe kommt man zu den Aminosäuren. In ähnlicher Weise lasse ich zur DNA-Aufschlüsselung Schülerversuche mit Restriktionsenzymen und Gelelektrophorese durchführen. Beide - Aminosäuren und DNA - bilden den Ausgangspunkt für die Besprechung der Proteinbiosynthese. Daran anschließend kann man über die Peptid-Bindung zu den verschiedenen Eiweiß-Strukturen gelangen: Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartär-Strukturen. Die damit einhergehenden räumlichen Konsequenzen für die Eiweiß-Strukturen bieten einen Ansatzpunkt, bei der Schreibweise mit Strukturformeln - wie von Steiner gefordert, siehe oben - zu realistischeren räumlichen Vorstellungen vorzustoßen. Die Spezifität einzelner Eiweiße, z.B. im Zusammenhang des Immunsystems, bietet Möglichkeiten, zwischen menschlichem und tierischem Eiweiß zu unterscheiden. Das pflanzliche Eiweiß thematisiere ich dagegen bei den Schmetterlingsblütlern (= Leguminosen), die in vielerlei Hinsicht eines der wenigen und zugleich äußerst wichtigen Eintrittstore des Stickstoffs aus der unbelebten Luft in die Biosphäre darstellen. An diesem Beispiel, das ich bevorzugt mit pflanzlichen Metamorphose-Übungen nach Goethe einleite, kann man sowohl die spezifischen biochemischen Möglichkeiten der Pflanzen erkennen als auch sie von den Möglichkeiten der Tiere abgrenzen, vor allem in Hinsicht auf die verschiedenen Eiweiße, aber auch in Bezug auf andere Stoffe. Dazu ist es hilfreich, stark den Unterschied zwischen prozessual tätigem Eiweiß (den Enzymen) und Struktur-Eiweiß (einschließlich Speicher-Eiweiß) zu betonen. - Für nähere Erläuterungen zu diesem skizzenhaften Umriss möge man sich gerne an mich wenden (Email-Adresse siehe unten).

II.7 Abschluss

Es gibt einen kurzen Vortrag Rudolf Steiners, den er in einer Konferenz mit den damaligen Waldorflehrern auf Bitten Eugen Koliskos gehalten hat. Dieser Vortrag macht - meiner Auffassung nach - sehr deutlich, was Steiner an chemischen Kenntnissen von Waldorflehrern im Zusammenhang mit ihren pädagogischen Aufgaben erwartet. Da dieser Vortrag kurz alle Themen des Chemie-Unterrichtes berührt und in einen unmittelbar praktischen Zusammenhang stellt, der uns als Waldorflehrer alle angeht, scheint er mir sehr gut geeignet, das in diesem Reader Dargestellte abschließend abzurunden. (19)

III Dank

Dieser Reader konnte nur mit Hilfe der finanziellen Unterstützung der Software AG Stiftung (für die deutsche, russische und englische Version) sowie der Mahle-Stiftung (für die spanische Version) erstellt werden. Ihnen gebührt daher der große Dank der internationalen Waldorfschul-Bewegung, den ich hiermit für uns alle ausspreche. Ebenso bin ich den Freunden der Erziehungskunst außerordentlich dankbar, dass sie sich entschlossen haben, bei der Projektabwicklung zentrale Hilfestellungen zu übernehmen. Mein ganz persönlicher Dank gilt Prof. Dr. Dirk Randoll, meinem Projektbetreuer bei der Software AG Stiftung; Alexander Lerch, meinem Projektbetreuer bei der Mahle-Stiftung; und Eleonore Jungheim, meiner Projektbetreuerin bei den Freunden der Erziehungskunst. Ohne ihre kompetente Begleitung hätte ich diesen Reader nicht erarbeiten können.

Und ich danke allen von Herzen, die mir an den verschiedensten Stellen behilflich waren, insbesondere den Übersetzern ins Russische: Maria Babkina und Oleh Faliy sowie Ksenia Kudrenko, die deren Übersetzungen gegengelesen hat; und den für die englische Version Zuständigen: Catherine E. Creeger, Peter Glasby †, Martyn Rawson, Diederik Ruarus; sowie denen, die die Übersetzung ins Spanische übernommen haben: Lia Tummer und Miguel Lopez-Manresa. Vielen Dank!

IV Anmerkungen

Die Übersetzungen ins Russische wurden durchgeführt von:

Maria Babkina, Moskau, Russland: Kolisko, „Vom Werden und Gestalten des Naturkundeunterrichts an der Waldorfschule“ (3); Steiner-Vortrag vom 22. September 1923 (5); Heuschkel zur Elektrolyse (11); Mackensen zur Formelschrift (15).

Oleh Faliy, Dnepropetrowsk, Ukraine: diese Einführung in den Reader; Kolisko, „Vom ersten Unterricht in der Chemie“ (3); Julius zur 8. Klasse (6); Mackensen zur 9. Klasse (7); Rohde zur 9. Klasse (8); Julius zur 10. Klasse (9); Ott zur Elektrolyse (12); Schad-Artikel (13); Periodensystem nach Kipp (aus 12); Mackensen zu Ameisen- und Oxalsäure (18).

Alle Übersetzungen (außer 10, 16 und 19) wurden gegengelesen von Ksenia Kudrenko, Dnepropetrowsk, Ukraine.

Die Übersetzungen dreier Steiner-Texte (10, 16 und 19) ins Russische lagen bereits vor:

- Der Steiner-Vortrag vom 18. April 1921 wurde von Olga Vartazaryan übersetzt. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Herausgeber des Bandes 313 der russischen Rudolf Steiner – Gesamtausgabe, vermittelt durch Sergey Ivashkin, Samara, Russland.
- Der Landwirtschaftliche Kurs (GA 327) wurde in der russischen Übersetzung (durchgeführt von Maria Zhemtschuzhnikova und Alexandr Demidow) 1997 von Nikolay Banzeliouk, Kaluga, herausgegeben. Er hat der Aufnahme des dritten Vortrages in diesen Reader zugestimmt.
- Der Steiner-Vortrag vom 6. Februar 1923 wurde von Michael Sluch übersetzt. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Herausgeber des Bandes 300b der russischen Rudolf Steiner – Gesamtausgabe, vermittelt durch Sergey

Ivashkin, Samara, Russland.

Die Übersetzungen ins Englische wurden durchgeführt von:

Catherine E. Creeger, Ithaca, New York, USA: diese Einführung in den Reader; beide Kolisko-Aufsätze (3); Rohde zur 9. Klasse (8); Heuschkel zur Elektrolyse (11); Ott zur Elektrolyse (12); Schad-Artikel (13); Periodensystem nach Kipp (aus 12).

Diederic Ruarus, Littelton, Neuseeland, und Martyn Rawson, Elmshorn, Deutschland: Mackensen zur Formelschrift (15); Martyn Rawson allein: Mackensen zu Ameisen- und Oxalsäure (18). Peter Glasby †, Wights Mountain / Brisbane, Queensland, Australien, hat die Übersetzungen von Catherine E. Creeger unterstützt.

Die Übersetzungen der übrigen 7 Artikel ins Englische lagen bereits vor:

- Die drei Steiner-Vorträge vom 22. September 1923 (5), vom 18. April 1921 (10) und vom 11. Juni 1924 (16) sind in einer englischen Übersetzung im Internet veröffentlicht (wn.rsarchive.org/GA/GA0350, wn.rsarchive.org/GA/GA0313 und wn.rsarchive.org/GA/GA0327). Die Verwendung für diesen Reader erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Jim Stewart, e.Librarian.
- Der Aufsatz von Julius zur 8. Klasse (6) wurde in englischer Übersetzung von der Steiner Schools Fellowship in Großbritannien in dem Band „The World of Matter and the Education of Man“ (ohne Jahresangabe, vor längerer Zeit) veröffentlicht. Die Rechte-Frage konnte nicht endgültig geklärt werden. Der Band wurde mir für den Reader dankenswerterweise vom Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart, überlassen.
- Der Mackensen-Text zur 9. Klasse (7) wurde von Peter Glasby † ins Englische übersetzt, in „Phenomenological Organic Chemistry“ 2009 von der Pedagogical Section of the Anthroposophical Society in Australien veröffentlicht und großzügigerweise von ihm für die Aufnahme in den Reader zur Verfügung gestellt.
- Der Aufsatz von Julius zur 10. Klasse (9) wurde in englischer Übersetzung von der Association of Waldorf Schools of North America in dem Buch „Fundamentals for a Phenomenological Study of Chemistry“ im Jahre 2000 veröffentlicht. Die Wiedergabe im Reader wurde freundlicherweise von David Mitchell † von AWSNA Publications gestattet; sie erfolgt mit der von diesem gewünschten Kennzeichnung zum Copyright und zur Verfügbarkeit.
- Der Steiner-Vortrag vom 6. Februar 1923 (19) wurde in englischer Übersetzung von Anthroposophic Press, USA, 1998 in dem Band „Faculty Meetings with Rudolf Steiner, vol. 2“ veröffentlicht. Die Wiedergabe im Reader erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Gene Gollogly, Anthroposophic Press.

Die Übersetzungen ins Spanische wurden durchgeführt von:

Lia Tummer, Buenos Aires, Argentinien: beide Julius-Aufsätze (6, 9); Rohde zur 9. Klasse (8); sowie Heuschkel zur Elektrolyse (11).

Miguel Lopez-Manresa, Valparaiso, Chile: diese Einführung in den Reader; beide Kolisko-

Aufsätze (3); alle vier Steiner-Texte (5, 10, 16, 19); alle drei Mackensen-Texte (7, 15 und 18); Ott zur Elektrolyse (12); Periodensystem nach Kipp (aus 12); und der Artikel von Schad (13).

Literaturangaben:

(Der Zweckmäßigkeit halber wird hier dieselbe Reihenfolge beibehalten wie im vorhergehenden Text dieser Einführung in den Reader und somit auf eine alphabetische Anordnung verzichtet.)

1: zitiert aus: Pressemitteilung der Landesarbeitsgemeinschaft der Freien Waldorfschulen in Hessen vom 24.3.2009; Geschäftsstelle: Hängelstraße 67, D 60433 Frankfurt

2: zitiert aus: Pressemitteilung des Bundes der Freien Waldorfschulen vom 6.3.2009; Geschäftsstelle: Wagenburgstraße 6, D 70184 Stuttgart

3: Die Kolisko-Aufsätze "Vom Werden und Gestalten des Naturkundeunterrichts an der Waldorfschule" und "Vom ersten Unterricht in der Chemie" sind entnommen aus: Eugen Kolisko, "Auf der Suche nach neuen Wahrheiten", Philosophisch-Anthroposophischer Verlag am Goetheanum, Dornach 1989. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages. In diesem Verlag sind auch weitere Veröffentlichungen Eugen Koliskos in deutscher Sprache erschienen und erhältlich. Eine Neu-Herausgabe des hier zitierten Buches ist in Vorbereitung.

4: Alle Lehrplan-Angaben zitiert nach: E. A. Karl Stockmeyer, "Angaben Rudolf Steiners für den Waldorfschulunterricht", herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen, Stuttgart 1988

5: Rudolf Steiner, "Rhythmen im Kosmos und im Menschenwesen; Wie kommt man zum Schauen der geistigen Welt?", Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1980; Band 350 der Gesamtausgabe, 16. Vortrag, 22. September 1923. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

6: Frits H. Julius, "Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil 1: Zum Chemieunterricht der Mittelstufe" © 1960 Verlag Freies Geistesleben GmbH, Stuttgart. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages, die Quellenangabe erfolgt in der von diesem gewünschten Form.

7: Manfred von Mackensen, "Vom Kohlenstoff zum Äther", herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle, Abteilung Kassel; Verlag Bildungswerk Beruf und Umwelt, Brabanterstraße 45, D 34131 Kassel; 2004. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Pädagogischen Forschungsstelle, Abteilung Kassel.

8: Dirk Rohde, "Was heißt 'lebendiger' Unterricht?", Tectum Verlag, Marburg 2003

9: Frits H. Julius, "Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Teil 2: Zum Chemieunterricht der Oberstufe" © 1965 Verlag Freies Geistesleben GmbH, Stuttgart. Alles Weitere: siehe 6.

10: Rudolf Steiner, "Geisteswissenschaftliche Gesichtspunkte zur Therapie", Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1984; Band 313 der Gesamtausgabe, 8. Vortrag, 18. April 1921. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

11: Günther Heuschkel, "Metallprozesse", Selbstverlag, Hamburg 2002. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verfassers.

12: Gerhard Ott, "Grundriss einer Chemie nach phänomenologischer Methode, Band II", Zbinden-Verlag, Basel 1962. Da das Buch vergriffen und der Verlag nicht mehr existent ist, konnten die Rechte nicht mehr geklärt werden. Die Wiedergabe erfolgt in der Annahme des Herausgebers des Readers, keine Rechtsverletzung zu begehen.

13: Wolfgang Schad, "Für eine vernunftgemäße Chemie", erschienen in: "Chemie an Waldorfschulen", herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen, Stuttgart 2004. Der Aufsatz wurde vom Verfasser für diesen Reader nochmals überarbeitet. Die Wiedergabe erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verfassers und der Pädagogischen Forschungsstelle. Die Aufsatz-Sammlung ist bei der Forschungsstelle auf Deutsch erhältlich: Wagenburgstraße 6, D 70184 Stuttgart.

14: Peter Brodersen, "Vor 200 Jahren postulierte Döbereiner das 'chemische System'", in: "Chemie in Labor und Biotechnik" ("CLB"), 01-02/2011, Seiten 48-58; Agentur & Verlag Rubikon, Gaiberg bei Heidelberg

15: Manfred von Mackensen und Reinhard Schoppmann, "Prozesschemie aus spirituellem Ansatz", Kassel 2001. Alles Weitere siehe 7.

16.: Rudolf Steiner, „Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft“, Rudolf Steiner – Verlag, Dornach 1979; Band 327 der Gesamtausgabe, 3. Vortrag vom 11. Juni 1924. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers.

17: Ulrich Wunderlin, „Lehrbuch der phänomenologischen Chemie, Bände II + III“, edition waldorf, Stuttgart 2012/2013

18: Manfred von Mackensen und Reinhard Schoppmann, "Ameisensäure, Kleesäure, Harnsäure, Eisen, Gold, Blei", Kassel 2003. Alles Weitere siehe 7.

19: Rudolf Steiner, "Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart", Rudolf Steiner - Verlag, Dornach 1975; Band 300 b der Gesamtausgabe, Konferenz vom 6. Februar 1923. Die Nutzung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

Verantwortlich für diesen Reader:

Dr. Dirk Rohde
Freie Waldorfschule Marburg
Ockershäuser Allee 14
D 35037 Marburg
Deutschland
d.rohde@waldorfschulemarburg.de

Marburg, Weihnachten 2013

Dirk Rohde

Eugen Kolisko, "Auf der Suche nach neuen
Wahrheiten" 1929 A.

VOM WERDEN UND GESTALTEN DES NATURKUNDEUNTERRICHTS AN DER WALDORFSCHULE

Vom Naturkundeunterricht an der Waldorfschule eine befriedigende Darstellung zu geben ist nicht leicht. Denn man berührt dabei ein Gebiet, das zwar zu den allerwesentlichsten Charakterzügen der anthroposophischen Pädagogik gehört, aber auch weit abweicht von vielen Vorstellungen, die man sich heute über die Art der Eingliederung der Naturkunde in den Unterricht macht. Wir leben im Zeitalter der Entwicklung der modernen Naturwissenschaft, und diese Tatsache schafft die Notwendigkeit, die Ergebnisse dieser naturwissenschaftlichen Art der Weltanschauung in die moderne Erziehung und Bildung einzugliedern. Man kann deutlich sehen, wie um diese Eingliederung ein langer Kampf stattgefunden hat, der sich durch die Entwicklung des Unterrichtswesens in den letzten hundert Jahren wie ein roter Faden hindurchzieht. Man hatte zuerst am Anfang des vorigen Jahrhunderts ein humanistisches Bildungsideal, das, im wesentlichen aus dem deutschen Idealismus hervorgegangen, den Menschen in seiner Totalität ausbilden wollte. Aber diese Totalität stellte man sich so vor, daß die Idee davon hauptsächlich aus der Weltanschauung der Antike, besonders der griechisch-lateinischen Kulturwelt, entnommen war. Was nun durch die Fortentwicklung der modernen Naturwissenschaft mit gewaltigen Schritten, besonders seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, dazukam, das wurde diesem humanistisch auf den ganzen Menschen bezogenen Bildungswesen nicht harmonisch eingegliedert, sondern als eine Art Fremdkörper angehängt. Man kann dies an dem Werdegang der verschiedenartigen neueren Schultypen wie Realschule, Realgymnasium, ja zuletzt bis in den Naturkundeunterricht aller Schulstufen bis in die unterste Volksschule hinein beobachten. Dies bezieht sich nicht nur auf die Frage des Latein- und Griechisch-Unterrichtes in jenem engen Sinn, den etwa zuletzt dieser Kampf in den Bestrebungen für und wider das sogenannte humanistische Gymnasium angenommen hatte, sondern auf das ganze Unterrichtswesen. Die Realschule zum Beispiel ist ja nicht aus einem einheitlichen Bildungsgedanken, sondern aus einer Art zwangsläu-

figen Einschaltung des Neuen, was die moderne Naturwissenschaft brachte, in das Alte erfolgt. Das war die große Frage: Wie gliedert sich das Kulturelement, das vor dem 15. Jahrhundert keinen Vorläufer hat, das modernstes Entwicklungsgut der Menschheit ist, das aus Erkenntnis der Natur heraus, durch Beobachtung und Experiment seine Weltanschauung gestalten will, in das alte, im wesentlichen der Geistesart nach griechisch-lateinische Kulturelement hinein? Das *alte* Bildungsideal ging zwar auf den *ganzen* Menschen, aber dieser ganze Mensch war der einer verflorbenen Kulturepoche im scheinbar neuen Gewande, das *neue* Bildungsideal dagegen sah nicht diesen «ganzen», harmonischen Menschen, wollte nur hineinragen das Wissen von der neu angebrochenen naturwissenschaftlichen Ära. Wir haben eine Naturwissenschaft, die den Menschen, vor allem den seelisch-geistigen Menschen, ausschalten und den Leib des Menschen als ein Produkt der natürlichen Entwicklung ansehen will. Dieser gewaltige Kampf ist nicht zu Ende geführt, er dauert ununterbrochen weiter. Und der Unterricht in der Naturkunde auf allen Stufen der Bildung, von den Hochschulen bis herunter in die sogenannte Volksschule, ist ein Zeugnis für diesen Entwicklungsprozeß. Wir brauchen die Eingliederung dieses neuen Elementes in die Erziehung. Aber wie kann diese Eingliederung in einer solchen Form erreicht werden, daß das Ideal eines Menschenbildes entsteht, welches gegenüber den Forderungen dieses naturwissenschaftlichen Weltbildes gerechtfertigt dastehen kann?

Von einer solchen Perspektive aus möchte ich das Werden des Naturkundeunterrichtes an der Waldorfschule betrachten. Damit sind auch die wesentlichen Punkte berührt, die durch die Anthroposophie für die Erziehung auf diesem Gebiete beigetragen werden können. Denn die Anthroposophie ist dadurch in ihrem Wesen charakterisiert, daß sie das an der modernen Naturwissenschaft geschulte Denken auf die Erkenntnis des ganzen geistig-seelischen und leiblichen Menschen und seines Zusammenhanges mit der Welt anwenden will.

Als Rudolf Steiner 1919 die Leitung der Waldorfschule übernahm, da erstand vor den Lehrern, zu denen er über das Ideal des Menschenbildes sprach und denen er ein neues Ziel für die Erziehung vor Augen stellte, mit großer Deutlichkeit die Aufgabe: Es muß Naturkunde so an das Kind und an den jungen Menschen herankommen, daß in jeder Naturerscheinung einerseits die Beziehung zum ganzen *Weltall* und seiner großen Gesetzmä-

figkeit aufleuchtet und andererseits die Beziehung zum *Menschen* gefunden werden kann. Das darf nicht nur Theorie bleiben, sondern muß im Praktischen bis ins einzelne hinein durchgeführt werden. Der Mensch muß aus dem ganzen Weltall heraus, das ganze Weltall aus dem Wesen des Menschen heraus verstanden werden können. Und aus der Art, wie Rudolf Steiner von diesem Ideal zu uns Lehrern sprach, konnte man entnehmen: Ja, es gibt einen Weg, die Natur so zu verstehen, daß der Mensch wieder darin Platz hat! Und aus Begeisterung für dieses Ideal ging man an seine Aufgabe.

Da stand zunächst der *Lehrplan* des Naturkundeunterrichtes für die ersten acht Klassen vor unseren Augen, wie er von Rudolf Steiner gegeben war. Was ist sein wesentlicher Inhalt? Es wird in den ersten drei Jahren die ganze Natur so vor die Kinderseele hingestellt, daß Sonne, Mond, Sterne, Tiere, Pflanzen und Steine gleichsam wie lebende und beseelte Gestalten miteinander sprechen. Wie aus einer Märchenwelt wird das ganze Weltall, Nah und Fern, so an das Kind herangebracht, daß es mit seiner Seele darin atmen und sich regen kann. Dann in der vierten Klasse beginnt der eigentliche Naturwissenschaftsunterricht, und zwar mit dem Menschen. Er löst sich zuerst aus der noch geist- und seelendurchwobenen Welt los und tritt als erster Gegenstand vor das Auge des Kindes. Wie sein Haupt das Weltall, den *Himmel* in seiner Form nachbildet, wie die Glieder und der untere Teil des Menschen mit der *Erde* in Verbindung stellen, wie die Luft und ihr Umkreis die Mitte des Menschenleibes gestalten, auf solche Beziehung des Menschen zur Welt und der Welt zum Menschen wird das Kind hingewiesen. Dann erst folgt das Tierreich. Man gestaltet es aus dem Menschen heraus. Es wird gezeigt, wie die Tiergestalten hervorgehen aus den einseitig ausgebildeten Gliedern der Menschennatur. Der Vogel bildet besonders nur das Haupt aus, das Raubtier die Brust, das Pferd oder Rind die Glieder und den unteren Teil des Rumpfes und so weiter. Dann kommt das Pflanzenreich, dann das Mineralreich. Nun sind die Kinder etwa zwölf Jahre geworden. Es beginnen Physik und Chemie, die nicht mehr einzelne Naturwesen behandeln, sondern die durch die ganze Welt und alle Lebewesen hindurchgehenden Gesetzmäßigkeiten der toten und lebenden Natur. Von der Tonlelire, die als erster Gegenstand der Physik noch ganz aus der Beziehung zum Künstlerischen, zum Musikalischen, das die Kinder kennen, gestaltet

wird, steigt man über die Lichtlehre, Wärmelehre, über das Luftförmige, Waßrige zum Festen ab, zur Mechanik, die am Ende des Physikunterrichtes auf dieser Stufe behandelt wird. *Zuletzt* kommt man zu dem, was am meisten das Leblose beherrscht. Aber dem wird gegenübergestellt der Mensch in der Menschenkunde, die in der achten Klasse wieder aufgenommen wird und die zeigt, wie der menschliche Leib aus all diesen Reichen der Natur heraus gestaltet ist und wie er doch ein Neues darstellt gegenüber diesen Reichen. So wird das Kind aus der Märchenwelt heraus zum Menschen und von da herab bis zur Erde geführt, findet den Menschen wieder auf der Erde vor, aber versteht ihn zugleich in seinem gesamten Zusammenhange mit dieser und dem Weltall.

Später, als die Schule weiter aufgebaut wurde, kam jedes Jahr eine neue Klasse nach oben hinzu. Ihr Lehrplan wurde von Rudolf Steiner jedesmal neu gestaltet. Blickte man nachher auf das Ganze zurück, so zeigte sich das Folgende: Der Weg war der umgekehrte wie von der ersten zur achten Klasse. Zunächst wiederholt sich der Lehrstoff der achten Klasse in umgestalteter Weise in der neunten, dann wird in der zehnten Klasse das Mineralreich im Zusammenhang mit der ganzen Erde als Organismus betrachtet, hierauf folgen in den nächsten beiden Jahren das Pflanzen- und Tierreich, und am Ende der zwölften Klasse ist es wiederum der Mensch, aber jetzt am Abschluß der Schule verstanden aus dem Zusammenschauen aller Naturreiche, der vor der Seele des jungen Menschen steht. Vom Menschen ausgehend führt der Naturkundeunterricht wieder aus dem ganzen Weltenall zum Verständnis des Menschen zurück.

Ein solcher Lehrplan konnte schon dazu begeistern, jene großen Aufgaben in Angriff zu nehmen. Gewaltige Gesichtspunkte waren darin enthalten. Nicht willkürlich steht irgendein Gebiet an einer beliebigen Stelle, sondern es ist aus der kindlichen Entwicklung abzulesen, warum es gerade da und nirgends anders stehen kann. Man *abnte* damals mehr die grundlegende Bedeutung dieses Lehrplanes, die ganze Tragweite hat sich erst später im Erproben und Nachdenken herausgestellt. Aber es handelte sich jetzt darum, nach diesen Grundideen den Unterricht im einzelnen zu geben. Und dazu war noch mehr notwendig.

Es wird vielleicht manchen paradox erscheinen, daß bald nach Eröffnung der Schule von Rudolf Steiner Kurse über Naturwissenschaft gehalten wurden. Sie richteten sich an die Lehrer der Waldorfschule, doch

nahmen auch andere für Naturwissenschaft interessierte, der anthroposophischen Bewegung angehörige Persönlichkeiten daran teil. Die Kurse handelten über Lichtlehre, Wärmelehre und Astronomie. Anregung zu zahllosen naturwissenschaftlichen Forschungen und zur Lösung vieler Probleme sind in ihnen enthalten. Aber diese Kurse hatten vor allem die Aufgabe, dem *Lehrer* die Augen zu öffnen, *wie* er Naturkunde unterrichten muß, wenn er die Natur richtig im Ganzen mit neuen Augen anschauen und auch neu darüber denken lernt.

Es ist mir noch unvergeßlich, wie Rudolf Steiner damals über diese Gebiete sprach. Ganze Welten von Erkenntnissen gingen einem auf. Da hörte man zuerst zum Beispiel sprechen über solche Gegensätze wie Licht und Elektrizität. Das Licht ist dem außerirdischen Kosmos angehörig, es ist das Gegenteil der Materie, des Schweren, des Irdischen. Es steht dem menschlichen Bewußtsein, dem klaren, wachen Vorstellungsleben des Menschen nahe. Diesem Lichtvollen im Menschen ist es verwandt. So ist es auch mit dem Ton. Aber aus den Tiefen der Materie heraus, an ihrem Aufbau beteiligt, selbst eigentlich dem Überirdischen verwandt, ringt sich die Elektrizität empor, und sie hängt im Menschen mit der verborgenen, unbewußten Willensnatur zusammen, die in den Gliedmaßen wirkt. Die beiden Naturkräfte sind ähnlich nur darin, daß sie beide «Licht»-Erscheinungen zeigen, aber in Wahrheit ganz entgegengesetzten Ursprungs, die eine aus Weltenweiten, die andere aus den Tiefen des Materiellen. Das Klare, Übersichtliche, Geometrisierende, dem Gedankenleben verwandte der Lichterscheinungen hob sich durch die Darstellung Rudolf Steiners mit großer Deutlichkeit vor dem Geheimnisvollen, Dunklen, fast Gespenstischen der elektrischen Strahlenercheinungen ab. Und vor allem war der Bezug zum Menschen hergestellt. Man wußte: Licht und Ton ist dem bewußten Vorstellungsleben des Menschen verwandt und die Elektrizität dem Willenspol. Die Wärme aber zum Beispiel liegt dazwischen. Alle ihre Erscheinungen haben etwas Vermittelndes zwischen Materie und Äther, zwischen Bewußtem und Unbewußtem, zwischen Vorstellung und Wille; sie sind dem Gefühlsleben, der mittleren Natur des Menschen verwandt. Ja, jetzt leuchtete es ein, welche Stellung jeder Naturkraft im Weltganzen und zugleich auch im Menschen zukommt! Da wurde klar, daß man zum Beispiel eine Unterrichtsstunde über das Licht ganz anders geben müsse als eine über die Elektrizität! Nicht nur dem Inhalt nach – das ist ja

selbstverständlich –, sondern dem ganzen Duktus, der ganzen Seelenhaltung nach! Wer die Anschauung hat, daß das Licht nur eine andere Form elektrischer Schwingungserscheinungen ist, der wird so unterrichten, daß er bis in jede einzelne Form der Darstellung hinein eine solche Anschauung zum Ausdruck bringt. Er wird den Kindern nicht zum Erlebnis bringen, daß es sich um zwei Naturkräfte handelt, die von den beiden entgegengesetzten Polen des menschlichen Organismus stammen. Von solchen Gedanken ausgehend, die sich auf das Wesen der Naturkräfte bezogen, waren die Lehrer imstande, das richtige Material, die richtige Anordnung, die richtigen Beispiele für den Unterricht zu finden. Denn unzählige Erscheinungen wurden durch solche Lichtblicke verständlich. Man lernte auch ganz anders denken über die Zustände der Materie und ihr Wesen als früher. Im Gasförmigen zum Beispiel erkannte man die Kräfte wirksam, die nach dem Weltenraum hinausführen, im Festen dagegen die zusammenziehenden, nach der Erde hingewandten Kräfte. Das Flüssige steht dazwischen. Ja, solche Gedanken findet man in keinem Physikbuch! Aber an sie läßt sich jede Einzelheit des Unterrichts anknüpfen. Sie sind Keime für pädagogisches Tun.

Und ähnlich war es bei der *Astronomie*. Da konnte man zum Beispiel lernen, wie der Sternenhimmel mit der Gestaltung des menschlichen Organismus zusammenhängt.³ Im Haupte, in der Schädelbildung, offenbart sich das *Fixsternsystem*, die Bildung des mittleren Organismus weist (z. B. In den schleifenförmigen Rippenbildungen) eine Widerspiegelung des Laufes der *Planeten* mit ihren schleifenförmigen Bahnen auf, und in den radienförmigen Ausstrahlungen der Gliedmaßenbildung erkennt man die Kräfte der *Erde*, die nach deren Mittelpunkt zu gerichtet sind. Da sind gleichzeitig Gesichtspunkte für den Menschenkundeunterricht und für die Astronomie gegeben. Und das Wichtige ist eigentlich nicht die einzelne Erkenntnis, sondern die innere Schulung, die durch solche Anschauung entsteht. Man kann dann, wenn man im Sinne solcher Anschauung denkt, immer neue Entdeckungen über Zusammenhänge von Himmelsvorgängen und Menschenbildung machen, und man unterrichtet anders, wenn man sie weiß. So waren diese Kurse eine Art Hoher Schule der Naturwissenschaft für Lehrer, die daran teilnahmen. Rudolf Steiner ging immer darauf aus, neue Anschauungen vom Wesen der Menschen und seines Zusammenhanges mit dem Weltall zu geben. Dadurch wird der Lehrer

gebildet, dadurch wird er in gewissem Sinne ein anderer Mensch. Jede Stunde, die er gibt, wird anders sein, wenn er in seine Vorbereitung solche Ausblicke aufnimmt.

Jeder Lehrer war nun darauf hingewiesen, in seiner Klasse den naturkundlichen Unterricht, sei es im Hauptunterrichte als Klassenlehrer oder als besonderer Lehrer für Naturkunde, durchzuführen. Da möchte ich mehr erzählend aus der eigenen Erfahrung berichten. Ich hatte im Laufe meiner früheren Tätigkeit im chemischen Laboratorium viel mit dem Problem gerungen, die Erscheinungen der *Chemie* so zu verstehen, daß sie ganz aus sich selbst heraus, indem sie sich gegenseitig beleuchten, ihre Wesenheit aussprechen. Phänomenologische Chemie nannte ich diese Art der Betrachtung. Es war ein unvollkommener Versuch, die Natur im Sinne des Goetheschen Ausspruches aufzufassen: «Man suche nichts hinter den Phänomenen, sie sind selbst die Lehre.»⁵⁶ Aber die Methode einer solchen Betrachtungsweise half mir nun beim Herausarbeiten desjenigen, was durch die ganz überraschenden Ideen Rudolf Steiners sich ergab. «Die Anfangsgründe der Chemie gibt man am besten ausgehend von den Verbrennungserscheinungen»,⁵⁷ sagte Rudolf Steiner lakonisch in seinen Ausführungen über den Lehrplan. Jahre habe ich gebraucht, um den ganzen Gehalt eines solchen Satzes auszuschöpfen. Nun, ich begann eben, indem ich zu zeigen versuchte, was eine Flamme ist: wie auf der einen Seite das Licht in die Welt hinausleuchtet, wie die Wärme herausstrahlt, wie also das unwägbare Leuchtende und Wärmende zum Himmel zurückgeht; wie auf der anderen Seite die Asche herunterfällt, die tote, materielle, erstarrte Asche, die ganz irdisch geworden ist. Und dazwischen wirkt die Luft, von der die Flamme lebt, ist auch der Rauch, in dem die Luft und das Wäßrige miteinander ringen. Das Ganze heißt Flamme. Da entbinden sich die großen Weltgegensätze. Das Licht-Wärmehafte und das Fest-Materielle, Salzig-Erdige. Alles Lebendige ist verbrennlich. Wenn im Herbst die Blätter verwelken, so ist es eigentlich eine umfassende Flammenbildung, die zum Himmel aufsteigt, die Asche zurückläßt. Der Geist reißt sich los von der Materie. So muß man den Feuerprozeß ansehen. In einem Goetheschen Spruche ist schön zusammengefaßt, was da zu sagen ist: «Denn was das Feuer lebendig erfaßt, / Bleibt nicht mehr Unform und Erdenlast. / Verflüchtigt wird es uns unsichtbar, / Eilt hinan, wo erst sein Anfang war.»⁵⁸

Und in diesem Sinne kann man über die einzelnen Verbrennungserscheinungen vor den Kindern sprechen. Man läßt den Feuerprozeß aus der Natur selbst hervorgehen, zeigt, wie er aus dem Blühen und dann aus dem Verwelken sich herausentwickelt, wie das tote Feuer aus dem Lebendigen hervorgeht. Bei jeder Verbrennung findet man jene großen Weltgesetze wieder. Und das Kind lernt *jede* Feuererscheinung so empfinden. Später erst wird man von der Verbindung mit dem Sauerstoff sprechen. Er unterstützt die Bildung der Asche, er will zur Erde herunter, er will alles verfestigen, verdichten. Er ist dem Licht entgegengesetzt in seiner Richtung. Alles wird irdisch durch ihn. Im Menschen ist auch Feuerprozeß, aber wo? In der Bewegung der Glieder, im Tun, wo der Wille wirkt. Lebendige, durchseelte Flamme ist in eurem Willen, in euren bewegten Gliedern! Da findet ihr das, wenn auch ganz verwandelt, wieder, was da draußen brennt! Und die Asche, wo ist sie? Im Skelett des Menschen, in den Knochengebilden, besonders aber im Kopfe des Menschen. Also ist der Mensch eine Flamme, die umgekehrt brennt, in den Stoffwechsel-Gliedmaßenorganismus hinein, und die Asche in den Kopf «fallen» läßt! Und in der Mitte lebt auch sie von Luft durch die Atmung des Menschen. Aber der Mensch lebt mit seiner Seele in diesem Atmen. In der Pflanze, da ist es anders: Die brennt von unten nach oben in ihrem Lebensprozeß zum Himmel empor. Wie Flammen steigen die farbigen Blüten aus dem Grünen heraus. Asche reichert sich in der Wurzel an und in der Rinde der Bäume. Blätter sind dazwischen, die atmen und Wasser in sich enthalten. Jede Pflanze liefert angezündet eine Flamme, die Abbild ihrer äußeren Gestalt ist, ein Gras eine andere Flammengestalt als ein Blatt, als eine Blüte. Das Tier ist wie eine heiße, luftgetriebene Flamme, die durch ihre Begierde nach Luft leidenschaftlich hinprasselt. Im Menschen ist dies bis zu einem gewissen Grad überwunden. Die Flamme hat sich umgekehrt, weil der Mensch aufrecht ist. Das sind Gedankenformen, die den Kindern schon von anderer Seite bekannt sind: Sie wissen aus der Menschenkunde, wie der Mensch durch seine Aufrechtheit in umgekehrter Richtung in den Weltenraum hineingestellt ist im Vergleich mit der Pflanze, wie das Tier gleichsam die Mitte hält.

In solchen Ausführungen liegen die Grunderscheinungen der ganzen Chemie verborgen. Wenn man zum Beispiel im Verfolg des Unterrichtes die Erhitzung eines pflanzlichen Stoffes unter Luftabschluß, etwa die

sogenannte «trockene Destillation» des Holzes, ausführt, dann entwickelt sich das Leuchtgas. Das «blüht» sozusagen oben heraus, unten «verwurzelt» sich in der Retorte die Kohle, die die Asche enthalten wird, wenn man weiter verbrennt; dazwischen ist allerlei Flüssiges, das abtropft, besonders wenn man Blätter statt Holz verwendet. Nimmt man Blüten, so gibt es mehr Flamme, nimmt man Rinden, mehr Kohle. Also noch aus der toten Pflanzensubstanz entwickelt sich unter dem Einfluß des Feuers eine Art Pflanzenbildung. Zuerst in der Retorte entwickelt sich Leuchtgas. Das ist zum großen Teil sogenanntes Sumpfgas und auch Wasserstoff. Da lernen die Kinder den Wasserstoff kennen, wie er bei Abhaltung der Luft aus dem Verbrennungsprozeß gleichsam herauswächst und sich oben entzündet, «aufblüht». Sie verstehen, daß der Wasserstoff ein Teil jenes Strebens in der Pflanze in verstofflichter Form darstellt, das nach dem Himmel hintreibt. Lernen sie dann die chemischen Eigenschaften des Wasserstoffes kennen, so wundern sie sich nicht, daß er so leicht, ausdehnbar, flüchtig, brennbar, wärmend und unstet ist. Und auch nicht darüber, daß er immer das Gegenteil tut von dem, was dem Sauerstoff eigen ist. Er führt zum Kosmos, der Sauerstoff zur Erde. Hat man so die Grundlagen langsam vorbereitet, dann bedeutet es etwas Großes für das Kind, wenn es erfährt, daß das Wasser sich in Wasserstoff und Sauerstoff verwandeln läßt. Das Wasser kennt das Kind schon. Es ist jenes Vermittelnde, das überall die Gegensätze verbindet. Zwischen Himmel und Erde, zwischen Säure und Lauge, zwischen Gasigem und Festem, in der Blutzirkulation im Menschen, zwischen den Völkern und Ländern und so weiter. Nun kann man es verstehen, warum das so ist, sagt sich das Kind. Weil es auch den feurigen, flüchtigen Wasserstoff und den verfestigenden, veraschenden, irdischen Sauerstoff aus sich entbinden kann. Das ist ein anderes Erleben, wie wenn ich dem Kind möglichst bald beibringe, daß Wasser aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht und die Formel H_2O hat. Es soll vielmehr fühlend und denkend verstehen, *warum* das Wasser aus den Gesetzmäßigkeiten des ganzen Weltalls gerade *diese* innere Konstitution haben muß, die der Formel entspricht.

Auf solche Weise – selbstverständlich können in einem solchen Aufsätze nur unvollkommene Andeutungen gegeben werden – lassen sich auf jeder Unterrichtsstufe, immer wiederum erweiternd und an das Frühere anschließend, alle Tatsachen an das Kind heranbringen, die es sonst auch

in jeder Schule lernt. Es muß dies betont werden, da leicht der Eindruck entstehen könnte, daß das Kind nicht das lernt, was es an Tatsachenmaterial braucht. Aber das ist gar nicht der Fall. Es kommt nur auf das *Wie* an, auf die Art, wie es von denselben Tatsachen erfährt, die es sonst auch lernen muß. Wenn ich zum Beispiel von Salzen spreche, da muß die ganze Haltung des Unterrichts eine andere sein als beim Feuerprozeß. Denn Salze sind das Feste, das, was aus dem Flüssigen auskristallisiert, *Form* gewinnt, sich verdichtet, irdisch wird. *Salzprozesse* sind der Gegenpol der *Feuerprozesse*. Daher enthält die Asche so viele Salze. Wasser aber zum Beispiel vermittelt zwischen diesen beiden Polen und führt lebendig von einem zum anderen.

In einer Lehrerkonferenz handelte es sich einmal darum, den Lehrplan für Chemie in der elften Klasse festzustellen. «Sprechen Sie von jedem Stoff so», sagte etwa Rudolf Steiner, «daß man erkennt: Er ist in seiner Wirkung durch die ganze Natur ausgegossen, auch im Menschen wirkt er, und der Stoff selbst ist nur der erstarrt aussehende Teil eines lebendigen Prozesses.»⁵⁹ Nicht mehr. Man mußte damit zurechtkommen. Hatte ich nun zum Beispiel vom Schwefel zu sprechen, so versuchte ich, im Unterrichte deutlich zu machen, wie er nur ein Teil des Vulkan-Feuer-Prozesses der Erde ist, wie er aber auch in Pflanze, Tier, Mensch ebenso wirkt. Er fördert das Wachstum, die Verdauung, alle Stoffwechselprozesse, er wirkt in den brennenden Ölen der Pflanzen, im Stoffwechsel des Menschen, er beteiligt sich bei aller Fäulnis, er feuert als Heilmittel zunächst alte Krankheitsprozesse wieder an und so weiter. Kurz, Schwefel ist nur ein kleiner Teil eines umfassenden *Schwefelprozesses*, der alle Lebewesen durchdringt und befeuert. Stoffe sind überhaupt Leichname von *lebendigen Prozessen*. Erfasst man diese letzteren, so ist man im Zentrum der schaffenden Natur und hat von dort Zugang zum ganzen Weltall und zum Menschen.

Für jeden Stoff ließe sich ähnliches ausbauen. Ein junger Mensch muß zum Beispiel wissen, daß der *Kalk* in unzertrennlichem Zusammenhang mit den Vorgängen im *Tiere* steht. Aller Kalk ist eigentlich mehr oder weniger umgestaltete tierische Bildung. Aber ebenso ist das Element *Kalium* der *Pflanze* verwandt und das *Natrium* dem *Mineralischen*. Man weiß nichts Befriedigendes vom Kalk, wenn man nicht einsieht, wo sein Prozeß in der *lebenden* Natur wurzelt. Dann erst versteht man auch alle

äußeren Vorgänge, sogar die technischen Prozesse, in denen die Stoffe benützt und verwendet werden.

Als ich einmal in einer Unterrichtsstunde den Kindern verschiedene Verbrennungen zeigte und auch vorführte, wie sich zum Beispiel aus Schwefel beim Verbrennen eine Säure bildet, bei anderen Stoffen aber Laugen, da kam Rudolf Steiner dazu, und nachdem er sich all das einige Zeit angehört hatte, sagte er zu den Kindern: «Also nun habt ihr all das hier vorführen gesehen. Nun denkt aber auch, was davon in eurem Körper vor sich geht. Wenn ihr eure Glieder regt, da bildet sich immer etwas Säure, wenn ihr aber ganz ruhig seid und euch nur mit dem Kopfe anstrengt, dann entsteht etwas Laugenartiges im Gehirn.» Und die Kinder empfanden, wie das, was in der Retorte sich abspielt, als Prozeß verbunden ist mit den Vorgängen in ihrem Leibe. Oft wurde man durch Rudolf Steiner in dieser Weise gefördert, und man wußte, nach welcher Richtung man weiter zu arbeiten hatte.

So waren die Anregungen auch auf den anderen Gebieten. Als ich einmal in der obersten Klasse *Zoologie* zu unterrichten hatte, stellte es sich in einer Lehrerkonferenz heraus, daß nur mehr zwölf bis vierzehn Tage dafür zur Verfügung standen. Ich fragte Rudolf Steiner, wie ich denn in der kurzen Zeit mit dem Unterricht fertig werden sollte. Nun, er war immer für das Ökonomische im Unterrichten, und so sagte er ganz unbefangen und als ob es die größte Selbstverständlichkeit der Welt wäre: «Zwölf bis vierzehn Tage! Nun, das trifft sich ja sehr gut! Zwölf Tiergruppen gibt es, da können Sie ja über jede einen Tag sprechen, und dann bleibt ihnen noch etwas zur Übersicht.» Ich fragte erstaunt: «Zwölf Gruppen gibt es?» – «Ja, ich werde sie Ihnen bis morgen aufschreiben», sagte Rudolf Steiner.¹⁰⁸ – Richtig, am nächsten Tag hatte ich die Namen der zwölf Tiergruppen. Nun fing aber erst die Arbeit an. Nämlich ich mußte das Charakteristische jeder dieser Gruppen herausarbeiten. Und als ich mit der Unterrichtsperiode zu Ende war, da wußte ich, wie man Zoologie unterrichtet; denn ich sah, daß diese zwölf Gruppen wirklich den ganzen Menschen ausmachten, wenn man sie zusammenfaßte. Ja mehr! Wenn man je vier Gruppen in eine größere zusammenfaßte, dann sah man, wie die ersten vier sich auf höherer Stufe in den zweiten vier wiederholten und wiederum auf höherer Stufe in den dritten vier Gruppen. Zum Beispiel ein *Polyp* oder eine Qualle erscheint in allen Eigenschaften als niedere

Stufe eines Wurmes und ein Wurm wieder als niedere Stufe einer Schlange oder eines anderen *Reptiles*. Oder ein Insekt (siebente Gruppe) zeigte sich als unvollkommene Stufe des Vogels in der elften Gruppe und so weiter. Kurz, das ganze Tierreich erschien wunderbar gegliedert und in der innigsten Beziehung zum Menschen. Aber das ergab sich mir nicht durch Spekulation, sondern es war einfach für die Anschauung da, als ich die zwölf Gruppen fertig unterrichtet hatte.

Ein Gebiet, das in ganz besonderer Weise sich für den Unterricht herausgebildet hat, ist das der *Menschenkunde* selbst. Sie muß ja im Mittelpunkt stehen. Sie wird auf allen Stufen immer wieder gelehrt. Darin ist der Leitstern die Lehre von der *Dreigliederung des menschlichen Organismus*. Sie bildete einen der Hauptgegenstände der Lehrerbildung, die Rudolf Steiner ursprünglich gab. Man kann sich eigentlich heute nur schwer mehr vorstellen, wie man *ohne* die Anschauung von dieser Dreigliederung überhaupt Menschenkunde unterrichten kann, wenn man einige Zeit in dem hier geschilderten Sinne vorgegangen ist. Die Menschenkunde greift auf alle anderen Gebiete des Unterrichts über. Da wird der Naturkundeunterricht Allgemeingut der ganzen Schule. Wie soll man über den Menschen sprechen, wenn man nicht davon ausgeht, wie sein Haupt als der wache, bewußte Teil der Erkenntnis dient und entgegengesetzt ist den Gliedern und dem Stoffwechsel, die unbewußt sind? Man bespricht etwa das Nervensystem. Da hat man dieselbe Gliederung: *Gehirn*, ganz dem bewußten, wachen Seelenleben dienend; *Rückenmark*, ganz den Reflexen, halb geträumten Handlungen hingegeben; *sympathisches Nervensystem*, ganz unbewußt mit der Verdauung und den Innenorganen verknüpft. Oder dieselbe Gliederung in den Gliedmaßen: unten die Beine, ganz der Schwere unterworfen; oben die Kiefer (Kopfgliedmaßen), ganz in die Rundung des Kopfes einbezogen; dazwischen die Arme, frei beweglich, dem Rhythmus und der Sprachgebärde zugänglich. Der obere Mensch ist von kosmischen Kräften gebildet, der untere, der die Ernährung und Fortbewegung besorgt, von der Erde, der mittlere mit seinem rhythmischen System vermittelt zwischen diesen Extremen. Aber das sind Wahrheiten, welche die Kinder nicht nur in der Menschenkunde selbst gelehrt erhalten, sie treten ihnen auch aus allen anderen Gebieten mehr oder weniger bewußt entgegen. Ist denn in der Eurythmie, in der Gymnastik, im Kunstunterricht, ja schließlich in jedem anderen Gebiete

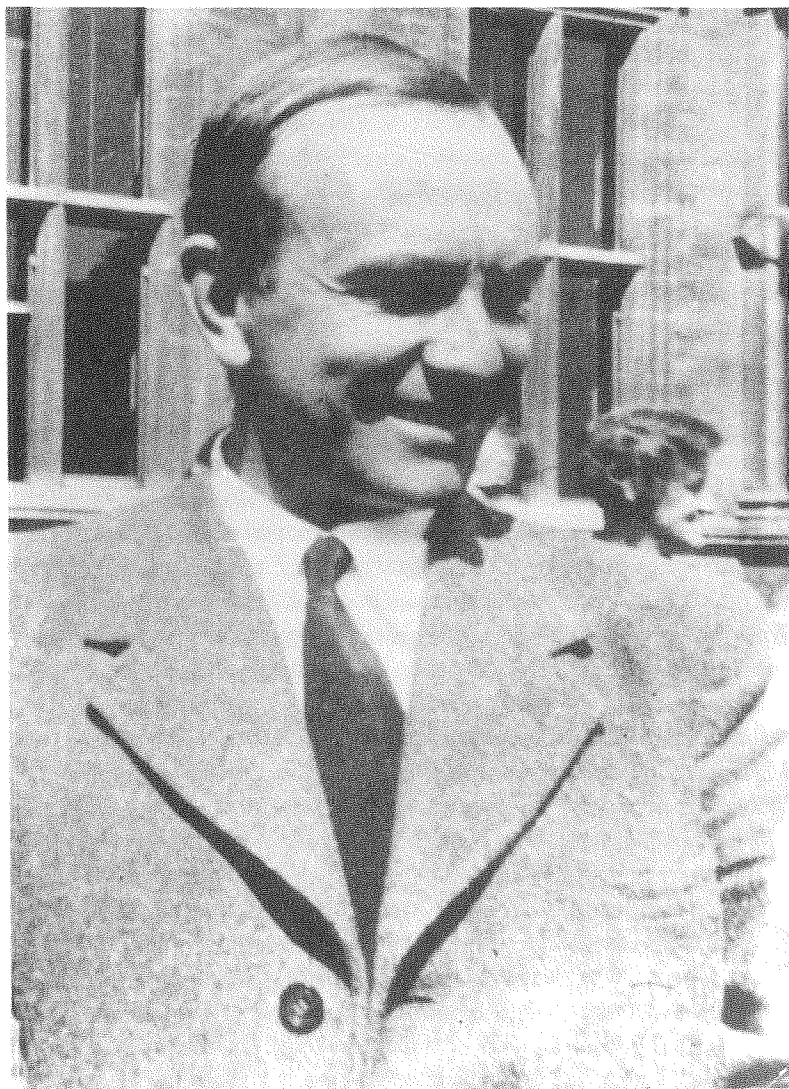
nicht überall diese Dreigliederung als ein selbstverständlich Wirksames enthalten? Und das fühlen die Kinder, daß die eine Einheit durch die ganze Schule geht. Menschenkunde ist überhaupt die Grundlage der ganzen Erziehungskunst.

Ein solcher Naturkundeunterricht muß durch die Gemeinschaft der Lehrer in fortwährendem lebendigem Wachstum gestaltet werden. War es einem Lehrer gelungen, etwa in einer der oberen Klassen ein solches Gebiet der Naturkunde auszuarbeiten, dann ging diese Arbeit nicht verloren. Er gab sie weiter an andere Lehrer, die später auf derselben Stufe unterrichten sollten, oder auch an solche, die auf ganz anderer Stufe dasselbe Gebiet zu behandeln hatten. Freilich, jeder mußte es sich neu erarbeiten; denn keine Klasse ist der anderen gleich, kein Lehrer dem anderen. Es ist eine besondere Art der pädagogischen Arbeit für den Lehrer, einer Klasse aus dem heraus, was sich im Lauf der Zeit aus Anregungen Rudolf Steiners, aus praktischen Erfahrungen anderer Kollegen, die speziell solche Gebiete ausgearbeitet haben, aus Veröffentlichungen, die inzwischen erfolgt sind, ergeben hat, die Methode zu gestalten, wie der Unterricht in Chemie oder einem Gebiet der Physik in seiner Klasse geführt werden muß. Dabei können die meist gebräuchlichen Lehrbücher nur wenig helfen. Sie unterrichten meist nur über einen kleinen Teil des Stoffes, und sehr vieles kann man gar nicht gebrauchen. Vieles muß mühsam aus den verschiedenartigsten Büchern zusammengestellt werden. Oder wo fände man heute ein Buch, das etwa nur eine vollständige Schilderung der Wirkungen des Kiesels und des Kalkes enthielte? Das eine findet man in einer Physiologie des Menschen, das andere in einem Botanik-, wieder anderes in einem Zoologiebuch oder auch in älteren Schriften zum Beispiel der Zeitgenossen Goethes, die der Idee nach ähnlich umfassende Begriffe über das Naturganze ausbildeten. Vieles verdanken wir heute auch schon den wissenschaftlichen Arbeiten anthroposophischer Freunde, die in den letzten zehn Jahren die verschiedensten Gebiete so bearbeitet haben, daß solche Bücher dem Pädagogen eine große Anregung bieten und er da aus dem vollen schöpfen kann. Als zum Beispiel das bedeutende Buch *Guenther Wachsmuths* über die «Ätherischen Bildkräfte in Kosmos, Erde und Mensch»¹⁸⁸⁷ erschien, da war es eine große Förderung auch für die Tätigkeit in der Schule. Denn jeder Lehrer konnte daraus unzählige Anregungen für den Unterricht auf allen Altersstufen

schöpfen. Wer dieses Buch gelesen hat, wird anders vor seinen Kindern stehen, wenn er über den Lauf der Sonne, über die Erscheinungen des Wetters, über die Erde als Ganzes zu sprechen, wenn er irgendein Stück Geographieunterricht zu geben hat, als vorher. Und als das Buch von *Hermann Poppelbaum* über «Mensch und Tier»⁶² erschien, da mußte ich mir sagen: Jetzt hat doch jeder Lehrer die Möglichkeit, sich aus diesem Buch ein großes Material zu erarbeiten, mit dessen Hilfe er zum Beispiel die Entwicklung der Erde so darstellen kann, wie es die Kindesseele braucht. Was hilft es, wenn wir vom Geiste sprechen und vermitteln dem Kinde ein Bild vom Werden der Erde, in dem der Mensch zuletzt als höchstes der Tiere erscheint? Früher mußte man die Tatsachen, welche die Forschung der *Naturwissenschaft* auf geologischem und paläontologischem Gebiet zutage gefördert hat, mühsam zusammentragen, hielt dann Rudolf Steiners «Geheimwissenschaft»⁶³ daneben, die die Entwicklung des Menschen vom geistigen Standpunkte darstellt, man rang damit, beides zu verbinden. Einige Anregungen gab es dafür, aber man wußte: Da ist auf der einen Seite eine naturwissenschaftliche Darstellung mit unendlichen Tatsachenreihen, aus der aber kein Geist leuchtet, da ist auf der anderen Seite der geistig-seelische Entwicklungsprozeß der Menschheit, aber jede dieser naturwissenschaftlichen Tatsachenreihen muß erst mit dem Inhalt der «Geheimwissenschaft» zusammengehalten und neu verstanden werden. Und dann muß alles erst so ausgearbeitet werden, wie es für das Kind paßt. Jetzt kann vieles Anregende aus solchen Schriften anthroposophischer Forscher entnommen werden. Deshalb soll nicht gesagt werden, daß nicht auch andere Literatur, wissenschaftliche Werke der neueren Zeit und so weiter, gebraucht wird, um sich vorzubereiten. Nein, aber wir brauchen noch mehr als diese, und dieses Mehr konnte nur auf die geschilderte Weise sich herausbilden. Lehrbücher für Kinder gibt es auch heute noch nicht für den naturwissenschaftlichen Unterricht; wir müßten sie wohl erst selbst in dem angedeuteten Sinne verfassen.

So mußte der Naturkundeunterricht als etwas ganz Neues erarbeitet werden. Und vielleicht ist es berechtigt, zu sagen, daß dieser Unterricht auf dem Wege ist, dem Ideal zu genügen, das wir am Anfang dieser Ausführungen hingestellt haben. Er gliedert die Natur wirklich so in die menschliche Erkenntnis ein, daß wir den Menschen als ein Wesen erkennen können, das die Kräfte der ganzen Natur in sich aufgenommen und zu

Höherem verwandelt hat. Die Natur aber wird uns wiederum verständlich durch den Menschen. So steht der Naturkundeunterricht im Rahmen der Erziehung so darinnen, daß es gerade aus der Naturerkenntnis, die sich als die Errungenschaft der neuesten Zeit ergeben hat, das Menschenbild rechtfertigt, das als Ideal heute vor dem Blicke der Menschheit stehen muß.⁶⁴



Auf dem Schulhof in Stuttgart, um 1925

Eugen Kolisko, „Auf der Suche nach neuen
Wahrheiten“ 1989 ~~fr~~

VOM ERSTEN UNTERRICHT IN DER CHEMIE

Vorwort

Die folgenden Darstellungen sind aus Erfahrungen hervorgegangen, welche beim Unterricht an der Freien Waldorfschule in Stuttgart gesammelt worden sind. Es ist dabei an den Unterricht gedacht, welcher in der siebenten Klasse gegeben wird. Die Kinder sind in dieser Zeit im Alter von dreizehn Jahren. Es ist vom vierten bis zum sechsten Schuljahr eine der Altersstufe angemessene Behandlung der Menschenkunde sowie der Tier-, Pflanzen- und Gesteinslehre vorausgegangen. Das Kind ist zunächst in den ersten drei Schuljahren aus einer Atmosphäre der Märchenwelt durch eine phantasievolle Beschreibung der Natur zum Menschen hingeführt worden. Hierauf hat es, vom Menschen ausgehend, das Tier-, Pflanzen- und Steinreich kennengelernt. Nachdem es nun in dieser Weise naturgemäß bis zum Anorganischen heruntergeführt worden ist, beginnt im sechsten Schuljahr der Physikunterricht. Dann folgt im siebenten Schuljahr der erste Unterricht in der Chemie.⁶⁸ So ist das Kind langsam und gesetzmäßig aus der Welt der durchgeistigten, beseelten und lebendigen Wesen zu den Vorgängen im Materiellen hingeführt worden. Nun handelt es sich darum, die wesentlichen Grundbegriffe des chemischen Geschehens an das Kind heranzubringen. Es müssen solche Begriffe sein, die mit dem Kinde mitwachsen können, wie es Rudolf Steiner ausdrückt. Das Kind muß siedann durch den gesamten Lehrgang bis in die obersten Klassen im chemischen Unterricht mitnehmen, sie beständig erweitern und immer neu an den hinzukommenden Erfahrungen bestätigen können. In Goethes Naturlehre waren solche Begriffe vorhanden. Goethe ward oft in seiner Jugend grundlegende Erscheinungen gewahr. Was er durch ein langes Leben hindurch in der Natur von Tag zu Tag beobachtete, gliederte sich an solche erste Erfahrungen und Begriffe an und wurde wieder von ihnen beleuchtet. Solche Begriffe sind es, die der Lehrer für die kindliche Seele braucht. Denn er soll nicht nur ein Wissen vermitteln, sondern in die Seele des Kindes Keime versenken, welche geeignet sind, das ganze Leben hindurch weiter zu wirken.

Die gebräuchlichen Lehrbücher für Chemie gewähren für diesen Zweck wenig Hilfe. Bei ihnen hat man es vielfach mit Darstellungen zu tun, die einem Auszug aus dem Lehrgang der Hochschule gleichkommen. Es mußte vielmehr nach demjenigen gesucht werden, was die kindliche Natur in dem gegebenen Zeitpunkt wirklich verlangt. So ist in diesen Aufsätzen zwar mit den Ergebnissen der Chemie als Wissenschaft gerechnet, doch muß die Welt der chemischen Vorgänge zunächst in einer ganz lebendigen Form an die kindliche Seele herantreten. Dadurch wird diese erst reif, das Wesentliche der Chemie zu verstehen. Das Wissenschaftliche lebt dennoch schon in diesen einfachen Anfängen und läßt sich in der Folge aus diesem zunächst gegebenen Untergrunde entwickeln.

Besonders Wert gelegt wurde auf zwei Gesichtspunkte:

1. Alles Vorgebrachte muß die Beziehungen zum Menschen enthalten; denn nur im Zusammenhang mit der Menschenerkenntnis wird die Naturkunde für das Kind lebendig.

2. Überall muß die Beziehung zum praktischen Leben berücksichtigt werden. Die Erkenntnis der chemischen Vorgänge muß für das Verständnis der alltäglichen Erscheinungen der technischen Einrichtungen und der wirtschaftlichen Zusammenhänge verwendet werden.

Diesen beiden Anforderungen muß jeder Naturkundeunterricht gerecht werden. Die Erkenntnis des Zusammenhanges von Mensch und Natur bringt Geist in die Naturkunde. Der Hinweis auf die Einrichtungen des technischen Lebens verbindet mit den notwendigen Anforderungen des praktischen Lebens der Gegenwart.

Der erste Unterricht in Chemie ist somit in den großen Zusammenhang des ganzen Unterrichtsaufbaues hineingestellt. Im einzelnen wird jeder Lehrer denselben sicher ganz verschieden gestalten. Die folgenden Ausführungen sind nur als *ein* solches Beispiel zu betrachten, um für diesen Unterricht Anregungen zu geben.

1. Von der Verbrennung

Von welcher Seite können wir wohl am leichtesten das Gebiet der Chemie an das Kind heranbringen? Chemie stellt für die kindliche Seele etwas ganz Neues dar. Viel vertrauter sind ihr zunächst die Begriffe der Physik. Was das Licht, was der Schall in der Natur vollbringen, vollzieht sich mehr

offenbar. Die Chemie aber führt in die Welt der Materie, in das Innere der stofflichen Vorgänge. Wer unbefangen beobachtet, wird finden, daß auch noch für den Erwachsenen, oft das ganze Leben hindurch, die Welt der Chemie viel ferner liegt, als man gewöhnlich denkt. Am leichtesten bringt man die wesentlichen Grundvorstellungen über chemische Vorgänge durch den Vorgang der *Verbrennung* an das Kind heran. In der Flamme, im Verbrennen, ist eigentlich der ganze chemische Prozeß verborgen. Von dort läßt sich am besten ausgehen. Es ist ein Punkt, an den sich vieles anknüpfen läßt.

Man beginnt damit, daß man vor den Kindern eine ganze Reihe von Verbrennungen sich vollziehen läßt. Nehmen wir an, es wäre ein Tag im Herbst. Man läßt die Kinder von einem Spaziergang im Wald alles mögliche Brennbares mitbringen: dürres Laub, Zweige, Rinden, trockenes Moos, abgestorbenes Gras, Tannenzapfen und anderes mehr. Man fügt dazu verschiedenerlei Holz, auch grüne Pflanzenteile, ferner Stroh, Baumwolle, Papier, Wachs, Öl und Petroleum. Nun zeigt man einfach der Reihe nach, wie diese Pflanzenteile und anderen Gegenstände brennen. Man zündet sie an und verfolgt mit den Kindern die außerordentlich verschiedenartige Bildung der Flammen, die dabei entstehen. Jeder Zweig, jede Pflanze, jeder Gegenstand hat eine andere Flamme. Man kann oft an der Form der Flamme genau die besondere Art der Pflanze erkennen. So brennen die Gräser spitz, die Tannennadeln flackernd und sprühend, die Zapfen mächtig prasselnd und zusammengefaßt, jedes Laub verschieden. Man bekommt eine ganze «Botanik der Flammen». Die Kinder bemerken bald, daß in der Flamme die ganze innere Natur der lebendigen Pflanze noch einmal aufleuchtet. Ganz verschieden sind wiederum die Flammen der anderen Gegenstände. Das lebendig Bewegliche, aber auch das Verzehrende des Feuers wird erlebt. Man braucht nicht sehr viel über das Ganze zu sagen. Die Erscheinungen sprechen für sich. Die Kinder sind mit außerordentlich großer Spannung dabei. Sie erleben das Eigenartige des Feuerelementes in seinen höchst verschiedenen Gestaltungen.

Auf eines wird man besonders hinweisen können. Auf der einen Seite entwickelt sich immer *Licht* und *Wärme*. Sie zeigen sich als Flamme. Auf der anderen Seite bleibt *Asche* zurück. Die Asche ist leblos, tot, ganz mineralisch. Die Gegensätze von Licht und Wärme einerseits und Asche andererseits läßt man die Kinder stark erleben. Die Freude, welche sie an

den Flammen haben, und die leise Traurigkeit, die darin liegt, daß schließlich nur die Asche übrigbleibt, sorgen schon selbst für das Erlebnis dieses Gegensatzes. Es ist gut, die Kinder am ersten Tage nur die Erscheinungen erleben zu lassen. Jeder Kommentar ist überflüssig. Besonders beeindruckt von den Flammen sind die cholерischen Kinder. Bei den melancholischen merkt man, daß ihnen das Zur-Asche-Werden einen starken Eindruck macht. Sie bemerken alle, wie unendlich verschieden die Flamme sein kann und daß das Feuer etwas ursprünglich Lebendiges ist.

Nun hat man als Lehrer nicht nur mit dem zu rechnen, was am Tage im Kinde sich vollzieht, sondern auch mit dem, was es während der Nacht erlebt. Was das Kind so der Anschauung nach aufgenommen hat, ist am nächsten Tage als unbewußte Frage nach dem Wesen der Sache am Anfang der Stunde vorhanden. Da ist es nun Zeit, aus der großen Zahl der Erscheinungen gewissermaßen die Summe zu ziehen, um das Kind auf das Wesentliche in einfacher Art hinzuweisen.

So können wir vielleicht zu dem Kinde sagen: Schau, da haben wir so viele Blätter und andere Pflanzenteile aus dem Wald zusammengetragen. Wir haben sie angezündet. Es hat Feuer gegeben; dabei ist Licht und Wärme nach oben hin fortgegangen. Dagegen ist unten die Asche entstanden. Sie fällt zu Boden. Sie ist ganz tot. Das Licht bewegt sich zum Himmel, die Asche zur Erde. Aus den Pflanzen, die früher lebendig waren, ist das Feuer hervorgebrochen. Es ist zum Himmel aufgestiegen. Das Tote, Irdische, Ascheartige ist zurückgeblieben.

Es wird gar nicht schwer fallen, durch richtige Fragen oder durch spontane Äußerungen des Kindes solche und ähnliche Gedanken von den Kindern selbst zu hören. Woher kommt wohl das Licht? So wird man fragen. Es ist nichts anderes als das Sonnenlicht, das die Pflanzen einst in sich aufgenommen haben. Die Sonne hat auf die Erde geschienen, die Pflanzen sprießen hervor und wachsen nach der Sonne wiederum hin. *Alles Lebendige ist verbrennbar. Wenn du das Feuer entzündest, so kehrt das Licht zur Sonne zurück.*

Die Kinder fühlen, was es mit der Verbrennung für eine Bewandnis hat. Was ganz verdichtet war zum Holz, zur Kohle, es wird unsichtbar und verschwindet. Das Licht wird befreit. So erfassen die Kinder einen sehr wichtigen Gegensatz. *Licht und Schwere*. Sie sind es schon von früher gewohnt, in solchen Gegensätzen zu empfinden.

Nun kann man von der Pflanze sprechen. Schaut euch die Blüten der Pflanzen an! Mit ihren roten, gelben und bunten Farben sehen sie oft wie Flammen aus, zum Beispiel der Klatschmohn. Bleibt da viel Asche übrig? Nein! Aber wenn man Wurzeln verbrennt, da gibt es sehr viel Asche. Wurzeln leuchten aber nicht so schön. Warum? Die Blüten leuchten schon, bevor man sie anzündet. Schon ihr Blühen ist ein Brennen. Sie sind mit dem Himmel verbunden. Das zeigt auch ihre Schönheit. Aber die Wurzeln gehören zur Erde. Daher bleibt so viel Totes, Steinernes, Ascheartiges übrig. Ja, was sind denn eigentlich die Pflanzen? Lebendige Flammen! Aus der grünen Mitte entweicht wie eine Flamme nach oben die Blüte. Die Asche aber senkt sich nach unten in die Wurzel.

Nachdem die Kinder diese Grundlagen kennengelernt haben, kann man das Ganze in ein Bild bringen, indem man es in Farben auf die Tafel malt. Ein solches Bild hat Bedeutung für das ganze Leben. Man wird so nicht in die Versuchung geraten, den Verbrennungsvorgang als einen bloß materiellen, chemischen Prozeß anzusehen. Man bringt ihn in Beziehung zur ganzen Welt. Man sieht, wie in der lebenden Pflanze schon das Verbrennen darinnen ist, das wir dann mit dem abgestorbenen Pflanzenteil vollziehen. Was die Pflanzen in ihrem Wachsen, Blühen und Wurzeln tun, das setzt sich nur fort in einer heftigeren und zerstörenderen Weise, wenn sie verbrennen. Was innerhalb des Lebensrhythmus gemildert geschieht in Blüte und Wurzel, wird auseinandergerissen in leuchtende Flamme und Asche beim Verbrennen.

Nun kann man auch an den Menschen anknüpfen. Gibt es im Menschen auch ein Verbrennen? Die Kinder kommen leicht darauf, daß beim Menschen im Blute, in den Vorgängen der Ernährung und bei der Betätigung der Glieder Wärme wirksam ist. Sie fühlen, daß in ihnen von innen her die Wärme wirkt. Sie wissen, daß die inneren und unteren Organe wärmer sind. Aber wo ist beim Menschen am meisten Asche? Auch dies ist den Kindern schon aus der Menschenkunde bekannt. Am Kopfe ist am meisten Mineralisches, Ascheartiges. So ist unten die Wärme und oben die Asche. Auch im Menschen brennt also eine Art Flamme. Aber sie ist umgekehrt gegenüber der Pflanze. Darüber freuen sich die Kinder, weil sie schon früher gehört haben, daß der Mensch den Pflanzen gegenüber umgekehrt im Raume darinnen steht. Denn die Wurzel der Pflanze entspricht eigentlich dem Kopfe des Menschen. Hierauf läßt man auch diesen

Gegensatz der Verbrennungsvorgänge im Menschen und in der Pflanze von den Kindern malen.

Es läßt sich eine solche Art der Betrachtung auch noch weiter anwenden. Man erinnert die Klasse daran, was das Feuer zum Beispiel bei der Verbrennung des Leichnams schon in den ältesten Zeiten für die Menschheit bedeutet hat. So wie das Licht dem Stoff beim Verbrennen sich entringt, so die Seele dem lebendigen Körper des Menschen. Der Leichnam bleibt zurück. Die Asche ist auch ein solcher Leichnam. So hat man Gelegenheit, an historische und religiöse Vorstellungen anzuknüpfen. Im lebendigen Körper lebt die Seele so wie im verbrennlichen Stoffe das Licht. So führt man durch eine innige Verbindung des Wissenschaftlichen und Künstlerischen zum Geistig-Religiösen hinüber. Auch an die Bedeutung des Feuers im Opfer sowie an die Beziehung, welche der Mensch durch die Opferflamme von der Erde zum Himmel sucht, kann da erinnert werden. Jeder wird noch andere Beziehungen finden. Das Wichtigste ist, daß die geistige Anschauung vom Feuer und von der Verbrennung den Menschen ganz ergreift.

Man kann eine solche Betrachtung in einfache Sätze zusammenfassen und den Kindern diktieren. Sie haben mit großem Interesse die verschiedenen Flammen bei den Verbrennungsvorgängen gemalt und auch die Wirkung des Feuers in Mensch und Pflanze im Bilde dargestellt. Nun fügt man einen kurzen Text hinzu und läßt das Ganze mit einem Spruche schließen, der wie selbstverständlich das Ergebnis der beiden Unterrichtstage zusammenfaßt. Der Text bedarf dann keiner Erklärung. Ein solcher Abschluß ist von großer pädagogischer Bedeutung. Dies geschieht etwa in der folgenden Weise:

«Alles Lebendige ist verbrennlich. Zünden wir also die trockenen Teile der Pflanzen an, so schlägt die Flamme heraus. Licht und Wärme entfliehen nach oben, in die weite Welt hinaus. Aber zurück bleibt die Asche. Das Licht ist hell und leicht. Die Asche ist schwer und muß zur Erde niederfallen. So ist jede Verbrennung eine Trennung des Lichtes von dem Schweren der Erde. Beim Verbrennen entweicht ein Licht, das in der Pflanze verzaubert war. Es ist die Sonnenkraft, die sie in sich aufgenommen hat. Und wenn wir etwas vom tierischen Körper verbrennen, ist es nicht anders. Denn in das Tier und auch in den menschlichen Leib ist das verborgene Licht durch die Pflanzen hereingekommen, die mit der Nah-

rung aufgenommen worden sind. Die Pflanze ist eine lebendige Flamme. Sie brennt aufwärts nach der Blüte hin. Auch in Tier und Mensch sind lebendige Flammen. Sie brennen jedoch in anderer Richtung. Die Flamme im Menschen brennt abwärts. Die Asche kommt dabei aufwärts in das Haupt. Wenn wir das Feuer ansehen, so fühlen wir, wie es alles verzehrt und wieder emporträgt zum Himmel, von wo alles auf die Erde heruntergetragen wird.

«Denn was das Feuer lebendig erfaßt,
Bleibt nicht mehr Unform und Erdenlast,
Verflüchtigt wird es uns unsichtbar,
Eilt hinauf, wo erst sein Anfang war.»⁶⁶ (Goethe)

Nun kann man weitergehen und am nächsten Tage über das *Zusammenwirken* von *Flamme* und *Luft* sprechen. Wiederum führt man eine Reihe von Versuchen vor. Man zeigt, daß die Flamme die Luft zum Leben braucht. Sie wird stärker durch den Luftzug, schwächer, wenn die Luft ausgeht. Die Schnelligkeit des Verbrennens, die Stärke der Wärme, die sich dabei entwickelt, hängen von der Luftzufuhr ab. Die Flamme einer Kerze verlöscht bald, wenn man ein Glas darüber stülpt. Nun macht man den bekannten Versuch mit einer Kerze, die unter einer Glocke auf dem Wasser schwimmt. Die Kerze ist auf einem Korkplättchen befestigt. Nachdem man sie angezündet hat, wird die Glocke darüber gestülpt. Die Kerze verlöscht nach einiger Zeit, und die Wasseroberfläche steigt mit der Kerze um etwa einen Fünftel des vorhandenen Luftraumes in die Höhe. Das Kind sieht dabei, daß die Flamme etwas von der Luft verzehrt hat. Man wird nicht notwendig haben, in diesem Zusammenhang schon auf den Sauerstoff hinzuweisen. Es genügt die Erkenntnis der Tatsache, daß die Luft die Flamme anregt und selbst dabei teilweise verzehrt wird. Nun führt man eine Reihe von Flammen vor, bei denen in steigendem Maße Luft zugeführt wird. Man nimmt eine Kerze, bläst in diese mit dem Lötrohre hinein. Dann zeigt man einen Gasbrenner mit Luftzufuhr (zum Beispiel verschiedene Bunsenbrenner). Zuletzt zeigt man ein Gebläse mit Blasbalg. Die Kinder sehen an der Steigerung, wie die Luft auf die Flamme wirkt. Sie sehen auch, wie man sich steigend anstrengen muß, um die Luft zuzuführen. Zuletzt beim Gebläse muß man sogar durch Treten den großen Blasbalg in Bewegung setzen. Zugleich lernen die Kinder eine Reihe von Einrichtungen kennen, die im Leben dauernd verwendet wer-

✱

✱ Unvollständig: weniger als ein Zehntel, und chemisch ein komplexerer Vorgang.
96 (Anmerkung von D. Rohde)

den. Man macht darauf aufmerksam, wie die Flamme ohne Luftzufuhr schön gelblich ist, aber mehr kalt; mit Luftzufuhr wird sie blau und zugleich heiß. Da läßt sich wiederum auf den Gegensatz der Farbe hinweisen, der auch schon an jeder Kerzenflamme zu bemerken ist. Warum ist die Flamme unten blau? Weil sie gegen den dunklen Hintergrund so erscheint. Gerade aus demselben Grunde, wie der Himmel blau erscheint, weil man durch die erleuchtete Luft den dunklen Weltenraum hindurchsieht. Es ist für die Kinder interessant, wenn sie zum erstenmal bemerken, daß die intensiv hellblaue Flamme des Gebläses, gegen einen hellen Hintergrund gesehen (zum Beispiel wenn die Sonne hereinscheint), völlig unsichtbar ist. Dieser Gegensatz von Blau und Gelb, das heißt von Licht und Finsternis, ist den Kindern schon längst bekannt. So läßt man die ganze Veränderlichkeit der Flamme an dem Kind vorüberziehen; wie sie sich wandelt, erleuchtet, verdunkelt, wie sie wächst und abnimmt, kurz, wie sie ein selbständiges Leben hat.

Für das *Entstehen* der Flamme, für die Bildung von Licht und Asche kommt der Gegensatz von Himmel und Erde, von oben und unten in Betracht. Die *Veränderung* der Flamme, ihr Wachsen und Abnehmen, ihre Verwandlung, bewirkt die Luft.

Auf diese Weise haben die Kinder das Element des Feuers als etwas Selbständiges kennengelernt. Sie empfinden, daß die Flamme das Widerstrebende, nämlich Licht und Wärme nach oben und die Asche nach unten, in sich zusammenhält. Kann sie nicht ganz durchgreifen, zum Beispiel wenn man grüne Pflanzenteile zum Verbrennen nimmt, so entsteht Rauch in der Mitte. Dieser läßt es weder zu einer hellen Flamme noch zur Bildung von Asche kommen. Dampf und Ruß bilden sich dazwischen. Daher brennt nur die trockene, abgestorbene Pflanze gut. Das Wässerige des Lebendigen erzeugt Rauch, und die Flamme greift nicht durch. Es kommt zu keiner richtigen Scheidung zwischen oben und unten.

Ehe man so auf mehr abstrakte chemische Erörterungen eingeht, muß in den Kindern zuerst das Erlebnis des Feuerelementes sein. Man hat das Wesen der Flamme so mit dem ganzen Weltall und mit dem Menschen verbunden. Nun kann man auch über die praktische Verwendung der Flamme sprechen. Man kann die Bedeutung der Flammen für die Beleuchtung und die Beheizung darstellen.

Man geht von der Erscheinung aus, daß eine Flamme, welche leuchtet,

* Unvollständig: Zusammenhang vor allem mit den verschiedenen verbrennenden Stoffen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid). (Anmerkung von D. Rohde)

auf einem kalten Gegenstand Ruß absetzt. Also bildet sich aus der Flamme Kohle. Diese Kohle leuchtet, aber sie tut es nur, wenn nicht zu viel Luft dazu kommt. Dann verbrennt sie und wärmt dabei. Man zeigt eine Azetylenflamme, die hell leuchtet und stark rußt, dann eine heiße, blaue, nichtleuchtende Gasflamme. Mit der einen kann man *beleuchten*, mit der anderen *heizen*, wie beim Gasofen. Die Flamme spielt überhaupt immer zwischen Licht und Luft hin und her. Die Wärme ist es, welche die beiden Gegensätze, Licht und Luft, verbindet. Jetzt kann man wiederum fragen: Könnte man nicht auch mit der heißen Flamme beleuchten, könnte man nicht durch die heiße Flamme etwas anderes zum starken Leuchten bringen? Die Kinder kommen bald darauf, daß man dazu keine Kohle nehmen darf; denn diese würde schnell verbrennen. Also muß man etwas nehmen, das nicht verbrennen kann, aber doch leuchtend ist. Das kann nur eine ascheartige, steinartige Substanz sein. Damit haben die Kinder auch das Gasglühlicht, den Auer-Brenner, verstanden. Denn bei diesem wird die erdige Substanz durch die Wärme der nichtleuchtenden Gasflamme zur Weißglut gebracht. Der Gegensatz dazu liegt bei der elektrischen Kohlenfadenlampe vor, welche durch die Elektrizität zum Glühen gebracht werden kann, aber weil die Luft in der Glühbirne ausgepumpt ist, nicht verbrennt. Also das eine Mal, bei der Glühbirne, leuchtet etwas Verbrennliches, das nicht verbrennen kann, dagegen beim Gasglühlicht bringt die nichtleuchtende Gasflamme durch ihre Wärme ein Unverbrennliches zum Leuchten.

Auf diese und ähnliche Weise können wir ganz einfach die verschiedenartigsten Anwendungen der Flamme auf dem technischen Gebiete an die Kinder heranbringen. Man kann auch dies Ganze wiederum durch Zeichnungen, Bilder und ein Diktat zusammenfassen.

In einer folgenden Stunde geht man noch einen Schritt weiter. Nun werden auch noch andere brennbare Körper vorgeführt, die nicht alle direkt aus dem Reiche des Lebendigen stammen: *Schwefel*, *Phosphor* und im Vergleich damit die natürliche *Kohle*.

Man spricht zu den Kindern zuerst vom *Schwefel*. Er ist gelb, es ist ein Feuer in ihm. Wenn man ihn anzündet, brennt er mit einer eigenartigen dunkel- oder hellblauen Farbe. Diese Flamme sieht so aus, als ob der blaue Teil der Kerzenflamme besonders intensiv und einseitig ausgestaltet wäre. Der Schwefel kommt aus dem Inneren der Erde. Er dringt meistens aus

den Vulkanen hervor. Er ist ein erstarrtes, aus dem Erdinnern hervorgebrochenes Feuer. So spricht man zu den Kindern und läßt sie empfinden, daß ein solches Stück Schwefel auf dem Tische nur ein ganz kleiner Teil ist von dem Feuerprozeß, der im Inneren der Erde wirkt. Und so wirkt der Schwefel auch in der Pflanze und im Menschen. Man erinnert die Kinder zum Beispiel an die Farbe eines Rapsfeldes und sagt ihnen, daß in diesen Pflanzen schwefelhaltige Öle enthalten sind. Auch im Rettich und im Senf mit ihrem scharfen Geschmack kommt Schwefel vor. Auf den Menschen wirkt er so, daß die Stoffwechselvorgänge beschleunigt werden. Die Schwefelbäder haben heilende Wirkung gegen Verhärtungen, Rheumatismus und ähnliches. Bei den Kranken in den Schwefelbädern wirkt der Schwefel oft so, daß Krankheiten, die schon lange geschlummert haben, zunächst wieder lebendig werden. Es können auch Ausschläge auf der Haut entstehen und alte Wunden wieder aufbrechen. So wirkt der Schwefel auch im Menschen anfeuernd, vulkanisch auf die körperlichen Vorgänge.

Ganz anders der *Phosphor*. Seine Flamme leuchtet ganz hell, fast wie die Sonne. Auch im Dunkeln strahlt er Licht aus. Die Kinder kommen ganz außer sich, wenn sie zum erstenmal sehen, daß man mit weißem Phosphor im Dunkeln an die Tafel schreiben kann und leuchtende Schriftzüge zurückbleiben. Sie sagen: Ja, das ist ja gar kein Stoff, sondern das ist Licht! Dabei tritt gar keine Wärme auf. Bemerkenswert ist der Gegensatz der dunklen Schwefelflamme mit ihrem Blau und der weißen Phosphorflamme. Es ist, als ob der andere, leuchtende Teil der Kerzenflamme sich selbständig gemacht hätte. Nun erzählt man den Kindern, daß der Phosphor im Gehirn des Menschen vorkommt. Da wirkt im Kopfe der Phosphor, welcher eine solche Leuchtkraft besitzt! Warum kommt er im Gehirn vor? Da finden die Kinder bald heraus, daß er mit dem Denken im menschlichen Kopfe zusammenhängt. Beim Denken wird es Licht im Gehirn, dazu braucht man den Phosphor. Der Phosphor hat einen eigentümlichen Geruch; es ist derselbe*, der auch nach einem Gewitter auftritt. Er verändert die Luft in derselben Weise wie das Gewitter. Beim Gewitter leuchten die Blitze vom Himmel herunter. Es ist so, wie wenn aus dem Weltenall etwas hereinleuchten würde auf die Erde. Beim Vulkanausbruch ist es umgekehrt. Da leuchtet etwas heiß vom Unterirdischen herauf. Es entsteht der widerliche Schwefelgeruch. Aber wenn die Blitze einschlagen,

* Nur ähnlich, kann nur vergleichend gemeint sein. (Anmerkung von D. Rohde) 99

so entsteht derselbe Geruch^{*}, der auch beim Verbrennen des Phosphors auftritt. Wie sagt man denn, wenn einem etwas einfällt, wenn man etwas begriffen hat? Da sagt man: Es leuchtet einem ein! Es blitzt in einem auf! Das hängt mit dem Phosphor zusammen, der im Gehirn vorhanden ist. Ja, der Phosphor ist ein himmlisches Feuer auf der Erde! Der Schwefel aber ist ein unterirdisches Feuer! Den Schwefel findet man als solchen, als Produkt des vulkanischen Vorganges in der Natur vor. Den Phosphor muß man erst künstlich herstellen.

In der Mitte zwischen diesen beiden brennbaren Körpern steht die *Kohle*. Die Kinder wissen schon, daß die Kohlen abgestorbene Pflanzen sind. Die Kohle ist also noch direkt aus dem Lebendigen herausgeboren. Deshalb ist sie verbrennlich. Doch ihr Licht trägt sie ganz innen. Es ist verzaubert. So ist sie selbst schwarz und dunkel. Sie hat sich in der Erde gebildet. Brennt die Kohle, so hat man die gewöhnliche Art der Flamme, die oben leuchtet und unten blau ist. Da sind die beiden Arten von Flammen, welche Schwefel und Phosphor getrennt haben, vereinigt. Und so ist es bei allen lebendigen Flammen: diese haben alle auch Kohle in sich.

Nun kann man wiederum die Beziehung zum Menschen herstellen, nachdem man gezeigt hat, wie diese Stoffe im Weltall wirken. Die Wirksamkeit des Schwefels geht im Menschen von den unteren Organen aus. Sie wirkt von der Verdauung im Blute nach außen und oben. Es ist ein Feuer, das im Inneren des Menschen brennt. Das kalte Licht des Phosphors aber geht vom Gehirn aus. Damit denken wir. Wie ist es aber mit der Kohle? Die Kohle verbrennen wir in uns und atmen sie durch unsere Lunge aus. Davon kann man den Kindern später noch mehr erzählen, wenn sie dann die Kohlensäure kennengelernt haben. Auch die Pflanzen haben ja die Kohle eingeatmet unter Vermittlung des Sonnenlichtes. Die Flammen atmen die Kohle wiederum aus. Durch eine solche Ausführung wird in den Kindern ein lebendiges Bewußtsein erweckt, daß die drei wichtigsten brennbaren Stoffe Schwefel, Phosphor und Kohle, welche nicht unmittelbar aus dem Lebendigen stammen, mit ganz verschiedenen Vorgängen im Menschen zusammenhängen: Der *Schwefel* mit der *Verdauung*, die *Kohle* mit der *Atmung* und der *Phosphor* mit dem *Lichte des Gedankens*, das im Gehirn entsteht. Auch diese Dinge kann man etwa in der folgenden Art diktierend zusammenfassen: «Es gibt drei besonders wichtige brennbare Stoffe: *Schwefel*, *Phosphor* und *Kohle*.

Düsteres, verzehrendes Feuer bricht aus den feuerspeienden Bergen heraus. Dampf brüllt und donnert es aus dem Innern der Erde. Aus diesen Dämpfen kommt der *Schwefel* hervor. In schönen gelben Kristallen leuchtet nochmals das Feuer aus der Tiefe auf. Er verbrennt mit dunkler, blauer Flamme. Dieses Feuer ist auch in uns. Es wirkt in unserem Blut und erwärmt es, bringt alle Säfte in Bewegung, macht den Körper lebhaft und feurig.

Ganz anders ist der *Phosphor*. Er leuchtet mit seiner Flamme wie die Sonne. Er ist ganz licht. Wenn es blitzt, dann tritt der Geruch nach Phosphor auf. Da schlägt das Licht vom Himmel auf die Erde nieder. Dieses Licht haben wir auch in uns. Denn der Phosphor ist in unserem Gehirn. Da leuchtet es auf, wenn wir etwas gut verstehen. Das macht den Kopf hell von oben her.

In der Mitte aber wirkt die *Kohle* im Atmen unserer Lunge.»

2. Über den Kalk und die Salzbildung

In der Chemie ist das Verständnis der Gegensätze von der größten Bedeutung. Von den Verbrennungsvorgängen ist der Ausgang genommen worden. *Der Gegensatz zur Verbrennung ist die Salzbildung.* Am besten lassen sich diese Erscheinungen an dem Beispiel des Kalkes zur Darstellung bringen. Wir zeigen zunächst die verschiedenartigsten natürlichen Vorkommen des Kalkes vor: Schalen von Muscheln, Schnecken, Korallen, Kalkschwämme, Ammoniten, Kreide sowie Knochen der verschiedensten Art. Sie stammen alle aus dem Tierreich. Es folgen Gesteine, die den organischen Ursprung recht deutlich erkennen lassen, wie zum Beispiel Süßwasserkalk, Ammoniten- oder Trochitenkalk und so weiter. Zuletzt werden Kalkspat, Tropfstein, Marmor und körniger Kalk vorgezeigt. Je mannigfaltiger man diesen Anschauungsunterricht gibt, desto besser wird es sein. Nun wirft man die Frage auf, wie alle diese Gebilde entstanden sind. Alles ist zuletzt aus dem Wasser abgesetzt worden. Lange Zeit hat es gebraucht, bis sich zum Beispiel die Tropfsteine aus dem Wasser herausgebildet haben. Auch erzählt man, wie im Meere fortwährend ein feiner Regen von Schalen abgestorbener Tiere aller Art herunterfällt und so als Kalkschlamm sich absetzt. So ist die Kreide entstanden aus unzähligen Schalen kleinster Lebewesen. So bilden sich ganze Gebirge wie etwa die

* siehe Anmerkung 2 Seiten vorher

Kreidefelsen an der Nord- und Ostsee. Ähnlich ist es mit den Ablagerungen im Muschelkalk. All dies braucht lange Zeit. Ganz langsam bilden sich aus dem Kalk die Gebirge. Das Kalkige fällt aus dem Wasser heraus und bildet die feste Erde. Da handelt es sich um einen ganz anderen Vorgang als bei der Verbrennung. Bei den Verbrennungen mußte man die verschiedenen Pflanzenteile anzünden, und sie verwandelten sich in Feuer und Rauch, indem sie sich verflüchtigen. Jetzt bringen wir eine fast grenzenlose Anzahl von Schalen und Steinen in den Unterricht. Sie alle sind aus dem Wasser heraus verfestigt oder sind aus den lebenden Wesen abgesondert worden. Alles geht in Ruhe vor sich, wenn das Erdige aus dem Wässerigen sich aussondert. Es ist ein ähnlicher Vorgang, wie wenn sich Salz aus dem Meere absetzt. Im Feuer wirken vor allem Wärme, Licht und Luft. Nur wenig Festes bleibt übrig. Ganz anders sind die Vorgänge des Auskristallisierens, des Sichabsetzens von Kalk und anderen Salzen. Zwar bildet sich der Kalk auch aus den Lebewesen, aber nicht so wie beim Feuer, das alles Lebendige verzehrt und zum Himmel zurückführt, sondern so, daß alles aus dem wässerigen Element des Lebens heraus auf die Erde heruntergebracht wird. Die Schwere wird überwiegend. Betrachten die Kinder durch längere Zeit diese Erscheinungen, so kommen sie oft von selbst auf diese großen Gegensätze.

Das Wasser läßt den Kalk nicht nur fallen, sondern löst ihn auch wieder auf. Später kann wiederum ein Absetzen stattfinden. So entstehen die Tropfsteine in den Höhlen, ebenso der Kalktuff und auch die Kalkkrusten, welche sich verhältnismäßig schnell um solche Gegenstände herum bilden, die man in kalkhaltige Quellen hineinbringt, zum Beispiel in den Karlsbader Sprudel. Bäche und Flüsse lösen viel Kalk auf und führen ihn mit sich. Wenn nun so viel Kalk in den Flüssen ist, so müßte noch viel mehr Kalk im Meerwasser sein, da doch alle Flüsse dahinströmen. Merkwürdigerweise – das erzählt man den Kindern – findet man im Meerwasser nur wenig Kalk. Wo ist er hingekommen? Er ist in allen Meerestieren, in den Schalen der Schnecken, Korallen, Muscheln und so weiter. Erst wenn diese absterben, sinken die Schalen nieder und bauen Gebirge auf. Es ergibt sich auf diese Art ein Kreislauf des Kalkes, in welchem die Tiere darinnen stehen. Eigentlich stammt aller Kalk von den Tieren. Denn Kalkspat, Tropfstein, Marmor und so weiter haben sich nur durch Auflösung der ursprünglichen, organischen Gebirgskalke und durch Auskristal-

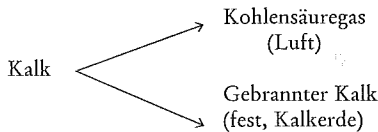
lisieren aus dem Wasser gebildet. Was von ihnen aber sich wiederum auflöst, geht von neuem in die Kalkschalenbildung der Meerestiere und in die Knochenbildungen ein. Man kann den Kalk gar nicht ohne Beziehung zum Tierreich betrachten. In früheren Zeiten wußte man dies, und aus diesem Wissen ist der alte lateinische Spruch gebildet: *Omnis calx e vermibus*. (Aller Kalk stammt von den Würmern.) So nannte man früher alle niederen Tiere. Der Kalk setzt sich entweder aus dem lebendigen Flüssigen als Schale und Knochen oder aus dem Wasser ab. Das Wasser trägt den Kalk über die Erde, löst ihn auf und läßt ihn wieder fallen. So baut sich die Erde aus dem Wässerigen heraus auf. Für diese und alle ähnlichen Vorgänge des Sichabsetzens aus dem Wasser wählen wir den Namen «Salzbildung».

Bei solchen Ausführungen über die Salzbildung verhalten sich die Kinder ganz anders als bei den vorigen. Das Feuer wirkt aufregend. Die cholerischen Kinder fühlen sich besonders angeregt, ja die meisten Kinder werden beim Anschauen der Feuervorgänge lebhafter und etwas cholerisch. Die Wirkung geht auf den Willen, auf die Stoffwechsellatur des Menschen, auf das Blut über. Ganz anders ist es bei der Betrachtung des Kalkes. Das stimmt mehr nachdenklich. Man wird angeregt, darüber nachzudenken, wie sich diese unendlich mannigfaltigen Steine in langen Zeiten gebildet haben. Kristallisieren braucht Zeit. Es geht nur in der Ruhe ordentlich vor sich. Auch wenn die Schneedecke auf die Erde niederfällt und unendliche Mengen von Kristallen sich bilden, ist es eine Art Salzvorgang. Zwar bildet sich kein Salz im chemischen Sinn, aber der Vorgang ist ein ähnlicher. Nun kann man die Frage aufwerfen: Wenn das Feuer beim Menschen im Blute und in den Bewegungen der Glieder wirkt, wo finden sich denn im Menschen Salzvorgänge? Sie sind am meisten im Kopfe vorhanden, dort wo es auch am meisten Knochensubstanz gibt. Niemals könnten wir denken und alles in Ruhe klar verstehen, wenn sich nicht oben im Kopfe der Kalk absetzte. Auch gäbe es dann kein Knochengerüst, und alles würde im Menschen zerfließen. So hat man die Vorgänge der Kalkbildung in Zusammenhang mit dem Menschen gebracht. Doch ist es ein anderes Gebiet des menschlichen Organismus, mit dem diese Vorgänge zusammenhängen. Die Verbrennungsvorgänge erwiesen sich als verbunden mit dem Unteren des Menschen und seinen Gliedern. Die Salzvorgänge mit dem Oberen, mit dem Kopfe. Andererseits hat man eine Emp-

findung für die Tatsache veranlagt, daß das Tote fortwährend aus dem Lebendigen hervorgeht, ja, daß der größte Teil des Erdballs so gebildet wird. Wer dies in sich aufgenommen hat, wird später nicht versuchen, das Lebendige aus dem Toten heraus zu erklären. So hat man die Betrachtung über den Kalk einerseits mit der Welt und andererseits mit dem Menschen verbunden.

In einer weiteren Stunde kann man die Betrachtung über den Kalk nach einer anderen Richtung fortsetzen. Man erhitzt einen Kalkstein, am besten im Gebläse. Den gebrannten Kalk lassen wir auskühlen und geben Wasser darauf. Der gebrannte Kalk, mit Wasser befeuchtet, zischt auf und erwärmt sich. Wir wiederholen den Versuch mit einer größeren Menge gebrannten Kalks. Das Wasser wird von demselben gierig verschluckt. Ziemlich große Mengen Wasser verschwinden spurlos in den gebrannten Kalk hinein. Nach einiger Zeit beginnt er zu rauchen, und es entsteht eine starke Hitze. Der gebrannte Kalk entbehrt also das Wasser, er ist durch die Wirkung des Feuers gänzlich von dem Wasser getrennt worden, dem er seinen Ursprung verdankt. Darum saugt er es auch mit solcher Gier wieder an sich. Die durch und durch «animalische» Natur des Kalkes zeigt sich sogar noch dann, wenn er längst aus dem Kreislauf des Animalischen ausgeschieden ist. Geben wir mehr Wasser hinzu, so bildet sich eine milchige Flüssigkeit (Kalkmilch). Beim Stehen setzt sich der gelöschte Kalk ab, einiges davon bleibt gelöst und bildet eine klare Flüssigkeit (Kalkwasser). Nun tauchen wir in das Kalkwasser Lackmuspapier. Es wird blau. Der ungebrannte Kalk färbte vorher das Lackmuspapier nicht blau. Eine Flüssigkeit, die das Lackmuspapier blau färbt, nennt man eine Lauge. Die Laugen haben auch einen ganz bestimmten Geschmack so wie die Säuren. Es ist also durch das Brennen des Kalkes und das Löschen mit Wasser eine Lauge entstanden. Der Kalk ist zu etwas anderem geworden, durch die Wirkung des Feuers und die nachherige Wirkung des Wassers. Ist nun etwa beim Erhitzen des Kalkes etwas fortgegangen? Das zeigt sich allerdings beim Brennen des Kalkes. In den Kalköfen entweicht etwas. Es ist Kohlensäuregas. Wir fangen es auf oder erzählen den Kindern wenigstens davon, wie das geschehen kann, und zeigen dann das fertige Kohlensäuregas vor. Dieses Kohlensäuregas ist dasselbe, das auch aus den Mineralquellen entweicht, das aus den Mineralwässern herausperlt. Also hat der Kalk beim Brennen etwas ausgeatmet. Er ist fester geworden, indem er

als gebrannter Kalk zurückgeblieben ist. Dieses Feste erweist sich als Lauge, nachdem es mit Wasser versetzt worden ist. Daher nennt man den gebrannten Kalk auch Base oder Basis, weil er sozusagen die feste Grundlage des Kalksalzes bildet. Die Luft, welche weggegangen ist, kann man auch mit Wasser zusammenbringen. Das Kohlensäuregas verleiht dem Wasser einen sauren Geschmack. Das Lackmuspapier wird darin rot. So entsteht das, was man Kohlensäure nennt, aus dem Kalk. Damit haben wir zuerst an das Kind die Begriffe von *Säure* und *Lauge* herangebracht. Der Kalk ist aus einem Salzbildungsvorgang entstanden. Er ist selbst ein Salz. Durch das Feuer wird er verändert. Es entweicht das Kohlensäuregas, und der gebrannte Kalk bleibt zurück. Aus dem Gas entsteht die Kohlensäure, wenn Wasser hinzukommt; aus dem festen gebrannten Kalk die Lauge. Also:



Durch Hinzukommen des Wassers kommen mithin Säure und Lauge zur Erscheinung. Das Feuer hat getrennt. Am Wasser zeigen sich die beiden Gegensätze.

Diese Unterschiede lassen sich noch anschaulicher darstellen. Man zeigt zwei Flaschen vor, eine mit kohlensäurehaltigem Wasser, wie es in den Mineralquellen vorkommt, die andere mit Kalkwasser. Aus der ersteren perlen Bläschen heraus. Sie sind dasselbe, was aus dem Kalk entwichen ist: Kohlensäuregas. Die Flüssigkeit schmeckt säuerlich, auch prickelnd und spritzig. Das Lackmuspapier wird davon rot. Das Kalkwasser in der anderen Flasche schmeckt fade und stumpf, das Lackmuspapier wird blau. Es macht den Kindern Freude, wenn sie diese großen Unterschiede miterleben können. Auch ist ihnen ganz selbstverständlich, daß das Spritzige und Saure rot wird, das Stumpfe und Langweilige dagegen blau. Dies ist ihnen aus ihrem Erlebnis der Farbe und aus dem, was sie im Malunterricht gelernt haben, ganz verständlich. Aus dem Kohlensäurewasser perlt die Kohlensäure heraus nach oben. Der Stöpsel fährt heraus, wenn man ihn nicht durch einen Verschuß niederdrückt. Die Flasche mit dem Kalkwas-

ser setzt einen weißen Bodensatz ab. Der Stöpsel sitzt fest oder «friert gar ein», weil sich Festes absetzt. In der Kohlensäureflasche geht also die Richtung nach oben. Luft will entweichen. In der Kalkwasserflasche geht die Richtung nach unten. Festes will sich absetzen. Färbt man mit Lackmuslösung, so zeigt sich derselbe Gegensatz. Diese Gegensätze waren also ursprünglich in dem Kalk. Sie sind durch das Feuer befreit worden, und das Wasser hat jeden einzeln zur Erscheinung gebracht. Jetzt zeigt man folgenden Versuch: Man nimmt von der Kohlensäure und gießt in das Kalkwasser. Dieses wird dabei trübe, und es setzt sich ein weißes Salz zu Boden. Dieses Salz ist wiederum Kalk. Es sieht genau so aus wie aufgeschlammte Kreide. Also haben sich die Gegensätze wiederum vereinigt.

Jetzt nimmt man ein Glas mit Kalkwasser und bläst durch ein Rohr hinein. Es entsteht der gleiche, weiße Bodensatz. Also ist in der Luft, die wir ausatmen, dasselbe enthalten wie das, was beim Brennen des Kalkes entweicht. Es ist Kohlensäuregas. So hat das Feuer den Kalk verwandelt. Kohlensäuregas ist nach oben entwichen; der feste gebrannte Kalk ist unten zurückgeblieben; zwischen Festem und Luftförmigem, also zwischen gebranntem Kalk und Kohlensäuregas, steht das Wasser. Bringt man es einzeln hinzu, so erscheinen Säure und Lauge. Bringt man beides zusammen, so entsteht wiederum Kalk oder, wie man jetzt genauer sagen kann, kohlensaurer Kalk. Das Feuer hat den Kalk nach zwei Seiten hin gestaltet. Es hat Gegensätze geoffenbart. Das Wasser bringt sie einzeln deutlich zur Erscheinung, verbindet aber auch die beiden wiederum. *Was das Feuer getrennt hat, verbindet wiederum das Wasser.*

Es ist dabei von großer Bedeutung, daß man nicht von Säure und Lauge ausgeht und daraus das Salz ableitet, wie es gewöhnlich geschieht, sondern vielmehr den umgekehrten Weg geht. Er ist der natürliche. Denn der Kalk kommt in der Natur vor. Er wird zunächst überall gebildet. Säure und Lauge bilden sich erst nachher künstlich heraus. Sie sind Gegensätze, welche sich erst durch den Eingriff aus dem Salz heraus differenzieren. Wenn beim kleinen Kinde die Rechnungsarten gelehrt werden sollen, dann gehen wir auch nicht beim Addieren von den Summanden aus und leiten daraus die Summe ab, sondern wir lassen die Kinder verstehen, daß eine ursprüngliche Einheit geteilt worden ist und daß dann diese Teile wiederum zur Einheit zurückführen müssen. Wir gehen von der Summe aus und nicht von den Summanden. So müssen wir auch hier vom Ganzen

ausgehen und dann die Teile daraus hervorgehen lassen. Es ist dies ein wichtiger Gesichtspunkt, den der Lehrer auch schon auf dieser Stufe des chemischen Unterrichtes empfinden muß, daß man den Begriff «chemische Verbindung» nicht nur so betrachten kann, daß man diese Verbindungen nur als die Summe der Bestandteile oder als die chemische Summe von Elementen ansieht. Sie ist ein Neues. Sie ist oft sogar ein Ursprüngliches.

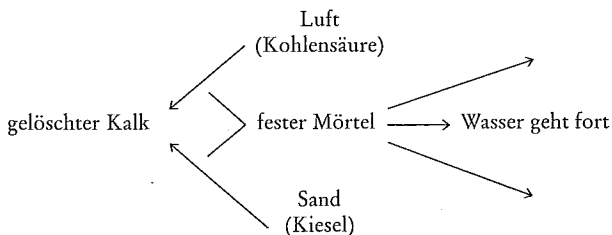
Wir gehen hier vom Kalk aus als dem natürlichen, in die organischen Prozesse der Knochen und Schalenbildung hinein verwobenen Stoffe. Dann erst leiten wir dasjenige ab, was durch Differenzierung aus ihm entsteht. Aus dem organischen Prozeß geht der Kalk hervor, und dieser erweist sich unter dem Einflusse des Feuers als kohlen-saurer Kalk, indem Säure und Lauge durch diesen Eingriff zum Vorschein kommen.

In einer weiteren Unterrichtsstunde läßt sich die *Anwendung auf das Technische und die Lebenspraxis* geben. Der Kalk kommt in der Erde vor. Er wird aus den Steinbrüchen gewonnen. Man bringt ihn in die Kalkbrennereien. Nun erklärt man den Kindern die Einrichtung eines solchen Ofens. Der Kalk muß erhitzt werden. Die Kohlensäure entweicht, und der gebrannte Kalk bleibt zurück. Die Einrichtung des Ofens wird gezeichnet. Womöglich benützt man die Gelegenheit, ein solches Kalkwerk zu besichtigen. Man erklärt ferner, wie der gebrannte Kalk im Kalkwerk in Säcke gefüllt wird und dann durch die Eisenbahn überall dorthin gebracht wird, wo man ihn benötigt. Man kann bei dieser Gelegenheit auch die wirtschaftlichen Beziehungen schildern, die durch ein solches Kalkwerk entstehen. Dies entspricht auch dem übrigen Lehrplan für dieses Alter. Nun kommt der Kalk zum Beispiel zu den Maurern. Sie müssen ihn zuerst löschen. Man demonstriert noch einmal, mit welcher Heftigkeit sich dieses Löschen bei größeren Mengen Kalk vollzieht. Nun fragt man: Woher kommt denn eigentlich die Wärme, die da auftritt? Sie kommt daher, weil vorher soviel Wärme auf den Kalk beim Brennen eingewirkt hat. Diese Wärme lebt nun in dem gebrannten Kalk und auch in der Kohlensäure, die weggegangen ist. Der ausgedörrte Kalk, der eine Art schlafendes Feuer in sich hat, hat großen Durst nach Wasser. Indem nun das Wasser in ihn eintritt, der Durst gelöscht wird, kommt die Wärme zum Vorschein. Man kann dann auch zeigen, welche Gefahren mit dem Kalklöschen verbunden sind, indem man auf die ätzende Wirkung der Kalk-

lauge hinweist. Dabei läßt sich auch manches Soziale berühren, das mit einem solchen Gewerbe zusammenhängt. Man berührt damit das Gebiet der Gesundheitslehre.

Die Maurer vermischen den gelöschten Kalk mit Sand. Dadurch entsteht der Mörtel. Auch hier besteht wiederum ein Gegensatz, den man gut tut, im Unterricht stark empfinden zu lassen. Es ist der Gegensatz zwischen Kalk und Kiesel. Der Sand ist Kieselerde oder Kieselsäure, die Kalkerde ist dagegen eine Basis. Ohne daß man schon notwendig hat, auf die erst bei der Glasbereitung zu erörternde Säurenatur des Kiesels einzugehen, wird doch der Gegensatz zwischen dem gierigen Kalk, der in die glatten und schlüpfrigen Kalklaugen übergeht, und dem ruhigen, geformten, harten, spröden Sand offenbar.

Es wird weiterhin gezeigt, wie man zwei Ziegelsteine mit Mörtel verbinden kann und wie dieser dann schnell erhärtet. Durch Zusammenwirken der beiden Gegensätze entsteht etwas Neues. Ferner erzählt man, daß die neugebauten Häuser am besten dadurch trocknen, daß man darin Feuer anzündet. Dann geht das Wasser des gelöschten Kalkes weg. Aber nicht nur dieses ist der Grund des Trockenwerdens. Aus dem Feuer entweicht wiederum Kohlensäuregas, und dieses bildet mit dem gelöschten Kalk kohlensauren Kalk. So kommt einerseits der feste Sand dazu (Kieselsäure), andererseits die Luft und mit ihr die Kohlensäure. Das Wasser geht fort.



Das Trockenwerden eines neugebauten Hauses wird auch dann erreicht, wenn Menschen in demselben wohnen.* Diese atmen Kohlensäure aus. Man nennt sie daher die «Trockenwohner». Das tun sie allerdings nicht zum Besten ihrer Gesundheit. Man sieht hier auch im Praktischen, wie sich beim Atmungsprozeß in lebendiger Form etwas Ähnliches vollzieht wie beim Feuerprozeß in der Natur. So hat man dieselben Dinge, die man

* In Mitteleuropa seit langem abgeschaffte Methode. (Anmerkung von D. Rohde)

vorher im Laboratoriumsexperiment gezeigt hat, in ihrer praktischen Anwendung dargestellt.

Nun wird der Unterricht wieder zum Ausgangspunkt zurückgeführt. Am besten geschieht dieses erst am nächsten Tag. Man kann dann folgende Betrachtung anstellen: Ja, nun haben wir am Ende wiederum den kohlen-sauren Kalk bekommen, der die Steine der Häuser zusammenhält. Er ist verbunden mit dem Kiesel. Doch hatten wir schon vorher kohlen-sauren Kalk, als der Kalk noch im Steinbruch lag . . . Warum haben wir überhaupt die Sache gemacht, wenn wir doch zuletzt wieder das gleiche herausbe-kommen? Zuerst war kohlen-saurer Kalk da, und zuletzt in den Häusern ist es wieder kohlen-saurer Kalk. Aber indem wir den kohlen-sauren Kalk gespalten und dann wiederum zusammengefügt haben, sind die Häuser festgefügt worden. Der Mensch hat so eingegriffen, daß er aus dem koh-lensauren Kalk der Natur durch das Feuer die verborgenen Gegensätze herausgeholt hat. Zuletzt hat er dann Kalk und Kohlensäure sich wieder vereinigen lassen. Aber bei dieser Gelegenheit bildet sich nicht nur der Kalk wiederum zurück, sondern durch die Kraft seiner Wiederverein-igung halten nun auch die Häuser zusammen. So hat also der Mensch das verteilt, was im Steinbruch den natürlichen Zusammenhang zwischen den Kalksteinen darstellt. Nun halten über die ganze Erde hin die Bauten zusammen, die er so hergestellt hat.

Es ist so, als ob der Steinbruch, der in alle Welt zersplittert worden ist, sich wiederum zusammenzöge und dadurch den Häusern der Menschen den Zusammenhang gäbe. Es kann einen gewissen Eindruck machen, wenn der Schüler empfindet, wie der Mensch im technischen Prozeß Naturkräfte, die zur Verbindung streben, auseinanderdrängt und ihr schnelles Wiederezusammenstreben benützt, um allerlei technische Lei-stungen ausführen zu lassen. Der gestaute See liefert Wasserkraft, wenn man die Stauung aufliebt. So ist es auch hier auf chemischem Gebiete.

Auf der anderen Seite ist das über den Kalk Gesagte auch nach den Lebenswirkungen hin ausgebaut worden. Die Schüler haben gelernt, daß sie dem Kalk das Knochengerüst verdanken, das sie in sich tragen, wie der Kalk mit den animalischen Prozessen zusammenhängt und im Tierreich seine Heimat hat. Kalk erscheint als ein Prozeß im Ganzen der Natur, verbunden mit dem Menschen.

Nun läßt sich der Begriff der Salzbildung erweitern. Man spricht nun

vom *Salz des Meeres*. Das Salz gehört unzertrennlich zum Meere. Man erzählt, wie es entweder durch Verdunstung oder durch Gefrieren aus dem Meere abgesetzt wird. Man läßt erleben, wie dieses Absetzen aus dem Flüssigen heraus langsam erfolgt, und schildert auch die Technik dieser Salzgewinnung. Dann spricht man vom Vorkommen des Salzes in den Bergen und berichtet über die Salzgewinnung im Bergwerk und in den Salinen. Man läßt den Unterschied gegenüber dem Kalk deutlich empfinden. Dieses Salz, unser mineralisches Kochsalz, hängt viel weniger mit einem Lebensprozeß zusammen. Es ist das rein mineralische Salz auch die einzige mineralische Nahrung, die der Mensch braucht. Die anderen mineralischen Substanzen sind in der Nahrung mit enthalten, nur das Salz muß als solches in der Nahrung vorhanden sein. Der Mensch muß sterben, wenn er gar kein Salz bekommt. Denn das Salz erhält, es konserviert, es hält den Verwesungsprozeß zurück. Darauf beruht das Einpökeln und Einsalzen. Auch die Meeresluft wirkt so. Sie macht den Menschen wacher. Andererseits aber tötet ein großer Salzgehalt des Meeres alles Lebendige. (Vergleiche das Tote Meer.)

Läßt sich nun dieses Salz auch ähnlich wie der Kalk behandeln? In der Hitze des Gebläses schmilzt es, verdampft sogar. ~~Und schließlich — das kann man den Kindern erzählen — läßt sich bei höchster Temperatur auch ein Gas austreiben.~~ Das ist das Salzsäuregas. ^{Es} leichter gelingt dieses, wenn man statt der hohen Temperatur konzentrierte Schwefelsäure verwendet und damit das Steinsalz oder Kochsalz übergießt. Wir erhalten dann einen weißen, außerordentlich stark stechend riechenden Dampf, das Salzsäuregas, aus dem wir durch Einleiten in Wasser die Salzsäure gewinnen. ~~Zurück bleibt bei höchster Temperatur die feste Natronbasis.~~ In diesem Fall ist es viel schwerer, durch bloßes Erhitzen aus dem mineralischen Salz Lauge und Säure zu machen. Es ist viel schwerer als beim Kalkbrennen. Leichter läßt es sich noch durch Elektrizität erreichen. Das werden die Kinder erst später hören.

Nun zeigt man Natronlauge und Salzsäure vor. An ihnen läßt sich noch viel besser die Polarität von Säure und Basis erleben. Man führt wiederum aus:

<i>Säure:</i>	<i>Basis:</i>
spitz	stumpf

Rotfärbung
weckt auf
luftförmig

Blaufärbung
stumpft das Gefühl auf der Zunge ab
fest

Nun wendet man das Ganze wieder auf den Menschen an. Man sagt: Jedesmal, wenn ihr den Arm bewegt, dann entsteht in euren Muskeln Säure, beim Gehen und beim Laufen noch mehr. Also bei jeder Arbeit entsteht Säure im menschlichen Körper. Daher spricht man mit Recht von «saurer Arbeit». Man kann aber auch ganz ruhig im Zimmer sitzen und stark über etwas nachdenken. Da entsteht keine Säure, da entstehen im Gehirn mehr basisch-laughafte Stoffe. Also: Wenn ihr euch bewegt, dann werden die Muskeln sauer, und wenn ihr Gedanken im Kopf herum bewegt, aber ganz ruhig dabei sitzt, dann wird es im Kopf laugenartig. Dann bildet sich Basis. So hängt Säure und Lauge auch mit euch selbst zusammen. (Dieses Beispiel verdanke ich Rudolf Steiner, der es selbst bei Gelegenheit eines Besuches in einer Klasse der Waldorfschule im Unterricht sehr anschaulich dargestellt hat.)

Nun zeigt man denselben Gegensatz im *Pflanzenreich*. In den Wurzeln der Pflanzen findet man ein Überwiegen der Basis, des Laughaften, im Sprossenden dagegen, in den Blättern, bis in die Früchte hinein die Pflanzensäure. So schmeckt zum Beispiel der Klee* sauer, aber die Wurzeln mehr laughaft oder salzig, unter Vorherrschen der Basis. Dies ist leicht verständlich; denn die Säure gehört eigentlich der Luft an,¹ die Basis dagegen der festen Erde. Von den Ausnahmen dieses Gesetzes hat man auf dieser Stufe noch nicht zu sprechen. Ihre Behandlung ist gerade in einem späteren Stadium von großer Bedeutung.

Dieser Abschnitt läßt sich in der folgenden Weise im Diktat zusammenfassen:

«Auch aus dem Salz lassen sich Gegensätze darstellen. ~~Es bilden sich Salzsäuregas und Natronbasis.~~ Das Salzsäuregas riecht stechend, schmeckt spitzig und sauer. Es weckt auf. Lackmuspapier färbt es rot. Es ist ein tätiger Stoff. Die Natronlauge schmeckt dagegen fade, macht die Zunge stumpf. Sie gibt eine blaue Farbe mit dem Lackmuspapier. Laugen sind so wie die Natronbasis meist fest. Sie haben Schwere in sich. In den Wurzeln der Pflanzen ist mehr Laughaftes. In den Blättern dagegen findet sich Säure. Sie schmecken auch meist sauer, zum Beispiel beim Klee.*»

* Vermutlich gemeint: Sauerklee (*Oxalis*)
(Anmerkung von D. Rohde)

Die Säure ist verwandt der Luft. Die Basis strebt zur Erde nieder. In uns ist es wieder umgekehrt. Wenn unsere Beine recht tätig sind, entsteht Säure, aber im Kopfe entsteht Laugenhaftes, Basis, wenn er ruhig denkt. Dort findet sich auch viel Kalk. So sind Säure und Lauge große Gegensätze, die durch die ganze Natur hindurch wirken.»

In einer weiteren Stunde kann man diesen Gegensatz benützen, um ihn als Bild zu malen. Der Gegensatz der Farben ist schon lange bekannt. Nun sollen die Kinder den „Kampf“ zwischen Säure und Lauge malen. Zu diesem Zweck hat man in den vorigen Stunden auch noch folgenden Versuch angestellt: Konzentrierte Natronlauge und Salzsäure werden zusammengegossen. Es gibt eine außerordentlich heftige Reaktion. Die Flüssigkeit siedet, zischt und spritzt, viel mehr als beim Kalklöschchen. Das haben die Schüler vorher gesehen und sollen diesen „Kampf“ zwischen Säure und Lauge in der Farbe darstellen. Bemerkenswerte Bilder pflegen zu entstehen, wenn sie so die rote Farbe mit der blauen zusammenwirken lassen. Alle Temperamente verraten sich bei dieser Gelegenheit. So wird es möglich, daß auch von der künstlerischen Seite her ein solcher Grundgegensatz des Chemischen erlebt wird. Ein wissenschaftlich-künstlerisches Element ist im Kinde veranlagt worden. (Pädagogisch würde es von dem hier vertretenen Gesichtspunkte aus ein Unding sein, die Begriffe von Säure, Lauge und Basis etwa so hereinzubringen, daß man vom Wasserstoff und Hydroxyl spricht, wie es heute leider selbst in Schulbüchern geschieht.) So ist der Prozeß zur Anschauung gebracht, der im Weltall und im Menschen mit Säure und Lauge zusammenhängt.

Damit haben wir das Kind in ein ganz anderes Gebiet der Chemie geführt. Zuerst war es die Verbrennung. Nun kennt es auch die Salzbildung. Diese beiden Gegensätze läßt man zusammenfassend noch einmal stark vor die Klasse hintreten, bevor man im Unterricht weiterschreitet.

3. *Einiges über das Wasser und die Metalle*

Das Wasser

In den früheren Jahren ist im Verlauf des Gesamtunterrichtes schon viel über das Wasser und seine Eigenschaften gesprochen worden. Jetzt kann dies zusammengefaßt und von einem neuen Gesichtspunkte aus behandelt werden. So beginnt man zunächst mit einer mehr bildhaften Darstellung der Wirksamkeit des Wassers auf der Erde.

Von der Sonnenhitze verflüchtigt, verdunstet das Wasser aus dem Meere. Im Winter dagegen gefriert es und kommt damit mehr an die Erde heran. Doch kehrt es aus beiden Zuständen, vom Himmel und von der Erde, immer wieder zum Flüssigen zurück. So geschieht es beim Regen und in den Quellen. Andererseits gefriert das Meer niemals bis auf den Grund. Dies kommt daher, weil das Eis auf dem Wasser schwimmt. In der Tiefe ist das Wasser wärmer. Es hat dort die Temperatur von vier Grad Celsius, und dieses Wasser ist auch das schwerste. Also wird das Wasser im Weltenmeer nie ganz fest. Die Gletscher gleiten zu Tal, weil auf ihrem Grunde Wasser vorhanden ist. Auch in der Luft will das Wasser nicht immer bleiben. Es fällt im Regen wiederum herunter auf die Erde. «Vom Himmel kommt es, zum Himmel steigt es, und wieder nieder zur Erde muß es, ewig wechselnd», sagt Goethe. Warum friert eigentlich das Meer nicht auf dem Grund? So kann man fragen. Weil das Wasser vor allem flüssig bleiben will. Es wird nur oben fest und nicht unten. Das Eis verfestigt sich zwar aus dem Wasser heraus, bekommt aber dabei einen Auftrieb und wird leichter, während andere feste Körper beim Erstarren untersinken. Auch als Eis strömt das Wasser noch, wie man an den Gletschern sehen kann. So wird es eigentlich gar nicht richtig fest und verhält sich wie ein flüssiger Stein. Bekanntlich schmilzt das Eis unter Druck. Man läuft also beim Schlittschuhlaufen in Wirklichkeit gar nicht auf dem Eise, sondern auf dem Wasser, das durch den Druck des Körpers auf das Eis entsteht. Diese Ausführungen kann man zu einem Diktat zusammenfassen, indem man etwa folgendes darstellt:

«Das Wasser hat immer das Bestreben, flüssig zu bleiben. Daher ist seine Heimat das Meer, welches das Blut der Erde ist. Immer will es zu

dieser Heimat, zum flüssigen Zustand zurück. Das Wasser verbindet auch das Feste und die Luft. Im Wasser ist immer Luft aufgelöst enthalten, sonst könnten die Fische nicht im Wasser leben. Andererseits ist im Meerwasser viel Salz vorhanden. Von jedem Wasser bleibt etwas Salziges, Festes zurück, wenn es verdunstet. Immer ist im Wasser etwas, was von der Erde her stammt (das Salzige), und etwas, was aus der Luft herrührt. So verbindet das Wasser Erde und Luft und vermittelt so zwischen beiden.»

Hat das Wasser auch sonst noch vermittelnde Eigenschaften? Da wird man von den Kindern manche Antworten bekommen, die schon aus dem früher Gelernten stammen. Das Wasser vermittelt die Beziehungen zwischen den Welt- und Erdteilen und auch zwischen den Völkern. Völker werden durch Wasserstraßen verbunden. Handel bildet sich heraus. Der Osten und der Westen werden durch das Wasser verbunden. Gibt es nicht auch im Menschen ein solches Wasser, das alles verbindet? Ja, das ist das Blut. Es strömt durch den ganzen Körper und stellt überall den Zusammenhang her. Die Flüsse der Erde verbinden die Städte auf dem Wege des Wassers. So tun es die Adern des Blutes mit Rücksicht auf alle Stätten im menschlichen Körper. Durch das Wasser wird alles verbunden.

Jetzt haben die Kinder ungefähr eine Vorstellung davon bekommen, was die Natur des Wassers ist. Man kann jetzt mehr auf das Chemische eingehen. Man erinnert daran, daß das Kohlendioxid keine Rotfärbung des Lackmuspapiers bewirkte, wenn es trocken war. Auch der trockene gebrannte Kalk erzeugte keine Blaufärbung. Erst wenn ein Tropfen Wasser darauf fiel, trat die Rot- und Blaufärbung ein. Also entstehen Säure und Lauge erst dadurch, daß Wasser hinzukommt. Auch könnten wir das Saure und Laugenhafte nicht schmecken, wenn der Mund ganz trocken wäre. Erst die Feuchtigkeit ermöglicht das Schmecken. Man kann dies noch an einem anderen Beispiel zeigen. Man nimmt kristallisierte Zitronensäure und erzählt, daß dieser Stoff aus dem Zitronensaft gewonnen werden kann. Andererseits zeigt man gewöhnliche Soda vor. Ohne auf dieser Stufe näher darauf einzugehen, läßt sich demonstrieren, daß das Sodapulver mit Wasser befeuchtet Lackmus blau färbt, also eine Lauge ist. Die feste Zitronensäure gibt im Wasser aufgelöst dem Lackmus Rotfärbung, ist also eine Säure. Nun mischt man die beiden Pulver, die feste Zitronensäure und das Sodapulver, zusammen. Es geschieht gar nichts. Gießt man aber Wasser hinzu, so schäumt es heftig auf. Die Reaktion ist

etwa so heftig, wie wenn man Lauge und Salzsäure zusammenbringt. Es ist dies das sogenannte Brausepulver. Man sieht daraus, daß Säure und Lauge nur miteinander reagieren, wenn Wasser dazu kommt. Erst das Wasser stellt die Verbindung her.

Am nächsten Tage kann man sich alle Beispiele wiederholen lassen, in denen das Wasser eine solche vermittelnde Rolle spielt, wie zum Beispiel Löschen des Kalks, Verbinden von Säure und Lauge, Lösen von Luft und Salzen, verbindende Wirkung der Völker und so weiter. Wir können den Hinweis anschließen, daß nur im Wasser Farben zum Vorschein kommen. Vom Regenbogen haben die Kinder schon viel gehört und ihn oft gesehen. Wo entsteht er? Wenn Licht und Finsternis zusammenkommen. Die Sonne und die finstere Regenwand. Aber Regentropfen, Wassertropfen müssen dazwischen vorhanden sein. Auch hier ist das Wasser der Vermittler, und zwar zwischen Licht und Finsternis. Bei den Griechen und Römern sprach man von dem Götterboten Hermes oder Merkur, der alles vom Himmel auf die Erde herunterträgt und umgekehrt wiederum hinauf. Das Wasser ist ein solcher «Merkur». Auch im Tautropfen wird es sichtbar, wenn er in allen Farben glitzert. Die Tautropfen sind so rechte Boten, die vom Himmel auf die Erde herunterkommen.

Indem man das Ganze wiederum in einem Diktat zusammenfaßt, läßt sich vielleicht ein schöner Abschluß finden, indem man das Goethesche Gedicht «Gesang der Geister über den Wassern» folgen läßt. Jedes Wort des Gedichtes kann im Unterricht vorbereitet sein, so daß man keine Notwendigkeit hat, das Gedicht noch weiter zu kommentieren. Es schließt nur ab, spricht alles aus und faßt es zusammen. So entsteht aus dem, was zunächst Erkenntnis war, von selbst etwas, was das Kind im Herzen behalten kann. Später kann man wiederum daran anknüpfen. Es ist nicht nötig, auf dieser Stufe dem Kinde von Wasserstoff und Sauerstoff zu erzählen, besser ist es, wenn es das Wasser zunächst als Einheitliches kennengelernt hat. Später wird um so besser verstanden, daß auch im Wasser selbst Gegensätze zusammenwirken, daß auch in ihm selbst Gegensätze verbunden sind. Dann erscheint die Fähigkeit des Wassers, alles zu verbinden, in einem noch höheren Lichte, wenn man versteht, daß es in sich selbst die größten Gegensätze vereint.

Die Metalle

Hat man so einiges über das Wasser in einfacher Form den Kindern nahegebracht, so kann man jetzt eine kleine Übersicht über die Metalle geben. Man zeigt eine Reihe von Metallen vor. Das Kind soll recht viel davon sehen und sich mit den Eigenschaften vertraut machen. Man wird am besten nur diejenigen Metalle nehmen, die relativ leicht zugänglich sind und die eine größere Bedeutung haben. Vom Natrium und Kalium zum Beispiel, die eigentlich nur Pseudo-Metalle sind, wird man in diesem Zusammenhang nicht sprechen. Man wählt am besten die sieben folgenden Metalle: Gold, Silber, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer und Quecksilber. Im folgenden wird sich zeigen, warum gerade diese sieben am zweckmäßigsten genommen werden. Je mehr man die Metalle selbst und vor allem Gegenstände, die aus diesen Metallen bestehen, vorführt, desto mehr wird das Kind damit vertraut. Doch warum nennen wir alle diese Stoffe, die doch so verschieden sind, mit dem gleichen Namen: Metalle? Sie glänzen, sie haben eine Art Licht, das von innen her ausstrahlt. Sie sind nicht durchsichtig. Aus dem Dunkel des Metalles glänzt Eigenlicht heraus. Metalle sehen ganz anders aus als Steine. Wo werden sie gefunden? Im Inneren der Erde. Nun spricht man von den Bergleuten. Man schildert, was ein solcher Bergmann erlebt, wenn er lange Zeit im Gestein arbeitet und dann plötzlich eine Metallader, Silber, Gold oder ein Erz, zum Vorschein kommt. Es ist so, wie wenn ein Stern auf der finsternen Erde aufleuchten würde. Ja, die Metalle sind wie Himmelssterne, die im Innern der Erde leuchten. Dann versucht man eine Vorstellung hervorzurufen, wie ein solches Stück Silber nur ein ganz kleiner Teil ist von dem durch die ganze Erde verbreiteten Silber. Das bildet in der Erde eine Art Silberleib. Stellt euch vor – sagt man zu den Kindern –, daß ihr den ganzen Silberleib der Erde sehen könntet. Da würdet ihr überall feine Fäden glänzen sehen, die die Erde durchziehen. Ähnlich ist es auch mit dem Gold und den anderen Metallen. Überall leuchten solche Sterne im Innern der Erde. Es ist ein ganzer Sternhimmel, und nach diesen Sternen suchen die Bergleute. Es ist etwas Großes, was die Menschen tun, indem sie aus der finsternen Erde das glänzende Metall herausholen. Daher empfindet man diese Metalle als wertvoll.

Nun zeigt man das Gold vor. Die Kinder werden leicht darauf aufmerk-

sam, daß das Gold wie die Sonne strahlt. Man erzählt jetzt, wie die Metalle entstanden sind. Vom Himmel sind sie auf die Erde gekommen; denn in früherer Zeit, da war die Erde noch nicht so fest, da waren die Metalle im Dunst der Atmosphäre aufgelöst. Sie haben sich niedergeschlagen auf die Erde. Bevor sie fest wurden, waren sie noch ganz flüssig und vorher noch viel feiner. Wie in einer Luft-Erde waren sie aufgelöst und selber luftförmig. Als sie noch flüssig waren, da flossen sie in den Metalladern. Dann hat sich alles verfestigt, und die Metalle sind in den finsternen Schoß der Erde begraben worden. Das Gestein ist schon früher fest geworden und schließt die Metalladern ein. So sind die Metalle alle vom Himmel gekommen, sind Söhne des Himmels und eingeschlossen in der Erde, die sie wie eine Mutter umfängt. Deshalb nennt man das Gestein, aus dem man die Metalle und Erze herausholt, auch Muttergestein. Die Metalle stammen eigentlich nicht aus der Erde, sondern sind aus dem Kosmos hereingestrahlt, daher ist es kein Wunder, daß sie ein Eigenlicht haben wie die Sterne. Leicht ist herauszufinden, daß das Gold wie die Sonne, das Silber wie der Mond leuchtet. Und ähnlich ist es mit den anderen Metallen, sagt man zu den Schülern, nur ist es dort schwerer zu sehen.*

Nun kann man auf die einzelnen Metalle eingehen, zum Beispiel auf das *Gold*. Man findet es in den Bergadern, dann aber auch in den Flüssen. Die Adern sind gewissermaßen unterirdische Flüsse. Das Gold geht fast direkt von den einen Adern in die anderen über. Es fließt heraus aus der Nacht der Erde zum Licht des Tages. Der Wert des Goldes hängt damit zusammen, daß der Zusammenhang mit der Sonne von jeher empfunden worden ist. Man kann bei dieser Gelegenheit einiges Historisches anführen. So ist das Gold bei den Indianern im Sonnenkultus der Peruaner und Mexikaner verwendet worden. Als aber die Spanier dieses Gold wegnahmen, entstand viel Böses durch die Verwendung des Goldes. Das wissen die Kinder aus dem Geschichtsunterricht. Sie können empfinden, wie das Gold in verschiedener Weise verwendet werden kann. Es kann gut wirken, wenn Selbstlosigkeit beim Menschen vorhanden ist, und auch böse, wenn es zu egoistischen Zwecken verwendet wird. Man kann daran erinnern, wie das Gold gut wirkte, als es der Templerorden besaß, aber böse, als dasselbe Gold dann zu selbstsüchtigen Zwecken verwendet wurde. Dadurch kommt auch die moralische Seite eines solchen Naturphänomens stark an die Kinder heran. Man spricht davon, wie man durch lange Zeiten den

* Kolisko bezieht sich hier auf vielfältige Äußerungen Rudolf Steiners. (Anmerkung von D. Rohde)

Wert aller Gegenstände nach dem Golde bemessen hat. Auch im Lichte der Sonne zeigt in der Natur alles seinen Wert. Die Verwandtschaft mit der Sonne ist der tiefere Sinn des Goldwertes. Wenn man so einige Zeit gesprochen hat, kann man mehr auf die materiellen Eigenschaften des Goldes eingehen. Das Gold ist ein edles Metall. Es läßt sich nicht verbrennen. Das zeigt man dann den Kindern. Es ist beständig gegen das Feuer, das sonst alles verzehrt. Im Feuer ist es so unveränderlich wie etwa ein Stein oder gebrannter Kalk*. Aber die Farbe ist doch ähnlich der eines verbrennlichen Stoffes, etwa des Schwefels. Obwohl es also kein ascheartiger Körper, kein Stein ist, ist es doch beständig. Es sieht aus wie ein Schwefel, ist aber unzerstörbar. So steht es gerade in der Mitte zwischen dem verbrennlichen Schwefel und dem unverbrennlichen Salz. Und so ist es das edelste Metall. Man läßt die Kinder empfinden, was es bedeutet, daß ein Stoff nicht dadurch vor dem Verbrennen geschützt ist, daß er so kalt und tot ist wie der Stein und die Asche, sondern dadurch, daß er von innen heraus nicht verbrennt. Das Gold hat schon ein Feuer in sich, aber es läßt es nicht heraustreten. Es ist ein beherrschtes Feuer. Es macht einen starken Eindruck, wenn man sieht, wie das Gold gleichsam in der Mitte der chemischen Vorgänge steht. Zwischen der leidenschaftlichen Welt des Feuers und der ruhigen Welt des Festen. Schaut man durch ein Stück Blattgold hindurch, so erscheint dieses grün. Die Farbe ist entgegengesetzt zu derjenigen des gewöhnlichen roten Goldes. Ähnlich ist es beim Blute, das gewöhnlich rot ist, aber im durchfallenden Lichte grün erscheint. Man erzählt weiter, wie das Gold als Heilmittel für das erkrankte Herz verwendet werden kann. Das Gold hängt mit dem Herzen zusammen. Durch solche Betrachtungen wird ein lebendiges Gefühl dafür erzeugt, welche Bedeutung dem Golde zukommt. Darüber ist schon manches vorher aus dem Geschichts- und Religionsunterricht bekannt, und auch die wirtschaftliche Bedeutung des Goldes wird dadurch verständlich.

Jetzt nimmt man zwei weitere Metalle vor, die ihrer Natur nach entgegengesetzt sind, zum Beispiel das *Blei* und das *Silber*. Man zeigt Gegenstände, die aus diesen Metallen bestehen. Das Blei sieht ganz unansehnlich aus, grau und glanzlos. Auffallend ist seine Schwere. Es ist eine große Zugehörigkeit zur Erde vorhanden. In den Bergwerken begleitet es überall den Kalk und kommt in der Tiefe vor. An der Luft und am Wasser überzieht es sich mit einer grauweißen Schicht. Es ist kein edles Metall.

118 * Übertrieben, Gold schmilzt bereits bei 1064 °C. (Anmerkung von D. Rohde)

Leicht verbrennt es an der Luft und wird zu Asche. ~~Auch im Wasser kann es sich nicht halten.~~ Die Sprache hat manche Ausdrücke, die das Wesen des Bleies gut bezeichnen, zum Beispiel: «Blei in den Gliedern haben», «bleischwer» und so weiter. Das Blei wird besonders für die Buchdruckerlettern benützt, und mit seiner Hilfe werden alle die vielen Bücher gedruckt. Das Blei ist giftig und wirkt merkwürdig auf den Menschen.

Die Knochen und Adern verhärten unter dieser Einwirkung. Es ist so, als ob der Mensch durch das Blei alt würde wie ein Greis. Unter allen Metallen ist das Blei am nächsten dem Grabe. Es ist am meisten aus dem Kosmos in das dunkle Grab der Erde heruntergestiegen. Auch sieht es traurig und düster aus. Es ist so schwer und hat doch nicht viel Wert, denn es ist nicht edel. Leicht verbrennt es an der Luft und wird zu Asche.*

Dann spricht man vom Silber. Das Silber hat ein helles Licht. Es spiegelt außerordentlich stark. Die Spiegel, die wir heute erzeugen, sind aus Silber. Und zwar liefert dieses Metall die schönsten Spiegel, schöner als die früheren Quecksilberspiegel. Während das Blei ganz dunkel, grauschwärzlich ist, ist das Silber spiegelnd hell und mehr weißlich. Besonders ist das der Fall, wenn es frisch gewonnen wird. Beim Schmelzen der Silbererze sammelt sich das Silber am Boden des Tiegels an und gibt einen hellen Schein, den sogenannten «Silberblick». Dies läßt sich sogar vorführen. Man fühlt, wie das Silber mit den Kräften des Lichtes verbunden ist. Aus den Tiefen der Erde steigt es zur Oberfläche empor. Es ist sehr edel. Das Licht des Silbers erinnert an das des Mondes. Auch der Mond ist ja ein Spiegel. Er spiegelt das Sonnenlicht. Das Silber wirkt im Menschen gerade umgekehrt wie Blei. Es hängt mit Fiebererscheinungen zusammen, wirkt stark bei Entzündungen und fieberhaften Zuständen. Es verhärtet den Menschen nicht, macht ihn nicht alt. Es ist noch recht jung, dieses Silber. Es leuchtet so, wie wenn es eben erst aus dem Weltall herausgeboren wäre. So verschieden sind Silber und Blei.

In ähnlicher Weise zeigt man nun zwei andere entgegengesetzte Metalle, zum Beispiel *Quecksilber* und *Zinn*. Das Zinn ist spröde. Es reibt und knirscht, wenn man einen Zinnstab biegt. Man nennt dieses Geräusch das «Zinngeschrei». Das Zinn ist nicht so unansehnlich wie das Blei, auch nicht so schwer. Es ist ziemlich edel. Die Zinngegenstände sind sehr haltbar. Nur bei großer Kälte können Gegenstände aus Zinn zu Staub zerfallen, gänzlich zerbröseln und zerbröckeln.

* *Übertrieben, vor allem schmilzt und verdampft Blei leicht. (Anmerkung von D. Rohde)* 119

Ganz anders ist das *Quecksilber*. Vor allem ist es flüssig. Ein solches flüssiges Metall sieht ähnlich wie Wasser aus und ist doch wieder ganz anders. Bildete das Zinn innerlich Ecken und Kanten, rieb sich und knirschte, so bildet das Quecksilber mit unendlicher Leichtigkeit runde Tropfen, die immer wieder zusammenfließen und sich wieder zerstreuen. Alles ist am Quecksilber rund und beweglich. Das Zinn ist zackig und eckig, das Quecksilber läuft wie eine runde Welle dahin.

Die Kinder wundern sich sehr über die Flüssigkeit des Quecksilbers. Quecksilber ist überhaupt eine wunderbare Substanz. Man kann sich gar nicht satt daran sehen. Nun erzählt man, daß so flüssig, wie das Quecksilber jetzt ist, einstmals alle Metalle waren. Das war so, als auch die Erde im Ganzen noch flüssig war. Aber das Quecksilber – so sagt man – ist bis jetzt so geblieben. Darum sind wir so erstaunt, wenn wir es sehen und bemerken, daß ein Metall so flüssig sein kann wie Wasser. Aber ist es dem Wasser auch wirklich in allem ähnlich? Nun zeigt man, daß sich das Wasser in vielen Eigenschaften merkwürdigerweise umgekehrt verhält wie das Quecksilber. Man füllt beide in Röhren. Das Wasser hat eine konkave, das Quecksilber eine konvexe Oberfläche. Das Wasser macht alles naß, das Quecksilber sammelt seine eigenen Tropfen auf zu größeren und läßt alles trocken. Das Wasser ist leicht, das Quecksilber auffallend schwer. Die Kinder sind ganz stark davon berührt, wenn man gleiche Raumteile von Quecksilber und von Wasser heben läßt. Die Schwere des Quecksilbers ist ganz auffallend. Noch erstaunlicher ist es, wenn man mit der Hand in das Quecksilber hineingreift und es überall ausweicht. Quecksilber und Wasser sind beinahe die einzigen natürlichen Flüssigkeiten auf der Erde.

Das Quecksilber ist ein Flüssiges aus früheren Zeiten. Anders als unser heutiges Wasser. Dieses Wasser aus früheren Zeiten ist im Innern der Erde noch in feinen Tropfen aufbewahrt. Man kann es aus den Erzen gewinnen. Die feinen Tropfen nennt man Jungfernquecksilber. Man erzählt dann auch noch, wie das Quecksilber imstande ist, das Gold und Silber aufzulösen; ferner auch die meisten anderen Metalle, außer dem Eisen. Und noch mehr: Wenn man die Auflösung, das sogenannte Amalgam, erhitzt, verdampft das Quecksilber, wird zu Luft, schlägt sich daraufhin in der Umgebung nieder, während dagegen Gold und Silber allein zurückbleiben. Darin ist das Quecksilber wieder dem Wasser ähnlich. Im Wasser lösen sich die Salze, im Quecksilber ebenso die meisten Metalle. Sie kehren

dadurch wieder in den flüssigen Zustand zurück. Auch das Quecksilber ist beweglich wie das Wasser und vermittelt die größten Gegensätze. Die mittelalterlichen Chemiker, die Alchimisten, nannten das Quecksilber «flüchtigen Diener» (servus fugitivus). Denn nachdem man Gold oder Silber darin aufgelöst hat, kann man das Quecksilber wieder verflüchtigen. Man bekommt Gold und Silber zurück, ähnlich wie man in Wasser alles auflösen und durch Abdampfen wiederum gewinnen kann. So werden das Quecksilber und auch das Wasser Diener, die man beliebig herbeirufen und wieder wegschicken kann. Solche Eigenschaften, die zugleich stark mit der Tropfenbildung zusammenhängen, nannte man in früheren Zeiten *merkuriale* Eigenschaften.

Ebenso kann man nun auch über das *Kupfer* und das *Eisen* sprechen. Man zeigt die rote Farbe des Kupfers und seine weiche und geschmeidige Natur. Einen Draht von Kupfer kann man ganz fein ausziehen. Mit dem Zinn zusammen gibt es die Bronze. Dadurch wird es härter und bildsam für die verschiedensten Gegenstände. Die Glocken haben den schönen Ton. Bevor die Menschen das Eisen sich dienstbar machten, hatten sie kupferne beziehungsweise bronzene Waffen. Kupfer wird im Feuer schwarz. An der Luft wird es nach längerer Zeit grün (Patina). Mit Säuren wird es blau. Es kann also die verschiedensten Farben annehmen. So liegt im Kupfer etwas Weiches, Mildes und Farbenreiches. Seine Schönheit, Weiche und Schmiegsamkeit ist bemerkenswert.

Ganz anders ist das *Eisen*. Es ist grau, oft schwärzlich, doch hat es metallischen Glanz. An der Luft, besonders in Gegenwart des Wassers rostet es. Die Farben der eisenhaltigen Erze und Salze gehen nach dem Roten hin.* Auch im Blute ist es darinnen, und wir könnten gar nicht atmen ohne das Eisen. Aus dem Eisen werden die Waffen gemacht, die Eisenbahnen und die ganze Welt der Maschinen, die wir gebrauchen. Wir gewinnen das Eisen nur durch den mächtigen Feuerprozeß des Hochofens. Wir stellen daraus den Stahl her. Es hat etwas Hartes, Kräftiges, ja geradezu Kriegerisches. Es durchdringt die ganze Erde und ist am meisten von allen Metallen darin enthalten. Dem Kupfer ist es in vieler Beziehung entgegengesetzt. Das Kupfer ist rot, in der Flamme wird es schwarz. Das Eisen ist schwärzlich, in der Luft wird es rot. Die Eisenerze neigen nach der roten Farbe, die Kupfererze nach der blaugrünen. So ist ein großer Unterschied zwischen Eisen und Kupfer.

* Fe (II) - Verbindungen neigen aber zum Grünlichen. (Anmerkung von D. Rohde)

So läßt man zunächst auf dieser Stufe ein ganz einfaches Bild der Metalle entstehen. Später wird man auf diesen Anfängen weiterbauen können.

Der Vergleich des Wassers mit dem Quecksilber hat uns schon klargemacht, wie es mit dem Verhältnis von Metall und Wasser steht. Das Wasser ist die obere Sphäre des Flüssigen auf der Erde. Das Wasser steht immer mit der Atmosphäre und damit mit dem ganzen Weltall in Beziehung. Auch stammt aus ihm alles Lebendige, und es wirkt in allen lebenden Wesen. Das Quecksilber dagegen, jenes Metall, das sich den früheren Flüssigkeitszustand der Erde erhalten hat, mag als Vertreter eines früheren, vom Kosmos abgeschlossenen Metallisch-Wäßrigen gelten. So können die Kinder fühlen, daß es zwei Flüssigkeitssphären gibt, eine obere und eine untere. Die Metalle, die wir aus den Adern der Erde herausholen, entsprechen der unteren Sphäre. Eindrucksvoll ist es auch, wenn man zum Beispiel vor den Kindern Quecksilber destilliert. Da sehen sie das Metall verschwinden und beim Abkühlen wieder wie ein Regen herunterfallen. Doch braucht das Metall eine große Wärme, um sich zu verflüchtigen und dann wiederum neu zu entstehen. Das Wasser geht leicht in die Atmosphäre über und kommt im Regen zurück. Für das Quecksilber braucht man für denselben Vorgang die Macht des Feuers.

Im ganzen ist durch diese Ausführungen eine Anschauung vermittelt von Vorgängen, welche in der Mitte zwischen den Verbrennungen und den Salzbildungen stehen. Sowohl im Wasser wie auch in den Metallen sind die Tropfenbildungen, die Flüssigkeitskräfte, die Tendenz des Sichverflüchtens und Wiedererstarrens das Wesentliche. Wasser und Metalle können als die Repräsentanten der mittleren oder Zirkulationsvorgänge der Erde gelten. Nachdem man auf diese Weise einen kleinen Ausschnitt aus der Chemie in drei Stufen an die Klasse herangebracht hat, kann man jetzt noch einmal zusammenfassen. Man stellt noch einmal folgende drei Vorgänge nebeneinander dar: 1. Eine Verbrennung (etwa des Schwefels). 2. Das Auskristallisieren einer Salzlösung. 3. Die Destillation von Wasser oder Quecksilber (Gegensätze und Vermittlung). Dadurch zeigt sich der ungeheure Gegensatz des Verbrennens, das die ganze Willenskraft ergreift, und des ruhigen kalten Auskristallisierens, wo Kristallformen sich bilden, die man ruhig beobachten kann. Endlich das immer bewegliche und wiederum ruhende Wasser sowie das einzigartige Quecksilber. Sie pendeln zwischen dem Luftigen und dem Flüssigen. Damit hat man die

grundlegenden chemischen Begriffe, welche sowohl zu den Vorgängen der äußeren Natur als auch zu dem menschlichen Organismus Beziehung haben, in den Kindern veranlagt. Ein solcher Unterricht kann dann die Grundlagen abgeben für die nächsten Jahre. Sicher läßt sich auf die verschiedenste Art und Weise eine solche Aufgabe durchführen, und es sollen diese Ausführungen nur als ein Beispiel gelten, das jeder für sich nach seinen Bedürfnissen ausgestalten wird.

SECHZEHNTER VORTRAG

Dornach, 22. September 1923

Nun, meine Herren, ^{*}liegt heute etwas vor?

Fragesteller: In bezug auf Ernährung. Ich möchte fragen, ob in der Ernährung durch die Kartoffel in andern Ländern eine Beziehung besteht, also ein Zusammenhang in anderer Beziehung als, sagen wir, für die Europäer.

Dr. Steiner: Wollen wir die ganze Frage von der Ernährung, von der Beziehung der Ernährung zur geistigen Welt, heute noch einmal besprechen. Sie wissen ja, daß die Kartoffel erst in der neueren Zeit eingeführt worden ist. Das habe ich Ihnen gesagt, daß im früheren Europa die Kartoffelernährung nicht vorhanden war, sondern daß dazumal die Völker sich in einer anderen Weise, wesentlich von anderen Produkten, ernährten. Nun können wir natürlich diese Frage nicht entscheiden, ohne daß wir die Beziehung der geistigen Welt zur Ernährung überhaupt betrachten.

Sie werden sich erinnern – ich habe ja diese Dinge schon einmal angedeutet –, der Mensch lebt eigentlich von viererlei Produkten: von Eiweiß, das er eigentlich mit allen seinen Nahrungsmitteln in sich aufnimmt, das in einer, ich möchte sagen, charakteristischen, in einer besonders bezeichnenden Form ja im Hühnerei enthalten ist, das aber in allen Nahrungsmitteln mit enthalten ist. Also das ist das erste, das Eiweiß. Dann nimmt der Mensch auch Fette auf, nicht nur, indem er direkt tierisches Fett genießt, sondern Fett ist wiederum in allem enthalten. Sie wissen, es werden auch andere Produkte zu fetthaltigen Nahrungsmitteln umgestaltet, wie zum Beispiel die Milch zum Käse umgestaltet wird und so weiter. Das dritte Nahrungsmittel, das sind diejenigen Produkte, die wir als Kohlehydrate bezeichnen, und das ist all dasjenige, was wir aus dem Pflanzenreiche aufnehmen, natürlich auch mit aufnehmen aus den anderen Nahrungsmitteln, aber was wesentlich enthalten ist eben in solchen Nahrungsmitteln wie Weizen, Roggen, Linsen, Bohnen, aber auch in der Kartoffel, und in der Kartoffel in ganz vorherrschendem Maße. Das letzte, was der Mensch nötig hat zum Leben, was er gewöhnlich nur als einen Zusatz betrachtet, was aber zum

290 * Bauerbeiter am Goetheanum in Dornach/Schweiz (Anmerkung von D. Rohde)

Leben ganz besonders auch notwendig ist, das sind die Salze. Nun, wir nehmen ja unsere Salze zunächst in Form des Kochsalzes auf, aber wiederum enthalten alle Nahrungsmittel Salze. So daß wir also sagen können: Die menschliche Nahrung muß, damit der Mensch leben kann, aus Eiweiß, Fetten, Kohlehydraten und aus Salzen bestehen.

Nun will ich Ihnen beschreiben, was denn eigentlich diese verschiedenen Nahrungsmittel, die wir dadurch, daß wir gemischte Nahrung genießen, eben in verschiedener Form bekommen, für den Menschen bedeuten. Nehmen wir da zuallererst die Salze.

Die Salze, die sind eigentlich für den Menschen, wenn sie auch nur in geringen Mengen aufgenommen werden, ein außerordentlich wichtiges Nahrungsmittel, nicht bloß ein Genußmittel. Wir salzen nicht bloß unsere Speisen deshalb, daß wir etwa, sagen wir, angenehme Säuerlichkeit haben im Geschmacke, sondern wir salzen unsere Speisen aus dem Grunde, damit wir überhaupt denken können. Die Salze müssen als Nahrungsmittel bis in das Gehirn kommen, damit wir überhaupt denken können. Also die Salze hängen am meisten zusammen mit demjenigen, was unser Denken ist. Wenn jemand zum Beispiel so krank ist – denn das ist schon eine Krankheit –, daß er alles dasjenige, was in der Nahrung Salz ist, im Magen oder im Darm ablagert und nicht mit dem Blut ins Gehirn schickt, dann wird er schwachsinnig, dumm. Das ist dasjenige, auf das man eben aufmerksam machen muß.

Nicht wahr, man muß sich klar sein darüber: Geist ist vorhanden, aber der Geist muß auf der Erde, damit er wirken kann, in den Stoffen wirken. Und man muß daher gerade, wenn man Geisteswissenschaft betreibt, die Wirkung des Geistes in dem Stoff kennen. Sonst wäre es ja so, wie wenn einer sagen würde: Maschinen machen, das ist etwas Materielles; wir aber sind geistige Leute, wir wollen nichts Materielles, wir wollen also nicht erst Eisen kaufen, Stahl, sondern wir wollen Maschinen erschaffen aus dem Geist heraus. – Das ist natürlich Unsinn. Man muß erst den Stoff dazu haben. So braucht der schaffende Geist in der Natur überall den Stoff. Und ist er gehindert, den Stoff zu verwenden, lagert sich also das Salz, statt daß es durch das Blut zum Gehirn dringt, im Magen und in den Gedärmen ab, dann wird der Mensch dumm.

Allerdings, so einfach ist wiederum die Sache nicht. Der Mensch

kann das Salz nicht unmittelbar so brauchen, wie es draußen in der Natur ist. Wenn Sie also – man könnte das sogar – ein Löffelchen ins Gehirn machen würden und würden einem da Salze einträufeln ins Gehirn, so würde das nichts nützen, denn das Salz muß schon in den Magen hineinkommen, weil, wenn das Salz in den Magen und in die Därme kommt – beachten Sie nur einmal, daß das Salz ja schon auf der Zunge aufgelöst wird –, es noch mehr, ganz fein aufgelöst wird, immer feiner und feiner wird. Es kommt durch das, was der Mensch mit dem Salz macht, das Salz überhaupt schon in einem vergeistigten Zustand ins Gehirn. Also so einfach, daß wir das Salz direkt ins Gehirn bringen könnten, ist die Sache nicht. Aber wer nicht imstande ist, die Wirkungen des Salzes im Gehirn zu haben, der wird dumm.

Nun betrachten wir die Kohlehydrate. Das ist also das, was wir in Erbsen, Bohnen, Weizen, Roggen oder in Kartoffeln vorzugsweise da genießen. Die Kohlehydrate tragen insbesondere dazu bei, daß wir als Mensch die menschliche Gestalt haben. Wenn wir keine Kohlehydrate essen würden, so würden wir alle möglichen Verzerrungen der menschlichen Gestalt haben. Wir würden meinetwillen so sein, daß sich die Nase nicht ordentlich ausbilden würde, die Ohren nicht ordentlich ausbilden würden. Wir hätten nicht diese menschliche Gestalt, die wir haben. Die Kohlehydrate, die wirken dazu, daß wir gewissermaßen äußerlich als Mensch gezeichnet werden. Überallhin wirken sie, daß wir überall gezeichnet werden als Mensch. Und wenn der Mensch so organisiert ist, daß er die Kohlehydrate nicht ins Gehirn hineinbringt, sondern wenn sie sich wiederum ablagern in den Gedärmen und im Magen, dann verfällt der Mensch. Dann sieht man, wie der Mensch allmählich zusammenfällt, wie er in sich zusammensinkt, wie er schwach wird, wie er gewissermaßen seine Gestalt nicht mehr aufrechterhalten kann. Also die Kohlehydrate tragen das ihrige dazu bei, daß wir überhaupt die richtige menschliche Gestalt haben.

Sie sehen also, wir müssen eigentlich überall die richtigen Nahrungsmittel hineinbringen. Die Salze, die wirken vorzugsweise da vorn auf das Gehirn. Die Kohlehydrate, die wirken mehr da rückwärts auf das Gehirn, auf diese Schichte da (es wird gezeichnet). Und namentlich würde bei dem Menschen, der zu wenig Kohlehydrate verdauen kann,

der sie nicht in diese Schichte des Gehirns hineinbringen würde, sich sehr bald auch das herausstellen, daß er immerfort heiser ist, daß er nicht rein und klar sprechen kann. Wenn Sie einen Menschen hören, der früher ganz ordentlich hat reden können, aber nun plötzlich eine heisere Sprache kriegt, da können Sie sich sagen: bei dem ist in der Verdauung etwas nicht richtig. Er kann nicht in der richtigen Weise Kohlehydrate verdauen, sie kommen nicht an die richtige Stelle des Gehirns. Dadurch ist seine Atmung nicht mehr in Ordnung und auch seine Sprache nicht. So daß wir sagen können: Die Salze wirken vorzugsweise auf das Denken. Die Kohlehydrate wirken zum Beispiel auf die Sprache und alles, was damit zusammenhängt. Es ist also notwendig, daß wir diese Kohlehydrate haben.

Nun, die Fette. Ja, sehen Sie, meine Herren, die Kohlehydrate, die wirken für unsere Gestalt, aber sie haben eigentlich so die Absicht, uns zu einer bloßen Gestalt zu machen. Sie polstern uns nicht aus. Wir müssen auch ausgepolstert werden. Und das machen die Fette. Die Fette bewirken also, daß da, wo die Kohlehydrate die Gestalt aufbauen, gleichsam den Plan in die Luft hineinzeichnen, daß da auch wiederum das Material hineinkommt vom Fett. Also das Fett dient dazu, daß wir in der richtigen Weise Material in uns haben. Nur kommt das beim Fett in einer ganz besonderen Weise zum Ausdruck.

Sehen Sie, ich habe Ihnen früher gesagt, daß der Mensch ein Ich hat, einen Astralleib, einen Ätherleib und einen physischen Leib. Natürlich, das Fett lagert sich ab im physischen Leibe, aber das Allerwichtigste, damit sich das Fett ablagern kann und lebendig bleibt – denn wir müssen ja lebendiges Fett in uns haben –, das ist der Ätherleib. Dieser Ätherleib, der ist das Wichtigste für die Fettablagerung. Aber der Astralleib wiederum, der ist das Wichtigste für die Empfindung.

Jetzt denken Sie einmal, wenn einer wach ist, da ist sein astralischer Leib in ihm drinnen, wenn er schläft, ist der astralische Leib draußen. Wenn nun der Mensch wach ist und der Astralleib in dem Ätherleib drinnen arbeitet, da wird das Fett fortwährend verarbeitet, und es wird durch das Fett alles im Körper geschmiert. Wenn der Mensch schläft, der Astralleib also draußen ist, wird das Fett nicht verarbeitet, sondern es lagert sich ab. Beim Wachen wird das Fett fortwährend zum Schmie-

ren benützt, beim Schlafen abgelagert. Wir brauchen beides, abgelagertes Fett und solches Fett, das den Körper einschmiert.

Wenn einer nun aber fortwährend schläft – früher war das häufiger, jetzt^{*} wird es immer seltener; ein Rentier zum Beispiel, nicht wahr, der tut gar nichts –, da lagert sich das Fett auch am Tage ab, beim sogenannten Wachen, das aber eigentlich ein Schlafen ist: es kommt der Schmerbauch und es kommt eben überall viel abgelagertes Fett! Also Sie sehen, die richtige Ablagerung von Fett hängt davon ab, daß der Mensch tatsächlich sein Fett auch lebendig verbraucht, denn es wird ja immer erzeugt. Wenn einer nun gerade so viel ißt, als er verbraucht, so ist das das Richtige. Wenn einer aber fortwährend ißt und nichts verbraucht, so kommt eben der Schmerbauch.

Das, was ich Ihnen da sage, das wissen instinktiv die Landwirte sehr gut, denn die brauchen das bei den Schweinen. Wenn sie die Fetteschweine erzeugen, da muß das herbeigeführt werden, daß diese Tiere eigentlich ihren inneren Körper gar nicht mehr schmieren, sondern alles, was sie genießen, ablagern. Und so muß die Lebensweise dieser Tiere entsprechend eingerichtet werden.

Es kann natürlich auch sein, daß der Mensch nicht imstande ist, ordentlich Fett abzulagern, daß er also krank ist. Rentiers sind in dieser Beziehung gesund; die lagern das Fett ab. Aber es kann auch daran fehlen, daß man die Kohlehydrate nicht ablagert und die Sprache heiser wird. So kann es auch sein, daß die Fette nicht richtig abgelagert werden, einfach mit dem Darmkot weggehen. Dann haben wir zu wenig Fett, können zu wenig schmieren. Oder wenn wir überhaupt zu wenig Nahrungsmittel haben, hungern müssen, können wir zu wenig schmieren. Das Fett ist ja das eigentliche Material, das wir in den Körper hineinlegen. Was geschieht denn mit einem Menschen, der entweder hungern muß oder durch seine Verdauung so eingerichtet ist, daß er das Fett nicht ablagern kann, sondern daß es mit dem Darmkot fortgeht? Ein solcher Mensch, der kein Material in seinem Körper hat, der wird immer geistiger. Aber auf diese Weise geistig zu werden verträgt der Mensch nicht. Da verbrennt der Geist. Er wird also nicht nur immer dürrer und dürrer, sondern es bilden sich Gase in ihm, was zu dem treibt, was man Wahnideen nennt und dergleichen, und es tritt der Zu-

stand auf, der beim Hunger da ist: Hungerwahnsinn. Das zerstört immer, das ist immer eine Zerstörung des Leibes. So daß also, wenn der Mensch zu wenig Fette bekommt, dasjenige auftritt, was man Auszehrung nennen kann, Schwindsucht kann man auch sagen; er schwindet dahin.

Nun das Eiweiß. Sehen Sie, das muß ja sozusagen von allem Anfang an da sein. Das Eiweiß ist ja schon vorhanden als Ei, bevor das Wesen entsteht, das menschliche, auch das tierische Wesen. So daß wir sagen können: Das Eiweiß, das ist dasjenige, was den Menschen eigentlich bildet, entwickelt; es ist das Ursprüngliche, das zugrunde liegt. Aus dem Eiweiß muß sich alles übrige im Körper erst herausbilden. Das kann man doch verstehen? So daß man also folgendes sagen kann: Das Eiweiß muß überhaupt vom Anfang an da sein, damit der Mensch entstehen kann. Die Mutter bildet das Eiweiß in der Gebärmutter aus in Form eines kleinen Klümpchens. Das Ei wird befruchtet, und durch die Befruchtung wird dann dieses Eiweiß fähig, durch die Dinge, die ich Ihnen geschildert habe, zum Menschen gestaltet zu werden. Aber der Mensch braucht natürlich fortwährend Eiweiß. Daher muß in seiner Nahrung fortwährend Eiweiß enthalten sein. Wenn er zu wenig Eiweiß hat oder wenn er das Eiweiß nicht ordentlich verdauen kann, dann muß er am Eiweißmangel nicht nur ausgezehrt werden – was ihn ja auch allmählich tötet –, aber würde der Mensch in einem Augenblicke seines Lebens überhaupt kein richtiges Eiweiß haben, so müßte er gleich sterben. Geradeso wie das Eiweiß zum Entstehen notwendig ist, so ist das Eiweiß auch notwendig, daß der Mensch überhaupt lebt. So daß wir sagen könnten: Derjenige, der Eiweiß überhaupt nicht verdauen kann, bei dem würde der Tod eintreten.

Jetzt schauen wir uns einmal die einzelnen Nahrungsmittel an. Wenn wir die Salze anschauen, so werden wir vorzugsweise an den Vorderteil des Kopfes gewiesen. Da drinnen lagern sich die Salze ab. Etwas weiter hinten, da lagern sich die Kohlehydrate ab, und die bewirken, daß wir die menschliche Gestalt haben. Dann lagern sich noch weiter hinten die Fette ab und füllen von da aus den Körper aus, denn die Fette gehen nicht etwa unmittelbar herein in den Körper, sondern gehen vom Blut in den Kopf, und da werden sie erst für den Körper ausgeschlachtet. Alles geht durch den Kopf, auch das Eiweiß.

Nun ist aber ein großer Unterschied in bezug auf die Kohlehydrate. Wenn Sie sich so etwas wie Linsen, Bohnen, Erbsen, Roggen, Weizen anschauen, so können Sie sagen: dabei werden die Kohlehydrate aus den Früchten gewonnen. Denn das, was wir im Weizen haben aus der Erde, das ist ja die Frucht. Wenn wir Linsen haben, das ist auch die Frucht. Und Früchte haben das Eigentümliche, daß sie schon im Magen und in den Därmen verarbeitet werden und nur die Kräfte nach dem Kopf schicken. Daß Linsen, Bohnen im Gedärm verarbeitet werden, das wissen ja alle aus den eigentümlichen Zuständen, die gerade beim Genuß von Linsen und Bohnen kommen können. Das alles, Korn, Weizen, Linsen, Bohnen, wird in den Gedärmen verarbeitet. Also die Früchte haben hauptsächlich die Eigentümlichkeit, daß sie schon in den Gedärmen ordentlich verarbeitet werden.

Aber bei den Kartoffeln können wir ja nicht die Früchte genießen. Wenn wir das, was bei der Kartoffel die Früchte sind, essen würden, so würden wir ja sogar einen Giftstoff bekommen, einen verderblichen Giftstoff. Also bei der Kartoffel ist das so, daß sie uns nicht gestattet, in derselben Weise aufgegessen zu werden wie Linsen, Bohnen, Erbsen und so weiter oder die Feldfrüchte, Roggen, Weizen. Nun, was genießen wir denn bei der Kartoffel? Ja, das, was unten ist: die Knolle. Und die Knollen, die sind nun dasjenige bei allen Pflanzen, Wurzeln und so weiter, was in den Gedärmen am allerwenigsten verarbeitet wird. Die Früchte werden in den Gedärmen verarbeitet. Das kann man aber bei der Kartoffel nicht essen, was dort die Früchte sind. Man ißt die Knolle; die ist nicht eine richtige Wurzel, sondern ein verdickter Stengel. Nun wird die Kartoffel also gegessen, kommt in den Magen, in die Gedärme. Da kann sie nicht gleich verarbeitet werden, sondern sie geht jetzt durch das Blut unverarbeitet herauf. Statt daß nun, wenn sie hier in ihre Schichte des Gehirns kommt, sie da schon so fein kommen würde wie Roggen und Weizen und gleich hinuntergeschickt werden würde in den Körper, muß erst hier im Gehirn die Verarbeitung geschehen. So daß also, wenn wir richtiges Roggen- oder Weizenbrot essen, wir das im Magen und in den Gedärmen ordentlich verdauen und wir unserem Kopf nicht mehr zumuten, daß der nun erst die Verdauung besorgen soll, sondern der kann schon die Verbreitung im Körper

bewirken. Wenn wir dagegen Kartoffelbrot oder Kartoffeln überhaupt genießen, dann stellt sich das heraus, daß der Kopf erst zu der Verdauung der Kartoffel dienen muß.

Wenn aber der Kopf erst zur Verdauung der Kartoffel verwendet werden muß, dann kann er nicht mehr denken, denn zum Denken muß er die Kräfte frei haben; da muß ihm der Unterleib die Kräfte der Verdauung abnehmen. So daß also, wenn der Mensch die Kartoffel zu viel genießt – was also immer mehr und mehr von dem Zeitpunkte an der Fall war, als die Kartoffel eingeführt wurde und in Europa eine Bedeutung erlangte –, der Kopf immer mehr und mehr für das eigentliche Denken ausgeschaltet wird, und der Mensch verliert immer mehr und mehr die Fähigkeit, mit seinem Mittelkopf zu denken; er denkt dann nur mehr mit dem Vorderkopf. Aber dieser Vorderkopf, der von den Salzen abhängt, der führt immer mehr und mehr dazu, daß man eigentlich bloß ein materialistischer Verstandesmensch wird. Das richtige Geistige kann ja der Vorderkopf gar nicht denken. Gerade durch den Vorderkopf wird man ein richtiger Verstandesmensch. Die Sache ist daher diese, daß in der Tat das innere Denken in Europa zurückgegangen ist von dem Moment an, wo die Kartoffelnahrung Platz griff.

Nun müssen wir uns klar sein darüber, daß der Mensch nicht nur aus den Kräften, die auf der Erde sind, aufgebaut wird. Das habe ich Ihnen ja fortwährend gesagt, daß der Mensch aus der ganzen Umgebung aufgebaut wird, daß der Mensch ein Geschöpf von Sonne, Mond und den Sternen ist. Wenn der Mensch nun Kartoffeln isst, dann verwendet er seinen Mittelkopf nur dazu, um diese Kartoffeln zu verdauen. Da schließt er sich ab von der Umwelt, da erkennt er die Umwelt nicht mehr an. Da erklärt er: Das ist alles Wischiwaschi, was da gesagt wird von der Welt, daß da eine Geistigkeit von der Welt herunterkommt. – Und so kann man sagen: Es ist eigentlich der übermäßige Kartoffelgenuß zum großen Teil auch wiederum das, was in der neueren Zeit zum Materialismus getrieben hat.

Natürlich ist die Sache ja so, daß vorzugsweise diejenigen, die nun nicht genügend Mittel haben, auf die Kartoffel angewiesen sind, weil die Kartoffel eine Zeitlang billig war, und diejenigen, welche wohlhabend sind, die können sich mehr dasjenige, was auf den Vorderkopf

wirkt, kaufen, können also mehr die Speisen würzen und salzen. Die Würzen wirken ebenso auf den Vorderkopf wie die Salze. Und die Folge davon ist, daß das nur Verstandesmenschen werden, und die anderen sich leicht von den Verstandesmenschen alles vormachen lassen, weil sie ja ihren Kopf nicht mehr zum Denken benützen können. So hat schon die Kartoffel einen ganz besonderen Bezug zum Geist überhaupt. Sie hat also eigentlich den Geist materialistisch gemacht.

Wenn wir nun diese Gliederung des Menschen betrachten, so müssen wir sagen: Der physische Leib des Menschen nimmt zunächst seinen Ursprung aus dem Eiweiß. Dieses Eiweiß hängt mit Geburt und Tod des physischen Menschen zusammen. Der Ätherleib hat sein hauptsächlichstes Feld in den Fetten. Der Astralleib, der hat sein hauptsächlichstes Feld in den Kohlehydraten, und erst das Ich hat sein Feld in den Salzen.

~~So können wir sagen: Dasjenige, was im Menschen das Empfindungsvermögen ist – es ist ja nicht der physische Leib, wenn ich auf meine Hand schlage und dann empfinde, denn sonst müßte alles, was physisch ist, empfinden –, es ist der astralische Leib. Ich schiebe das Fleisch zurück, den Muskel zurück, dadurch wird das Fleisch im Muskel aus dem astralischen Leib herausgeschoben und ich empfinde im astralischen Leib. Alles, was innerlich Empfindung ist, ist im astralischen Leib. Der astralische Leib ist aber angewiesen darauf, daß er richtig arbeiten kann. Ich habe Ihnen gesagt: Wenn der astralische Leib auch bei Tag schläft und nicht richtig arbeiten kann, dann lagert sich der Schmerbauch ab, das Fett. – Oder, das ist auch der Fall, wenn der Mensch bloß intellektualistisch mit dem Kopf arbeitet, Verstandesmensch wird, es lagert sich sogar auch das Fett ab. Aber der astralische Leib, der ja zum Beispiel auch in der Sprache wirkt, der braucht die Kohlehydrate nicht bloß im Kopfe oben, nicht bloß da, er braucht die Kohlehydrate im ganzen Körper. Der astralische Leib muß die Beine bewegen, der astralische Leib muß die Hände bewegen, er braucht die Kohlehydrate im ganzen Körper. Wenn ich ihm Roggen oder Weizen als Kohlehydrate gebe, da gehen die Kräfte in den ganzen Körper. Wenn ich ihm bloß Kartoffeln gebe, bleiben die Kräfte da oben im Kopf sitzen und der Mensch wird ausgemergelt, schwach, und sein astralischer~~

Der Unterricht in der 8. Klasse

Es kommt zuweilen vor, daß der Lehrplan ungefähr gleiche Themen für die 8. und 9. Klasse angibt. Auf den ersten Blick kann das verwirrend sein; wenn man aber vor der Aufgabe steht, den Unterricht wirklich zu erteilen, merkt man bald, daß der Lehrstoff sich gliedert und ordnet und daß die für die Arbeit maßgebenden Gesichtspunkte so verschieden sind, daß nicht das geringste Durcheinander aufzutreten braucht.

Im Lehrplan der 8. Klasse wird besonders auf die Kohlehydrate, die Fette und das Eiweiß als Nahrungsmittel hingewiesen. In der 9. Klasse wird über die Elemente der organischen Chemie gesprochen. Letztere ist ein umfangreiches Gebiet, zu dem auch die Kohlehydrate, die Fette und sogar das Eiweiß gehören. Man wird nun während der Arbeit merken, daß man in der 8. Klasse allerlei tun und behandeln kann, für das in der 9. Klasse einfach keine Zeit bleibt. Wenn man seinen Ausgangspunkt gut wählt, wird man durch das Vorausgegangene den Unterricht in der 9. Klasse sogar stützen und fundieren können. Man muß dabei vor allem darauf achten, nicht Teile des Lehrstoffs und Begriffsformen zu früh zu behandeln. Gewöhnlich ist ein derartiges „Gelehrt-Tun“ die Folge einer gewissen Unbeholfenheit, eines Fehlens von Richtlinien oder eines nicht guten Beherrschens des Faches. In gewisser Hinsicht ist es die größte Kunst, aus einfachen Dingen etwas zu machen. Denn gerade damit erreicht man, daß die flammende Begeisterung des Kindes und seine Fähigkeit, tief in die Erscheinungen unterzutauchen, geschützt und gepflegt werden bis in die höheren Regionen der Schule.

Man beginnt in dieser Epoche am besten beim *Zucker*. Man untersucht z. B., wie Zucker sich zu Wasser verhält. Erst führt man die große Löslichkeit vor. Man tut dies, indem man in ein Becherglas etwas Wasser gibt und dieses erhitzt, bis es siedet. Dann gibt man vorsichtig Zucker hinzu, sorgt aber dafür, daß immer nur wenig auf dem Boden liegt. Inzwischen achtet man darauf, wie die Oberfläche der Flüssigkeit steigt. Die Lösung wird schließlich den mehrfachen Raum einnehmen als anfangs das reine Wasser. Dann läßt man die Flüssigkeit abkühlen. Sie wird erst syrupartig, dann zäh werden. Nach einiger Zeit beginnt die Kri-

stallation, wodurch die ganze Masse erstarrt. Man tut nun etwas, was für Kinder dieses Alters mehr denn je wichtig ist: man läßt sie überlegen, wo diese Erscheinungen zur Anwendung kommen. Kinder dieser Altersstufe sind mit ihren Interessen sehr stark auf die nüchterne Sphäre des täglichen Lebens gerichtet. Dem können wir mit diesem Fach besonders gut genügen. Die Mädchen vor allem kennen die behandelten Stoffe vom Kochen her. Nun lernen sie gedanklich zu durchschauen, was die meisten schon seit langem aus der Erfahrung kennen. Und in einigen Fällen können wir sogar Anweisungen geben, die sie wieder praktisch anwenden können.

Das Auflösen von Zucker und das Wieder-Erstarren-Lassen der Lösung wendet man u. a. an bei der Herstellung von Zuckerglasuren, Zuckerwerk, Syrup, Gelee, Marmelade, usw.

Nun bringen wir den Zucker mit Feuer in Berührung. Erst geben wir z. B. etwas davon in ein Reagenzglas und erhitzen dieses vorsichtig. Man sieht dann, wie der Zucker schmilzt. Wenn man wirklich ganz vorsichtig verfährt, bleibt die Flüssigkeit farblos. Andernfalls wird sie sehr schnell gelb werden und in einen schönen braunen, angenehm duftenden Zustand übergehen. Diesen Zustand des Zuckers nennt man Karamel. Man verwendet ihn u. a. bei der Zubereitung von Karamelpudding und bestimmten Näschereien.

Bei stärkerer Erhitzung gibt es ein heftiges Gebrodel, während die Flüssigkeit sich immer brauner bis ins Schwarze färbt. Zugleich beginnen große Mengen Rauch und brennbare Dämpfe zu entweichen.

Dieser Versuch läßt sich steigern, wenn man eine größere Menge Zucker in einem eisernen Becher mit einem losen Deckel verschließt. Wenn man den Becher nun erhitzt, gibt es ein gewaltiges Gepuffe und Geblase und Aufflammen. Die schwellende Masse drückt den Deckel hoch und trieft über den Rand. Schließlich bleibt schwarz-glänzende, knusprige, poröse Kohle übrig.

Man kann Zucker auch in die Gasflamme blasen. Jedes Körnchen erzeugt dann ein kleines Flämmchen. Einen hübschen Effekt ergibt auch das Erhitzen von Zucker auf einem Eisenlöffel.

Dann kann man die Zuckerbildung im Pflanzenblatt behandeln. Es ist nicht ausgeschlossen, daß man die Rolle des Kohlensäuregases und die Bildung von Sauerstoff schon jetzt darstellt. Dies muß in der 9. Klasse auf jeden Fall geschehen. Man wird jedoch sehr wohl merken, daß man mitunter viel intensiver auf einen Stoff eingehen kann, wenn man die Gelehrsamkeit nicht sofort und zu aufdringlich in den Vordergrund rückt, sondern wenn man es möglich machen kann, aus den Reaktionen auf äußere Einflüsse, aus dem Verhalten zu den vier Elementen, also aus den „Taten und Leiden“ des Stoffes, sein Charakterbild oder

schen Rohrzucker und Traubenzucker, gegebenenfalls auch Fruchtzucker. Dies ist vor allem der Fall, wenn man die Fehling'sche Reaktion schon jetzt einführen will.

Nach dem Zucker können wir *Stärke* behandeln. Wir nehmen etwas Kartoffelmehl und andere Mehlsorten und lassen sie zwischen den Fingern verreiben. Dabei werden Unterschiede erlebt. Mehl sieht zwar dem Zucker zunächst ähnlich, fühlt sich aber „trockener“ an.

Nun streuen wir z. B. etwas Kartoffelmehl in ein mit Wasser gefülltes Glas. Es schwimmt erst oben und sinkt dann unter, ohne sich aufzulösen.

Dann erhitzen wir trockenes Mehl. Es wird nicht schmelzen, wohl aber verkohlen. Es flammt weniger stark als Zucker, brennt aber viel anhaltender.

Man kann an dieser Stelle einige Hinweise bezüglich des Anbrennens beim Kochen von Nahrungsmitteln einfügen. Man führt aus, wie z. B. solch eine halbverkohlte Masse leicht beseitigt werden kann, nachdem man sie mit einer Sodalösung gekocht hat.

Dann behandeln wir das Auftreten von Stärke in der Pflanze. Der Zucker ist eigentlich stets in strömender, fließender Bewegung. Dagegen wird der Überschuss an Zucker schon bei seinem Entstehen durch die Assimilation in Form unlöslicher Stärkekörner aus dem Saftstrom ausgestoßen und gewissermaßen beiseite gestellt. Man kann dann mikroskopisch kleine Körnchen im Blatt nachweisen. Bei schwacher Beleuchtung und bei Nacht werden diese Stärkekörnchen wieder in Zucker verwandelt und aufgelöst. Die Pflanze setzt jedoch auch Stärke an Stellen ab, wo das Leben in der Pflanze zeitweise zum Stillstand kommt und wo im Zusammenhang damit starke Verdichtungs- und Erstarrungsprozesse auftreten. Besonders Knollen und Samen enthalten oft viel Stärke. Auch die Bäume speichern während des Sommers große Mengen Stärke in ihren Stämmen, die den Winter über aufbewahrt werden. Wenn im Frühjahr das Leben sich zu entfalten beginnt, werden alle diese Körner wieder aufgeschlossen und als Zucker in den Säftestrom aufgenommen.

Wie es für den Zucker charakteristisch ist, daß er in verdünntem Zustand durch die Pflanze strömt, so ist es für die Stärke charakteristisch, in zahllosen Körnchen verteilt ruhend aufzutreten. Betrachtet man jedes dieser Körner einzeln unter dem Mikroskop, dann sieht man ein abgeschlossenes Ganzes, das um ein Zentrum hin orientiert ist und einen schichtweisen Aufbau aufweist. In jeder Hinsicht kommt bei der Stärke das Ausgestoßenwerden aus den Ganzheit-bildenden Kräften des Lebens und aus dem kontinuierlichen Flüssigkeitsstrom zum Ausdruck. Die Pflanze als Ganzes ist hauptsächlich auf die Umgebung im weitesten

sogar eine Art Biographie zu entwickeln. Wenn man das tut, sind Abstraktionen überflüssig, und man wird statt dessen eine voll lebendige Anschauung der Prozesse in der Natur entwickeln. In diesem Fall wird der Nachdruck auf die Beziehung zwischen Luft, Wasser und Licht gelegt. Man darf niemals die Gelegenheit vorbegehen lassen, das Oben und Unten in der Natur hervorzuheben, das hierbei wieder so deutlich in Erscheinung tritt. Im Zucker ist das, was von Oben als Wärme, Luft und Licht und was von Unten als Wässriges kommt, zu einer wunderbaren Einheit verwoben.

Wir können nun eine gewisse Erklärung geben für das Verhalten des Zuckers bei den Versuchen. Seine große Löslichkeit hängt zusammen mit dem „Geborenwerden“ aus der Sphäre des Wassers. Und auch darin drückt sich seine Verwandtschaft mit dem Wasser aus, daß man in der Natur Zucker eigentlich niemals anders als in aufgelöster, also flüssigkeitsverwandter Form findet. Das Kristallisieren, also das Heraustreten aus der Flüssigkeit, geht sogar verhältnismäßig schwer vor sich. Jede Pflanze ist mehr oder weniger von Zucker in sehr verdünnter Lösung durchsetzt. Bei den Tieren und beim Menschen strömt der Zucker im Blute mit.

Eine andere Eigenschaft des Zuckers ist die Fähigkeit, beim Erhitzen Gase zu entwickeln. Daraus wird seine Verwandtschaft mit dem Luftigen ersichtlich.

Wenn der Zucker heftig flammend verbrennt und dabei Wärme und Licht entwickelt, ist das dem von ihm aufgefangenen Sonnenfeuer zu danken, das wieder frei wird.

Im Zucker ist ein großer Gegensatz zur Einheit geworden: Zucker ist sowohl mit Wasser verwandt wie auch mit Feuer. Dadurch wird verständlich, daß Zucker ohne Veränderungen in unser Blut aufgenommen werden kann. Vom Blut läßt sich das gleiche sagen wie vom Zucker; auch in ihm sind Feuer und Wasser vereinigt. Mit dem Zucker in unserem Körper tun wir aber etwas anderes als die Pflanze: wir lassen ihn in Wärme aufgehen, während die Pflanze ihn zum größten Teil verdichtet und zu festen Stoffen (wie Zellulose) erstarren läßt. Die Pflanze baut ihre unbewegliche Gestalt also mit Hilfe des Zuckers auf, während er für uns die Grundlage bildet für unsre Beweglichkeit und unsere Wärme-Entwicklung.

Natürlich läßt sich bei der Behandlung des Stoffes noch ein gewisser Unterschied machen zwischen den verschiedenen Zuckersorten. Ich bin jedoch der Meinung, daß man in der 8. Klasse ruhig den Nachdruck auf das Allgemeine legen darf. In der 9. Klasse kann man dann die verschiedenen Zuckerarten deutlicher unterscheiden.

Wahrscheinlich wird es meistens nötig sein, einen Unterschied zu machen zwi-

Sinne gerichtet. Jedes einzelne Stärkekorn hingegen sucht den Mittelpunkt in sich selber.

Wir geben nun eine Stärkemasse in kochendes Wasser. Dazu müssen wir erst vorsichtig kalt einen dünnen Teig anrühren. Diesen gießen wir in das siedende Wasser. Man sieht dann, wie die Körnchen schnell verschwinden und einem glatten, durchscheinenden, halbsteifen Zustand Platz machen. Es ist höchst fesselnd, die langsamer werdende Bewegung der Dampfblasen in der breiigen Masse zu beobachten. Vor allem nach der Abkühlung wird die Masse noch weiter erstarren. Man hat auf diese Weise Stärke-Kleister bereitet. Wenn man nun den Kindern erzählt, daß man beim Kochen von Mehlbrei und bestimmten Pudding-sorten eigentlich auch Kleister kocht, wird das meistens eine Sensation hervorrufen. Man kann dann andeuten, daß das Brotbacken auf einem verwandten Prozeß beruht.

An der Kleisterzubereitung wird ersichtlich, daß sich die Stärke auch bei Erwärmung in Wasser nur unvollkommen auflösen läßt. Es tritt eine Art Verwischung der Grenzen auf zwischen der ursprünglichen Stärke und dem Wasser. Jedes Körnchen nimmt Wasser auf und beginnt aufzuquellen, so daß es seine Struktur verliert. Das geht bald so weit, daß alles freie Wasser verschwunden ist und einer gallertigen Masse Platz gemacht hat.

Wir können nun wieder die Anwendung des Überganges von Stärke in Zucker behandeln. In der Natur tritt dieser zum Beispiel beim Keimen der Samen auf. Wir können Getreidekörner keimen lassen, indem wir sie unter bestimmten Verhältnissen mit Feuchtigkeit in Berührung bringen, und bekommen nach Erhitzen und Trocknen eine Körnermasse, die teils noch stärkehaltig, teils schon zuckerhaltig ist. Wir nennen diese Masse Malz.

Dieser Übergang von Stärke in Zucker macht sich störend bemerkbar bei Kartoffeln, bei denen der Lebensprozeß durch Erfrieren erloschen ist. Es findet in der Kartoffel stets eine geringe Zuckerproduktion statt, die auch nach dem Erfrieren weitergeht. Unter normalen Verhältnissen wird dieser Zucker durch den bescheidenen Lebensprozeß, der auch in der ruhenden Kartoffel erhalten bleibt, verzehrt. In der erfrorenen Kartoffel häuft sich dieser Zucker an. Daher ihr „süßer“, unangenehmer Geschmack.

Man kann die Kinder auch probieren lassen, ob es ihnen gelingt, Brot oder Mehl, indem sie es kauen, mit Hilfe von Speichel in Zucker umzuwandeln. Anknüpfend läßt sich erzählen, daß jede Mehlspeise, die wir essen, ganz in Zucker umgesetzt und in dieser Form in das Blut aufgenommen wird. Es scheint mir besser zu sein, die näheren Einzelheiten in der 9. Klasse zu behandeln.

Nun kommt etwas, was man meiner Ansicht nach sowohl in der 8. als auch in der 9. Klasse behandeln kann: der Nachweis, daß eine Substanz Stärke oder Zucker enthält, mittels bestimmter Reaktionen. In jedem Fall ist dies eine sehr anregende Sache für die Kinder.

Ich halte es für gut, eine Flüssigkeit, die man für eine der Reaktionen verwendet, die Fehlingsche Lösung, nicht direkt in der völlig fertigen Form anzuwenden. Man läßt sie besser Schritt für Schritt entstehen. Ich bespreche nun diese Schritte:

- a) Es wird gezeigt, wie eine Lösung von Kupfersulfat mit Natronlauge einen blauen Niederschlag bildet.
- b) Man macht denselben Versuch beim Vorhandensein einer genügenden Menge aufgelösten Zuckers. Dabei zeigt sich eine starke Vertiefung der blauen Farbe der Lösung, aber kein Niederschlag.
- c) Diese tiefblaue Lösung wird vorsichtig erhitzt. Ist man von Rohr- oder Rübenzucker ausgegangen, zeigt sich keine Veränderung. Mit Traubenzucker dagegen erscheint eine Verfärbung. Das Blau geht über Grün nach Gelb zum Orange hin. Endlich ergibt sich ein stark gefärbter undurchsichtiger gelbroter Niederschlag. Bei diesem Versuch läßt sich ein prächtiger Effekt erzielen, wenn man einen großen Erlenmeyerkolben dazu benützt. Dazu sind nicht einmal viel Chemikalien notwendig.
- d) Für die übliche Laboratoriumsuntersuchung wird diese tiefblaue Flüssigkeit vorher hergestellt, und zwar mit Hilfe eines Stoffes, der kein Zucker ist, und der auch keine Verfärbung beim Erhitzen zeigt. Man wählt dazu Weinsäure oder eines ihrer Alkalisalze, z. B. Seignettesalz. Die zu untersuchende Lösung wird mit einem geringen Zusatz der blauen Flüssigkeit erhitzt. Diese Methode wird auch bei Urin-Untersuchungen angewendet. Die sogenannte Fehlingsche Lösung wird also hergestellt, indem man eine Kupfersulfat-Lösung mit einer Lösung von Weinsäure oder einem Alkalisalz von Weinsäure mischt und nachher Natronlauge hinzufügt.

Mehl oder Stärke ist am einfachsten mit Jod nachzuweisen. Man löst einige Jod-Kristalle in konzentriertem Alkohol oder, was billiger ist, in einer Kaliumjodidlösung auf. Die so erhaltene braune Lösung, die man Jod-Tinktur nennt, gibt man tropfenweise in eine Stärkelösung. Es bildet sich dann eine tiefblaue Färbung. Bei Erwärmung verschwindet diese Farbe gänzlich, bei Abkühlung kehrt sie wieder zurück.

Mit dieser Jod-Lösung und mit der Fehlingschen Lösung kann allerlei demonstriert werden, was mit der Zusammensetzung von Nahrungsmitteln zusammen-

punkt, als eine Zusammenfassung der ganzen Natur anzusehen. In einem solchen alten Bauernrezept findet man auch eine Zusammenfassung der ganzen Natur, und dadurch ist es der Ausdruck eines Versuches, schon in der Zubereitung der Nahrung den Weg zum Aufbau des Menschenleibes zu veranlassen. Man überlege sich nur einmal, wie das Mehl zuerst Erde ist, dann Wasser aufnimmt; wie die Luft durch die Gärung eingeblasen und wie schließlich der Prozeß durch das Feuer abgeschlossen wird. Wenn man die Geschichte von Prometheus liest, der den Menschen schuf, begegnet man dabei demselben Gang durch die vier Elemente. Und dann die Dreiheit: Salz, Wasser und Honig. Man hat in ihnen die Vertreter der ganzen Pflanze, von Wurzel, Stengel und Blatt und Blüte. Wir selbst dürfen wissen, daß auch die *tria principia*: Sal, Mercurius und Sulfur dabei deutlich zum Ausdruck kommen. – Und dann das Getreide selbst. Die Gräser sind die Pflanzen, die mit dem geringsten Material sich am höchsten aufrichten. Sie sind Wunder der Konstruktionskunst. Bei einem Gras steht jedes Gewichtsteilchen gewissermaßen im Dienst der Aufgabe, um der Pflanze zu helfen, gegen die Schwere anzugehen und dasjenige, was wirklich schwer ist, das Korn, so hoch wie möglich dem Himmel entgegenzutragen. Die Gräser feiern fortwährend einen großen Sieg über die herabziehenden Erdenkräfte.

Am besten läßt sich die Großartigkeit der Gräser und des Kornes erkennen, wenn man mit ihnen die Kartoffel vergleicht. Die Kartoffelknolle ist eigentlich ein Stengel und also dazu bestimmt, sich aufzurichten. Dieser biegt sich aber zurück und dringt in die Erde ein. Er folgt nicht nur der Schwererichtung, sondern wächst auch noch zu einer plumpen Masse aus.

Für den Menschen ist die aufgerichtete Haltung typisch, die erst möglich wird durch Überwindung der Schwere. Wir verdanken dieser Haltung die Möglichkeit, das Licht des Bewußtseins zu entzünden. Das Korn unterstützt uns bei der Verwirklichung dieses typisch Menschlichen. Es lebt uns die Aufrichtung vor. Ja, so deutlich weist es uns hin auf die Überwindung der Erde, daß man es stets als Symbol des Auferstehungsleibes des Christus betrachtet hat. Die Kartoffelknolle sucht die Schwere und die Finsternis; wir nehmen also beim Essen von Kartoffeln etwas in uns auf, das das vollkommene Gegenteil ist von dem, was das Korn uns bringt.

Man kann zur Abwechslung die Kinder wieder für die Kartoffel begeistern, indem man ihnen die einfachste Art der Zubereitung von Kartoffelmehl vorführt. Man raspelt eine Kartoffel auf einer großen Reibe. Die entstandene Masse rührt man mit etwas Wasser durch, dann läßt man alles in Ruhe sich setzen. Man findet nach einiger Zeit eine schneeweiße Schicht auf dem Boden: das Kartoffelmehl.

hängt. Werden zum Beispiel ein paar Stücke von gelben Rüben in einem Reagenzglas mit Wasser gekocht und die dadurch erhaltene Flüssigkeit nach der Abkühlung mit etwas Fehlingscher Lösung erhitzt, so bekommt man die bekannte Verfärbung und hat damit also bewiesen, daß die Rübe Zucker enthält. Wird dagegen etwas Jod-Tinktur auf eine durchgeschnittene Rübe getropft, dann sieht man höchstens ein paar kleine blaue Flecken. Es ist also nur wenig Stärke in der Rübe enthalten. Eine durchgeschnittene Kartoffel oder ein Stück Brot werden durch Jod aber stark blau gefärbt.

Es kann auch das Folgende vorgeführt werden: Erst läßt man sehen, daß der gewöhnliche Rohr- oder Rübenzucker nicht auf Fehlingsche Lösung reagiert. Danach wird die Zuckerlösung mit etwas Säure erhitzt. Nun wird sie bestimmt auf Fehling reagieren, wenn die Säure vorher durch etwas hinzugefügte Lauge neutralisiert worden ist. Auf diese Weise läßt sich einigermaßen die Tatsache verdeutlichen, daß aus Rohrzucker andere Zucker entstehen können, und zwar Traubenzucker und Fruchtzucker. Diese Tatsache ist auch wieder von besonderer Wichtigkeit beim Kochen. Bei sauren Speisen muß man den Zucker stets erst nach der Abkühlung zufügen, da er sich sonst zersetzt und der süße Geschmack stark vermindert wird.

Es ist sehr wichtig, den Kindern immer wieder bestimmte übersichtliche Zusammenfassungen vorzulegen. Im Zuckerhaushalt der Pflanze lassen sich in der Tat bestimmte große Strukturen nachweisen. Wir haben gesehen, wie der Zucker, insoweit dieser die Grundlage des Lebens ist, eigentlich nur als dünne Lösung die Pflanze durchzieht. Er nimmt dadurch eine Art Mittelstellung ein. Einerseits wird er ständig aus dem Strom nach außen gestoßen und zu fester Stärke verdichtet. Diese wird gewissermaßen eingepackt und gespeichert. Andererseits fließt er in Form von Nektar ganz und gar aus der Pflanze heraus. Er wird dabei duftig und von den Insekten weit im Raum versprüht.

Besonders wichtig ist das Brotbacken. Ich sah einmal, wie ein Bauer es auf folgende Weise tat:

Erst nahm er einen Trog mit Mehl. Dann nahm er eine Schüssel mit etwas Wasser, tat wenig Hefe hinein sowie Salz und Honig. Nachdem er alles gut durcheinander gerührt hatte, wurde es in das Mehl getan und mit ihm gründlich zu einer Teigmasse verknetet. Der Teig wurde in Blechen auf dem Ofen, der inzwischen schon lustig brannte, zum Aufgehen gesetzt. Danach wurde das brennende Holz aus dem Ofen gekratzt und die Bleche hineingeschoben.

So einfach dies erscheint, so weitreichend ist der Hintergrund dieses Rezeptes. Das Brot ist ein Hauptnahrungsmittel des Menschen. Sein Körper ist als Mittel-

Es scheint mir richtig zu sein, hier kurz auf die *Zellulose* hinzuweisen, wenn sie auch kein Nahrungsmittel ist. Ebenso wie Stärke wird sie aus Zucker gebildet. Sie ist völlig unlöslich, wohl aber gut brennbar. Es ist interessant zu sehen, wie die Pflanze mit ihr ganz anders umgeht als mit Stärke. Die Zellulose wird auch ausgestoßen aus dem lebendigen Zuckerstrom, wird aber niemals zu Körnern. Sie wird stets in das Ganze der Pflanze eingebaut. Sie hat also nirgends eine eigene Form, sondern ist so gestaltet, daß sie der Pflanze dienen kann. Man hat es hier mit dem eigentlichen Baustoff der Pflanze zu tun. Dieser Stoff ist für uns völlig unverdaubar, was uns große Einschränkungen bezüglich der Pflanzen als Nahrung auferlegt. Die Grasfresser unter den Tieren vermögen die Zellulose aber aufzuschließen und zu verdauen.

Für uns ist die Zellulose eine Substanz, die massenhaft gegessen wird, ohne Nahrungsmittel zu sein.

Wir kommen nun zum *Eiweiß*. Wir können dabei von einem Hühnerei ausgehen. Erst öffnen wir es und trennen sorgfältig den Dotter vom durchsichtigen Eiweiß. Man vermittelt den Kindern so gut wie möglich einen Eindruck von der zähen Schleimigkeit des Eiweißes.

Dann bringen wir einen Teil der Eiweißmasse in kaltes Wasser und zeigen, wie sie sich ausbreitet und mehr oder weniger auflöst. Danach geben wir einen Teil davon in heißes Wasser. Dabei wird die Gerinnung sichtbar. In saurem Wasser tritt ebenfalls Gerinnung ein. Danach können wir geronnenes Eiweiß mit Lauge kochen und werden sehen, daß es sich wieder auflöst.

Vollständigkeitshalber kann dann das Eiweiß auch noch direkt mit einer Flamme erhitzt werden. Es brennt nicht, aber es wird schwarz verkohlt und es krustet. Es macht sich dabei derselbe Gestank bemerkbar wie bei verbranntem Haar, bei Wolle oder Hornnägeln. Alle diese Substanzen sind verhärtetes und umgebildetes Eiweiß.

Das Eiweiß selbst ist äußerst formlos und dabei in einem Zustand von besonders subtilem Gleichgewicht, wie aus den Versuchen zu ersehen ist. Infolge dieser Eigenschaften ist es der eigentliche Lebensträger. Wenn es sich verhärtet, wie bei der Hornbildung, erreicht es hingegen eine besonders tote, starre Form.

Es können nun weitere Versuche gemacht werden: zum Beispiel kann man das Eiweiß der Milch gerinnen lassen durch Hinzufügen von Säure. Dies ist die Ursache für die Bildung der dicken Massen in Buttermilch und saurer Milch.

Auch die Gerinnung durch Alkohol kann vorgeführt werden. Man erklärt dabei, wie mit Alkohol Tierleichen konserviert werden können.

Zum Schluß werden wir die *Fette* und *Ole* besprechen. Wir lassen ein Stückchen Fett auf Wasser schwimmen und zeigen, wie das Wasser daran abfließt, wenn man es untergetaucht hat, und wie es wieder hochkommt. Spritzt man etwas Öl mit einer Pipette in Wasser aus, so sieht man ein prächtiges Spiel von goldgelben Tropfen, die als Kügelchen aufsteigen. Die Pipette kann auch unter Wasser ausgeblasen werden, wobei ein Strahl zu sehen ist, der sich alsbald in aufsteigende Tropfen auflöst. – Fällt Wasser auf Öl, so werden klare Kügelchen sichtbar, die niedersinken. Wird Wasser mit einer kleinen Ölschicht obenauf geschüttelt, so entsteht eine trübe, mildige Masse aus Wasser und feinen Öltropfen, die langsam aufsteigen und wieder ineinanderfließen, so daß der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt wird. Dieser Versuch kann auch mit etwas destilliertem Wasser, einer Schicht Öl und einem Stückchen Seife variiert werden. Wenn man dieses Gemisch schüttelt, bekommt man eine viel feinere Verteilung der Öltropfen, und es dauert viel länger, bis die Trennung von Öl und Wasser wieder vollzogen ist.

Wenn man von einer ziemlich konzentrierten Seifenlösung in destilliertem Wasser ausgegangen ist oder eines der synthetischen Waschmittel, zum Beispiel Pril oder Rei, in das Wasser getan hat, dann sieht man etwas sehr Überraschendes beim Dazugießen von Öl. Es bilden sich nun keine großen Ölkugeln, sondern das Gemisch wird gewissermaßen zerstäubt und schießt in kleinen Teilchen auseinander. Aus solchen Versuchen wird verständlich, daß es schwierig ist, fettige Gegenstände mit Wasser abzuwaschen. Die Rolle, die Seife und andere Waschmittel spielen, wird auf diese Weise deutlich.

Wir lassen nun Fett schmelzen und gerinnen.

Dann gießen wir etwas Öl in einen eisernen Tiegel und versuchen, es anzuzünden. Das gelingt nicht sogleich. Erst wenn man das Öl erhitzt hat, bekommt man eine hellgelbe, stark rußende Flamme. Wenn man das brennende Öl bis zum Siedepunkt erhitzt, kann man mächtige Effekte erzeugen. Beim Ausgießen z. B. wird der Strahl brennen bleiben, so daß man eine auseinanderspritzende Feuermasse auf der Unterlage hat. Sehr heftige Feuererscheinungen erreicht man, wenn man Wassertropfen in heißes brennendes Öl spritzt, oder noch stärker, wenn man einen Schuß Wasser dazugießt. Auf diese Weise kann man eine Flamme hervorrufen, die einige Meter hoch ist. Man wird dann sofort die Warnung anschließen, daß genau dasselbe auftreten kann beim Braten von Fleisch, wenn man in das Fett unvorsichtig Wasser gießt.

Etwas ruhiger geht es zu, wenn man Öl mit etwas Wasser darin erhitzt. Man bekommt dann das bekannte Bruteln. Man kann sehr nette Dinge vorführen, z. B. Kartoffelscheiben in einem Becherglas mit Öl backen oder sogar in einem Reagenzglas. Man hört wieder das Gebrutzel, und man sieht auch, wie die Schei-

ben langsam braun gebraten werden. Am Zischen bei der Erhitzung ist zu hören, daß Butter und Margarine beträchtliche Mengen Wasser enthalten.

Aus allen diesen Erscheinungen ist zu ersehen, daß Öl durch und durch mit Feurigem durchzogen ist und wenig Verwandtschaft mit dem Wasser hat. Die Folge ist, daß fette Speisen schwer im Magen liegen, schwer verdaulich sind. Bei Butter ist das etwas anderes, weil da Fett und Wasser fein ineinander verteilt auftreten.

Das Fett, das wir aufnehmen, wird von unserem Körper zum größten Teil verbrannt im Dienste der Wärme- und Energie-Entwicklung. Darum brauchen wir besonders viel Fett in der Kälte und bei großer Anstrengung. Ferner dient es als Füllmaterial, als Schmiermittel und dergleichen.

Die Tiere brauchen das Fett auch zur Wasserabwehr. Die Schwimmvögel z. B. schmieren ihre Federn ein mit Hilfe der Abscheidungen einer Fettdrüse im Bürzel. Die Wale und die Robben schützen sich sogar mit einer dicken Speckschicht gegen die Kälte.

Bei der Pflanze treffen wir die Öle vor allem in den Samen an, auf die die größte Wärme-Einwirkung stattgefunden hat.

Man kann dadurch, daß man die Milch am Schluß behandelt, diese Epoche in sehr zweckmäßiger Weise abschließen. Da die Milch für das Kind und für das junge Tier eine Zeitlang die einzige Nahrung ist, müssen natürlich alle notwendigen Nahrungsstoffe in ihr enthalten sein.

Den Zucker kann man wieder leicht mit Fehlingscher Lösung nachweisen. Er dient der Ernährung, spielt aber auch eine besondere Rolle beim Sauerwerden der Milch. Je nachdem wie stark die Säure auftritt, verschwindet der Zucker und damit der süße Geschmack. Wir kennen das nicht nur von sauer gewordener Milch, sondern auch von Buttermilch, Joghurt und dergleichen.

Wenn wir die Milch stehenlassen, scheidet sich eine fette Schicht, die Sahne, der Rahm ab. Dieser Prozeß wird beschleunigt, wenn wir die Milch durch eine Zentrifuge drehen.

Dadurch, daß man die Milch selbst oder den Rahm buttert, d. h. stark schüttelt oder rührt, scheiden sich Butterklümpchen ab. Rahm enthält zwar viel Fett, aber doch auch noch andere Bestandteile der Milch. Butter enthält in der Hauptsache Fett und Wasser. Dieses Wasser scheint auf den ersten Blick eine Art Verdünnung oder sogar Verfälschung der Butter zu sein, ist jedoch ein unentbehrlicher Bestandteil. Es gibt der Butter die Konsistenz, durch die sie so gut verdaulich ist, und die die Margarinefabrikanten ihren Produkten ebenfalls zu geben versuchen.

Bei der Milch schwimmt das Fett in Form kleiner Kügelchen in der Flüssigkeit. In der Butter ist noch stets eine feine Mischung von Fett und Wasser vorhanden.

Das Eiweiß der Milch macht sich auf verschiedene Weise bemerkbar. Beim Erhitzen gerinnt nur ein bestimmter Teil des Eiweißes, wodurch die „Haut“ gebildet wird. Indem man Säure zufügt, kann man das gesamte Eiweiß gerinnen lassen. Wenn die Milch von selber sauer wird, wie bei der Bildung der gewöhnlichen sauren Milch oder der Buttermilch, tritt diese Gerinnung natürlich auch auf. Man bekommt dann allmählich eine Scheidung zwischen einer hellen Flüssigkeit, Molke, und einer dicken weißen Masse. Wenn diese Gerinnung bei der kalten Milch noch nicht zu bemerken ist, weil sich noch nicht genügend Säure gebildet hat, dann aber doch beim Kochen auftritt, spricht man vom „Zusammenlaufen“ der Milch.

Man wendet das Gerinnen des Eiweißes bei der Herstellung verschiedener Produkte an. Man kann Buttermilch zu Quark verdicken lassen, indem man sie durch ein Leinentuch laufen und austropfen läßt. Auf gleiche Weise läßt sich der dickere Quark herstellen, nur muß die Masse dann ausgewrungen werden.

Bei der Käsebereitung muß die Milch erst „stocken“ (das heißt, das Eiweiß gerinnen), indem man ihr etwas Magensaft aus dem Magen des Kalbes – Lab genannt – beifügt. Wenn danach die Flüssigkeit zum größten Teil entfernt wird, können sich in der geronnenen, festen Masse Prozesse vollziehen, durch die sie zu Käse wird.

Beinahe alle diese Prozesse beruhen auf Gärungsvorgängen. Man kann auch von beginnender oder in bestimmter Richtung sich entwickelnder Fäulnis sprechen.

Es liegt auf der Hand, daß nach allem diesen eine Liste der Zusammensetzung einer Anzahl pflanzlicher und tierischer Nahrungsmittel gemacht werden kann. Außerdem können auch Richtlinien für das Behandeln dieser Stoffe und für sinnvolle Nahrungsbereitung gegeben werden.

Wenn Rudolf Steiner bei der Lehrplangestaltung auf die Wichtigkeit der Behandlung industrieller Prozesse auf der Basis der Chemie hinweist, findet man dazu bei der Fabrikation von Nahrungsmitteln viele Möglichkeiten. Etwas über die Seifenherstellung wird vielleicht auch am Platze sein. Vielleicht liegen auch noch Möglichkeiten in ganz anderen Richtungen vor.

I. Zur Pädagogik und Didaktik

1. Die Lehrplanangabe und ihre Erkenntnisrichtung

Die von Rudolf Steiner stammende Lehrplanangabe für den Chemieunterricht in der 9. Klasse lautet nach Stenogramm: „Chemie: Das, was wir für die 8. Klasse bestimmt haben, die ersten Elemente der organischen Chemie, was ein Alkohol ist, was ein Äther ist, das wäre jetzt in der 9. Klasse fortzusetzen“.¹ Für die 8. Klasse waren von ihm bestimmt worden: „...die Stoffe, die den organischen Körper aufbauen: Stärke, Zucker, Eiweiß, Fett“.²

Während die herkömmliche Schulbuchchemie den Einstieg in die sog. „Organische Chemie“ gewöhnlich von den völlig unlebendigen Kohlenwasserstoffen des Erdöls her unternimmt, legt Steiner offenbar Wert darauf, an wirklich organische, lebendige Gebilde, nämlich an die in der 8. Klasse besprochenen (Stärke, Zucker, Eiweiß und Fett) anzuknüpfen. Die Schüler haben diese aber nun nicht als isolierte Stoffe kennengelernt, sondern als Glieder einer Kette, die den engen Zusammenhang zwischen Naturkräften und der Ernährung des Menschen anschaulich werden ließ.³

So ist es auch in der 9. Klasse nicht unsere Aufgabe, die „Chemie des Organischen“ abgetrennt und systematisch nach formalen Kennzeichen, den „homologen Reihen“ und den „funktionellen Gruppen“ abzuhandeln, sondern weiter den Spuren des Lebens zu folgen. Denn das auf der Erde zu beobachtende Leben fließt immer aus höheren Prinzipien, aus denen es verstanden werden muss; es addiert sich nicht nur auf aus niederen, unlebendigen Vorstufen (Stoffe, Teilchen), die es hervorbringen und damit erklären.

Sicherlich meint R. Steiner mit den „ersten Elementen“ der organischen Chemie auch nicht die chemischen Elemente (Grundstoffe), denn dann müsste die Elementaranalyse und damit zunächst anorganische Chemie behandelt werden – was der ganzen Lehrplanangabe widerspricht:

Es sind also nicht die Elemente der Materie, sondern Elemente des Verstehens gemeint.

Die Epoche darf sich nun nicht in bloß aneinandergereihter Stoffkunde, im Durchnehmen gewerblich-industrieller Prozesse und in den Anwendungsgebieten erschöpfen. Vielmehr sollen offenbar recht wenige Erscheinungen, dafür aber sehr gründlich durchgearbeitet werden. Die Schüler sollen sich denkend üben im Erfassen von Qualitäten, die sich chemisch

verflechten. Dabei kann auf Faktenwissen der 8. Klasse zurückgegriffen werden, nur unter neuer Fragestellung – d.h. in neuer Tätigkeit des Einfühlens und Beziehens.

Offenbar lassen sich die neuen Elemente des Verstehens, außer vielleicht an den genannten 4 Stoffen der 8. Klasse, an den Verwandlungen des von R. Steiner angegebenen Alkohols, Äthers und dergl. bevorzugt studieren. Nimmt man nämlich von der 8. Klasse Stärke und Zucker dazu, so ergibt sich eine anschauliche Reihe vom Festen zum Allerflüchtigsten, zum Äther, zum Äthylen – vom Kohlenstoff zum Wasserstoff.

Wenn Rudolf Steiner von „einem Äther“ spricht, so muss man im Bewusstsein haben, dass bis zum Anfang dieses Jahrhunderts die Ester „Äther“ genannt wurden. So schreibt Lassar-Cohn 1907 in seinen „Arbeitsmethoden für Organisch-Chemische Laboratorien“: „Sehr bedauerlich ist, dass, obgleich doch damit auf das Beste festgelegt ist, was wir unter einem Ester zu verstehen haben, dennoch viele diese Verbindung Äther nennen“ (Leopold Voss Verlag, Hamburg). Noch heute wird in der Aromenbranche mit verschiedenen „Fruchtäthern“ gehandelt, die systematisch als Ester niederer Fettsäuren mit einfachen Alkoholen einzuordnen sind. So ist es wohl nicht falsch, wenn wir die Herstellung der stark riechenden Ester aus Säure und Alkohol behandeln, um von da aus den Blick auf die Vielfalt der duftenden ätherischen Öle zu richten, die wir uns nur aus der Pflanzenwelt holen können.

2. Zur inneren Natur der Stoffe

Die innere Natur der Stoffe, die es gedanklich zu bewegen gibt, hat zunächst drei Aspekte. Der eine ist die Metamorphose, z.B. nimmt vom Holz zum Wasser etwas, das man die „Wassernatur“ nennen kann, zu, nämlich z.B. Klarheit, Löslichkeit, Schmelzbarkeit. Das zeigen u.a. auch die großen Mengen Wasserdampf, die beim Zerstören des Zuckers entstehen. Die Kohlenstoffnatur (Festigkeit, Struktur) nimmt ein wenig ab, aber Verkohlen und Rußbildung sind weiter möglich. Mit diesen inneren Naturen kann nun der Chemiker spielen. Denken wir uns einmal die Brennbarkeit (als feurig-flüchtige Natur) am Zucker gesteigert: Wir gelangen in die Richtung des „Feuerwassers“ Alkohol. Beseitigt man in Gedanken dessen Wassernatur, so entwickelt man innerlich so etwas wie den Äther (Genaueres folgt weiter unten). Wir arbeiten so in Gedanken mit qualitativen Prinzipien, die sich aneinander metamorphosieren – sich nicht wie in den Summenformeln der „Organischen Chemie“ bloß additiv nebeneinanderstellen oder wie in Strukturformeln gegenständlich-räumlich montiert werden.

Eine gedankliche Tätigkeit dieser Art wird von R. Steiner mit den Worten angedeutet: „...was ein Alkohol ist“. Deshalb sollen nicht nur der Ethylalkohol, der Methylalkohol und andere in Vorkommen, Herstellung, Eigenschaften und Verwendung durchgenommen werden, um dann die bei allen wiederkehrenden Eigenschaften zu abstrahieren. Sondern es

¹ Konferenzen mit den Lehrern, 22.9.1920; 4. Auflage 1975, GA-Nr. 300/1, Rudolf-Steiner-Verlag, Dornach; 1. Bd., S. 223

² Erziehungskunst-Seminarbesprechungen und Lehrplanvorträge; GA-Nr. 295; 2. Lehrplanvortrag v. 6.9.1919, S. 167, Rudolf-Steiner-Verlag, Dornach 1969

³ vgl. die Einleitung zur Chemieepoche der 8. Klasse, s. Schriftenliste S. 56

soll – im Sinne der obigen Reihe – der Alkohol aus den Verwandlungen vom Festen (Holz, Zucker) zum Flüchtigen (Äther, Duftstoffe) begriffen werden – Alkohol als Bewegung. Der Stoff soll aus solchen Umwandlungsbewegungen innerlich ergriffen, nicht nur äußerlich definiert werden. Im Folgenden gilt es nun zu zeigen, wie sich dieser gedankliche Stufenweg vom Starren zum Flüchtigen den Schülern im Durcharbeiten experimenteller Beobachtungen und zunächst beziehungsloser Einzelheiten eröffnet – und dann wieder abfordern lässt. Denn klare Lernschritte, auf deren Bewältigung der Schüler zurückblicken kann, und griffig formulierte Zusammenhänge sind in der Schule unerlässlich.

Die „innere Natur“ eines Stoffes ist eine phänomenologische Größe, eine Artungsweise, und damit zunächst etwas Physisches, das nicht untergeht, das im physischen Raum bleibt. Die „innere Natur“ ist aber mehr als eine stoffliche Komponente. Sie sollte nicht mechanisch gedacht werden. Sie ist keine Materie, sondern eine von Raumgebiet zu Raumgebiet übertragbare Wirkungsart.

Derartiges ist dem heutigen Sprachgebrauch fremd. Deshalb kann man die Wortbezeichnung oft wechseln. Man wird als Lehrer die Sache einfach so ansprechen, wie man sie in der eigenen Besinnung erlebt. Mögliche Wörter, die anstelle des Ausdrucks „Natur“ verwendet werden können, sind etwa: „Seite“ oder „Qualität“ oder „Neigung“ oder „Eigenschaft“ oder „Eigenschaftsneigung“ oder „Verwandtschaft“ oder „Prägung“ oder „Geprägt-Sein“ oder „Wirkung“ oder „Tätigkeit“.

Um die dadurch bewirkte Beweglichkeit im Denken nicht ins Unbestimmte ausufern zu lassen, hat sich andererseits innerhalb von Tafelanschrieben, bei mehr schematischen Darstellungen der Umwandlungen oder bei Stoffvergleichen bewährt, eine bestimmte „Natur“ immer mit ein- und derselben Farbe zu kennzeichnen, z.B. das „Verglühbar-Feste“, also die Kohlenstoff-Natur, schwarz oder braun; die ausgeglichene, löschende Wassernatur grün; die feurig-flüchtige Natur rot.

Ein zweiter Aspekt der Verwandlung der inneren Natur von Pflanzenstoffen ist deren Originalität je nach Herkunft. Der einfache Diethylether mit seinem markanten Geruch und seiner physiologischen Wirkung und noch viel mehr jeder Duftstoff irgendeines Pflanzenorgans ist einzigartig und – niemals aus dem Zusammenspiel fester und flüssiger „Naturen“, wie sie oben angedeutet wurden, zwingend ableitbar. Es muss etwas dem Stoff Originäres, z.B. eine Verbindung zu einer Pflanzengestalt gedacht werden, bis zu ihrem Standort, zur Landschaft und zur Jahreszeit. Chemie führt zur einzelnen Pflanzenart und zu neuen botanischen Fragen.

Die zu behandelnden Stoffe gliedern sich also vom Holz bis zum ätherischen Öl in das Hinaufwachsen von Pflanzen ein, in das Zusammenwirken der verschiedenen griechischen Elemente, vom feuchten Erdboden bis in die erwärmte Luft hinauf. Von daher kommt – als dritter Aspekt – ein bildhaftes Vorstellen des allgemeinen Naturlaufes über dem Erdboden hinzu. Wärme und Luft stecken den Naturbereich ab, in welchem ein Zucker oder ein Äther (Ester) beheimatet ist. Der Einzelstoff wird Repräsentant kosmisch geführten Naturwirkens. Das genaue gedankliche Durchdringen chemischer Manipulationen im Labor (das für dieses Lebensalter sehr wichtig ist) verbindet sich mit umfassender, erlebbarer Naturbetrachtung.

Wir haben also drei Gesichtspunkte:

- die Verwandlung der Eigenschaften fest, flüchtig, feurig

usw. im Labor: die allgemeinen inneren Naturen

- die Originalität des Einzelstoffes und der Einzelpflanze, das einmalige Aroma eines Stoffes, die Heilwirkung usw.
- die Impulse, die die äußere Natur im Jahreslauf der Stoffbildung gibt.

3. Wege durch die Epoche

Eine Einleitung für die Schüler mag eine Erörterung über Umwelt und Rohstoffprobleme bilden; z.B. über die fossilen Brennstoffe. Aus dem Fragenkomplex, wie der Mensch in der Natur steht, greifen wir die Atmung auf. Verschiedene Gaskomponenten der Luft werden nachgewiesen und auch benannt (Kolbenproberversuche). Die Kohlensäure, die auch aus Kohlenstoff (Verkohlendem) entsteht, leitet uns hin zu der in der 7. Klasse noch stärker bildhaft betrachteten Verbrennung, die wir auf neuer Stufe interpretieren. Der Sauerstoff wird erwähnt, er tritt aber bei den Versuchen (s. a. S. 10) in dieser Klasse vorerst nur als Anfachendes *innerhalb* der Luft in Erscheinung. Denn nur dann kann man alsbald auf das Hauptthema der Epoche, die Verwandlung von Pflanzenstoffen im *aufbauenden Leben*, eingehen; und man verliert sich nicht in der Sauerstoff-Chemie, die zu den Oxidationsmitteln (Sprengstoffen) und zur Betrachtung von *Abbau* führt. Die Verbrennungstheorien vom Phlogiston bis zur Gewichtsanalytik Lavoisiers sind – kurz gesagt – den Weg zum Anorganisch-Mechanischen gegangen. Wir sollten dem in dieser Epoche noch nicht folgen; sondern an den qualitativen Verwandlungen der Stoffe des reichen, reinen Pflanzenlebens arbeiten. Eine vorläufige Einteilung der behandelten Stoffe wird mit den Kategorien „Aufachend“, „Brennbar“ und „Ausgeglichen“ erlernt. Alle Substanzen der Welt sind letztlich verschiedene Verflechtungen und Vereinsichtigungen dieser drei Prinzipien (drei Naturen).

Wie dem auch sei: Die Epoche der 9. Klasse nimmt sich vor allem das Brennbare vor; die der 10. das Ausgegliche (Salze) und die Epoche der 11. bzw. 12. Klasse untersucht u.a. das Anfachende, experimentiert mit reinem Sauerstoff, mit Nitraten, mit Sprengstoffen, mit Halogenen.

Man muss nun fragen: Wie kommt das Brennbare in die Welt? Die ruhende Erdkruste ist abgeschlossen, versteinert, ausgeglichen. Erst da, wo lockeres, belebtes Erdreich dem Luftkreis zugewandt ist, entsteht das wachsende Pflanzenkleid, dessen Reste uns das Brennbare liefern. Jede Pflanzenentfaltung ist dabei Bild des Jahreslaufes, d.h. eines Geschehens außerhalb der Erdoberfläche. Mit der Luft hängt sie in umgekehrter Weise zusammen wie der Mensch: Sie hat ja kein empfindendes Bewusstsein, keine Reaktionen aus innerem Erleben (z.B. aus Luftmangel); sie hat keine durch Gliedmaßen vermittelte Eigenbewegung. Vielmehr bewegt sich ja jede Pflanze gemeinsam mit allen anderen im Wind, sie gibt sich den Umkreisrhythmen hin. So wird sie zur Ergänzung des Menschen, dem sie Brennmaterial (7. Klasse) und Nahrung (8. Klasse) liefert.

Es ist nun bei der Pflanzendecke der Erde viel weniger denkbar als bei der Atmung des Menschen, dass man sie in Glasgefäße aufnimmt – gehört doch zu ihr gerade die ange-deutete Umgebungsoffenheit. Und doch wird man sich zu diesem Eingriff entschließen – wird später einmal die Sauerstoffanreicherung nachweisen. Man darf aber nicht zu früh in übliche Assimilationslehren ausmünden, die die Pflanze letzt-

lich als chemische Maschine betrachten. Die Wirklichkeit der Assimilation ist das durchhellte Blatt unter der Sonne, ist die jahreszeitgebende Vielfalt der Formen, die wachsen, größer werden.

Systole und Diastole im Emporwachsen, Entfalten und Vergehen im Jahr – dies erleben wir als lebenerfüllten Wechsel, als Verströmen und Verdichten. Assimilation ist zwar eine Art Verdichtungsprozess, aber ein solcher, der in rhythmischen Verwandlungen wieder zum Verströmen im Blütenduft hinführt. Der ganze Weg der einzelnen Pflanzenentfaltung bis zur Blüte, zur Frucht, ist die Wirklichkeit der Assimilation – nicht ein vorgestellter Gasumsatz oder ein dumpfes Gefühl zuwachsender Biomasse. Die entnommenen Gegenstände (Holz, Harz, süße Säfte und aromatische Öle) bilden den Weg der Natur, bilden die wahre Assimilation ab, wenn wir sie im Laboratorium zu den verschiedensten Erscheinungen steigern. Wandelbarkeit, nicht Massenansammlung charakterisiert die „Tätigkeit“ des Kohlenstoffs (als Prinzip). Hier liegt das Studienfeld der Epoche, liegt experimentelle Wirklichkeit, die durch konkretes, qualitatives Denken hinüberleitet zu einem tieferen Miterleben des Naturprozesses. Dem es kann keine Pflanzenwelt geben ohne diese ständige Verwandlung der Erscheinungen und Organe vom derben Unteren zum flüchtigen Oberen. In diesen Wandlungswegen entsteht dem Denken ein Übungsfeld, das eine spirituelle, weil inhaltvolle, tatsachennahe Chemie eröffnet. Schemata und Stoffkreisläufe zur bloß materiellen Assimilationslehre können das nicht. Sie halten das Denken in bloßen Vorstellungen und Abstraktionen und damit letztlich im Unverstandenen fest. – Erst zum Schluss lässt sich anschaulich darüber nachdenken, wie die Luft aus dem Pflanzenwachstum eine leise Stärkung ihrer anfachenden Qualität, eine Erfrischung bezieht – und wie diese Qualität mit dem Bildweg des Pflanzenjahres zusammenhängt.

Einen leicht zu handhabenden Aufbau der Epoche kann man sich einrichten, wenn man – wie oben geschildert – vom Kohlenstoff und vom Kohlendioxid mit der Frage nach dem speziellen Erscheinen von Brennbarem zum Holz weitergeht, dann zum Zucker, Alkohol und Äther und Ester.

Würden wir von der Steinkohle oder Braunkohle ausgehen, so hätten wir damit schon das Ergebnis eines Vereinseitigungs-Prozesses in der Hand: Die Kohle entsteht erst aus der Pflanze, wenn in unvorstellbar langen Zeiträumen die feurig-flüchtige Natur und die wässrig-ausgeglichene Natur weitgehend zurück- bzw. hinausgedrängt sind. Die natürliche Kohle zeigt allerdings noch Reste dieser beiden Naturen. Vollziehen wir aber diesen Prozess selbst, zeitlich zusammengepresst z.B. bei der Verschmelzung von Holz, den Übergang zur Kohle zeigend, so erhalten wir eine Holzkohle, die praktisch reiner Kohlenstoff ist. Diese erzeugt dann, frisch ausgeheizt, im Gegensatz zur natürlichen Kohle beim Verbrennen keinen Wasserdampf mehr. Eine verwandte Pflanzensubstanz können wir gerade dadurch isolieren, dass wir den verfestigten Pflanzenfasern den Saft entziehen und aus ihm etwas mehr wässrig-Ausgeglichenes zur Erscheinung kommen lassen: den Zucker, der uns in klaren, wasserlöslichen Kristallen entgegentritt; der aber immer auch noch Brennbares und Feurig-Flüchtiges in sich vereinigt. Durch allerlei Kunstgriffe können wir jede dieser Naturen stärken oder schwächen. Einer dieser Kunstgriffe ist die Vergärung, die uns zum Alkohol führt. Bei ihm und seinen Folgeprodukten Äther und Ester ist

die Kohlenstoffnatur so stark durch das Wässrige bzw. Feurig-Flüchtige abgewandelt, dass sich beim Erhitzen kein verkohlter Rückstand mehr bildet. Noch hineinspielende Kohlenstoffeigenschaften zeigen sich an der mehr oder weniger gelben oder sogar rußenden Flamme. Es offenbaren auch die Verbrennungsprodukte, welche Naturen zu bedenken sind. Entsteht z.B. viel Wasserdampf, der ja leichter als Luft ist (aufstrebende Wolkenbildung), so ist die feurig-flüchtige Natur stark (Wasserstoffnatur). Mit diesem Studium der Zerstörungsprodukte versuchen wir eine echt chemische Begriffsbildung: Wir schauen nicht bloß äußere Qualitäten zusammen, sondern wir greifen ein und führen auf eindeutige Weise, Naturprozesse beschleunigend und steigernd, neue Erscheinungen herbei, wie Destillation, Schwelung oder Verbrennung, oder Vergärung.

Die Pflanze selbst lebt uns – neben dem Verfestigungsprozess zum Holz hin – auch eine solche „Verfeinerung“ (Goethe) vor, die von der wässrig-blatthaften Mitte zur Blüte führt. Dort finden wir die vor allem feurig-flüchtigen Duftstoffe, die kaum noch als Masse erscheinen. Denken wir uns den Verfeinerungsprozess so weit fortgeführt, dass jeder Rest der beiden anderen Naturen überwunden wird, so gelangen wir zum Wasserstoff als *dem* Feurig-Flüchtigen schlechthin. Er ist nicht die Grundlage, sondern nur die ins Extreme getriebene Variante der Wasserstoffnatur. Wiederum zeigt das Studium der Verbrennungsprodukte (reiner Wasserdampf) die innere Natur, diesmal in ihrer Einsichtigkeit.

Betrachten wir dagegen die Fruchtentstehung, so können wir ein Zurückkehren in den das Wässrige bildenden Bereich erkennen oder auch Abwandlungen der verfestigenden Einflüsse in Form der Schalen-, Säuren- oder Ölbildung. In den fetten Ölen ist das Feurig-Flüchtige in neuer Variation von der Kohlenstoffnatur ergriffen worden, so dass die Flüchtigkeit verschwunden ist und sich uns nur ein Feurig-Dumpfes zeigt, das Fett.

In der heutzutage meist als „Organische Chemie“ abgehandelten Erdölchemie können wir alle diese Tendenzen und Spezialisierungen der Eigenschaften ebenfalls entdecken. Auch hier finden sich leicht- und schwerflüchtige, gasförmige und flüssige, sowie feste schwarze und sogar aromatische Produkte. In dieser Tatsache spiegelt sich die Herkunft des Erdöls aus dem Lebensbereich. Doch wirken nicht alle diese Eigenschaften wie Gespenster der ursprünglichen, aber lebendigen Qualitäten, die im Erdöl nur durch eine ausgeklügelte Technik zu einem Scheinleben der „Umsetzungen“ erweckt werden? In diese Scheinwelt sollte den Schülern zwar ein Blick gewährt werden, jedoch kann die Erdölchemie, etwa die homologe Reihe der Alkane nicht Ausgangspunkt unserer Epoche sein, denn dann würden wir mit den totesten Stoffen dastehen, ohne jede Naturbilder, und könnten nichts aus dem Lebenszusammenhang verstehen.

Fügen wir zur Kohlenstoffnatur (Festigkeit), zur Wassernatur (Unbrennbarkeit) und zur feurig-flüchtigen Natur (Wasserstoff) noch als viertes eine luftige Natur hinzu, welche unbrennbar-flüchtig macht (Kohlendioxid), so können diese inneren Naturen als Bilder der vier Elemente gedacht werden. Das Wirken der Elemente über der Erde deutet R. Steiner im „Ergänzungskurs“ an⁴.

⁴ Menschenerkenntnis und Unterrichtsgestaltung, 1921, 6. Vortrag, GA 295

Interessant ist, dass auf die Lehrplanangabe zur Chemie mit dem nächsten Wort R. Steiners die Angabe zur Menschenkunde folgt: „Anthropologie: Menschenkunde fortsetzen, dass eine richtige Anthropologie den Kindern übermittelt wird. Das müsste in konzentrischen Kreisen von Klasse zu Klasse aufsteigen und das übrige Naturwissenschaftliche angereicht werden.“ Auch die Chemie steht also am Rande einer Menschenkunde und braucht im Grunde keine eigene Systematik – sie wird an eine schon vorhandene Ordnung angereicht. Als Lehrer wird man sich fragen, wie die Wirksamkeit von Wasserstoff (als immaterielle „Kraft“) im Naturganzen und im Menschen zu fassen ist; man wird die vertiefenden Ausführungen Steiners im Landwirtschaftlichen Kurs, in den Arbeitervorträgen und im medizinischen Kontext heranziehen⁵; dasselbe gilt für den Kohlenstoff⁶. Dort wird – neben einfachen stofflichen Zusammenhängen – viel von Wirkungen auf Lebewesen, in Lebewesen und im Naturganzen gesprochen. Man könnte auch sagen: es wird von aetherischen oder von noch mehr dem Geistigen nahen Stoffen gesprochen. Demgegenüber halten wir uns in der Chemieepoche zunächst ganz an den physischen Stoff mit seinen äußerlichen Eigenschaften und seinen im Labor zutage tretenden Reaktionsprinzipien. Und doch kann es den Lehrer erwärmen, noch Erweitertes zu bedenken, auch wenn es in der zunächst erfassten Form nicht für den Unterricht taugt. – Eine ganz anfängliche Betrachtung wäre etwa diese: Feuerig-Flüchtigem begegnen wir in unserer auffallenden Wärme. In ihr leben wir. Verfestigend-Bewahrendem wohnen wir inne in unserem festen Körper. Das Wässrige durchströmt uns vom Mund her, wir erleben es bei jeder Verletzung; auch als Plastizität unseres Körpers. – Es kommt gar nicht auf die „richtige Analogie“ an, sondern darauf, mit dem qualitativen Denken über diese Naturen zum Menschen zurückzukehren.

4. Übersicht der Unterrichtsinhalte

Den vorigen Abschnitt zusammenschauend kann diese Epoche etwa folgende Themen bekommen:

- Das Kohlendioxid und die Verbrennung (Totaloxidation), als Ausgleich von Brennbarem mit Anfachendem
- Die Schwelung als Befreiung des Flüchtig-Brennbaren vom Verglühbar-Festen
- Dem in der 8. Klasse behandelten Zucker, hier hinzuzufügend: die Verflüssigung und damit Aktivierung zum Alkohol, dem „Feuerwasser“
- Die Ätherbildung als Verlust des Wässrigen
- Die Essigsäuregärung – eine Teiloxidation, d.h. der Beginn eines Ausgleichs, einer Durchlüftung
- Die Esterbildung als andere Variante der Überwindung der wässrigen Natur
- Die ätherischen Öle und Harze der Pflanze.

Den Auftakt würde ein im Grunde anorganisches Thema bilden (Kohlensäure und Verbrennung). Obwohl das noch nicht das eigentliche Thema der Epoche, nämlich die zarten Wandlungen der inneren Naturen anklingen lässt, hat es sich als Einstieg für den Anfänger einigermaßen bewährt. Vermutlich liegt das daran, dass sich Schüler und Lehrer an dem mehr

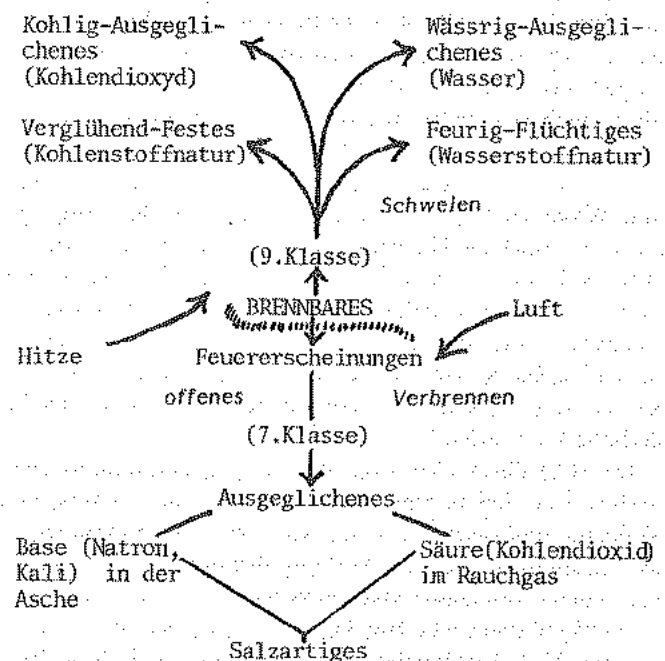
Gegenständlichen, bloß Stoffkundlichen (Vorkommen, Eigenschaften, Enthaltenes in der Luft) aufeinander einstimmen, d.h. ins Arbeiten kommen. Das Gefühl, etwas Handfestem zu begegnen und Wichtiges (z.B. die Luftzusammensetzung) zu lernen, ist für den Anfang einer Epoche günstig. Die eigentlichen Denkschritte in den Verwandlungen innerer Qualitäten des Organischen, wo der Wille stärker in das Denken hinein muss, werden dann in einem bereits in Fahrt befindlichen Lernprozess angeschoben. Man facht also mit derben abgeschlossenen Enthaltensbegriffen eine geistige Bewegung an, die dann durch das Zarte nachfolgender Erscheinungen in den suchenden, tastenden Umgang mit offenen Begriffen überführt wird.

Man wird selber abschätzen müssen, ob dieser Anlauf nötig ist. Wo nicht, habe ich schon direkt mit dem Holzverbrennen und -schwelun begonnen. Die Luftzusammensetzung wurde dann ohne gesonderte Experimente irgendwo anknüpfend mitgeteilt und das Kohlendioxid kurz als Abgas der Holzkohlenglut charakterisiert.

Man sollte sich auch gut überlegen, in welchem Zeitmaß man die drei Naturen einführen will. Vielleicht ist es ratsam, den Schwerpunkt stufenweise von Tag zu Tag zu verlagern: Die verglühbar-feste Natur entwickelt man zuerst, etwa an den kohligen Verbrennungsrückständen; die wässrige nach der Untersuchung des Schwelwassers; bei der feurig-flüchtigen verweist man auf das Holzgas und zurück auf das Holz; zur Betrachtung des Überganges Cellulose-Zucker und Zucker-Alkohol hat man dann alle drei zur Verfügung und ebenso für den Übergang zum Äther usw.

Steht ausnahmsweise sehr wenig Zeit zur Durchführung oder auch zur Vorbereitung zur Verfügung, so eröffnet man die Epoche mit dem Ansetzen der Gärung und mit dem Alkohol. Die verglühbar-feste und die wässrige Natur werden dann mit dem Zucker bzw. dem Holz nachgeschoben. Man muss dann aufpassen, dass sich die Begriffe richtig bilden; der Lehrer hat es didaktisch schwerer. Dieser Sprung ins Zentrum der Epoche kann aber die Schüler sehr anregen!

Das folgende Schema zeigt noch einmal die Wege:



⁵ Vortrag vom 11.6.24 GA 327; 20.10.23/351; 22.10.22/218; 1.4.20/312

⁶ GA 327; 351; 312; 313

Es ist zu sehen, wie sich die Themen der 7. und 9. Klasse auseinandergliedern, wiewohl beide vom Brennbareren ausgehen. In der 8. Klasse wurde dieses Brennbarere ganz in den Ernährungsbezug hinaufgehoben. Das Erscheinungsbild von Stärke und Eiweiß, Zucker und Fett wurde durchforscht. In der 9. Klasse nun wird dieses Brennbarere in die Polarität von starr und flüchtig eingespannt und vom Kohlenstoff über das Pflanzenreich bis zum Wasserstoff verfolgt.

Man hüte sich aber vor zuviel Anorganischer Chemie. Die kansal-materiell orientierte Wissenschaftsentwicklung hat alle Chemie anorganisch, ja eigentlich physikalisch gemacht, jedenfalls im Verstehen. Wichtig für das Leben sind demgegenüber die chemisch undefinierten Stoffe, die aus dem Organischen stammend wieder in das Leben eintreten (Nahrungs- und Heilmittel usw.). Und eine Chemie als gesamt-menschliches Bildungsfach, als ergänzende Betrachtungsart der Welt, darf ihre Grundbegriffe nicht aus der Molekülmechanik oder der chemischen Technik entwickeln. Die Technik schiebt sich, basierend auf den abgeschlossenen anorganischen Begriffen, als vom Kosmos abgetrenntes Werk in die Welt. Sie lässt Welt und Leben außerhalb. Mechanistische Grundbegriffe, auch wenn sie technisch ermächtigen, gehören nicht in das Fundament einer Chemie, die zu qualitativen Begriffen des Organischen strebt. — Für keine Klasse ist ein rein anorganischer Lehrstoff von Steiner angegeben. (Und doch neigen Lehrer der Chemie oft dazu, alles aus der anorganischen Chemie zu begründen, denn sie sind so ausgebildet. Dorthin rettet man sich...)

5. Pädagogisch-Methodisches

Dem jungen Menschen der 8. und 9. Klasse ist es aufgegeben, seine erwachende Selbständigkeit, durch die er losgelöst, aber auch kraftbegabt dasteht, an die Welt, an die Gesellschaft anzuschließen — sich irgendwie sozial produktiv einzugliedern. Er möchte zunächst dem äußerlich sichtbaren Werke anderer Menschen nachstreben und verstehen, wie sie den Dingen beikommen. Solches möchte er mit der eigenen Urteilsfähigkeit durchdringen, so dass er sich auf diese Weise zunächst der äußerlichsten Welt bemächtigen kann: der Technik. Das „Interesse für alles Weltliche und alles Menschliche“ lebt auf (R. Steiner im Lehrplanvortrag vom 6.9.1919). Die junge Seele fühlt in sich die neu erwachte Kraft, Macht auszuüben, auch sich völlig persönlichen Sympathiekräften hinzugeben (Machtkitzel und Erotik, s. R. Steiner, 21. und 22.6.1922). Körperkräfte, körperliche Reife, Unabhängigkeit und Widerstand gegenüber den Ordnungen der Vorgenerationen, spontane Unternehmungslust stellen sich vor die Welt. Nehmen Schule und Elternhaus diese Kräfte nicht auf, indem sie sie nach außen wenden und in das Leben einordnen, so können — bei entsprechender Veranlagung — Depressionen bis zur Selbstmordabsicht bei der in sich zurückweichenden Knabenseele aufkommen, während das Mädchen in eine äußerliche Welt entläuft.

Die Hilfe durch Unterricht, die hier gegeben werden kann, besteht zum Teil in einem Durchdringen von Technik, von Verkehrs- und Betriebsverhältnissen. Wie haben diese Dinge das Zusammenleben, die Wirkung des einen Menschen auf den anderen verändert? Man denke an Telefon und Lokomotive im Physikunterricht. Hier begegnen wir einer menschengemachten Welt. Der Verstand, die Raffinesse, ja die Genialität,

wirken im Dienste der Bequemlichkeit, machen den Menschen unabhängig von den Grenzen der Natur. Die Technik entströmt bestimmten sektoriellen, aber äußerlich hochwirksamen menschlichen Gedanken. Sie wird auch heute immer nur von solchen instand gehalten. Mögen sie gegenüber der Natur in phänomenologischem Sinne recht reduziert sein — verengt auf das Quantitative, sie sind doch dem denkenden Nachvollzug relativ einfach zugänglich; und sie sind entscheidend geworden im äußeren Geschehen der Welt!

Während in der Physik die fertigen technischen Einrichtungen zur Sprache kommen, ist es in der Chemie mehr die apparative Technik des Labors (Manipulation mit Gasen), sind es einfache Apparate (Feuerlöscher, Druckrinderer) — weniger ist es die chemische Fabrik, die mehr in der chemischen Technologie der 12. Klasse behandelt wird. Die ganze Experimentierweise verwandelt sich zur 9. Klasse gegenüber etwa der 7. Klasse charakteristisch. Während des Unterrichts in der 7. Klasse werden große offene Versuche angestellt, bei denen die äußere Luft ungehemmt mitwirkt; und zwar als Luftmeer, ohne eingesperrt zu sein, z.B. beim Verbrennen, beim Kalkzersetzen mit Säure, beim Wiedererhärten. Auch in der 8. Klasse wird noch geöffnet zur Luft gekocht und zersetzt. Man fängt ganz offen an mit dem Wachsen des Kornes, kommt über Mahlen, Windsichten zum Ausschwenmen der Stärke, die dann verkleistert wird. Offene Schwelversuche („Zuckerlava“ u. dergl.), das Vergasen von siedendem Fett und das Kochen von gerinnendem Eiweiß gehören in diese Reihe der offenen Apparaturen. In der 9. Klasse jedoch schließen sich die Gefäße ab. Der Rundkolben der Destillation bildet eine kleine Hohlweltkugel für sich, Kühler und Glaskolben erscheinen als Labyrinth. Unbekannte Dämpfe, nicht Luft oder Rauch unserer Welt, füllen diese Kammern und Röhren an. In ihnen soll der Schüler mit seinem Empfinden leben. Und das geschieht in immer neuen Varianten: von der einfachen Destillation und dem Rückflusskochen bis zum Rektifizieren und zur Wasserdampfdestillation.

Die Hinaufverwandlung zu den flüchtigen Essenzen, das Befreien des „Geistes“ aus trüben, wässrigen Brühen zeigt dem Schüler im Bilde eine Läuterung, ein Hinaufheben, eine Sublimation. Etwas wie innere Seelenvorgänge wird äußerlich geschaut.

Derartige Destillationen treten auch auf als Schwelung, bei welcher ja in der 9. Klasse das Schwelgas abgesperrt aufgefangen wird; ähnlich ist auch die Gärung, bei welcher das Kohlendioxid gesammelt wird.

Es ist ja der Impuls des Pubertätsalters, sich der Gegenstände ohne umschanende Rücksichten zu bemächtigen und nur der eigenen Vorstellung folgend in die Umgebung einzubrechen (wie es generell unsere Technik tut). Zunächst kann der Schüler eben nur an der herausgelösten z.B. technischen Einzelheit aktiv werden und daran zum Verstehen und zum Eigenurteil kommen. Vor großen Naturbildern steht er jetzt noch passiv, der Wille kann sie noch nicht zum selbständigen Gedankenwerk zusammenziehen, das Gesuchte zerrinnt.

Stellte man nur Naturbilder vor die Seelen, so wäre das Ergebnis: Die Willensenergien entlüden sich anderweitig, letztlich chaotisch. Manches aus der Schulwissenschaft in ihren apparativen Einzelheiten wirkt in diesem Alter wie ein „Knochen“, den wir zum Nagen beibringen müssen — aber eben doch nur ein Knochen. Und der Lehrer mag immer wieder an die tieferen, bewegteren phänomenologischen Zusam-

menhänge heranzuführen: Zuerst, indem er sie unausgesprochen für sich bedenkt; dann, indem er kurze Ausblicke gibt; und schließlich in der Art, wie er die gegenständliche Wissenschaft einleuchtend auf Phänomene stellt und niemals auf Modellvorstellung von Teilchen und ihren „Bindungen“; nicht einmal auf das Enthaltensmodell, welches doch nur gegenständlich inventarisiert, wo sich welche Stoffe als Ursachen verbergen.

6. Literatur

Die nachfolgend genannten Bücher können zur Vertiefung und Absicherung während der Vorbereitung dienlich sein:

Als ein Standard-Lehrbuch der organischen Chemie an Hochschulen, das durch seine klare Gliederung besticht und auch viele Fakten der technologischen Chemie enthält, sei genannt Hans Beyer: Lehrbuch der organischen Chemie, S. Hirzel Verlag, Leipzig; die hier benutzte 16. Auflage erschien 1968.

Umfangreiche Darstellungen aus dem hier behandelten Bereich der chemischen Technik findet man in Winnacker-Küchler: Chemische Technologie, Band 3, Carl Hanser Verlag, München 1972, 3. Auflage (viele weitere Bände).

Um einen phänomenologischen Aufbau des Chemie-Unterrichts an Waldorfschulen bemüht sich umfassend Frits H. Julius: Stoffwelt und Menschenbildung, Teil I, Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart 1978, 2. Auflage.

Anschauliche Versuche und interessante Gedankengänge schildert Gerhard Ott: Grundriss einer Chemie nach phänomenologischer Methode, Band II, R. G. Zbinden & Co.-Verlag, Basel 1960.

Eine ähnliche Betrachtung von Kohlenstoff und Wasserstoff, wie hier angestrebt, findet man, zusammen mit einem ganzen System der Chemie, bei Rudolf Hauschka: Substanzlehre, Vittorio Klostermann Verlag, Frankfurt, 6. Auflage 1976.

Genauere Versuchsbeschreibungen – besonders zur Darstel-

lung bestimmter Stoffe – finden sich in Arendt-Dörmer: Technik der Experimentalchemie, Quelle & Meyer-Verlag, Heidelberg 1969, 8. Auflage.

Interessante Einzelheiten über Lebens- und Genussmittel kann man den folgenden Lehrbüchern entnehmen:

F. Hauschild: Pharmakologie und Grundlagen der Toxikologie, Georg Thieme-Verlag, Leipzig 1960, 2. Auflage

J. Schormüller: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, Springer-Verlag, Berlin 1974, 2. Auflage, sehr zu empfehlen

Über Gewinn, Eigenschaften und Anwendung der ätherischen Öle siehe z.B.:

H. Janistyn: Handbuch der Kosmetika und Riechstoffe; 2. Band: Die Parfümierung; Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1969

K. Bournot: Rohstoffe des Pflanzenreichs, Ätherische Öle; J. Kramer-Verlag, o.O. 1968

LABORUNTERRICHT (Schülerpraktikum)

Anknüpfend an Themen des Chemieunterrichts der 8. und 9. Klasse sind von mir zwei Projekte für Werkperioden entwickelt und erprobt worden:

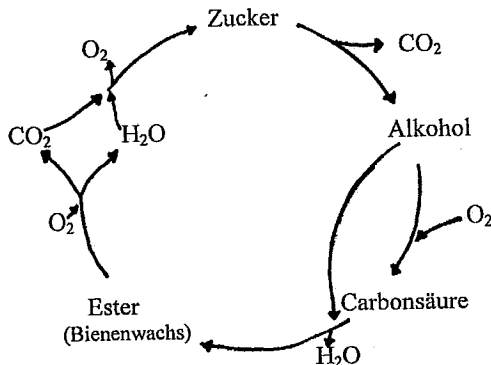
1. ALKOHOLHERSTELLUNG. Destillation, Rektifikation, Endprodukt Kölnisch Wasser oder Melissengeist, Ausgangsstoff Rosinen
2. SEIFENSIEDEN. Mit Färben und Parfümieren der Kernseife

Beides in „Laborunterricht in Chemie“ siehe dazu Schriftenliste S. 56.

Der Kohlenstoff-

✓ Kreislauf: An seiner Aufklärung wurde und wird seit langem (je nach Blickrichtung kann man sogar sagen, seit dem Altertum) intensiv von vielen Menschen gearbeitet, und man hat eine Fülle von Erkenntnissen bereits gewinnen können. Der Kohlenstoff ist ein ganz besonderes chemisches Element, ~~wie auch Faraday in seiner sechsten Vorlesung betont~~: Kohlenstoff ist (neben dem Wasser) der Schlüssel zu allen Lebensvorgängen und verleiht damit der ganzen Erde viele entscheidende Charakterzüge. Auch die Erkenntnis seines Stoff-Kreislaufes scheint mir eine außerordentlich bedeutsame zu sein. Der Gedanke, dass die Stoffe weltweit kreisen und alles mit allem nicht nur durch Geben und Nehmen, nicht nur in vernetzter Weise, sondern in Kreisläufen mit sich metamorphosierenden Gestaltungen verbunden ist, ist m. E. eine Erkenntnis, die die Naturwissenschaft erst in den letzten einhundert Jahren wirklich errungen hat und die unser Weltbild nach und nach immer stärker zu prägen beginnt. Jeder Schüler sollte deshalb an mindestens einer Stelle im Unterricht einen solchen Kreislauf kennenlernen, z. B. am Wasser, an einer Ware, am Kohlenstoff oder an einem anderen guten Beispiel. In der Regel dürften zumindest Gymnasiasten heute sogar mehreren derartigen Kreisläufen in ihrer Schulzeit begegnen.

Der Waldorfschul-Lehrplan für die Chemie der 9. Klasse lässt sich so interpretieren, dass er in einige große Grundzüge des Kohlenstoff-Kreislaufes einführt. Stofflich führt er vom Zucker über die Alkohole zu den Carbonsäuren und dann zu den Estern (und nebenbei auch zu den Ethern), prozessual von der Fotosynthese über die alkoholische und die essigsäure Gärung zur Veresterung (und zur Dehydrierung), und als begleitende Stoffe treten dabei kontinuierlich Kohlenstoffdioxid, Wasser und Sauerstoff auf. Dies lässt sich als Kreislauf fassen, wobei es günstig ist, die Verbrennung hinzuzunehmen:



Zwar ist Bienenwachs kein eigentlich typischer Ester (im Vergleich zu den im Unterricht leicht herstellbaren wie z. B. Essigsäureethylester, und auch prinzipiell: chemisch gesehen ist Bienenwachs ein Stoffgemisch, an dem Ester stark beteiligt sind, aber auch

andere Stoffklassen hinzu kommen¹), es hat aber den großen Vorteil, dass man darüber in ungezwungener Weise zur Verbrennung kommt. Und über die Verbrennung lässt sich dieser Kohlenstoff-Kreislauf experimentell wie auch phänomenologisch gut schließen und ist zugleich leichter zu verstehen, als wenn man den viel schwierigeren Weg über den menschlichen und tierischen Stoffwechsel geht, der ebenfalls zur CO₂- und H₂O-Freisetzung führt.

Dieser Kreislauf, der einen ersten Eindruck des Kohlenstoff-Kreislaufes gibt, ist das Grundkonzept meiner Chemie-Epoche in der 9. Klasse. Es lassen sich damit sowohl die bereits vorhandenen chemischen Kenntnisse aus der 7. und 8. Klasse aufgreifen, erweitern und auf ein umfassenderes Niveau heben als auch diese Erweiterung und Vertiefung sich so bis in die 13. Klasse hinein in idealer Weise fortsetzen (z. B. hat man dann eine gute Grundlage für den Citratcyclus).

Der Unterrichtseinstieg in den Kreislauf ist im Prinzip an allen fünf prozessualen Übergängen möglich: z. B. durch Vergären von Obst (Alkohol-Herstellung, wofür sich der Herbst anbietet); durch essigsäure Gärung; durch Herstellen (ggf. auch durch Gewinnen) von Ethern; durch Untersuchung der Verbrennung einer Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindung; und durch Experimente zur Fotosynthese. Ich habe verschiedene Varianten durchgeführt. Für das selbstständige Tätigwerden der Schüler, das Kennenlernen von experimenteller Technik und das Entwickeln und Erforschen naturwissenschaftlicher Fragestellungen ist meiner Erfahrung nach der Einstieg in den Kreislauf über die Untersuchung einer Verbrennung am besten geeignet. Genau diese Ziele möchte ich in der 9. Klasse erreichen, um rechtzeitig die Weichen zu stellen vom stark lehrerzentrierten Waldorfschulunterricht in der 7. und 8. Klasse hin zu immer selbstständigeren Lernformen, die schließlich in einer Hochschulreife münden. Deshalb stellte sich für mich die Frage, ob das Lehrstück "Kerze"² nicht helfen könnte, den ersten Teil der 9. Klasse - Epoche Chemie zu optimieren und somit die gesteckten Ziele leichter zu erreichen.

Für den gesamten Kreislauf benötigt man drei Epochenwochen, d. h. ca. 15 bis 18 Doppelstunden, wenn man viele Schülerexperimente durchführen, einzelne Aspekte vertiefen und einige Seitenthemen (besonders die Stellung der Tiere und Menschen zum Kreislauf) einbeziehen will. Für die "Kerze" habe ich in etwa die erste Woche, also ca. 6-7 Doppelstunden und damit relativ viel Zeit veranschlagt, da ich hier neben dem Thema im engeren Sinne zugleich Grundsätzliches durchnehme, was in den übrigen zwei Wochen noch mehrfach wieder auftaucht und dann nur aufgegriffen werden muss. Deshalb reichen für die anderen vier chemischen Prozesse (s. o., Abb.) die restlichen Doppelstunden gut aus. Habe ich vier Epochenwochen zur Verfügung, schließe ich noch praxisbezogene Themen an, die sich direkt aus dem Unterricht ergeben, etwa Wein- und Bierherstellung, Kosmetika, Nahrungsmittel-Aromen, Verseifung.

~~Mein Lehrstück-Konzept:~~

~~Im Folgenden sind meine konzeptionellen Vorüberlegungen für den Epochenanfang wiedergegeben. Es handelt sich um eine lose gedankliche Vorstrukturierung, die je~~

¹ Meroth in "Natur" Nr. 12/1987, S. 80

² Michael Faraday, "Naturgeschichte einer Kerze", Franzbecker-Verlag 1979

Salze, Säuren und Basen

Übersicht über den Chemie-Unterricht in der 10. Klasse

Kristallisation bei den Salzen

In dieser Klasse geht man aus von den Salzen, d. h. von den Stoffen, die in ihrem kristallisierten Zustand ganz und gar Erde sind, aber stark und regelmäßig geformte und ganz durchsichtige Erde.

Damit haben wir auch gleich das Thema, das für die Kinder dieses Alters besonders wichtig ist. Die Kinder sind durch die Pubertät hindurchgegangen, die feinen Verbindungen, die sie noch mit dem Kosmos hatten, sind größtenteils abgerissen. Jetzt sind sie ganz Erdenbürger geworden, und sie müssen lernen, sich mit klaren Gedanken in diesem für sie noch neuen Bereich zu orientieren. Ihr Leben, das sich jetzt für ihr Bewußtsein in erster Linie auf der Erde abspielt, muß vom Denken durchgestaltet werden. Ihr Denken muß so stark werden, daß es das Chaos der Einzelercheinungen ordnen kann, aber es muß auch so feinfühlig sein, so «folgsam», daß es den edlen Aufbau des Weltganzen wirklich erfassen kann.

Die ganze Epoche sollte folgenden Stil haben: Eine stark hervortretende, übersichtliche Gedankenstruktur, die den Reichtum der Erscheinungen ordnet, wodurch man ihn begrifflich aufhellen und sogar handhaben kann. Ein edel gebildeter, schön gefärbter Salzkristall kann wirklich als Ideal vor uns stehen, wenn wir den Stil dieser Epoche überdenken.

Wir beginnen damit, eine Anzahl Salze vorzuführen. Es ist gut, gleich zu Anfang bestimmte Kunstgriffe anzuwenden, wodurch der Eindruck so sprechend und so charakteristisch wie möglich wird. Solch ein durchsichtiger Stoff mit seinen glänzenden Flächen kommt weniger zur Geltung auf weißem Papier. Auf schwarzem Papier und mit seitlicher Beleuchtung zeigt er eine ergreifende Schönheit.

Vielleicht lassen wir auch noch vorher einige Salze auskristallisieren: Kochsalz, Kupfersulfat, Kaliumnitrat und andere. Herrlich frischer Glanz und Schönheit treten uns bei ihnen entgegen, wenn wir die Beleuchtung richtig anwenden.

Wenn wir jetzt auf das Wesen des Salzes eingehen, müssen wir die wunderbar strenge Form, die Durchsichtigkeit und Klarheit hervorheben. Das eigentliche Wunder zeigt sich jedoch erst deutlich, wenn wir das Salz betrachten im Zusammenhang mit dem Ganzen der Natur. Das Salz ist Erde, ist schwere, starre Materie, und doch öffnet es sich weitgehend dem Spiel des Lichtes. Eigentlich ist das Irdische, der Bereich unter uns, dumpf, dunkel und drückend, während das Licht darüber in einer sehr dünnen, klaren Welt webt. Es besteht der aller-

größte Gegensatz zwischen dem Lichtbereich da droben und dem Schwerebereich da drunten. Der Salzkristall, der eigentlich dem Bereich der Schwere zugehört, ist dennoch weitgehend offen für die Strahlungen aus dem Lichtbereich.

Für uns selbst dürfen wir folgendes bedenken: Die Materie wurde in längst vergangenen Zeiten aus dem Lichtbereich abgesondert und verdichtet. Das Licht ist dünn geworden, die Materie hat ihre Fähigkeit, von innen heraus zu leuchten, verloren und ist der Schwere ausgeliefert. Solch ein Kristall zeigt dieses Verlassensein vom Lichte im höchsten Maße. Er trägt in seinem Wesen die Erinnerung an das Licht; aber gerade deshalb kann er einen hohlen, leeren Eindruck auf uns machen. Wenn man ihn nun so beleuchtet, daß er aussieht, als strahle er von innen heraus auf, so erzielt man große Wirkungen. Man hebt ihn sozusagen aus seinem Fall herauf und führt ihn zurück auf seinen Ursprung. Das läßt sich auf verschiedene Weise erreichen. Man kann z. B. einen Streifen schwarzen Papieres nehmen und kleine Öffnungen hineinschneiden. Vor jeder Öffnung wird ein schöner Kristall befestigt. Wenn man jetzt den Raum abdunkelt und die Öffnungen nacheinander beleuchtet, strahlen die Kristalle wunderbar auf. Man kann auch eine Kristallisation erzeugen vor einem dunklen Hintergrund mit starker seitlicher Beleuchtung. Man nimmt z. B. eine gesättigte Kochsalzlösung und gibt konzentrierte Salzsäure zu. Das kann ein herrliches Gefunkel geben, obwohl die Kristalle oft so klein sind, daß man sie nicht deutlich zu unterscheiden vermag. Wenn die Kristalle etwas größer sind, sieht man sie sich bilden wie ein feines Wölkchen und langsam nach unten sinken, blank und rein wie frisch gefallener Schnee.

Will man im Großen experimentieren, so kann man einen Erlenmeyerkolben von 3 Liter Inhalt nehmen und eine heiße, mehr oder weniger gesättigte Kaliumnitratlösung hineinschütten. Wenn man diese jetzt ganz langsam abkühlen läßt im sorgfältig eingepackten Kolben, nehmen die Kristalle die Form zauberhafter Bauwerke an. Eindrucksvolle Formen mit zartem Farbenspiel und großer Durchsichtigkeit.

Bei der Kristallisation im allgemeinen, aber besonders bei der von Kochsalz, hat man ein Bild des ersten Entstehens der Materie vor Augen, der ursprünglichen Verdichtung von Geist zu Materie. Es findet eine Art Fall statt, ein Ausgestoßenwerden aus einer Urwelt, aber in der zauberhaften Reinheit bleibt die Erinnerung an den Ursprung bewahrt.

Es ist gut, die Schüler ganz und gar mitfühlen zu lassen, wie im flüssigen Zustand alles in gleitender, wirbelnder Bewegung ist und wie die Kristallisation etwas wie ein immer sich wiederholender Protest gegen das Flüssigsein ist. Immer wieder schießt etwas Salz aus der Flüssigkeit heraus und wird starr und scharf geformt, wird umgrenzt durch ebene Flächen; immer wieder wird also die fließende Bewegung durchkreuzt. Besonders bei den würfelförmigen Kristallen wie sie das Kochsalz hat, ist das sehr deutlich. Solch eine Kristallisation besteht aus vielen Sprüngen von einem Zustand in den anderen, die besonders drama-

tisch sind. Immer wieder gibt es einen Übergang, der eigentlich unmöglich scheint, und der doch geschieht.

Jetzt ist es Zeit, das Salz in unserem Körper aufzusuchen. Wir finden es vor allem im Skelett. Auch dieses entsteht durch fortwährende Ablagerung und Festlegung salziger Materie aus dem fließenden Blut. Das Merkwürdige ist jedoch, daß das Salz hier nicht seine eigene Form annimmt, sondern sich ganz einfügt in die Erfordernisse des Körpers.

Wenn man glaubt es verantworten zu können, dann kann man speziell bei der Kochsalzkristallisation darauf aufmerksam machen, daß wir hier etwas vor uns haben, was sich in sehr feiner Art in unserem Organismus abspielt, wenn wir einen Gedanken bilden. Wie draußen sich die Erde im Salzkristall dem Licht öffnet, so muß in uns die Materie Kristallform annehmen, wenn unsere körperlichen Organe sozusagen durchsichtig werden wollen für die geistige Realität, deren Ausdruck die Gedanken sind.

Erscheinungen beim Lösen von Salzen

Wenn man sich mit solchen Dingen einige Tage intensiv beschäftigt hat, geht man über zum Lösen der Salze. Man legt z. B. einen orangefarbenen Kaliumbichromatkristall in ein Becherglas mit Wasser und läßt beobachten, was geschieht. Der Kristall wird allmählich kleiner und nimmt abgerundete Formen an. Rund um ihn her färbt sich das Wasser in seiner Farbe. Ist man mutig genug zu kosten, so kann man den Geschmack des Salzes im Wasser feststellen. Das Salz, das sich erst in seinen Wänden eingeschlossen hielt, läßt sich jetzt gehen und verfließt in der Umgebung. Es ist wie ein Drang nach dem Unendlichen, nach unaufhörlicher Ausbreitung und Verdünnung.

Das Kristallisieren ist ein fortwährendes Auseinanderfallen in die Vielheit, eine Art Zersplitterung, aber auch ein sich Zurückziehen in die Umgrenzung der eigenen spezifischen Formen. Hat man verschiedene Salze in der Lösung, so wird man beim Kristallisieren jedes getrennt seine eigene Form annehmen sehen. Beim Auflösen findet das Umgekehrte statt. Die vielen Kristalle eines Salzes verschmelzen mit dem Wasser zu einer Einheit. Und es gehen sogar sehr verschiedene Salze miteinander in Lösung, ohne sich gegenseitig zu stören.

Ein besonders schöner Lösungsprozeß zeigt sich, wenn man in ein Zylinderglas voll Wasser einige Kaliumpermanganat-Kristalle von oben hineinhängt. Man kann sie z. B. mit etwas Vaseline an einem schwimmenden Korken festkleben oder allenfalls in ein Stück Filtrierpapier hängen. Die stark violette Lösung wird nach unten sinken und dabei eine Menge zierlicher Wirbel erzeugen. Am besten geht es vor einem stark beleuchteten weißen Hintergrund. Dann kann man auch aus größerem Abstand alles gut sehen.

Jetzt ist es Zeit, allerlei Begriffe in einer vorläufigen Form zu besprechen, die

man später genauer entwickeln muß, um zu gegebener Zeit auch Berechnungen anstellen zu können. Löslichkeit, Konzentration, gesättigte, ungesättigte, übersättigte Lösung, Kristallwasser, Diffusion, Osmose, Lösungs- und Kristallisationswärme, Siedepunkterhöhung, Gefrierpunktserniedrigung. ~~Wir wollen diesen Dingen ein besonderes Kapitel widmen~~. Hier muß ~~nur~~ darauf hingewiesen werden, daß man alle diese Begriffe anknüpfen kann an das Mitfühlen mit der inneren Dynamik der Erscheinungen, und daß man erst später daraus die mathematische Bezeichnung entwickeln sollte. Wenn man hier nicht sehr sorgfältig vorgeht, liefert man nur einen Beitrag zu etwas, was schon in zu hohem Maße gezüchtet wird: Man bildet Begriffe aus, die sehr exakt sind und die die Möglichkeit bieten, die Erscheinungen praktisch zu handhaben, aber die sich wenig eignen, ein lebendiges Bild der Wirklichkeit hervorzurufen. Mit dieser Art Begriffe hat man sich in den letzten Jahrhunderten immer mehr von der Natur entfernt, man ist immer mehr ein Gefangener seines eigenen Gedankenlebens geworden. Für uns handelt es sich darum, dem Kind etwas von dem Verbundensein mit der Welt um es herum, das ihm eigen ist, zu bewahren. Wir müssen die Schüler lehren, solche Gedanken zu entwickeln, die die Verbindung mit der Welt nicht abbrechen, sondern sie erheben aus der Sphäre bloßer instinktiver Empfindungen zu einer Sphäre, wo bewußte Exaktheit herrscht.

Es ist natürlich gut und notwendig, bei alledem die Lebenserscheinungen im Auge zu behalten, vor allem die des Menschen. Einige Andeutungen können zeigen, in welcher Richtung dies gesucht werden kann.

Wir haben bereits den Zusammenhang zwischen dem Denken und der Kristallisation besprochen, ebenso die Skelettbildung. Man kann auch ausführen, wie das Altwerden von einer dauernden Salzablagerung im Skelett und schließlich auch in den Aderwänden begleitet ist.

Während des Schlafes wird manches aufgelöst, was während des Wachens sich abgesetzt hat. Beim Wachsen des Skeletts findet eine fortwährende Auflösung bestimmter Teile statt, während an anderen Stellen wieder neue Substanz abgelagert wird.

Man kann von dem Blut als von einer Salzlösung sprechen, von den Nieren als von strengen Reglern des Salzgehaltes. Dieser feste Salzgehalt hängt wieder aufs engste zusammen mit der Tatsache, daß die Gewebe und besonders die roten Blutkörperchen abhängig sind von einem ganz bestimmten osmotischen Druck. Das muß berücksichtigt werden bei der Blutübertragung nach starkem Blutverlust. Man kann die Osmoseprobleme besprechen, vor denen ein Lachs steht beim Übergang vom Süß- in das Salzwasser und umgekehrt. Man kann erzählen, daß ein Frosch nicht trinkt, aber daß man nur den Finger eines halbausgetrockneten Frosches ins Wasser zu tauchen braucht, um ihn völlig wiederherzustellen.

* Vgl. Seite 85, Der Lösungsvorgang.

So gibt es viele Dinge, wovon ein Teil wichtig ist und auf jeden Fall behandelt werden sollte, während andere mehr nach Wunsch gewählt werden können.

Salzspaltung durch das Feuer. Base und Säure

Wenn man nun die Erscheinungen, die mit den Salzen zusammenhängen, besonders diejenigen, die in Wechselwirkung mit dem Wasser auftreten, auf diese Weise ausführlich behandelt hat, kann man untersuchen, wie das Feuer auf Salze einwirkt. Man hält z. B. ein Stückchen blaues Kupfersulfat in die Gasflamme. Es zeigt sich, daß es nach und nach seine Durchsichtigkeit verliert. Erst wird es mattweiß, dann braun oder sogar schwarz. Es wird zu einer trüben, irdischen, unlöslichen Masse. Erhitzt man den Kristall in einem feuerfesten Reagenzglas, dann bemerkt man, wie zuerst das Kristallwasser in Dampfform austritt. Dadurch entsteht die trübweiße Masse. Danach entflieht ein sauer prickelndes Gas. Dieses Gas färbt blaues Lackmuspapier rot.

Erhitzt man ein Salz wie den weißen Mauersalpeter, Calciumnitrat, dann entfliehen braune, saure Dämpfe und es bleibt eine chemisch wirksame, ziemlich gut lösliche, mattweiße Masse zurück. Diese Masse färbt rotes Lackmuspapier blau. Wir haben hier Stoffspaltungen vor uns. Aus einem einzigen Stoff, der für unsere Wahrnehmung eine vollständige Einheit bildete, sind sehr verschiedene andere Stoffe entstanden. Der ursprüngliche Stoff ist verschwunden in dem Maße, als neue Stoffe sich bildeten. Dies sind typische Beispiele für die Salzspaltung. Nun müssen wir unsere Aufmerksamkeit lenken auf den Übergang, auf das «Intervall» zwischen dem ersten Stoffzustand und dem darauffolgenden, wie wir es auch bei der Kristallisation schon taten. Wir beschränken uns jedoch hier auf das Hauptsächliche, insofern als wir das Kristallwasser hier nicht berücksichtigen. Wir sehen also einen wohlgeformten, durchsichtigen Stoff übergehen in eine formlose Masse. Die «Erinnerung an das Licht», von der wir sprachen, verschwindet und an ihre Stelle tritt etwas, was auf uns einen erdigen Eindruck macht.

Wenn wir unser Augenmerk nun speziell auf das «Intervall» bei der Dampfbildung richten, dann sehen wir, wie aus einem sehr konturierten, starren, schweren Stoff ein fein sich verbreitender, luftförmiger Stoff frei wird. Das ruhende Salz geht zum Teil über in ein bewegliches, aktives, hier sogar aggressives Gas.

Erst hatte man ein Stück Erde, das sich dem Licht öffnete. Jetzt hat man einerseits Erde, die sich dem Licht verschließt, und andererseits einen Stoff, der den Lichtraum aufsucht und sich mit ihm identifiziert. Der Stoff, welcher liegen bleibt, hat die Festigkeit des Salzes behalten. Man nennt ihn darum die Basis oder die Base. Der Stoff, welcher entflieht, hat die Durchsichtigkeit mitgenommen.

Wir haben bereits früher davon gesprochen, daß es ökonomisch ist, einen Unterschied zu machen zwischen Punkten, auf die man genauer eingeht und anderen, wo man es mehr oder weniger bei einer Aufzählung von Tatsachen bewenden läßt. Dieses Prinzip können wir jetzt anwenden.

Wenn man mit großer Sorgfalt das Entstehen des sauren und basischen Stoffzustandes aus der Spaltung der Salze besprochen hat, kann man gleich die Namen der wichtigsten Säuren und Basen aufzählen:

Einige der wichtigsten Basen

Ätznatron
 Ätzkali
 Gelöschter Kalk
 Magnesia
 Ammoniak
 Eisenrost
 Kupferrost⁴
 usw.

Einige der wichtigsten Säuren

Schwefelsäure
 schwefelige Säure
 Salpetersäure
 salpeterige Säure
 Salzsäure
 Phosphorsäure
 phosphorige Säure
 Kohlensäure
 Kieselsäure usw.

Man kann gleichzeitig diese Stoffe vorführen und, wenn man genug Zeit hat, sie einigermaßen charakterisieren an Hand von typischen Erscheinungen.

Jetzt geht man ausführlicher auf den sauren und basischen Zustand ein. Man stellt z. B. drei Bechergläser voll Wasser auf, welches mit Lackmuslösung gefärbt ist. In das linke Glas schüttet man etwas Natronlauge, so daß die Flüssigkeit sich blau färbt, in das rechte Salzsäure, so daß die Flüssigkeit rot wird. Dann fügt man links Salzsäure, rechts Natronlauge zu, wodurch die Farben wechseln.

Man kann den Schülern begreiflich machen, daß das Rot eine charakteristische Äußerung der aktiven, aggressiven Säure ist, das Blau die der mehr passiven Base. Daß es noch andere Indikatoren gibt, die durch die Farbe den Säuregrad anzeigen und an denen ganz andere Farben entstehen, ist hier weniger wichtig; es sind Kunstprodukte, die wenig Zusammenhang haben mit dem Leben in der Natur. Der Lackmus dagegen zeigt uns die ursprüngliche und typische Erscheinung, die wir aus der lebendigen Natur herausgelöst haben und die wir jetzt auf dem Laboratoriumstisch vorführen.

Obwohl der Lackmus aus einer Flechte gewonnen wird, hat er doch den Charakter eines Blütenfarbstoffes. Jetzt weist man hin auf den häufig vorkom-

⁴ Das Wort «Rost» oder «rosten» wird im Deutschen meist speziell für das Eisen gebraucht. Im Holländischen wird das Wort ganz allgemein für die entsprechenden Prozesse aller Metalle gebraucht. Es sei erlaubt, daß wir das hier und im weiteren auch tun.

menden Farbumschlag bei Blumen, z. B. beim Vergißmeinnicht von rot nach blau. Vielleicht zeigt man, daß auch Rotkohlsaft an Stelle von Lackmus verwendet werden kann.

Jetzt können wir drei Gefäße bereitstellen: verdünnte Natronlauge, verdünnte Salzsäure und Leitungswasser. Wenn man will, kann man in alle drei auch noch etwas Lackmuslösung geben. Man kann dann die ganze Klasse vorbeigehen und anfühlen lassen, daß der erste Stoff die Finger schlüpfrig macht, der zweite rau. Das dritte Gefäß dient zum Abspülen der Finger. Man erinnert die Schüler an das gleiche schlüpfrige Gefühl, das man beim Eintauchen in eine Seifen- oder Sodalösung hat.

Wir suchen jetzt, wo Säure und Base in unserem eigenen Leibe zu finden sind. Unsere gesamte Haut ist leicht säuerlich durch das Schwitzen. Unser Blut dagegen muß leicht basisch sein. Unser Speichel ist etwas basisch, unser Magen ziemlich sauer, der Darm wieder basisch. Im allgemeinen können wir sagen, daß alles nach außen Gerichtete mehr oder weniger sauer, alles nach innen Gerichtete basisch ist. Der Magen hat ja auch, neben seiner Sammelfunktion, in erster Linie eine Aufgabe beim Abwehren schädlicher Einflüsse, die von der aufgenommenen Nahrung ausgehen. Es gehen praktisch keine Nahrungsstoffe durch die Magenwand in das Blut hinein. Ein Muskel, der sich spannt, tendiert mehr nach der sauren Richtung; beim Entspannen tritt wieder das Basische hervor.

Im Jahre 1929 erschien ein Büchlein «Zehn Jahre Freie Waldorf-Schule»¹. Man findet darin einen sehr anregenden Artikel von Eugen Kolisko «Vom Werden und Gestalten des Naturkundeunterrichts an der Waldorfschule». Er zitiert darin eine Äußerung Rudolf Steiners in einer Klasse, wo gerade das Entstehen von Säuren und Basen behandelt wurde: «Also, nun habt ihr all das hier vorführen gesehen. Nun denkt aber auch, was davon in eurem Körper vor sich geht. Wenn ihr eure Glieder regt, da bildet sich immer etwas Säure; wenn ihr aber ganz ruhig seid und euch nur mit dem Kopfe anstrengt, dann entsteht etwas Laugenartiges im Gehirn.» Eine solche Bemerkung ist mindestens ebenso wertvoll für den Lehrer wie für den Schüler. Man sieht daraus, in welcher Richtung man suchen muß.

Man kann jetzt auch Säuren und Basen bei den Tieren aufsuchen. Verschiedene Tiere kämpfen mit Hilfe von Säure. Die Ameisen spritzen sie sogar aus erheblichem Abstand dem Feind entgegen.

Bei den Lehrplanangaben weist Rudolf Steiner mit besonderem Nachdruck auf die Verhältnisse bei den Bienen, auf den Gegensatz zwischen dem sauren Futtersaft und dem alkalischen Blut².

¹ Sonderheft der Zeitschrift «Zur Pädagogik Rudolf Steiners», III. Jg. 1929, Heft 3/4.

² Konferenzen Rudolf Steiners mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart 1919–1924. Manuskriptdruck, Heft 3, Januar–November 1921, Stuttgart 1962. Siehe 17. 6., Seite 41. (Siehe auch Lesartausgabe Nr. 300b)

³ auch in diesem Rede enthalten (Anmerkung von D. Rohde)

In diesem Zusammenhang ist der Gegensatz von sauren und basischen Bodenarten auch besonders interessant.

Salzbildung aus Säure und Base

Nun gehen wir über zu der Einwirkung von Säure und Base aufeinander. Wir nehmen z. B. ein Becherglas voll Wasser, schütten Kupferoxyd hinein, wodurch das klare Wasser dunkel und trübe wird. (Man kann das Kupferoxyd zuvor aus heißer Kupfersulfatlösung und heißer Natronlauge herstellen. Das so gewonnene Kupferoxyd reagiert schneller.) Nun gibt man verdünnte Schwefelsäure dazu. Man wird bemerken, wie die dunkle Masse aufgehellt wird und in eine kristallklare blaue Flüssigkeit übergeht. Man kann auch das Wasser vorher erhitzen, dann geht alles noch schneller. Wenn man das nicht zu kleine Becherglas von unten beleuchtet, dann ist der Prozeß auch in größerem Abstand sichtbar, und viele spannende Einzelheiten sind deutlicher wahrnehmbar.

Wir sehen aus diesem Versuch wieder eine bestimmte Eigentümlichkeit der Säure. Sie hat die spezielle Fähigkeit, das allzu Irdische zu verzehren und dem Licht einen Weg zu bahnen. Gerade durch die Beleuchtung kommt diese Wirkung der Säure deutlich zum Vorschein. Würde man die blaue Lösung eindampfen, so erhielte man die edelgeformten, tiefblau durchsichtigen Plättchen der Kupfersulfatkrystalle. Es hat ein ähnlich dramatischer Prozeß stattgefunden wie bei der Salzsäure. Hier geht eine glanz- und formlose Masse in klare Kristalle über. Auch geht eine bewegliche, aggressive Säure über in ein inaktives, starres Salz.

Jetzt können wir konzentrierte Salzsäure in ein Reagenzglas gießen und sie an der Oberfläche mit einem Stückchen Ätznatron in Berührung bringen. Ein scharfes Zischen ist hörbar, während eine Menge blanker Salzkristalle auseinanderstäubt und wie Schnee nach unten sinkt. Man kann den Versuch auch so einrichten, daß er ein bißchen ins Sensationelle hinüberspielt. Man stellt dann das Reagenzglas mit Salzsäure in den Ständer und läßt das Stück Ätznatron hineinfallen. Die Flüssigkeit beginnt heftig zu kochen und das Reagenzglas tanzt auf und nieder.

Wenn in dieser Art verschiedene Fälle von Salzbildung ausführlich behandelt sind, kann man wieder viel Wissensstoff in knapper Form bringen.

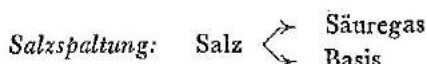
Man bespricht die Regel, nach der man im Prinzip jede Säure mit jeder Base kombinieren kann und immer ein Salz erhält. Das läßt sich auf folgende Weise schematisch darstellen:



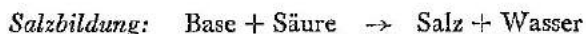
Man bespricht sodann die Namengebung der Salze und stellt eine Liste der Säuren und dazugehörigen Salze auf. Dann noch eine Liste mit den Namen, wie sie im täglichen Leben gebräuchlich sind, und daneben die wissenschaftlichen Namen.

Übergang zu den Chemischen Reaktionsgleichungen

Nun zeigt man, wie sich die allgemeinen Regeln für die Salzspaltung und Salzbildung in einfache Schemata bringen lassen:



oder noch abstrakter: $\text{Salz} \rightarrow \text{Basis} + \text{Säuregas}$



Aus diesen allgemeinen Schemata kann man dann spezielle Reaktionen dadurch ableiten, daß man die jeweiligen Namen einsetzt. So z. B.



oder eine Salzspaltung:



So legt man Schritt für Schritt den Grund für das spätere Arbeiten mit Reaktionsgleichungen und Formeln.

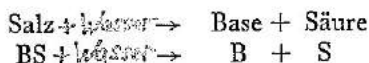
Es ist eigentlich nicht gut möglich, auf Grund des Pensums der 10. Klasse schon Formeln einzuführen. Wenn man konsequent den Weg geht vom Ganzen zu den Teilen, wenn man das Ganze als das Primäre und die daraus entstandenen Teile als das Sekundäre betrachtet, kommt man eben einfach nicht so weit. Außerdem ist es noch nicht möglich, die chemischen Elemente schon so ausführlich und lebendig zu behandeln, daß man dem eine so weitgehende Abstraktion gegenüberstellen dürfte. Tut man es doch, so kommt allzuleicht eine Trennung unter den Schülern zustande. Die intellektuelleren werden vielleicht in die Illusion verfallen, daß sie es jetzt erst ganz begriffen hätten, während sie eigentlich die Verbindung zur Wirklichkeit verlieren und außerdem die Problematik der Formeln doch nicht durchschauen. Das Formelwesen wird zu einem intellektuellen Spiel. Für die weniger Intellektuellen werden die Formeln eine mehr oder weniger undurchsichtige und unüberwindliche Schranke, die ihnen den Mut nimmt, sich wirklich in die Welt der Stoffe zu vertiefen.

Noch etwas Wichtiges kommt hinzu. Wir haben ja zu Anfang der Besprechungen für die 10. Klasse gesehen, daß wir besonders sorgfältig auf eine deutliche, durchsichtige Gedankenführung achten müssen. Dem entsprechen solche allgemeinen Gleichungen wie die für Salzspaltung und Salzbildung vollkommen, während in die ganzen Formeln so viele Gegebenheiten hineingearbeitet sind, daß die Übersichtlichkeit sehr abnimmt.

Wir werden sehen, daß die Formeln, wenn wir ihre Behandlung bis zur 11. Klasse aufschieben, ^{besser} von einer anderen Seite her anzupacken sind und ~~dann eine unerwartete Schulungsmöglichkeit mit sich bringen*.~~

Die Formeln haben außerdem den Nachteil, daß sie unwillkürlich die Aufmerksamkeit ablenken von der Tatsache, daß jeder Stoff, sei er nun ein Element oder eine Verbindung, sich als vollkommene Einheit darstellt. Spricht man die Bezeichnung «Schwefelsäure» aus, so ist sie im Einklang mit dieser Einheit. Schreibt man die Formel H_2SO_4 , so wird man besonders darauf aufmerksam gemacht, daß dieser Stoff aus anderen Stoffen zusammengestellt werden kann.

Nun ist es aber doch möglich, unsere allgemeinen Gleichungen etwas mehr abzukürzen und sie dadurch übersichtlicher zu machen. Wir tun das folgendermaßen:



Die Formel BS für ein Salz ist eigentlich auch schon zu analytisch, aber schließlich führt jede Abstraktion, selbst die vorsichtigste, aus dem Bereich der Wirklichkeit hinaus. Aber das muß wohl in Kauf genommen werden.

Sind wir in der Behandlung des Unterrichtsstoffes so weit gekommen, dann haben wir einen besonders wichtigen Punkt erreicht. Den Schülern steht jetzt das Gedankenmaterial zur Verfügung, mit dem sie nicht nur in gewisser Weise die Prozesse klar durchschauen können, sondern auch im voraus wissen, wie ein chemischer Prozeß verlaufen wird. Sie können sogar zielbewußt Prozesse stattfinden lassen. Will man z. B. Kupfernitrat herstellen, so muß man Kupferbase und Salpetersäure zusammenwirken lassen. Sie können auf diesem Gebiet Voraussagen machen und durch den Versuch nachprüfen, ob sie richtig gedacht haben.

* Vgl. Seite 52, Formeln im Chemieunterricht als Problem.

Gewichtsverhältnisse

Wenn man beabsichtigt, später die Begriffe Atomgewicht und Molekulargewicht einzuführen, erscheint es mir gar nicht ungünstig, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß alle diese Prozesse nach festen Gewichtsverhältnissen verlaufen. Man kann diese Tatsache, so lange man noch nicht schnell damit rechnen muß, leichter als Ausdruck einer strengen Naturharmonie behandeln, als das später möglich wäre. Man kann dabei gut von den Äquivalentgewichten ausgehen, z. B.:

Ätznatron	40
Schwefelsäure	49
Natriumsulfat	71
Wasser	9

Ätznatron + Schwefelsäure	Natriumsulfat + Wasser
40 49	71 2 × 9

Es scheint mir unbedingt notwendig, streng im Bereich der unbenannten Zahlen zu bleiben, denn nur dann wird es deutlich, daß es sich um Gewichtsverhältnisse handelt und nicht um absolute Gewichte. Aber selbst wenn man sich hieran hält, kann man einfache Berechnungen anstellen. Man will z. B. wissen, wieviel Natriumsulfat man erhält, wenn man 80 Gramm oder wenn man 2 Gramm Ätznatron nimmt.

Ätznatron + Schwefelsäure	→	Natriumsulfat + Wasser			
40 :	49	:	71	:	18
80 :	2 × 49	:	2 × 71	:	2 × 18
2 :	$\frac{49}{20}$:	$\frac{71}{20}$:	$\frac{18}{20}$

Wenn man den Schülern eine Liste der Äquivalentgewichte angibt, können alle möglichen Berechnungen angestellt werden.

Sauerstoff - Oxydation - Verbrennen und Rosten

Jetzt zeigen wir, daß Säuren sich dadurch bilden, daß man bestimmte Stoffe verbrennt, und Basen dadurch, daß man Metalle rosten läßt. Wir müssen also die Rolle, die der Sauerstoff bei der Säure- und Basenbildung spielt, eingehender betrachten.

Man kann hier sehr gut historisch zu Werke gehen und besprechen, wie der Sauerstoff durch Priestley entdeckt wurde. Dann hat man nicht nur den großen Vorteil, den historischen Entwicklungen folgen zu können, die meistens Hand in Hand mit einem lehrreichen Kampf um Aufhellung der Begriffe gehen, sondern außerdem bekommt man die Gelegenheit, Biographien einzuflechten. Das ist besonders für die Mädchen, die ja mehr als die Jungen das Bedürfnis haben, alles mit dem Gemüt aufzunehmen und auf den Menschen zu beziehen, von Wichtigkeit.

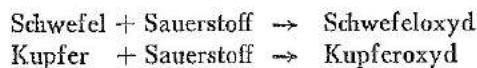
Priestley erzeugte ein unbekanntes Gas beim Erhitzen von Quecksilberstoff und stellte fest, daß es den Atmungsprozeß fördert und die Verbrennung in Gang hält. Es war also ein Gas mit verstärkten Lufteigenschaften.

Wir verbrennen nun z. B. Schwefel oder Phosphor und führen vor, daß der aufsteigende Dampf und Rauch ein feuchtes blaues Lackmuspapier rot färben. Vollständigkeithalber können wir noch zeigen, daß diese Stoffe nur brennen, wenn genügend Sauerstoff in der Umgebung vorhanden ist. Eventuell können wir die Verbrennung noch verstärken durch Zuführen von reinem Sauerstoff.

Dann legen wir ein Stück Eisen in eine feuchte Umgebung, um es rosten zu lassen. Das blanke zähe Metall wird langsam trüb werden, anschwellen und schließlich in eine spröde, braunrote, krustige Masse übergehen. Besonders interessant an diesem Prozeß ist, daß er so träge und langsam verläuft. Aber gerade das wird die Schüler wenig reizen. Man zeigt also am besten gleich auch ein Stück ordentlich verrostetes Eisen.

Weiterhin kann man ein blankes Stück Eisen und ein blankes Stück Kupfer erhitzen. Man wird sehen, wie die glänzende Oberfläche sich schnell trübt. Wir können dann besprechen und eventuell vorführen, daß das entstandene Kupferoxyd dieselbe Substanz ist wie die Base, die wir erhielten durch Spaltung (Erhitzen) von Kupfersulfat.

Jetzt vergleichen wir die beiden Prozesse, das Verbrennen und das Rosten. Beide beruhen im Prinzip auf einer Einwirkung von Sauerstoff. Wenn man sie in chemischen Gleichungen ausdrückt, sehen sie auch beide genau gleich aus:



Der Dynamik ihres Verlaufs und dem Bild nach, das sie uns zeigen, sind die beiden Prozesse jedoch völlig entgegengesetzter Art.

Das Verbrennen verläuft schnell. Es ist einer der besonders auffallenden und strahlenden Prozesse durch seine Licht- und Wärmeentwicklung und durch die prickelnden Gerüche, die gewöhnlich dabei auftreten. Der Stoff, der erst als ein fester Gegenstand vor uns liegt, wird ganz und gar aufgezehrt und in ein bewegliches, raumerfüllendes Gas verwandelt. Der ganze Prozeß ist in erster Linie nach oben gerichtet.

Das Rosten verläuft langsam. Das glatte spiegelnde Metall wendet sich sozusagen vom Licht ab und wird trübe und erdenähnlich. Von einer Wärmeentwicklung ist wenig zu bemerken. Während der brennende Stoff mit dem Sauerstoff in dessen Sphäre eingeht, zieht der rostende Stoff den Sauerstoff zu sich hin.

Etwas Rätselhaftes ist es, daß das Verbrennen erst einsetzt, wenn eine bestimmte Verbrennungstemperatur erreicht ist, während das Rosten auch bei Kälte stattfindet. Dieses Rätsel kann jedoch der Schlüssel werden zum Verständnis der Ordnung, die alledem zugrunde liegt. Das Verbrennen wird durch die Wärme erregt, das Rosten durch die Feuchtigkeit. Beim Verbrennen entwickeln sich meistens Gase oder andere flüchtige Stoffe. Beim Rosten entstehen erdige Stoffe.

Verbrennen erregt durch Wärme Feuer
Ergebnis: Gas-Dampf . . . Luft

Rosten erregt durch Feuchtigkeit . . . Wasser
Ergebnis: Erdiger Stoff . . . Erde

Wir sehen, daß die beiden Prozesse in ihrem gegenseitigen Zusammenhang durchsichtig werden, sobald man die vier Elemente als Hintergrund ins Auge faßt. Besonders interessant wird dadurch auch die Tatsache, daß man gegen das Rosten mit Fetten und Ölen vorgehen kann, also mit brennbaren «feurigen» Stoffen, während man einen Brand mit Wasser bekämpft.

Wir können jetzt zeigen, wie die Verbrennungsprodukte von Stoffen wie Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel mit Wasser zu Säuren werden, während die Metalloxyde als Basen erscheinen. Wir danken allem diesem zugleich wieder einen Beitrag zur Verdeutlichung der charakteristischen Eigenschaften von Säure und Base. Die Säure ist sozusagen der chemische Vorposten der beiden höheren Elemente Wärme und Luft. Dies erklärt viel von ihrer aggressiven Beweglichkeit und von ihrem Vermögen, dem Licht einen Weg zu bahnen.

Die Base ist der chemische Vorposten der beiden unteren Elemente. Das erklärt ihre Eigenschaft, saure Dämpfe gierig anzuziehen und zu fixieren. Starke Basen wie Ätznatron haben mehr Verbindung mit dem Wasserelement; die unlöslichen Basen, die Roste der Schwermetalle, haben mehr Verbindung mit dem Erdenelement.

Wir werden später sehen, wie die Eigenschaften der Kieselsäure weitgehend im Widerspruch hierzu stehen; denn sie trägt viel bei zur Festigkeit der Erdrinde; wie sie aber doch einen besonderen Zusammenhang mit der kosmischen Seite der Natur hat. Ammoniak bildet wieder eine Ausnahme unter den Basen: er ist sehr flüchtig.

Die Bedeutung des eingeschlagenen Weges Der Kampf um das Bild in der Chemie

Man könnte sich jetzt noch einmal fragen, warum alles dies so kompliziert behandelt werden muß, warum man nicht gleich zu Anfang der Epoche aus Verbrennen und Rosten die Säuren und die Laugen ableiten kann und daraus wieder die Salze aufbauen. Man kann an dem Werdegang, so wie wir ihn beschrieben haben, verschiedene Antworten ablesen. Wenn man mit dem brennenden und dem rostenden Stoff beginnt, ist das eine analytische Methode, obwohl man, scheinbar aufbauend, synthetisierend vorgeht. Aber es läuft ja darauf hinaus, daß man fortwährend die Stoffe, aus denen die höheren Einheiten wie Säuren, Basen und Salze aufgebaut sind, im Auge hat und sie behandelt, als wären sie Teile einer Konstruktion. Man verliert unwillkürlich das Ganze aus dem Auge. Schlägt man den umgekehrten Weg ein, so wie wir es getan haben, dann hält man dauernd am Ganzen fest, auch wenn man weit in die Zergliederung hinabsteigt.

Daraus ergibt sich, daß diese Methode im Einklang steht mit den Entwicklungsgesetzen eines Lebewesens. Dies beginnt nämlich immer als ein relativ wenig differenziertes Ganzes und geht von da aus in immer feinere Differenzierung. Mit unserer Methode arbeitet man daher im Sinn der Entwicklung des Kindes, die ja auch den allgemeinen Lebensgesetzen folgt.

Durch die analytischen Methoden, wie sie sonst allgemein in der Naturwissenschaft benutzt werden, kommt man immer in die Gefahr, das Bild der Welt auseinanderzureißen in unübersichtliche Einzelheiten. Man bildet sich zwar sehr scharfe Begriffe im Zusammenhang mit den Erscheinungen, aber man achtet wenig darauf, ob sie ein Ausdruck sind des wirklichen Zusammenhangs, in dem die Erscheinungen stehen⁴.

Ja, man schneidet eigentlich mit der Schärfe der Begriffe, mit den unfehlbaren Definitionen, dauernd Teile aus dem Ganzen der Welt heraus. Man läßt sich dabei oft so sehr imponieren von der Klarheit dieser Begriffe, daß man die Einzelheiten als selbständiges Ganzes anzusehen beginnt. Die Urheber mechanischer Theorien leiden z. B. an diesem Übel. Sie wollen die Wirklichkeit aus solchen Bestandteilen erklären, an denen man die klarsten Gedanken entwickeln kann. Geht man dagegen vom Ganzen aus, so wie wir es zu tun trachten, dann bleiben die Begriffe der Einzelheiten, die man daraus entwickelt, immer in einem wohlausgewogenen Zusammenhang untereinander und mit der Welt. Sie erhalten dann einen Aspekt, der uns erinnert an die Organe eines lebenden Wesens. Man bildet auf diese Weise in den Schülern eine ganz andere Orientierung im Leben heran. Sie entwickeln die Gewohnheit, den Blick auf das

⁴ Vgl. Seite 92, über den Begriff der Konzentration.

Ganze der Welt gerichtet zu halten und ihr eigenes Urteil und ihren Platz von da aus zu bestimmen.

Es kann besonders fruchtbar sein, im Zusammenhang mit der Bildung von Säuren und Basen den großen französischen Forscher des 18. Jahrhunderts, Lavoisier, zu behandeln. Er ist ja der eigentliche Entdecker der Rolle des Sauerstoffs bei der Bildung von Säuren und Basen. Um die Tendenz seines Werkes verständlich zu machen, muß man eigentlich etwas über die Alchimisten erzählen. Man kann ausführen, wie die ernsthafteren unter ihnen im Grunde nicht auf materiellen Gewinn ausgingen, sondern wie ihr Streben auf innere Entwicklung mit Hilfe des chemischen Experiments gerichtet war. Damit hängt auch die eigenartige Namengebung zusammen, die eine Art Bildersprache ist. Man hat es hierbei mit Andeutungen über Stoffe und Stoffzustände zu tun, wie auch mit Umschreibungen von inneren Entwicklungsprozessen des Menschen. Bei den Versuchen war ihr Blick vor allem auf das Bildhafte der Prozesse gerichtet, womit ja auch wir uns beschäftigt haben. Für sie sprach aus den Bildern und aus der Veränderung der Bilder das Göttliche in der Natur.

Zu Lavoisiers Zeit war die alchimistische Strömung längst über ihre Blütezeit hinaus; sie war in Verwirrung und Dekadenz geraten. Da hat er dann viel dazu beigetragen, die Reste alchimistischer Betrachtungsweisen gründlich auszurotten.

Für ihn war die Waage das wichtigste Instrument, d. h. er versuchte, an alle Erscheinungen von der Seite des Gewichtes heranzukommen. Dadurch wurde das Bild vollständig ausgeschaltet. Höchst merkwürdig ist es, daß er Sauerstoff wiegen konnte, bevor er wußte, daß es ihn gibt. Er ließ Zinn in einem abgeschlossenen Gefäß oxydieren und konnte zeigen, daß etwas aus der Luft in das rostende Metall überging. Das Gewicht des Ganzen blieb gleich, während das Metall schwerer wurde. Als er dann von Priestley über dessen Sauerstoffverbrennung hörte, konnte er nach kurzer Zeit seine Verbrennungstheorie entwickeln.

Er hat auch viel beigetragen zu der modernen bildlosen Namengebung. Die Bezeichnung Oxygenium – Säurebildner, Sauerstoff, ist von ihm, ebenso Oxyd für Sauerstoffverbindung.

Mit ihm wird auch das Gesetz von der Erhaltung der Materie in Zusammenhang gebracht. Es wird ihm als Praktiker in erster Linie auf eine Arbeitsmethode angekommen sein. Er gründete seine Experimente auf die Überzeugung, daß das Gesamtgewicht der Stoffe, die an einer Reaktion beteiligt sind, stets unverändert bleibt. Das ist eigentlich nur eine Arbeitshypothese. Er würde wahrscheinlich nie den Schluß daraus gezogen haben wie später die Materialisten, daß das ewige Sein nicht einem göttlichen Wesen und noch weniger der Menschenseele eigen ist, sondern der Materie. Wenn diese weder entstehen noch vergehen kann, so ist keine Schöpfung möglich. Die Gottheit wurde also durch solche Erwägungen ihrer Macht entkleidet und die Materie auf Gottes Thron gesetzt.

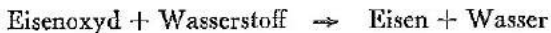
Lavoisier wird der Begründer der modernen Chemie genannt. Und tatsächlich betrachtet diese die Stoffeswelt in erster Linie von den Gesichtspunkten der Materie und Energie aus. Es ist vielleicht gut, solche Dinge mit den Schülern zu besprechen, vor allem, da man ja inzwischen darauf gekommen ist, daß tatsächlich Materie vernichtet werden und auch entstehen kann, der Materialismus also auf dieser Ebene widerlegt ist. Außerdem können wir gerade am Verbrennen und Rosten die Einseitigkeit solcher Betrachtungen deutlich machen. Wenn man nur auf das Gewicht achtet, verschwinden die Unterschiede zwischen beiden Prozessen. Achtet man auf das Bild und auf die Dynamik, so entdeckt man die größten Gegensätze. Bis zu einem gewissen Grade ist es sinnvoll, das Rosten nur vom Gesichtspunkt der Schwere zu betrachten. Das Feuer dagegen ist in dauerndem Widerspruch mit der Schwere. Es ist genauso auf die imponderabile, strahlende Lichtseite der Welt abgestimmt wie der Rostprozeß auf die Schwere. Man kann mit solchen Gedanken dem jungen Menschen nicht nur ein harmonisches Weltbild übermitteln, es muß sogar möglich sein, ihm dadurch eine Hilfe zu bieten für sein Suchen nach einer eigenen Stellung gegenüber der Welt. Vor kurzem erst hat er das Auseinanderfallen des Menschenwesens in das männliche und weibliche Geschlecht als tiefe Erfahrung durchgemacht. Gleichzeitig ist er in ein Kräftespiel geraten, das ihn wohl erheben und ihn mit Idealismus erfüllen kann, das ihn aber zum Teil auch hinunterzieht. Er fühlt sich zerrissen.

Eine Art Bild dieses Dramas steht in der Salzsplaltung in Säure und Base, in den Prozessen des Brennens und Rostens und dem, was sich daran anknüpfen läßt, objektiviert vor ihm. Während er sich mehr oder weniger ausgestoßen fühlt aus dem Schutz der göttlichen Welteinheit, kann dieses Bild beitragen zu dem Gefühl: Auch was er jetzt durchmachen muß, ist gegründet auf tiefe Weltgesetze. Sein Drama wird zu einem Teil des Weltendramas. Er steht vor der Aufgabe, durch inneren Kampf eine neue, menschenwürdige Haltung zu finden mitten in dem Kräftespiel, das sich ihm jetzt erst enthüllt. Einst mußte er sich körperlich die aufrechte Haltung zwischen der Lichtwelt über ihm und der Schwerewelt unter ihm erobern. In diesem Alter wird er innerlich gewahr, daß es etwas gibt, was ihn in illusionäre Welten hinaufziehen will und etwas, das ihn herunterholen und an dumpfe Kräfte binden will. Er muß sich auf diesem inneren Feld geistig aufrichten lernen, wie er es früher körperlich getan hat. Er muß bewußt eine neue geistige Gleichgewichtslage finden. Der besprochene Unterrichtsstoff kann ihm dabei eine Stütze sein.

Reduktion

Wir sind jetzt so weit, daß die Erscheinungen der Reduktion näher betrachtet werden können.

Man schüttet braunes, pulverisiertes Eisenoxyd in eine feuerfeste Glasröhre. Nun leitet man Leuchtgas oder Wasserstoff hindurch und erhitzt die Glasröhre an der Stelle, wo das Oxyd liegt. Man sieht das Pulver schwarzgrau werden, während ein Niederschlag von Wasser an den Wänden erscheint. Dies kann man unmittelbar in eine Reaktionsgleichung kleiden. Erst hatte man Wasserstoff und Eisenoxyd, jetzt Eisen und Wasser.



Man könnte dasselbe auch so ausdrücken:



Nachdem es abgekühlt ist, kann man das Pulver in der Röhre mit einem Magneten nach oben bewegen, ein klarer Beweis, daß metallisches Eisen entstanden ist. Man kann auch, während die Röhre noch heiß ist, Luft hindurchstreichen lassen, dann zeigt sich, daß das Pulver sofort wieder die Farbe verändert. Es wird in Eisenoxyd zurückverwandelt.

Auf besonders eindrucksvolle Art kann man einen Wechsel von Oxydation und Reduktion vorführen, indem man eine Kupferplatte ziemlich stark erhitzt und dann die Gasflamme darüber hinspielen läßt. Innerhalb des Flammenbereichs wird das Metall blank; wo die Flamme sich entfernt, setzt eine schnelle Oxydation ein, die sich zuerst in einem prächtigen Farbenspiel äußert und schließlich in einer schwarzen Schicht endet. Je länger man die Flamme hin und her bewegt, desto herrlicher glühen die Farben auf.

Die Schüler haben bereits einen Begriff davon, was sich bei der Reduktion abspielt, da in der 9. Klasse die Kohlensäureassimilation ausführlich behandelt worden ist. Darin muß man ja das Urbild eines Reduktionsvorganges erkennen.

Bei der Entdeckung des Sauerstoffs haben wir die Spaltung von Quecksilberoxyd durch Erhitzen schon behandelt.

Häufig wird die Reduktion zustande gebracht mit Hilfe von recht brennbaren Stoffen wie Wasserstoff, Kohlenstoff und Kohlenoxyd. Hieran erkennt man, worauf alles ankommt. Die brennbaren Stoffe befinden sich in einem Spannungszustand gegenüber der Umgebung. Sie sind sozusagen geladen mit Energie, die sie beim Verbrennen vor allem in Form von Licht und Wärme ausstrahlen. Die Oxyde dagegen sind in einen völlig entspannten Zustand geraten. Will man den

Ausgangsstoff aus einem Verbrennungsprodukt wieder hervorzaubern, so muß man diese Spannung wieder erzeugen durch Zufuhr von Wärme und Licht.

Bei der Kohlensäureassimilation wird durch das Sonnenlicht Kohlendioxyd in Kohlenstoff umgewandelt.* Bei der Analyse von Quecksilberoxyd wird die Wärme der Gasflamme verwendet oder, wie bei Priestley, die Sonnenwärme.

Bei der Reduktion von Eisenoxyd reißt das Wasserstoffgas den Sauerstoff an sich und gibt dem Eisen etwas von seiner Energie.

Es ist gut, darauf hinzuweisen, daß nicht nur das Verbrennen, sondern auch das Oxydieren der Metalle von Wärmeausstrahlung begleitet ist. Man bemerkt diese jedoch meistens nicht, weil es langsam geht. Beschleunigt man den Prozeß wie beim Eisenpulver, das man in die Gasflamme streut, so sieht man das Metall auch in Funken aufglühen.

Auf diese Weise kann man besprechen, daß bei jedem chemischen Prozeß eine Wechselwirkung stattfindet zwischen dem Ponderabelen und dem Imponderabelen. Immer wird Licht oder Wärme aufgenommen oder ausgestrahlt.

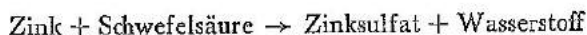
Man kann diesen Punkt bei der Behandlung der Reduktion so besprechen, daß man ihn noch ganz außer der Sphäre des Quantitativen hält und ihn dafür an die Lebensprozesse anknüpft und in Gedanken kleidet, die mehr in Bildform verlaufen.

Auflösung von Metallen in starken Säuren

Außer der gewöhnlichen Salzbildung aus Säure und Base gibt es noch die Möglichkeit, dadurch Salze zu bilden, daß ein Metall in einer Säure aufgelöst wird. Dabei vollziehen sich vielsagende Veränderungen.

Man gießt z. B. schwach verdünnte Schwefelsäure in ein Reagenzglas und wirft einige Stückchen Zink hinein. Sofort wird das Zink unter heftigem Zischen verzehrt. Ein leicht brennbares Gas entweicht. Schließlich sammelt sich unten im Glas eine klare Kristallmasse.

Man kann wiederum mühelos die Reaktionsgleichung des sich abspielenden Prozesses aufstellen:



Durch die Säure wird das Metall in Salzkristalle umgewandelt.

Wir stehen hier vor einer der merkwürdigsten Umwandlungen. Wir haben schon früher die Materie gekennzeichnet als den Teil der Welt, der vom Licht verlassen ist¹. Bei den Metallen ist sogar eine Art Gegensatz zum Licht aufgetreten. Hält man ein Stück Metall gegen das Licht, so erscheint es als dunkle Masse.

¹ Vgl. Seite 29, Kristallisation bei den Salzen.

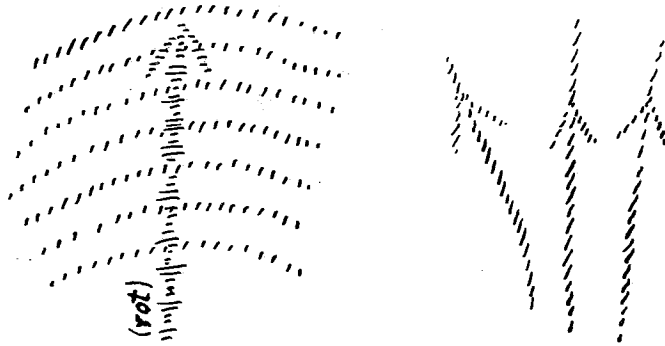
46 * Die O₂-Freisetzung erfolgt hier aus der H₂O-Spaltung. (Anmerkung von J. Rohde)

~~wirkung zusetzt. Sie sehen also, es handelt sich auch bei dem Zustande-~~
~~kommen eines solchen Mittels -daran, im wesentlichen dasjenige zu~~
~~durchschauen, was mit dem Menschen eigentlich vor sich geht.~~

Nun ist es aber, wenn man die Wirkungen des Mineralischen im Menschen verstehen will, schon nötig, daß man etwas auf die allgemeine Wirkung des Mineralischen in der Erde hinschaut. Da ist es notwendig, daß man sich zunächst bekannt macht mit demjenigen, was in der Erdenentwicklung die Salze bedeuten. Die Salze bedeuten in der Erdenentwicklung eigentlich dasjenige, was die Erde zustande bringt. Dasjenige, was die Erde zustandebringt, das liegt in der Salzwirkung. Indem die Erde Salze entwickelt, baut sie sich eigentlich auf. Und wenn wir von den Salzen zu den Säuren übergehen, wenn wir also namentlich zum Beispiel auf dasjenige sehen, was im Erdenbereich, im wässerigen, flüssigen Erdenbereich an Säureartigem vorhanden ist, so haben wir dasjenige, was im Erdenbereich, aber polarisch entgegengesetzt, demjenigen entspricht, was im Menschen im inneren Verdauungsprozeß, also in dem Verdauungsprozeß jenseits des Magens zustande kommt.

Wenn wir uns dann diese ganzen Vorgänge im Erdenwerden betrachten, insofern sie ein Verhältnis darstellen zwischen Säuren und Salzen, dasjenige also, was wir heute beobachten äußerlich in der Chemie, indem wir sehen, wie sich entwickelt der Prozeß, ausgehend von den Basen durch die Säuren zu den Salzen, wenn wir das ins Auge fassen, so haben wir in dieser Folge, wenn wir die Sache so aussprechen: Basen, Säuren, Salze, den Prozeß so gefaßt, daß er sich mit dem Erdebildenden Prozeß deckt. Und dieser Prozeß ist im wesentlichen ein negativ elektrischer Prozeß. Das heißt genauer gesagt, wenn man das äußerlich Räumliche dieses Prozesses ausdrückt, das ins Physische Hinausschlagende dieses Prozesses, aus dem Geistigen ins Physische Hinausschlagende dieses Prozesses, so ist er schematisch so darzustellen, daß man sagen müßte: Von den Basen ausgehend durch die Säuren zu den Salzen geschieht eigentlich eine Wirkung, die damit im Grunde genommen nur ihrer Richtung nach angedeutet ist (s. Zeichnung Seite 139, rot, Pfeil), aber es ist eigentlich ein Ablagerungsprozeß, schematisch ausgedrückt. Und wenn wir jetzt den Prozeß so ausdrücken, daß wir

gehen: Salze, Säuren, Basen, wenn wir also diesen Prozeß im umgekehrten Sinne ausdrücken, dann müßten wir diese Ablagerungslinie immer wegnehmen. Sie würden wirken wie zusammendrückend, und es entstehen die entgegengesetzten Strahlen, es strahlt aus (siehe Zeichnung rechts, Pfeile). Und dann haben wir es mit einem positiv elektrischen



Prozeß zu tun. Und ich glaube, Sie werden, wenn Sie sich das anschauen, was hier als ein richtiges Schema hingezeichnet ist, kaum einen Zweifel mehr haben können, daß dieses Schema von der Natur selber hingezeichnet wird. Sehen Sie sich einmal die Anoden und Kathoden an, so haben Sie einfach von der Natur selber das Bild hingezeichnet.

Wenn wir nun zum eigentlichen Metallprozeß kommen, wenn wir also an die eigentlichen Metalle herankommen, dann haben wir in den Metallen dasjenige, wodurch die Erde am meisten – wenn ich mich jetzt des Ausdrucks bedienen darf, der schon lange in der deutschen Sprache nicht mehr vorkommt, aber der einer Realität entspricht – ent-wird – werden, ent-werden. Und die Metalle tendieren nicht dazu, etwa immer mehr sich zu konservieren oder zu konsolidieren im Erdenbereich, sondern sie tendieren dazu, zu zersplittern, herauszusplittern. Also sie sind eigentlich dasjenige, was das Ent-werden der Erde darstellt, und deshalb entwickeln sie auch eine für die äußere Beobachtung verborgene, ausstrahlende Wirkung. Sie haben überall die strahlende Wirkung. Das zu beobachten ist nun von einer ganz besonderen Bedeutung überall, wo man zu der Interpretation der Natur, insofern sie Heilmittel gibt, ins Metallische hineinkommt.

Nun ist es ganz besonders interessant, von diesem Gesichtspunkte aus einzelne Metalle zu betrachten, und durch diese Betrachtung ergeben sich ja dann diejenigen Gesichtspunkte, die einfach auf dieser Tabelle hier als für unsere mineralischen Heilmittel geltend verzeichnet sind. Die Dinge sind so, daß man sagen muß: Es müßte eben alles zusammengenommen werden, was eine solche richtige Interpretation der Beobachtung ergibt, um diese Dinge zustande zu bringen, und sie werden sicher sein, weil nur dasjenige zunächst zustande gebracht ist, was auf einer umfassenden Interpretation der Beobachtung beruht. Nun können wir hier auch der Interpretation zu Hilfe kommen. Denn mir handelt es sich wirklich nicht darum, etwa Ihnen diese Tabelle in irgendeiner Weise zu wiederholen; was an ihr noch ergänzt werden soll, kann dann einmal, es muß ja doch geschehen, in einer schriftlichen Darstellung der Sache gemacht werden. Es handelt sich mir weniger darum, etwa diese Tabelle zu wiederholen, sondern es handelt sich mir darum, Ihr Denken in diejenige Richtung zu leiten, durch die so etwas wie diese Tabelle eben zustande kommt.

Betrachten wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die Metalle — ich möchte besser sagen: die Metallität —, betrachten wir von diesem Gesichtspunkte aus die Metallität, so haben wir dasjenige, was ich eben Ihnen charakterisiert habe als Strahlung, wiederum in den verschiedensten Formen vorhanden. Wir können es vorhanden haben in der emanenten Form des Ausstrahlenden, des in den Weltenraum hinaus das Irdische Zerstörenden. Das ist ganz besonders bei der Bleiwirkung da. Man möchte sagen: Durch die Bleiwirkung werden dem Menschen als Organismus diejenigen Kräfte eingepflanzt, die ihn einfach herausplitttern möchten in die Welt. Das ist drinnen durch die Bleiwirkung, dieses Hinausplittternwollen in die Welt, so daß man diese Bleiwirkung allerdings am besten als eine strahlende betrachtet. Und solche strahlenden Wirkungen treten dann in einer anderen Art auf bei anderen Metallen, zum Beispiel beim Magnesium. Das ist sehr deutlich zu bemerken, und darauf beruht ja gerade dasjenige, was das Magnesium an den Zähnen tut. Nun, es muß eben durch den menschlichen Organismus bis zur Metallwirkung gebracht werden. Das geschieht auch. Es handelt sich dann darum, daß aber die Strahlung sich auch

* Um welche Tabelle es sich handelt, ist in der Vortragsmitschrift nicht angegeben. (Anmerkung von D. Rohde)

wiederum metamorphosieren kann. Und wenn sich die Strahlung zunächst metamorphosiert, dann wird sie zu dem, was ich nennen möchte: Der Strahl ist nur noch Richtung, was aber stattfindet, das ist eigentlich ein um die Richtung Herumpendeln, ein Oszillieren.

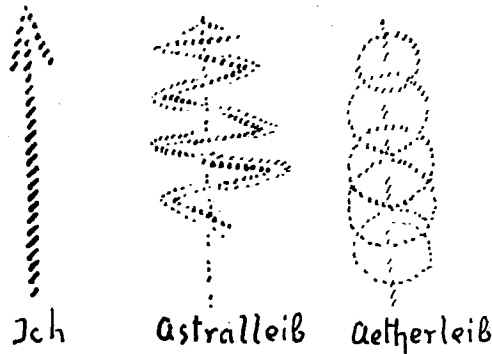
Solche Wirkungen muß man betrachten am gesunden und am kranken Menschen. Am gesunden Menschen sind diese strahlenden Wirkungen vorhanden, ich möchte sagen, wie die Residuen des Vorgeburtlichen, des präexistenten Seins in den Ausstrahlungen der Sinnesorgane. Die sind immer da. Was da in den Sinnesorganen ausstrahlt, das sind im Grunde genommen Bleinachwirkungen, wofür das Blei nicht mehr da ist. Und bei aller Sinnes-tätigkeit durch den ganzen Organismus hindurch finden im Grunde genommen diese Ausstrahlungen statt. Die Nerventätigkeit, also das Funktionelle in den Nerven beruht im wesentlichen auf einer Abschwächung der Sinnes-tätigkeit nach dieser Richtung, also bei einem schwächeren Strahl.

Sie können daraus sehen, warum ich in meinem Buche «Von Seelenrätseln» gesagt habe, dasjenige, was eigentlich Nerven-Sinnes-tätigkeit ist, ist schwierig darzustellen, weil man nämlich all das hätte vorausschicken müssen, was jetzt zu dieser Auseinandersetzung hier vorgebracht worden ist.

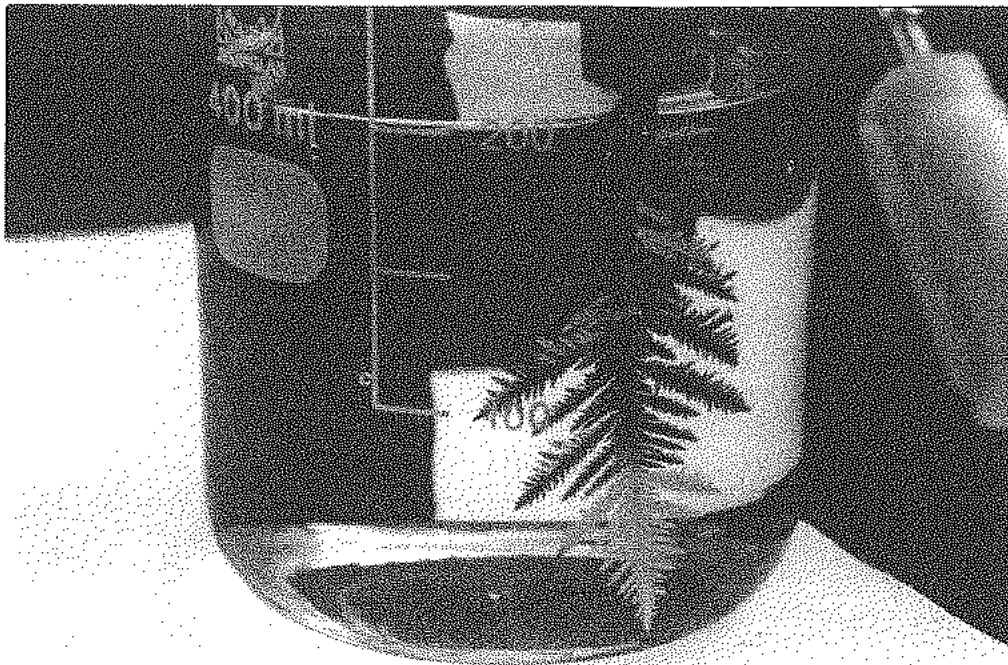
Wenn man aber dann dieses Schwingende, dieses Pendelnde hat, wenn gewissermaßen die Strahlung nur der Richtung nach noch festgehalten wird, dann hat man es zu tun mit demjenigen, was als Funktionelles im menschlichen Organismus allem Atmen, überhaupt aller rhythmischen Tätigkeit zugrunde liegt. Die rhythmische Tätigkeit beruht auf einem solchen Pendelnd-Werden der Bewegung, auf einer solchen, gegenüber der strahlenden mehr in sich konsolidierten Bewegung. Und eine solche Bewegung hat im Umkreis der Metalle oder der Metallität im wesentlichen zum Beispiel das Zinn. Und darauf beruht dann die wohltätige Wirkung des Zinns in Hochpotenzierung, in ziemlicher Hochpotenzierung auf alles, was das rhythmische System betrifft. Dann kann sich aber diese strahlend pendelnde Bewegung noch weiter modifizieren. Diese dritte Modifikation, die ist nun von ganz besonderer Bedeutung, diese dritte Modifikation hält also die Richtung sowohl wie auch das Pendeln nur gewissermaßen latent ein.

Dagegen besteht sie in einem fortwährenden Bilden und Ent-Bilden von Kugeln, die irgendwie in der Strahlungsrichtung werden und entwerden.

Auf diesen Kräften beruht eigentlich dasjenige, was im Menschen im Stoffwechsel wirkt. Und unter den Metallen ist es das Eisen, das gerade diese Kräfte ganz besonders entwickelt. Daher stellt sich auch Eisen im Blute der Stoffwechselwirkung entgegen als die dritte Metamorphose der Strahlungswirkung. Wenn man es mit der ersten Metamorphose zu tun hat, so geht die Wirkung insbesondere auf alles das, was organisch das Ich betrifft; wenn man es mit der zweiten Metamorphose zu tun hat, ist es die Wirkung organisch auf alles dasjenige, was mit dem Astralleib zu tun hat, und wenn man es mit der dritten Metamorphose zu tun hat, ist es organisch die Wirkung auf alles dasjenige, was sich auf den Ätherleib bezieht (siehe folgende Zeichnung).



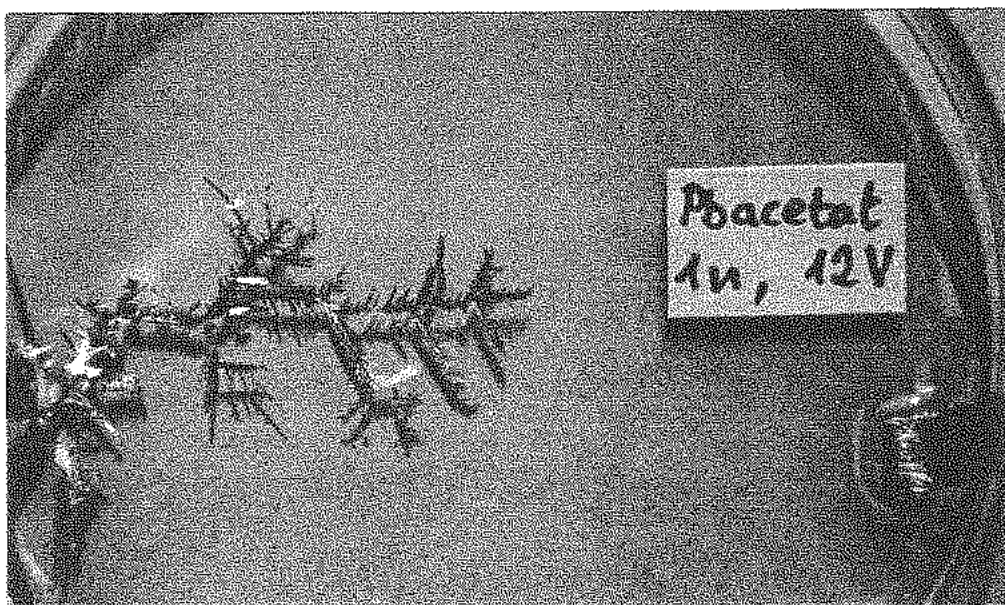
~~Gehen wir aber weiter. Dasjenige, was sich da entwickelt als solche fortlaufende Kugelstrahlung, wenn ich es so nennen darf, das muß, weil es ja gewissermaßen vom oberen nach dem unteren Menschen wirkt, fortwährend in Empfang genommen werden. Es geht ja nur bis zum Ätherischen; es geht nur bis zum Ätherischen! Es muß nun auch vom Physischen in Empfang genommen werden durch eine polarisch wirkende Kraft, denn solch einer Kugelbildung muß entgegenkommen von außen ein die Kugel Einhüllendes. Die Kugel muß erfaßt werden, eingehüllt werden (s. Zeichnung Seite 143).~~



Bleibaum



Bleibart



Elektrolyse in der Petrischale

Experimente

Blei

"Bleibaum"

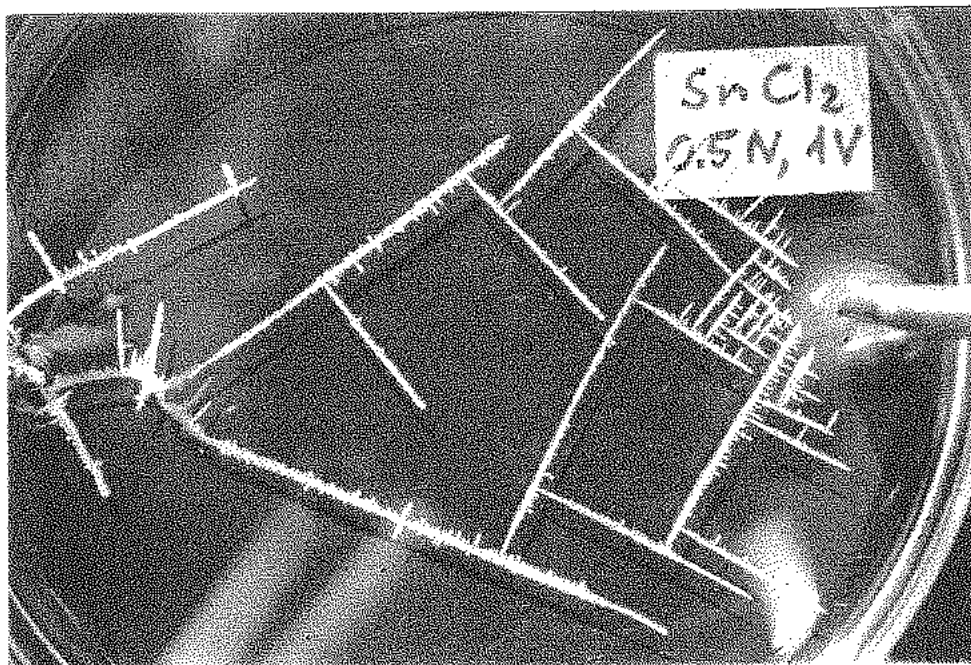
Bei der Elektrolyse einer z. B. 1 normalen Lösung von Bleiacetat scheidet sich das Blei an der Kathode in sehr charakteristischen Formen ab. Bei niedrigen Spannungen (z. B. 2 Volt) entstehen an der Spitze der Kathode ganz zauberhafte bleigraue, in der Art von Farnblättern reichgegliederte und verzweigte Metallblättchen, die ganz blank sind und im Lichte glitzern: ein "Bleibaum" (Abb. 3). Für diesen Versuch genügt ein Netzgerät für 250 mA, und die Reaktion kann in einem kleineren Becherglas ausgeführt werden.

Bei höheren Spannungen, z. B. 220 Volt, bilden sich statt dessen schnell in der Richtung des Stromes wachsende weiche Bärte aus Metall. Sie erinnern an den Moosbehang der Bäume in kühlen, feuchten Tälern der Mittelgebirge.

Läßt man das Blei bei z. B. 12 Volt auf einem an einer Krokodilklemme hängenden, in eine Bleiacetatlösung eintauchenden Filterpapier wachsen, so entsteht langsam ein dichter Bleibart.

Ein schnelleres Wachstum erhält man in einer Petrischale, deren Boden mit 1n-Bleiacetatlösung bedeckt ist, bei einer Spannung von z. B. 12 V. Wenn die Ebene der Kristalle parallel zum Boden liegt, erhält man die typische Form der Bleibäume. Unter Umständen muß man nachhelfen, indem man die Kristalle mit einem flachen Spatel vorsichtig an den Boden drückt.

Zinn



Elektrolytische Abscheidung von Zinn

Elektrolyse

Zu einer frisch angesetzten 0.5n SnCl_2 -Lösung wird tropfenweise so viel HCl zugesetzt, bis die Lösung ganz klar ist. Die Klärung tritt erst allmählich ein; die Säure sollte deshalb langsam zugegeben werden. Wird die Lösung nicht klar, so muß sie filtriert werden.

10 ml der Lösung werden in einer Petrischale mit ebenem Boden von etwa 11 cm Durchmesser zwischen Zinnelektroden elektrolysiert. Die hochglänzenden Zinnkristalle bilden sich sehr geradlinig, rechtwinkelig verzweigt und liegen ganz vorwiegend in einer Ebene. Es ist wichtig, daß sie parallel zum Schalenboden wachsen, sonst können sie sich nicht richtig entwickeln. Wenn die Kristallebene senkrecht zum Schalenboden steht, bildet der Kristall ein enges Zickzack zwischen Schalenboden und Flüssigkeitsoberfläche und wächst unverzweigt mehr oder weniger gerade oder gebogen. Zinnkristalle besitzen eine beachtliche Formbeständigkeit. Sie schmiegen sich nicht ohne weiteres dem Schalenboden an. Man kann sie durch Andrücken mit einem Spatel an den Boden so drehen, daß die Verzweigung in der Ebene des Schalenbodens erfolgen kann.

Mit einer 0.5 normalen Lösung erhält man bei 1 V ein schnelles, mehr oder weniger verzweigtes, nadeliges Wachstum, das sehr schöne Bilder ergibt. Man kann das Wachstum beschleunigen, indem man die Spannung auf 2 V erhöht. Bei höheren Konzentrationen breiten sich die Kristalle stärker in der Fläche aus. In alkalischer Lösung entsteht bei allen Spannungen nur eine strahlig - flächige Ausbreitung.

Mit Lösungen von Zinntetrachlorid (z. B. 1-2n) erhält man bei höheren Spannungen und sehr viel langsamer flächige, engstrukturierte Zinnabscheidungen. Gleichzeitig bildet sich an der Anode ein weißer Niederschlag von Zinnsäure.

Eisen

Elektrolyse

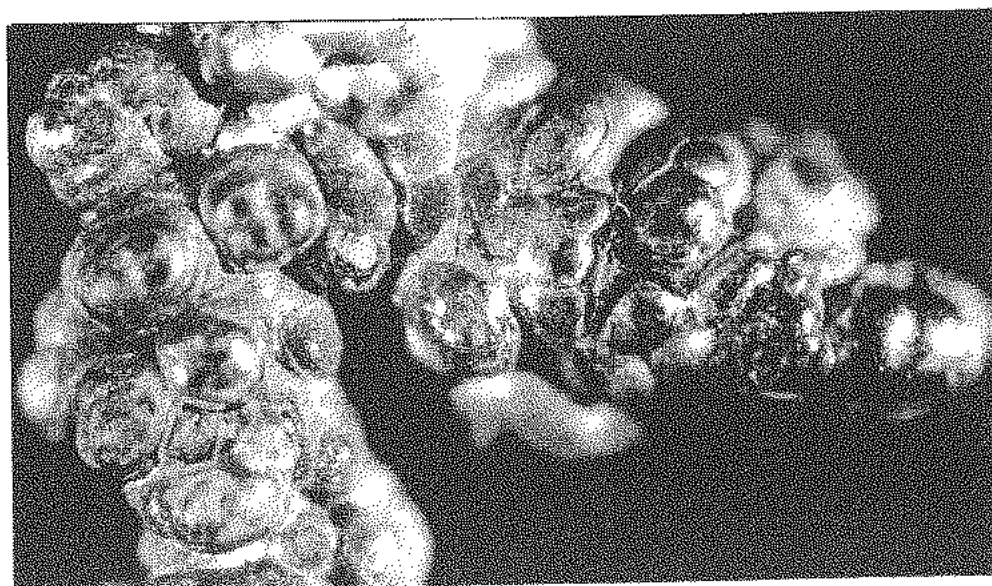
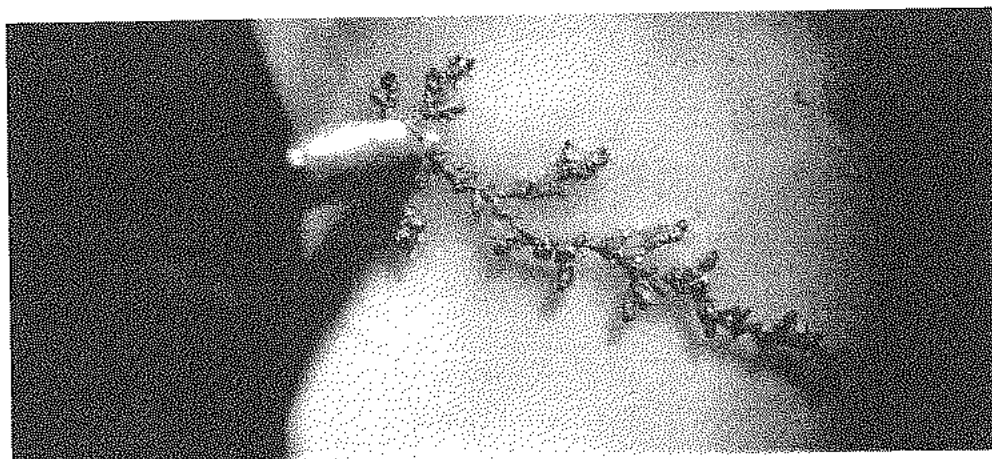
In einer Petrischale von 10 cm Durchmesser werden nach der Reinigung mit einem handelsüblichen Scheuermittel und gründlichem Spülen 10 ml der zu elektrolysierenden Flüssigkeit ausgebreitet. Die Anode sollte breit eintauchen. Sie muß zwischen den Elektrolysen gereinigt werden, weil sich auf ihr Anodenschlamm absetzt und evtl. den Stromdurchgang behindert. Die Kathode sollte spitz sein, wobei die Spitze etwas abgerundet werden kann, und gerade nur eben in die Flüssigkeit eintauchen.

Man stellt eine 6n Eisen(II)-chloridlösung her (6g $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ in 10 ml Lösung), setzt eine Spatelspitze Eisenpulver zu der Lösung, rührt um und filtriert. Das Filtrat muß rein flaschengrün sein. Die Lösung muß dann gleich verbraucht werden. Während der Elektrolyse bildet sich um die eiserne Anode herum ein gelber, dann braun werdender Hof von Eisen(III)-chlorid. Auch um die Kathode herum entsteht allmählich ein bräunlicher Ring.

Elektrolytisch abgeschiedenes Eisen bildet in der Regel keine ausgeprägten Kristalle, sondern massive, bäumchenförmige Aggregate. Das Wachstum ist um so schneller, je höher die Temperatur und je höher die Konzentration der Lösung an zweiwertigem Eisen ist. In den bei Zimmertemperatur durchgeführten Versuchen beginnt die Abscheidung aus 6n FeCl_2 bei 12 V langsam unter gleichzeitiger Wasserstoffentwicklung. Es empfiehlt sich, den Abstand zwischen den Elektroden auf etwa 4 cm zu reduzieren.

Unter dem Mikroskop erkennt man: die Äste bestehen aus zusammengewachsenen knolligen Bildungen, wie Glaskopf, mit einem schaligen Aufbau. Die oberste Schale ist oftmals noch nicht ganz ausgebildet. Auch unregelmäßig längliche, keulige Bildungen von ähnlicher Struktur entstehen, und zwar besonders, sobald das Wachstum sich der Anode nähert und schneller wird. Das Eisen überzieht sich, sobald die Spannung unterbrochen ist und solange es feucht ist, schnell mit einer braunen Oxidschicht. Gelingt es, eine der Knollen aufzuschlagen, so kann man unter dem Mikroskop den schaligen Aufbau des massiven Eisens erkennen. Häufig ist die Abscheidung auch locker, von Gasblasen durchzogen.

Gelegentlich erfolgt das Wachstum auch schnell in der Form von metallisch-eisengrauen Kristallisationen, die an Pflanzliches erinnern. Sie neigen dazu, nach unten gekrümmt zu wachsen und sich dadurch aus der Flüssigkeit herauszuheben und schließlich abzubrechen.



Elektrolytische Abscheidung von Eisen aus 6n FeCl_2

Das Eingreifen der Elektrizität in die Bereiche der Chemie

1. Vorbemerkung sachlicher und pädagogischer Art

An zwei Stellen unserer chemischen Versuche — bei der Oxydation des Stickstoffs und bei der Reduktion des Phosphors — haben wir uns bisher schon der elektrischen Kraft bedient. In beiden Fällen aber war diese Kraft nicht voll ihrem eigentlichen Wesen nach, also unmittelbar wirksam, sondern nur *mittelbar* durch die Erzeugung hoher Hitzegrade in Form des elektrischen Lichtbogens. Allerdings ist es durchaus interessant, daß gerade mit Hilfe der Elektrizität solche außergewöhnlichen Temperaturen sich in einfacher Weise erzeugen lassen, bei denen sich Vereinigungen und Trennungen vollziehen, die unter gewöhnlichen Wärmegraden eben nicht stattfinden. Auch sind es vor allem solche Vereinigungen und Trennungen, die den natürlichen Stoffesprozessen entgegengerichtet sind. So wird bei der Oxydation des Stickstoffs dessen außerordentliche Widerstandskraft gegen eine Sauerstoffverbindung überwunden und diese Verbindung gewissermaßen erzwungen. Und ebenso wird bei der Reduktion des Phosphors dieser aus einer ihm natürlichen Kalkverbindung gewaltsam herausgelöst und zur reinen Elementform gebracht.

Wir müssen also erwarten, daß die Elektrizität wohl auch da, wo sie ganz ihrem Wesen und ihrer Natur gemäß in der Chemie eingesetzt wird, uns überraschende Verwandlungen von Stoffen ermöglicht, die ohne ihre Hilfe gar nicht oder nur äußerst schwer zur Erscheinung kämen. Dies wird um so mehr der Fall sein, als ja die erste Form des Auftretens der elektrischen Kraft — die Entdeckung Galvanis und Voltas — aufs engste mit dem Gebiete der Chemie selbst verbunden war! Ja, daß die Anwendung der Elektrizität auf chemische Stoffe um so mehr geboten erschien, als diese Naturkraft selbst im Zusammenhang mit chemischen Umsetzungen, wie man bald merkte, in Erscheinung trat. Außerdem mutet es wie ein großartiges Zusammenspiel im Reiche der Weltentdeckungen und -Gedankenbildungen an, daß zur selben Zeit, als die Chemie im Begriff war, sich neu zu gestalten, — ihr auch in der neuentdeckten Weltenkraft der Elektrizität ein Helfer zur Seite stand, wie sie ihn sich besser nicht hätte wünschen können! 1789 war die erste Entdeckung Galvanis (der berühmte Froschschenkelversuch)

geschehen, 1790 hatte Volta auf Grund dieser Entdeckungen des Bologneser *Arztes* sein erstes Element aus Kupfer, Zink und Schwefelsäure aufgebaut, und schon in den Jahren 1807—1810 gelangen dem genialen englischen Chemiker Davy mit Hilfe einer starken Batterie von Volta-Elementen die bedeutsamsten Entdeckungen chemischer Grundstoffe auf dem Gebiete der Alkalien und Erdalkalien. Damit wurde in eine große Reihe bisher ungeklärter chemischer Fragen Licht gebracht. Dies war um so eher möglich, als kurz zuvor, 1799, von dem Franzosen *Proust* das *Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse* bei chemischen Verbindungen aufgestellt wurde, dem schon 1802 durch den Engländer *Dalton* die *Entdeckung des Gesetzes der vielfachen Gewichtsverhältnisse* folgte. (~~Siehe dazu Näheres in den letzten Kapiteln des Buches.~~)

Es entspricht daher dem Gange der Entwicklung der Chemie selbst, wenn wir in den folgenden Abschnitten diejenigen chemischen Erscheinungen näher betrachten, die mit diesen Entdeckungen verbunden sind. Neben ganz neuen Verhältnissen, die dabei zutage treten, werden wir auch Stoffesumwandlungen wiederbegegnen, die uns schon bekannt sind, die aber hier unter ganz neuen Umständen sich vollziehen.

Es wird jedoch gerade in diesem Abschnitt besonders unser Bestreben sein müssen, die auftretenden Gesetze in voller Wahrung ihrer rein phänomenologischen Voraussetzungen auszusprechen und uns jedes Hineintragens vorgefaßter Begriffsbildungen zu enthalten. Auch dies geschieht hier mit voller Absicht und durchaus mit Kenntnis der sonst gerade auf diesem Gebiete üblichen Begriffsbildungen wie der Ionenlehre und dergleichen. — Es soll gerade daran gezeigt werden, wie sehr die Phänomene selbst die Lehre sein können, wenn diese nur in einer gleichsam *von der Natur selbst gewünschten Ordnung* vorgebracht werden. Nicht das Aufstellen von Theorien zur Erklärung von Erscheinungen ist u. E. die Aufgabe eines sich selbst verstehenden Denkens, sondern die Herstellung einer *naturgemäßen Ordnung von Erscheinungen, durch die die Natur selbst in die Lage versetzt wird, ihre Gesetze deutlich zu offenbaren*. In diesem Sinne wollen wir auch hier verfahren.

Zum Pädagogischen dieses Kapitels soll hier nur gesagt werden, daß es sich dabei um einen Stoff handelt, der etwa dem 10. Schuljahre gemäß ist. Denn er bietet in geradezu vorzüglicher Weise die Möglichkeit, die fundamentalen chemischen Begriffe von Säure, Lauge und Salz, „Sulfur“ und „Basisselement“, Oxydation und Reduktion an neuen

bis 11.
(D. Rohde)

bis 11. Schuljahr (D. Rohde)

interessanten Beobachtungen zu vertiefen und abzurunden. Damit ist aber für ein 10. Schuljahr (~~nach dessen Ablauf doch viele Schüler auch in Zukunft noch die Schule verlassen müssen~~) doch ein Erlebnis chemischen Wirkens vermittelt, das auch für ^{das} ihr weiteres Leben Bedeutung haben kann — und sollte! ~~Denkt man sich insbesondere den Betrachtungen dieses Kapitels in einer 9. Klasse Besprechungen von chemischen Stoffen im Sinne des III. Kapitels vorausgehend, so~~ ist damit zugleich die Geschichte der Chemie selbst vor die jungen Menschen hingetreten. Dadurch ist ihnen aber auch die Möglichkeit gegeben, Sinn und Bedeutung der Zeit, in der sie leben, zu verstehen und sich in ihr zurechtzufinden. Das aber muß doch die Grundaufgabe jedes in der Schule gelehrteten Faches sein. Und diesem Ziel sollten daher auch diese „Anregungen zu einer lebendigen Chemie-Betrachtung“ im besonderen dienen.

Selbstverständlich gilt gerade auch für das in diesem Abschnitt Vor-gebrachte, daß es nur als *Anregung* aufgefaßt werden soll, und daß es durchaus möglich und wünschenswert ist, weitere Erscheinungen ein-oder anzugliedern. Dennoch wird man vielleicht auch bemerken können, daß die Grundgesetze so erfaßt und ausgesprochen sind, daß dies nach allen Richtungen hin geschehen kann.

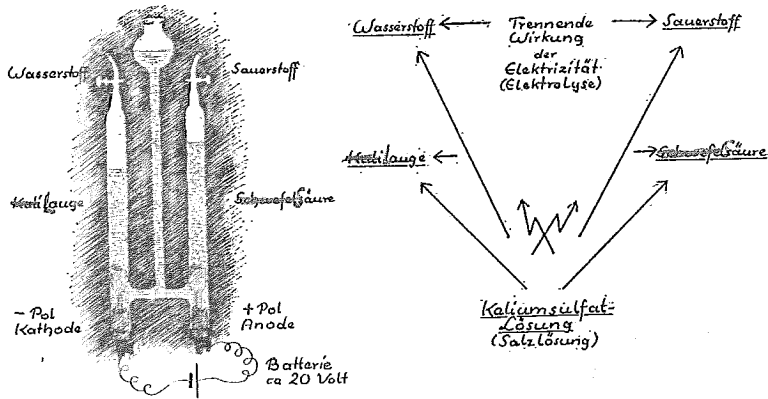
2. Die Elektrolyse des Kaliumsulfats: die grundlegenden Vorgänge bei der Elektrolyse eines normal aus Alkali-Basis und Säure gebildeten Salzes

Beginnen wir gleich mit dem Versuch, der uns sofort in die Mitte der Erscheinungen hineinführt und der in seinem Ablauf auch so interessant ist, daß er das Interesse der Schüler dieser Altersstufe gründlich wachruft.

Wir füllen zwei Glasröhren (siehe Zeichnung), an deren unteren Enden Platin-Elektroden angebracht sind, über eine mittlere, mit ihnen verbundene Röhre, vollständig mit einer Lösung von Kaliumsulfat, das wir zuvor mit Lackmuslösung (neutral) gefärbt haben. Dann schließen wir die Elektroden an eine gewöhnliche ~~Batterie~~ ^{Gleichspannungsquelle} (am besten Edison-Batterie) von ca. 20 Volt an und erzielen so einen „Stromkreis“, in welchem die Salzlösung als „elektrischer Leiter“ einbezogen ist.

Zersetzung von Kaliumsulfat-Lösung

Hofmannscher Apparat
Kaliumsulfat-Lösung



Wir beobachten nun sehr bald, daß an den beiden Elektroden Bläschen aufsteigen, also Gase sich entwickeln. Und zwar sind die an der positiven Elektrode (Anode) aufsteigenden Bläschen deutlich kleiner als diejenigen der negativen Elektrode (Kathode). Die aufsteigenden Gasbläschen können wir dadurch zu einem größeren Gasvolumen sich ansammeln lassen, daß die beiden Röhren oben zunächst mit zwei Hähnen verschlossen werden können. Bald beobachten wir nun auch, daß sich dabei über dem + Pol oder der Anode nur halb so viel Gas ansammelt wie über dem - Pol oder der Kathode. Das Volumenverhältnis zwischen den an der Anode und an der Kathode entstandenen Gasen erweist sich auch weiterhin (wenn die Hähnen sicher abschließen!) stets genau als 1:2, wie wir an den Marken der geeichten Röhren jederzeit deutlich ablesen können. Lassen wir auch den Prozeß längere Zeit hindurch sich vollziehen, so vergrößern sich zwar die beiden Gasvolumina stetig, bleiben aber zueinander immer in dem angegebenen Zahlenverhältnis 1:2. Wir sehen also, wie hier *die Natur selbst* in diesem Versuch uns darauf hinweist, daß in ihren Vorgängen offenbar strenge Zahlengesetzmäßigkeiten walten, die wir noch erkennen müssen.

größer
(D. Rohde)

Es ist pädagogisch von großer Bedeutung, daß man später die Betrachtungen über die Zahlengesetze innerhalb der Stoffeswelt gerade an eine solche Staunen erregende Sinneswahrnehmung anschließt. Denn dadurch erst wird in den Schülern ein *lebendiger Wunsch* erregt, auch diese Gesetze erfassen und verstehen zu können, und man hat damit als

⊗ (bei O₂-gesättigtem Wasser) (Anmerkung von 67
D. Rohde)
(dazu Versuch erst kurz
mit offenen Hähnen
laufen lassen, falls nötig)

Lehrer ein aktives Interesse als Voraussetzung für Dinge, die sonst leicht farblos wirken.

Hier aber sollte vielleicht diese Tatsache erst einmal sinnlich wahrgenommen und konstatiert werden. Denn eine noch auffallendere Erscheinung wird bei diesem Versuch das Interesse der Schüler bald noch stärker in Anspruch nehmen. Der Inhalt der beiden Glasröhren über den Elektroden zeigt nach kurzer Zeit nicht mehr die gleiche Farbe der neutralen Lackmuslösung, sondern die beiden Röhren erscheinen allmählich in deutlich verschiedener Färbung. Die über der Anode befindliche Flüssigkeit wird deutlich rot, diejenige über der Kathode bläulich, während die mittlere Röhre mit der in ihr befindlichen Salzlösung die ursprüngliche Violettfarbe der neutralen Lackmuslösung festhält und daher zum Vergleich stets herangezogen werden kann.

Nehmen wir, in Wiederholung des Versuchs, selbstbereiteten Rotkrautsaft zur Färbung des Kaliumsulfats, so kommen die verschiedenen Färbungen noch deutlicher zum Vorschein, indem sich der Inhalt der einen Röhre wundervoll karminrot, der Inhalt der anderen herrlich smaragdgrün verfärbt, während die mittlere Röhre wieder die blaue Normalfarbe des frisch bereiteten Krautsaftes beibehält.

Man gewinnt gerade hierbei den unmittelbaren Eindruck komplementärer Farbtöne, so daß schon rein dem Auge nach dieser Versuch sich als besonders eindrucksvoll für die Schüler erweist.

Beide Verfärbungsvorgänge, sowohl bei Lackmus wie bei Rotkrautsaft, treten aber, wie wir nochmals zeigen werden, immer auf, wenn diese Lösungen mit Säuren oder Laugen irgendwelcher Art zusammengebracht werden. (Das intensive Rotwerden des Rotkrautsaftes bei der Säure-Einwirkung ist dabei ebenso aufschlußreich für die inneren Gesetzmäßigkeiten dieser organischen Substanz wie das Verfärben zum Grün, das allmählich sogar ins Gelbliche überwechself.)

Die Verfärbung ist uns daher ein einwandfreies Kennzeichen dafür, daß die Einwirkung der Elektrizität auf das zuvor neutrale Salz ^{die} damit beschrieben werden kann, daß sie dies von den Polen (Elektroden) her in die beiden polaren Stoffe Säure und Lauge — Schwefelsäure und Kalilauge — „zerlegt“ oder „aufgespalten“ hat. Daß der ganze Vorgang von den Polen her seinen Ausgang nimmt, können wir noch dadurch deutlicher machen, daß wir den elektrolytischen Vorgang (wie man es nennt) in einer U-förmig gebogenen Glasröhre sich vollziehen lassen, wobei wir die Elektroden von oben her in die genau so bereitete und gefärbte Lösung von Kaliumsulfat eintauchen. Die Verfärbung nach

⁶⁸ (Nur der Idee nach; die Säure- und Laugeentstehung beruht nur auf der Wasserzersetzung. H_2O und $S_2O_8^{2-}$ werden unter diesen Bedingungen nicht entladen.) (Anmerkung von D. Rohde)

⊗ (Mit Universal-Flüssig-indikator geht es schlechter, das 2:1-Verhältnis verschiebt sich.)

(Anmerkung von D. Rohde)

dem Rot und Grün beginnt dann von den Polen her nach abwärts, während im mittleren, unteren Teil des U-Rohres sich noch die ursprüngliche Farbe erhält. Es ist gerade diese Variante des vorhergehenden Versuches besonders aufschlußreich, weil sie in der verschiedenartig sich kundgebenden Verfärbung der einen Farbe von den Polen her deutlich aufzeigt, daß die Umwandlung ~~des Salzes~~ in Säure und Lauge eben von diesen Orten aus erfolgt. — Um die auch hierbei auftretenden Gase leicht ableiten zu können, bringt man zweckmäßigerweise oberhalb der beiden Elektroden seitliche Glasröhrchen für deren Entweichen an.

Was ist also geschehen? Doch dieses: eine in ihrer Erscheinungsform schon selbst polar geartete Naturkraft, die Elektrizität (+ Pol und — Pol) ~~der Batterie~~ hat eine in jedem Salz *naturgemäß vorhandene Polarität* durch ihr Wirken zur realen Erscheinung gebracht. ~~Das Salz wurde durch sie in die zuvor nur immanent in ihm vorhandenen Gegensätze von Säure und Lauge real, d. h. stofflich auseinandergelagt.~~ Zugleich hat also die Elektrizität eine gewisse Seinsstufen-Verschiebung vorgenommen, indem sie — im Flüssigen wirksam werdend — eine Salz ^{Lösung} ~~aus dem „Sal-Zustand“~~ umgewandelt hat in eine Säure und Lauge, also Stofflichkeiten, die wir als dem mittleren („merkuralien“) Bereich zugehörig betrachten müssen.

Mit dieser Art der Formulierung ist ~~n. E.~~ nichts anderes geschehen als ein offener Tatbestand festgestellt. Aber dieser erweist sich als solcher, ~~wie wir noch sehen werden,~~ von weittragender Bedeutung. Auch läßt sich jetzt schon die Vermutung aussprechen, daß eine Naturkraft, deren Wirken im Reiche der Chemie so starke Gegensätze hervorbringt, selbst bei der Art ihres Entstehens, soweit dieses in chemischen Vorgängen seine Ursache hat, von solchen chemischen Gegensätzen ihren Ausgangspunkt nimmt. ~~Auch dies wird später noch genauer betrachtet werden können.~~

Aber die Beobachtung des angestellten Versuches wäre keine vollständige, wenn wir nicht die Natur der beiden Gase überprüfen würden, die bei demselben elektrolytischen Vorgang entstanden sind. Oeffnen wir dazu den über der Anode befindlichen Hahn des sogenannten Hofmannschen Apparates und halten an das durch ihn entweichende Gas rasch einen glimmenden Holzspan, so flammt dieser hell auf. Es kann sich also bei diesem Gas nur um Sauerstoff handeln. — Oeffnen wir dagegen den über der Kathode befindlichen Hahn und halten an das ausströmende Gas ein brennendes Streichholz, so entzündet sich

das Gas und brennt ruhig ab. Es handelt sich also dabei um Wasserstoff (allmähliche Gelbfärbung der Flamme rührt vom Natrium des Glases her!). Mit dieser Säure-Lauge-Spaltung ~~des Salzes~~ haben wir also gleichzeitig eine Sauerstoff-Wasserstoff-Bildung einhergehen, also ebenfalls eine Bildung höchst polarer Stofflichkeiten.

Der Elektrizität kommt also eine zerlegende, zersetzende Wirkung zu, und diese bringt dabei genau diejenigen Polaritäten hervor, welche wir aus allen früheren Darlegungen schon als die fundamentalsten kennengelernt hatten: Säure \longleftrightarrow Lauge; Sauerstoff \longleftrightarrow Wasserstoff!

Es kann aber jetzt die Frage auftauchen, wieso es eigentlich ~~neben der Salzerlegung noch~~ zur Bildung von Sauerstoff und Wasserstoff kommen konnte? Sollte etwa das Wasser, in welchem das Kaliumsalz gelöst war, durch den elektrischen „Strom“ ~~mit~~ zerlegt worden sein? ~~Nun, wir bekommen auf diese Frage genaueren Aufschluß, wenn wir durch einen zweiten verwandten Versuch neue Erfahrungen zu dem~~
~~weiterhin aufbauen. Das soll folgendermaßen aussehen~~

Wolfgang Schad

Für eine vernunftgemäße Chemie

„Der Verständige findet fast alles lächerlich,
der Vernünftige fast nichts.“ (Goethe, MuR)

Die Chemie ist zum Gespenst geworden – jedenfalls bei allzu vielen Zeitgenossen. Ihnen ist sie synonym mit Lebensferne, Naturfeindlichkeit, Öko-Verschmutzung und blankem Materialismus geworden. Kauft man im Supermarkt ein Getränk, fragt sich jeder, wieviel „Chemie“ darin ist: Ascorbinsäure, Farbstoffe, Emulgatoren, „naturidentische“ Aromastoffe etc. Das ist nicht immer so. In der Klassenlehrerchemie der Waldorf-Mittelstufe sind die Kinder noch von der Chemie begeistert. Aber in der Oberstufe, wo es um die zeitgenössische Weltbegegnung naturwissenschaftlich und gesellschaftlich geht, wird die Chemie zumeist bestenfalls zum Kuriosum. Man nenne mir die vielen Waldorfschüler, die nach Beendigung ihrer geliebten Schulzeit Chemie studieren und engagierte Chemiker oder begeisterte Chemielehrer geworden sind. Wo sind sie? Spricht etwa ihr Fehlen nicht sogar für die positive Güte der Waldorfkultur? Denn so die latente Stimmung: Heutige Chemie zu betreiben, ist doch kein lebensfreundlicher Beruf, sondern – oft gedacht – ahrimanisch!

Dass die Naturwissenschaften und so auch die Chemie extrem materialistisch geworden sind – nämlich mit dem Totalanspruch aufs Erklärungsmonopol –, liegt, historisch besehen, nicht an ihnen selbst, sondern nach Rudolf Steiners Analyse im Jahre des Konzils von Konstantinopel, indem von 869 an, für die weitere europäische Kulturentwicklung wirksam, von der Geistseite des Menschen immer weniger gesprochen wurde. Bei all den stürmischen, großartigen Entdeckungen der erwachenden Naturwissenschaften seit dem 16. Jahrhundert wurde gerade diese von den Vertretern des „Geistes“, den Geistlichen, im Stich gelassen. Auf ihr starres Glaubensvokabular fixiert, konnten beide Kirchen nicht nur die zunehmende Erklärbarkeit der Natur im allgemeinen nicht verkraften, sondern besonders nicht die Wandlungsfähigkeit der Welt und damit den Evolutionsgedanken. Da Gott doch allmächtig und gut ist, muss er doch die Welt vollkommen erschaffen haben; wieso musste sie sich denn dann noch aus einem unvollkommenen Zustand weiterentwickeln? Das durfte nicht sein. Es wurde gar nicht gehant, dass lebendiger, wirksamer Geist gerade im Werden lebt. Wer noch heute das Denken in Metamorphosen ablehnt und somit die Evolution auf formalem Wege aus ewigen Typen (konfessionell: Gott, philosophisch: die fertige Ideenwelt) ableitet, bezeugt damit heute seine Geistferne. Der Vatikan sah sich 1870 so nur noch im Unfehlbarkeitsdogma gerettet. Das betreffende Oberhaupt, Pius IX., wurde kürzlich am 3.9.2000 auch noch selig gesprochen. Die Naturwissenschaften jedenfalls wurden geistig allein gelassen. Starre Vertreter des Geistes bewirken dadurch, ohne dass sie es in ihrem eigenen Horizont bemerken, selbst den Materialismus (Steiner GA 93a: 72;

↙ vermuteten ↘ überhaupt

GA 293:150). Denn dadurch wurden die Naturwissenschaftler selbst oft halsstarrig, und die Gegenposition – die Ablehnung allen Geistes – wurde von ihnen ebenso leicht eingenommen. Steiner aber waren geistvolle Materialisten immer noch lieber als geistlose Spiritisten (Steiner 1917: 217). An den Naturwissenschaften selbst liegt das Problem nicht: „Nicht immer die Naturwissenschaftler, aber die Naturwissenschaft ist voll des guten Geistes.“ (Steiner). Fallen wir also nicht auf die sich gegenseitig nur eskalierenden Lagerpositionen herein. Die gegenseitig sich bekämpfenden Alleswisser beider Seiten zeigen bei näherem Zusehen nur das gleiche Unvermögen. Das als Vorlauf zu unserem Thema, außer Unverstand und Verstand auch die Vernunft in die Chemie einzubringen.

Es gibt drei Blickrichtungen in allen Naturwissenschaften. Die Bestandsaufnahme nimmt immer das gegenwärtig Vorfindbare voll an. Wir möchten alle aber auch verstehen, wie das Vorfindbare geworden ist, aus seinem eigenen Werden hervorgegangen ist. Also suchen wir – retrospektiv in die Vergangenheit den Frageblick wendend – nach den kausalen Ur-Sachen. Doch auch das genügt uns nicht. Wir wollen den Weltverlauf auch in die Zukunft hinein vorausverfolgen können. Also fragen wir prospektiv ebenfalls danach, was man damit in Zukunft machen kann: Wir rufen nach Vorhersagbarkeit und Reproduzierbarkeit, allerdings mit der Gefahr, dass dabei die Zukunft nur als weiterrollende Vergangenheit aufgefasst wird, siehe unsere technische Zivilisation, die die Kausalgesetze final verwendet und meint, das wäre schon alles, was man tun kann. Immerhin ist damit deutlich, dass diese Form von Wissenschaftsverständnis immer schon den Vorteil hat, unser Weltverhältnis über das bloße Aufgehen im Augenblick zeitlich auszudehnen, zu temporalisieren, auch wenn die Auffassung von Zeit dabei eine lineare (also doch nur räumlich vorgestellte) bleibt.

Ein Viertes aber ist eine übergreifende Temporalisierung, die die Gegenwart so voll annimmt, dass Vorlauf und Nachlauf mit in das überschauende Blickfeld kommen und Nachhaltigkeit, eben die Langzeitverträglichkeit erreicht wird. Denn es gibt nichts Praktischeres als die Überwindung der zeitlichen Froschperspektive und die Gewinnung der zeitintegralen Vogelschau. Wir haben damit einen zweiten Ausgangspunkt für das Folgende erreicht. Nun zum Thema im engeren Sinne.

Chemie ist existentiell tief mit dem eigenen Menschsein verwachsen. Sie vollbringt ihre Höchstleistungen in den Organgebieten, die am weitesten von unserem Bewusstsein entfernt liegen: in Eiweißaufbau, Hormonsynthese und -ausschüttung, Immunchemie, Muskelstoffwechsel – oder nehmen wir die höchste Form der Leibeschemie: die embryonale Leibesausbildung selber. Wer weiß schon etwas davon, wenn ~~es~~ im Gange ist, außer aus Büchern?

Alles Unbewusste erfahren wir ganzheitlich. Um es mit Bewusstsein zu erfassen, müssen wir es aus seiner Gänze herauslösen und Analyse betreiben. Darum stand und steht im zweiten Anlauf zur Chemie als Wissenschaft immer ihre „Scheidekunst“. Die Elementaranalyse ermittelte die chemischen Elemente quali- und quantitativ. Die Frage war bald: Was bleibt, wenn man genug getrennt hat, weiter zu tun? Die Gegenbewegung stand an, als man vor der Fülle der Elemente die Übersicht verlor. Welche Elemente gehören laut ihrem Chemismus näher zusammen: die

✓ diese Leibeschemie

Metalle oder auch die Nichtmetalle, Basenbildner oder die Säurebildner? Goethe war höchlichst daran interessiert. Schon in der Farbenlehre ordnete er die Pole der chemischen Farben in die rotgebenden Säuren und blaugebenden Basen. Von Heinrich W. F. Wackenroder (1798–1854) versprach er sich noch zuletzt wichtige Aufschlüsse über die physiologische Chemie der Pflanzensäfte in der Stufenreihe der Blattabwandlungen der einzelnen Blütenpflanze (an Wackenroder, 21.1.1832).

Gezielt berief Goethe 1810 Johann Wolfgang Döbereiner (1780–1849) an die Universität Jena, ließ sich bald von ihm die Verzuckerung von Stärke und die katalytische Wirkung von Platin vorführen sowie die stöchiometrischen Gesetze erklären. Goethe förderte ihn, wo er nur konnte. „Ich habe seit mehreren Jahren manchen vorzüglichen jungen Mann [...] auf diesem Wege gesehen, aber keinen, der mich so sehr gefreut, der mir nach meiner innigsten Überzeugung so viel Hoffnung gegeben hätte.“ (an F. A. G. von Ende, 28.4.1812). Auf die Bitte Goethes hin, den von ihm 1817 an der Dornburg gefundenen Cölestin zu analysieren, findet Döbereiner 1829 die erste Triade Calcium/Strontium/Barium und legt mit seiner Triadenregel das Fundament zur schrittweisen Entdeckung des Periodensystems (van Spronsen 1969: 1; Krätz, 1992: 207). Wie hätte sich Goethe gefreut, wenn er noch die von J. A. R. Newlands (1838–1889) 1864 entdeckte Oktavenregel mitbekommen hätte: Im jeweils achten Element klingt wieder der gleiche chemische Grundton auf.

Beide Entdeckungen Döbereiners, die Platinkatalyse und die Elementtriaden, sollten ungeahnte Folgen haben. Die ganze Biochemie ist ohne den Katalysebegriff nicht denkbar: Stoffe wirken, ohne dass sie verbraucht werden! Die Krönung der Triadenregel war die spätere Entdeckung des Natürlichen Periodensystems der Elemente: Die Materie besitzt tatsächlich eine natürliche Ordnung. In der Philosophie steht das Staunen am Anfang, so sahen es Plato und Aristoteles. Steiner empfiehlt umgekehrt: „Beim Unterrichten muss man das Staunen am Ende eines Kapitels erregen. [...] Man muss ihnen [den Schülern] begreiflich machen, dass es etwas ist, vor dessen Großartigkeit selbst ein Novalis auf den Knien liegen würde.“ (Steiner, GA 300/11: 42/43)

Es gibt zwei Seiten des Materialismus. Die eine ist seine berechnete. Sie macht auf die Stoffeswelt empirisch aufmerksam und erforscht sie mit den Mitteln aller sinnesgebundenen Naturwissenschaften. Die andere ist der Allgemeingültigkeitsanspruch, es gäbe nur Materie. Sie ist mit diesem Anspruch Ideologie wie jeder Totalanspruch. Zur Klarstellung der letzteren Seite ist jeder Anthroposoph in berechtigter Weise immer bereit. Zur Klarstellung jener ersten Seite muss man noch immer Rudolf Steiner selbst zitieren:

„Kann man sagen, daß die Materialisten mit ihren Behauptungen recht haben? Ja, über die Materie und ihre Gesetze werden sie vielleicht außerordentlich Nützliches und Wertvolles zutage fördern können.“ (Steiner, GA 151, 21.1.1914; GA 237, 4.8.1924)

Der Materialismus ist für ihn eine von zwölf berechtigten Anschauungsweisen, die Welt zu betrachten. Wir sollten immer deutlich zwischen ideologischem und methodischem Materialismus unterscheiden. (Schad 2004)

Zur Hauptgruppen-Ordnung des Periodensystems

Das letzte Zitat gilt sicherlich für das Periodensystem, eine der bedeutendsten und fruchtbarsten Entdeckungen der Chemie. Eine sinnvolle Chemie ist ohne diese gefundene Ordnung seitdem nicht lebensfähig. Wo Vorhersagbarkeit über die Grundeigenschaften der Elemente gefragt ist, gibt der Einblick in die Gesetzmäßigkeiten des Periodensystems jedem Chemiker in Hülle und Fülle die ersten Antworten. Welche Wertigkeiten, welche Übergangslage zwischen den drei Hauptbindungsarten, welche Stellung zwischen Basizität und Azidität, welches elementare Erscheinungsbild etc. sind möglich? Mendelejeff konnte rasch vieles vorhersagen, sowie er den ersten großen Durchblick 1869 hatte. Auch die Zeitabläufe chemischer Umsetzungen sind danach vielfach abschätzbar. Wir wollen aber nicht nur hervorheben, welches Herrschaftswissen sich daraus ableiten lässt, sondern mit Goethe'schem Blick die qualitativen Ordnungen erfahren.

Man kann zum Beispiel lohnend die Frage an das Periodensystem stellen, welche Elemente in welchen Perioden und Gruppen für das Leben besonders tauglich sind. Leben besteht beobachtbar immer in der zeitaktiven Spannung von Antagonismen, so zumindest immer in energetischen Niveaudifferenzen, die nie – solange etwas lebt – zum Ausgleich kommen, denn das wäre der Tod. Die chemisch deutlichste polare Spannung ist die zwischen Alkali und Halogenen, der ersten und siebten Hauptgruppe. Die Alkali bilden starke Basen, die Halogene heftige Säuren. Schon bei mittleren Konzentrationen sind sie lebensfeindlich. Das Leben braucht gemäßigte, aber nie ausgeglichene Verhältnisse. Starke Basen und Säuren zerstören es. Hinzu kommt, dass im Leben die geringgewichtigen Elemente aus den ersten Perioden quantitativ vorherrschen. Nicht die schweren, sondern die leichten Elemente werden vorgezogen. Jenseits des Zinks (Ordnungszahl 30) gibt es nur noch wenige lebenswichtige Elemente (s. Zeeck 1997: 16ff). Das geht so weit, dass im zentralsten biochemischen Vorgang auf der Erde, bei der Photosynthese, das leichtere $^{12}\text{CO}_2$ dem schwereren $^{13}\text{CO}_2$ aus dem natürlichen Verhältnis vorgezogen wird.

So wird aus den Grundeigenschaften der Lebensvorgänge zweierlei verständlich, nämlich dass weniger in den Extremgruppen, sondern gerade in der mittleren (vierten) Hauptgruppe und dazu in ihrem leichtesten Vertreter, eben im Kohlenstoff, der biochemische Grundstoff der organischen Chemie gegeben ist. So wurde die organische Chemie als die Chemie der Kohlenstoffverbindungen charakterisiert (obgleich jede lebende Zelle aus weit mehr Wasser besteht, wenn man dieses über seine Hydrathüllen wenigstens nicht auch zu den hydrophilen Kohlenstoffverbindungen dazugehörig auffasst). Schon Eugen Kolisko sah in der Stellung des Kohlenstoffes innerhalb der zweiten Periode das Goethe'sche Gesetz der Steigerung zwischen den Polaritäten, diesen „beiden Triebrädern der Natur“ bei Goethe (HA 13: 48).

Auch das nächstschwerere Element zum Kohlenstoff in der gleichen Hauptgruppe, das Silicium, ist eine physiologisch oft verwendete Substanz, die aus löslichem H_2SiO_3 leicht zu Opal wird (amorphes SiO_2) und dabei leicht der Gestaltung des Zellplasmas folgt. Man betrachte nur schon die Kieselgerüste der Kieselpon-

gien, Radiolarien, Silicoflagellaten und besonders der Diatomeen, oder den Opaleinbau in die Gerüststruktur aller Schachtelhalme, der Leitbündelscheiden des Adlerfarns, der Gräser (Blattränder und Grannen), der Brennhare der Brennesseln etc.

Noch deutlicher wird der Umfang des Siliciumvorkommens in den stofflichen Vorgängen der Erdrinde. Ihr größter Teil besteht aus Silikaten, so alle Tiefengesteine (Granit, Gneise, Gabbro) und ein erheblicher Teil der Vulkanite, besonders des Kompressionsvulkanismus (Schmutz 1986: 12ff). In der Elementhäufigkeit der Erdrinde (bis 16 km Tiefe) stehen Silicium (25,75 %) und Sauerstoff (49,52 %), jeweils gebunden, mit zusammen 75,27 % weit an der Spitze. Das Silicium – allerdings dabei immer in oxidiert Form – ist vergleichsweise der „Kohlenstoff“ im Aufbau und im Stoffwechsel der uns zugänglichen Erde. Die alten Plutonite selbst enthalten im Mittel 3 % Kohlenstoff als Graphit (Pflug 1984: 127). Damit befindet sich mehr Kohlenstoff in der Erdrinde als in der gesamten Biosphäre der Erde in ihren Organismen. Andererseits ist das Siliciumdioxid zwar auch in allen Organismen biogen vorhanden, aber hier nun gegenüber dem Kohlenstoff in der Minorität. So nahe verwandt miteinander beide Elemente sind, so komplementär stehen sie sich gegenüber als Repräsentanten des Einzelorganismus und des Erdorganismus.

Da die Basizität bei den Elementen der ersten Hauptgruppe mit dem einfachen Verbindungsgewicht (Atommasse) zunimmt, die Azidität in der siebten Hauptgruppe hingegen abnimmt, sind Francium und Chlor die größten Gegensätze in dieser Hinsicht (Fluss-Säure bleibt zu assoziiert). Alle anderen Hauptgruppenelemente stellen die stufenförmigen Übergangsglieder dazwischen dar. Diese dadurch vorhandene Ordnung macht ersichtlich, dass nicht nur die unter- oder nebeneinander stehenden Elemente chemische Ähnlichkeiten zeigen, sondern gerade auch die jeweils schräg links-oben beziehungsweise rechts-unten zueinander stehenden. Das macht die so durchgängigen „Schrägbeziehungen“ aus. Da sie geradezu ein Goethe'sches Urphänomen sichtbar machen, seien dazu die noch gelegentlich vortragenen Verständnisbarrieren abgebaut.

Ein Hauptvorwurf gegen einen Goetheanismus der chemischen Elemente ist, dass man bei den meisten doch gar nicht mit unmittelbaren Naturgegebenheiten, sondern mit vom Menschen technisch gemachten Zuständen der Stoffe zu tun habe. Nur wenige Elemente kommen von Natur aus unter normalen Umständen elementar vor, so Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Kupfer, Quecksilber und alle Edelmetalle wie Gold, Platin, Silber etc. und die Edelgase. Wie wenige sind es doch gegenüber der Mehrzahl innerhalb der natürlichen 92 Elemente! – Wir wollen hier nicht gleich darauf rekurrieren, wie ernst Steiner in Landwirtschaft und Medizin in Dünger- und Heilmittelfragen den einzelnen Elementbegriff nahm, sondern allein schon auf Goethes Methodik uns beziehen:

„Möge doch jeder von uns bei dieser Gelegenheit sagen, daß Sondern und Verknüpfen zwei unzertrennliche Lebensakte sind. [...] und je lebendiger diese Funktionen des Geistes, wie Aus- und Einatmen, sich zusammen verhalten, desto besser wird für die Wissenschaften und ihre Freunde gesorgt sein.“ (HA 13: 233).

Man hat unberechtigterweise Goethe zumeist als den großen biophilen Synthe-

✕ auch

tiker allen Analytikern gegenübergestellt. Goethes Verfahren in der Praxis wie in der Überzeugung war, nie das eine gegen das andere, sondern beides im Wechsel zu betreiben. Seine zoologischen Studien sind sogar zumeist nicht aus der Beobachtung der lebendigen Tiere entstanden, sondern sind mehrheitlich osteologisch. Das Skelett aber ist immer ein – oft erst vom Menschen hergestelltes – Sekundärphänomen. Es – gerade als reduziertes Objekt – wieder in den größeren Zusammenhang zu stellen, geht nur, wenn man es erst einmal aus diesem anfänglich herausgelöst hat. Beides gehört für Goethe wie Einatmen und Ausatmen zusammen, „denn hatte ich doch in meinem ganzen Leben, dichtend und beobachtend, synthetisch und dann wieder analytisch verfahren, die Systole und Diastole des menschlichen Geistes war mir, wie ein zweites Atemholen, niemals getrennt, immer pulsierend.“ (HA 13: 27). Wir sollten uns nicht mehr an der fruchtlosen Polarisierung beteiligen, sondern darauf achten, dass immer beides geschieht. Es kann doch nicht so schwer sein, sich darüber zu verständigen. Die Fruchtlosigkeit der Einseitigkeiten warnt doch zur Genüge. Die bloße Analyse führt nur zu Datenfriedhöfen, die bloße Synthese zu Überfliegern ohne Tatsachensinn. Unsere Oberstufenschüler sind gegen beides empfindlich allergisch. So sind diese für den goetheanistischen Lehrer oft das beste Korrektiv.

Gehen wir an die Elemente in ihren Erscheinungsweisen bei normalen Bedingungen heran und achten wir einmal nur schon auf ihr Verhältnis zum Licht, wobei wir uns vorerst wiederum an die Hauptgruppen halten. Links und nach unten sich häufend haben wir eine große Domäne der Metalle. Sie erscheinen ⁱⁿgediegen in spiegelndem Glanz. Das heißt, dass sie das auftreffende Licht, weitgehend unverändert, zum größten Teil zurückwerfen und damit in sich selbst dunkel bleiben. Umgekehrt polar die Nichtmetalle mit ihrer Dominanz in der rechten und oberen Region der Hauptgruppen: Dort überwiegen die Gase, die – vielfach durchsichtig und farblos – das Licht nahezu unbehindert durch sich hindurch strömen lassen. Sieht man sich daraufhin die zweite Periode vom Lithium bis Fluor an, so beginnt vom Beryllium über das Bor bis zum Kohlenstoff der Metallganz stufenweise abzunehmen bis zur glanzlosen stumpfen Schwärze der Kohle. Der Kohlenstoff zeigt aber je nach seinen Modifikationen selbst schon sichtbar feine Nuancen: Amorph als Ruß ist er am schwärzesten, der stärker mineralisierte Graphit ist grauschwarz bis glänzend, das vor kurzem erst entdeckte Fulleren (C_{60}), in Toluol gelöst, erscheint rötlichviolett und der reine Diamant völlig farblos durchsichtig. – Die weiteren sich anschließenden Elemente – Stickstoff und Sauerstoff – sind farblose Gase, so auch alle Edelgase. Fluor ist bei Raumtemperatur ein ganz schwach gelbgrünes, nahezu farbloses Gas.

In der zweiten Periode bleibt der Metallganz vom Natrium über das Magnesium und Aluminium bis zum Silicium erhalten, auch wenn Letzteres schon vorwiegend Nichtmetalleigenschaften in seiner Chemie zeigt. Der Phosphor kann – Schrägbeziehung – wie der Kohlenstoff schwarz sein, realisiert als roter und weißer Phosphor aber ebenfalls einen farbigen Übergang, der sich in der Gelbfärbung vom Schwefel und Chlor fortsetzt.

In der dritten bis siebten Periode ^{erscheinen} ~~werden~~ zunehmend die stumpfschwarz auftre-

✱ elementar

tenden Elemente weiter nach rechts gerückt: Arsen erscheint in einer schwarzen und gelben Modifikation, Selen in einer schwarzen, dunkelroten und roten Modifikation. Besonders in der Reihe der Halogene wird eine immer stärkere Farbtiefe erreicht, bis das Jod (als Gas „veilchenfarben“) schon schwarz glänzend wird. Astatium ist zu minimal bekannt (da kurzlebig radioaktiv), als dass man seine Farbe kennt. Sie ist als metallisch-dunkel zu erwarten. Zwischen den festen Metallen und den leichtesten, gasförmigen Nichtmetallen der Hauptgruppen, zwischen voller Lichtundurchlässigkeit und voller Lichtdurchlässigkeit schimmert also ein „farbiger Saum“ auf, indem das Licht oberflächlich aufgenommen und in abgewandelter Form wieder abgegeben wird. Diese „Saumelemente“ verfügen also über eine gesteigerte Aktivität im Umgang mit dem Licht. Der reine Kohlenstoff kann, wie wir gesehen haben, alle drei Qualitäten annehmen: schwarz, farbig, farblos-durchsichtig – und ist auch darin integrierende Mitte. In den folgenden Hauptgruppen-Perioden sind die farbig erscheinenden Elemente kursiv geschrieben, um sie hervorzuheben.

H	–	–	–	–	–	–	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cl</i>	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	<i>Se</i>	<i>Br</i>	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	<i>I</i>	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra						

Wie Licht und Dunkelheit nicht nur in Gräutönen ineinander übergehen müssen, sondern der Farbreakbruch dazwischen in zahllosen Naturerscheinungen dem Goetheschen Blick deutlich ist, so auch der farbige Saum in der Grundordnung des Periodensystems.

Fluoreszierende Substanzen

Es war wohl als erster der spanische Arzt Niccolo Monardes, welcher schon 1570 die Fluoreszenz einer Flüssigkeit, vermutlich einer organischen Lösung, beschrieben hat. 1602 entdeckte der alchemistisch interessierte Schuster Vincenz Casciarolo in Bologna, dass Schwerspat ($BaSO_4$), gepulvert und mit Mehl (Kohlenstoff!) gegläht, nach Belichtung im Dunkeln nachleuchtete (Schulz 1975). Je nach energetischer Zufuhr unterscheidet man inzwischen unter anderem die Photolumineszenz, Thermolumineszenz, Elektrolumineszenz, Kristallolumineszenz (bei Auskristallisieren z.B. von $AsCl_3$) und Tribolumineszenz (bei mechanischer Reibung) von der Biolumineszenz z.B. der Leuchtkäferchen, Hallimaschpilz-Myzelien, Leuchtbakterien etc. (siehe auch Gehlig 1995). Findet das Nachleuchten statt, so spricht man traditionell von Phosphoreszenz. Der von Henning Brand 1669 entdeckte weiße Phosphor leuchtet im Dunkeln allerdings durch Oxydation an der Luft, zeigt also Chemolumineszenz, keine „Phosphoreszenz“, obgleich das

Element daher seinen Namen bekam (Phosphorus = Lichtträger).

Natürliche Lumineszenzerscheinungen sind die Polarlichter, also das Leuchten hoher Luftschichten. Sowohl Gase, Flüssigkeiten als auch feste Stoffe können also lumineszieren. Zahllose organische Substanzen zeigen solche Erscheinungen insbesondere in Lösung. So leuchtet zum Beispiel das grüne Chlorophyll rubinrot schon im normalen durchscheinenden, gestreuten Licht. Alle solche Photolumineszenz nennt man seit Stokes (1852) auch Fluoreszenz, benannt nach dem Flussspat = Fluorit (CaF_2). Viele im auffallenden Licht violette Fluorite zeigen nämlich im Durchlicht grünen Schimmer. Noch eindrucksvoller sind mit Schwarzlicht (UV-Licht) bestrahlte Fluorite, die oftmals intensiv blau fluoreszieren. (Kleine UV-Lampen kann man sehr billig bei „Astromedia“ erwerben.)

Wir beschränken uns hier auf die für unser Thema hochinteressanten Fluoreszenzerscheinungen von Mineralien. Gleason (1960) zählte über 210 fluoreszierende Mineralien auf, davon 31, die auch phosphoreszieren. Die wichtigsten davon sind Flussspat, Calzit, Apatit, Steinsalz, Zinkblende, Willemit, Scheelit, Wollastonit, Zirkon, Rubin, Diamant, Autunit.

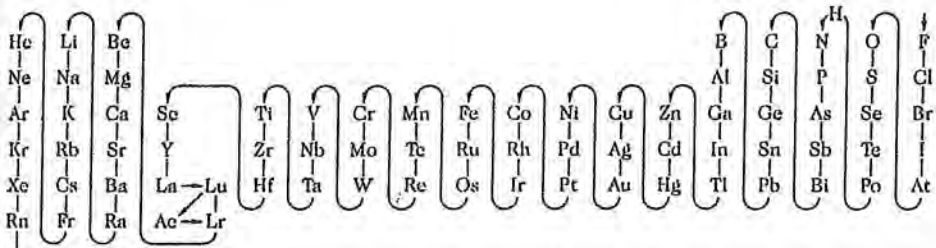
Nun sind die Fluoreszenzfarben der Mineralien zumeist keineswegs charakteristisch für das jeweilige Hauptmineral, sondern für feinstverteilte Beimengungen. Zinksulfid, mit Spuren von Kupfer erhitzt, fluoresziert gelbgrün mit einem Optimum des Verhältnisses Cu zu ZnS von 1:10 000 (Winkler 1955). Die dadurch vorhandenen Fehlstellen im Kristallgitter wie das beigegebene Metallion selbst ergeben erst zusammen die Farbwirkung. Dabei tritt ein gewichtiger Unterschied zwischen den Haupt- und Nebengruppenelementen des Periodensystems auf, weshalb wir das ganze Thema einbeziehen.

Die meisten gut auskristallisierten Mineralien, die aus reinen Hauptgruppenelementen bestehen, sind durchgängig farblos-durchsichtig. Man denke an Steinsalz (NaCl), Fluorit (CaF_2), Calzit (CaCO_3), Gips (CaSO_4), Apatit ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), Baryt (BaSO_4), Alaun ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$), Quarz (SiO_2), Korund (Al_2O_3) oder auch an den reinen Diamant (C); selbst das Weißbleierz = Cerussit (PbCO_3) kann zu klaren, farblosen Kristallen auskristallisiert sein. Durchweg sind es Verbindungen von Elementen der Metallseite mit solchen der Nichtmetallseite des Hauptgruppen-Systems. In ganz reiner Form fluoreszieren sie alle nicht, da sie das Licht ungehindert durchlassen. - Umgekehrt sind die meisten Nebengruppen-Verbindungen stark eigenfarbig (idiochromatisch) und fluoreszieren – je eigenfarbiger – auch nicht, hingegen als Ausnahmen die farblosen Verbindungen von Zink, Cadmium, Quecksilber und Zirkon. Eisen- und Manganoxid sind sogar, auch in Spuren, Fluoreszenz-Löscher; das Eisen ist eben das erdenfesteste aller Elemente (s. nächstes Kapitel) und das Mangan sein engster Verwandter im Periodensystem. – Werden aber die klaren Hauptgruppenkristalle in homöopathischen Spuren von Nebengruppenmetallionen durchsetzt, so treten zumeist Fluoreszenzfarben in aller Pracht der Regenbogenfarben je nach Element und Wertigkeitsstufe unter UV-Licht auf (Lieber 1957).

So fluoresziert der von Chromspuren rot gefärbte Korund, eben der Rubin, schon im sichtbaren Licht, und im UV-Licht noch vermehrt rot auf. Die durch Eisensspuren blau gefärbten Korunde, die Saphire, fluoreszieren wegen der Löscher-

Substanz nicht. Im Flussspat sind es vielfach Spuren von Seltenen Erden, die die tiefblaue Fluoreszenz unter UV ermöglichen; im Calcit ist oftmals das zweiwertige Mangan der „Aktivator“ der roten Fluoreszenz, und das Europium - vermutlich mit anderen Seltenen Erden - wieder für die blaue Fluoreszenz zuständig (Robbins 1983). Die wichtigsten Aktivatoren sind Chrom, Mangan, Kupfer, Silber, Yttrium, viele Seltene Erden und Uran. Letzteres fluoresziert mit UV sogar in seinen massigen Erzen giftgrün, aber nur in der 6-wertigen Form des Uranylions $(UO_2)^{2+}$. Wolframate (Scheelit = $Ca WO_4$) und Molybdate (Powellit = $Ca MoO_4$) fluoreszieren auch in reiner Konsistenz ohne Beimengungen. Hier treffen sich Elemente der Haupt- und Nebengruppen in einer quantitativ offensichtlich besonders passenden Kombination, wobei die Nebengruppenelemente Wolfram und Molybdän gerade nicht wie typische Metalle als Kationen fungieren, sondern mit viel Sauerstoff die Säurereste bilden, also quasi Nichtmetall-Charakter annehmen.

Im Allgemeinen aber gilt für die fluoreszierenden Mineralien die Regel (mit Ausnahmen), dass das Grundmineral aus Hauptgruppenelementen besteht und die feinstofflichen Aktivatoren aus Metallen der Nebengruppen des Periodensystems, besonders auch der Nebengruppen in den Nebengruppen (Seltene Erden). Hierin kommt urphänomenal-anschaulich zum Ausdruck, dass die bekannte Farbigkeit vieler Nebengruppenverbindungen im normalen Licht und erst recht ihre Beteiligung an den mineralischen Fluoreszenzerscheinungen im UV-Licht die gesteigerte Mitte nicht nur als einen „farbigen Saum“ (um mit Goethe zu sprechen), sondern als ein breites „farbiges Band“ darstellen - eingeschoben zwischen die Gegensätze der Metalle und Nichtmetalle der Hauptgruppenperioden, wenn auch zur Metallseite hin verschoben, da sie ja alle Metalle sind. Die folgende Anordnung des Periodensystems bringt den Sachverhalt gut ins Bild (aus Lexikon der Chemie):



Die Polarität innerhalb der Hauptgruppen erfährt im gesamten Elementenkosmos ihre überaus reiche Steigerung in den Nebengruppen, und davon sind die meisten der fluoreszierenden Mineralien der gerade auch ästhetisch schönste Ausdruck.

Die Eisengruppe

Die Nebengruppen scheren aus den weiter oben genannten Regeln der Hauptgruppen weitgehend aus. Indem sie sich zwischen die zweite und dritte Hauptgruppe und zwar erst ab der vierten Periode einschleichen, sind sie alle schon deshalb Metalle. Da² unter sich pro Periode chemisch ähnlicher als die Hauptgruppenelemente unter sich³ spielt des weiteren hier die „Horizontalverwandtschaft“ eine größere Rolle als die Vertikalverwandtschaft oder die Schrägbeziehung. Eindrucksvoll ist bei aller Ähnlichkeit untereinander ihre „Feinanordnung“. Die erste Nebengruppe sei dazu hervorgehoben, zumal sie überwiegend lebensnotwendige Spurenelemente enthält. Wir lassen die ersten zwei (Sc, Ti) und das letzte Element (Zn) der Reihe dabei weg, um die zentrale Gruppe

Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer
in den Blick der vergleichenden Morphologie zu nehmen. Dabei ist es durchaus sinnvoll, diese Metalle nicht nur auf ihre Metalleigenschaften hin zu beachten, sondern auf ihre Farbgebungen hin, die sie ihren wasserlöslichen Salzverbindungen geben. So ist das zweiwertige Eisen von zartem, verhaltenem Grün, wie das dreiwertige Eisen in gedämpften Gelb-, Orange-, Rot- und Brauntönen auftritt. Im niederwertigen Zustand neigt es also zu den passiven Farben, im höherwertigen zu den aktiven Farben des Spektrums. Der erstere Zug verstärkt sich beim Kobalt, dessen tiefblaue Kobaltfarbe – erst als Aquakomplex zart rosa – zweiwertig vorherrscht. Beim Nickel ist das zweiwertige Salz als Aquakomplex grasgrün, als Ammoniak-Komplex blaufarben. Das¹ sich anschließende Kupfer ist zweiwertig in vielen Komplexen tiefblau, so in seinen Karbonat-Mineralien Azurit; im Malachit je nach Wassergehalt auch sattdunkelgrün. Sein Ammoniakkomplex ist tiefdunkelblau.

Außer zu den häufigen Fe(II)- und Fe(III)-Verbindungen kann man – im Gegensatz zu Co, Ni, Cu – das Eisen mit einiger chemischer Gewalt auch in die Sechswertigkeit oxidieren zu den violett-roten Ferraten. Solche hohen Wertigkeiten sind nun sehr viel mehr der natürliche Normalfall bei den leichteren Geschwistern des Eisens. Mangan kann man leicht durch alle Wertigkeiten von zwei- bis siebenwertig treiben, wobei fast alle Farben des Spektrums je nach Wertigkeit, Komplex und Korngröße auftreten können (Mohr 1954: 202f.). Die stabilsten Verbindungen neigen zur Rotseite des Spektrums, so unter den natürlichen Mineralien der Himbeerspat = Rhodochrosit (Mangankarbonat) und der Thulit (ein Mangan-Zoisit) oder tiefrotviolett das bekannte Kaliumpermanganat. Trotz der Farbenvielfalt sind diese jedoch noch immer – ähnlich dem Eisen – verhalten, gedämpft.

In den Chromsalzen, daher der Name des Elementes, nehmen die Farben eine geradezu plakative Leuchtkraft an, besonders wiederum in den höherwertigen

^{*)} Lange galt Wismut als das schwerste stabile Element. Doch ist es nach neuesten Nachprüfungen metastabil mit einer Halbwertszeit von 2×10^{19} Jahren (Nature 422: 876–878; 24. 4. 2003)

1) ausschließlich 2) wie 3) sind

Verbindungen: den sechswertigen Chromaten und Bichromaten. Selbst dem zweiwertigen Chromalaun gibt das Element eine pfirsichblütrote Färbung. Das dreiwertige Chromperoxid wird, in Äther ausgeschüttelt, leuchtend blau. Der Großteil der Farbigekeit aller Turmaline beruht auf der Schönheit der Chromfarben in ihren verschiedensten Wertigkeiten durch das Regenbogenspektrum hindurch. Dem Chrom steht das Vanadium nahe, das auch zu höherwertigen Vanadaten neigt, ja als Vanadinpentoxid V_2O_5 besonders stabil ist. Die vorwiegenden Farben der Vanadiumerze sind gelb bis rot, wenn die Laborsalze auch alle anderen Farben annehmen (Mohr 1954: 193f.).

Der Farbenreigen der sieben Eisenverwandten, in ihren Ionen und Komplexen vor einer 11. Klasse ausgebreitet, ist ein ästhetischer Gewinn. Er zeigt, wieviel nuancierter Farbenreichtum in den doch sonst (Ausnahme Kupfer und Gold) so völlig farblos erscheinenden gediegenen Metallen steckt. Dann kommt hinzu, dass jeder der Sieben bei aller Farbenvielfalt doch eine eigene individuelle Note der Farbsättigung hat, die sehr charakteristisch ist und sich doch schwer qualitativ beschreiben lässt. Wie gedämpft sind die Farben der meisten Eisenverbindungen, wie knallig meist die der Chromverbindungen! Darin zeigen sich gerade die jeweiligen Metallindividualitäten.

Die Frage nach den metallischen Eigenschaften dieser Elemente bleibt nicht aus. Vom stumpfen Stahlgrau des reinen Vanadiums bis zum warmen Dunkelrot des Kupfers reicht das Erscheinungsbild. Die Legierungen mit Eisen sind in polarer Weise charakteristisch. Vanadium-/Chrom-/Mangan-Stahl ist besonders hart, neigt aber zu Sprödigkeit. Kobalt-/Nickel-/Kupferlegierungen des Eisens hingegen sind ausgesprochen elastisch. Im ersteren Falle hat man gute Meißel, im zweiten Falle gute Kugellager. In diese Erscheinungsbilder lassen sich nun auch die chemischen

	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
grau	←			hellglänzend			→ rötlich
hart	←			Stahllegierungen			→ elastisch
Neigung zu roten und gelben Farben	←			in Salz- und Komplexverbindungen			→ Neigung zu grünen und blauen Farben
hoch	←			Wertigkeit			→ niedrig
spröde	←			Eisenlegierungen			→ elastisch

Eigenschaften adäquat einordnen.

Das Vorkommen dieser Metalle in der Biochemie ist ebenfalls sehr aufschlussreich. Sie haben alle biokatalytische Funktionen. Kobalt sitzt in dem so notwendigen Vitamin B12. Vanadium, Eisen und Kupfer spielen besonders als Atmungs-

komplexe eine sprechende Rolle. Eisen ist bekanntlich im Häm des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin von zentraler Bedeutung (hier nur zweiwertig; die rote Farbe erbringt nämlich schon das eisenfreie Häm (= Protoporphyrin). Kupfer ist das entsprechende Atmungsmetall im Hämocyanin des Blutes der meisten Weichtiere (Schnecken, Muscheln, Tintenfische), wobei das oxidierte Blut durch das Kupfer(II)-Ion blau und das reduzierte farblos ist. Vanadium findet sich spezifisch angereichert im Blut der Seegurken (Holothurien = mit den Seeigeln und Seesternen verwandte Meerestiere und wie diese von fünfstrahligem Körperbau). Eine Holothurie, ein Wirbeltier und eine Weinbergschnecke zu vergleichen, lohnt also.

Die zentrale Stellung des Eisens kommt so im Vergleich seiner Geschwisterelemente erst ganz zum Ausdruck. Es ist die Mitte zwischen den Gegensätzen und praktisch überall vorhanden. Diese Mittelstellung verstärkt sich noch, wenn man sich das gesamte Periodensystem hinsichtlich der Beständigkeit der Elemente ansieht. Alle Beständigkeitsparadigmen, die uns von der Antike überliefert worden sind, sind in der Neuzeit dynamisiert worden. Schon 1440 war Nikolaus von Kues klar, dass die Erde nicht still steht, sondern sich dreht und die Sonne umläuft. Johannes Kepler schloss aus den Messungen Tycho de Brahes, dass die Planeten sich nicht auf Kreisbahnen mit gleichförmiger, sondern auf Ellipsen mit ungleichförmiger Geschwindigkeit bewegen. So hat schon Leibniz 1698 die Veränderungen der Organismenarten postuliert. Die Astronomen Edmond Halley (1718) und Johann Tobias Mayer (1760) hatten dann bald entdeckt, dass selbst die Fixsterne nicht fix zueinander stehen, sondern sich bewegen. So löste auch die Entdeckung der Radioaktivität 1896 durch Henri Becquerel bald die Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Elemente auf. Und seit 1912 sprach Alfred Wegener von der beweglichen Lage der Kontinente zueinander.

Die schwersten Elemente oberhalb des Bleis³⁾ haben keine völlig stabilen Isotopen und verändern sich durch Kernzerfall langsam oder schnell in leichtere Elemente, von denen eines oft ein Edelgas ist; so auch schon das leichtere Technetium und Promethium. Die leichtesten Elemente hingegen können durch Kernfusion zu stabileren Elementen übergehen. Jedesmal – durch Kernspaltung oder Kernfusion – wird an den polaren Enden des gesamten Periodensystems Kernenergie frei und die letztlich verbleibenden Folgeelemente sind stabiler als die Ausgangselemente. Bestimmt man das jeweilige Energiepotential, so nimmt es zur „Mitte“ des Periodensystems hin ab. Als in diesem Sinne stabilstes Element hat sich das Eisen erwiesen, das damit kernenergetisch das Zentralelement des Periodensystems überhaupt ist.

Die Ordnung des Periodensystems

Die Chemie hoffte einst als Scheidekunst, die unermessliche Fülle an Stoffen durch die Rückführung auf wenige chemische Elemente einer Übersicht näherzubringen. Wenn wir heute 109 Elemente zählen, so ist das jedoch ein unerwarteter Reichtum geworden, dem man im nächsten Schritt durch die Rückführung auf drei Elementarteilchen (Proton, Neutron, Elektron) gegensteuern wollte; doch ist auch

³⁾ Lange galt Wismut als das schwerste stabile Element. Doch ist es nach neuesten Nachprüfungen metastabil mit einer Halbwertszeit von 2×10^{19} Jahren (Nature 422: 876-878; 24. 4. 2003)

auf dieser Ebene die Entdeckungsfülle nicht ausgeblieben. Der Schüler erlebt es so als einen großen Erkenntnis-Erfolg, wenn man ihm die inhärente Ordnung des Periodensystems mathematisch aufzeigt. Wir zählen dazu die Anzahl der Elemente in allen sieben Perioden zusammen:

I	2
II	8
III	8
IV	18
V	18
VI	32
VII	19+x

Dabei stellen sich die zweite und dritte wie auch die vierte und fünfte Periode als unter sich jeweils gleich groß heraus. Denkt man sich die siebte Periode vervollständig, so ergäbe sie mit der ~~VII~~ ebenfalls eine mit ihr gleichgroße Doppelperiode. Wir kommen dann zu der Zahlenreihe 2/8/8/18/18/32/32. Schon diese Zahlenfolge befriedigt unser Bedürfnis nach Ordnung, Symmetrie, Periodizität. Das steigert sich noch, wenn aufgezeigt wird, dass ihnen eine gemeinsame Gesetzlichkeit zugrunde liegt:

$$\left. \begin{array}{l} 2 = 2 \times 1^2 \\ 8 = 2 \times 2^2 \\ 18 = 2 \times 3^2 \\ 32 = 2 \times 4^2 \end{array} \right\} 2 \times n^2 \quad (n = 1, 2, 3, 4)$$

Die Materie ist also kein bloßes Chaos. Sie besitzt eine mathematisch formulierbare Ordnung, welche den Oberstufenschüler einer 10. Klasse gedankenästhetisch hoch erstaunt.

Es lohnt, ein solches Ergebnis nun durch die Nacht gehen zu lassen und am nächsten Morgen mit noch anderem Ansatz wieder aufzugreifen. Die Ordnung der Zahlenreihe $2 \times n^2$ ist zwar eindeutig, und doch ist sie von der Wirklichkeit nicht voll erfüllt: Am Ende bricht die letzte Periode natürlicherweise beim Element 92, dem Uran, und künstlich heute bei Element 109, dem Meitnerium, ab; 9 Elemente fehlen noch und müssten mit einem Edelgas der Ordnungszahl 118 enden. Doch sie sind nicht bekannt, und die Radioaktivität aller Elemente jenseits des Bleis lässt diese fortwährend in leichtere zerfallen.

Aber nicht nur am Ende, sondern auch am Anfang ist das Periodensystem nicht vollständig, sondern bricht ab. Denn so wie es zu $n = 2, 3$ und 4 jedesmal zwei Perioden gibt, so müsste es aus Symmetriegründen für $n = 1$ eigentlich ebenfalls zwei Perioden geben. Trotz aller durchgängiger Gesetzmäßigkeit ist das Periodensystem also nicht vollständig, sondern am Anfang und Ende offen. Die materielle Welt ist keine fertig geschlossene, in sich vollkommene Welt.] Legte ich dieses Problem einer 10. oder 11. Klasse vor, so zog sie jedesmal von sich aus einen bedeutsamen Schluss:

↙ sechsten ↘ denn

Die Welt der Materie ist nicht fertig, sondern wohl selbst in Entwicklung. So wie eine entfaltete Pflanze schon nicht mehr ihre Erstlingsblätter trägt und noch nicht ihre künftigen Triebe zeigt, so auch der materielle Kosmos. Damit hat man zum Beispiel Siebzehnjährigen ein nachprüfbares Wissen an die Hand gegeben, mit dem sie sich selbst von dem Dogma des materiellen Determinismus befreien können, da schon die Materie nicht fertig ist.

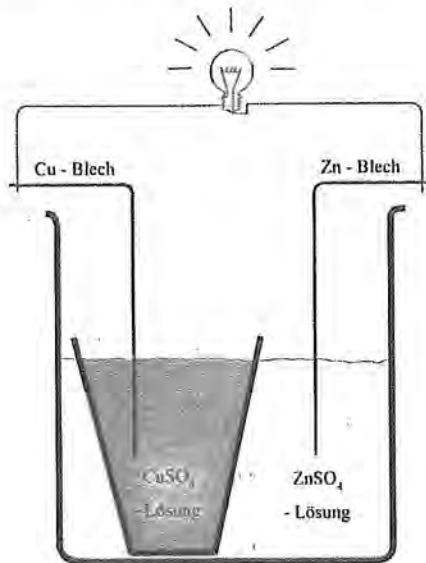
Nur schon die Denkbareit einer solchen Dynamisierung des physikalisch-chemischen Weltbildes lohnt. Es ist mir bei der Rückfrage am Ende der Epoche, was denn den Schüler/inne/n am meisten bedeutet hat, oft entgegengekommen: diese Besprechung des offenen Periodensystems. Und das auffällig unabhängig von der naturwissenschaftlichen Begabung des/der Einzelnen. Denn es ist nun das Alter, wo sich das jugendliche Bewusstsein sein eigenes Weltbild probeweise zu errichten beginnt.

Dem angeschnittenen Evolutionsthema des Periodensystems sind schon in den 50-er Jahren die anthroposophischen Physiker und Mathematiker Arnold Blickle und Ernst Bindel (*Bindel & Blickle* 1952) nachgegangen. In dem in seiner Fachkompetenz immer noch lesenswerten Artikel stellen auch sie den Zusammenhang heraus, dass es sich in den Elementzahlen pro Periode ($2/8/18/32$) um eine Vierstufigkeit handelt, die wie viele Vierstufigkeiten Ergebnis der bisher abgelaufenen vier Äonen einer siebenstufigen Gesamtentwicklung sind, wie sie Rudolf Steiner in den vier Verkörperungen des planetarischen Kosmos 1913 schilderte. Daher die vier Naturreiche, daher die vier griechischen Elemente, daher die vier Wesensglieder des Menschen. Nur lesen Blickle und Bindel die Verzeitlichung des Periodensystems im Sinne der Proust'schen Theorie, dass der Wasserstoff das älteste und damit das Grundelement aller anderen Elemente sei. Ähnlich sind ja auch die Überlegungen in der Kosmogonie der heutigen Astrophysik. Nach ihr liegt 99 % aller kosmischen Materie als Wasserstoff vor. Sieht man aber den heutigen astrophysikalischen Kosmos als einen von bisher schon vier Verkörperungen desselben an, so wird die Lesart eine viel dynamischere. Die achte und siebte Periode sind dann die letzten zerfallenden Überreste des überalterten frühesten Äons („Alter Saturn“), in welchem sie selbst wohl noch keimhaft, also auch noch leicht waren. Entsprechend sind Wasserstoff und Helium in unserem Äon der Erdenentwicklung die am keimhaftesten vorhandenen Elemente, die als Sonne dem planetarischen Kosmos die Energie zum Leben spenden. Dazwischen liegen die verschieden weit entwickelten Substanzstrukturen der zeitlich dazwischenliegenden Äonen in ihrer Stufigkeit. Hierin liegt ein sinnvoller Ansatz zu einer weiter zu bringenden, tiefergreifenden Chemie.

Zur Elektrochemie und Bindungslehre

Die Einführung der Elektrochemie ist für den empirischen Aufbau der Bindungslehre wichtig – abgesehen von der Besprechung ihrer technologischen Anwendungen (elektr. Batterie, Elektrolyse, Galvanisieren). Hier ist es tunlich, einen

formal-theoretischen Einstieg zu vermeiden und urphänomenale Experimente zu bieten. Nur aus diesem Grunde werden zwei solche geschildert. Zuerst zeigt man, dass man, ohne Elektrizität extra zur Verfügung zu haben, dieselbe aus bestimmten



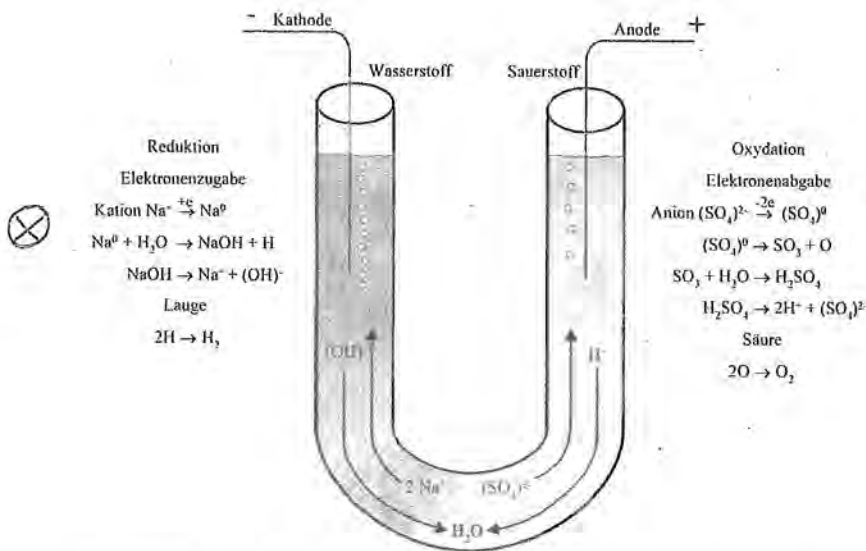
Stoffen direkt herausholen kann. Dazu baut man das „Daniell'sche Element“ auf:

Das Glühlämpchen brennt, wenn das innere Gefäß ein unten verschlossener, tongebrannter, unglasierter Blumentopf ist. In ihn gibt man eine Kupfersulfatlösung, in das Becherglas eine Zinksulfatlösung und taucht jeweils die zugehörigen Metallblechstreifen ein. Das Kupferblech wird im Verlauf schwerer, das Zinkblech leichter. Das lässt sich nachwiegen. Also geht Zink unter Abgabe von Elektrizität in Lösung, und Kupfer schlägt sich durch Aufnahme von Elektrizität metallisch nieder. Im gelösten Zustand wandern Zink, Kupfer und Sulfat in den Lösungen als ~~Leistungsträger~~ ^{* Leistungsträger}, sind also Wanderer = Ionen. Sulfationen müssen durch die halbdurchlässige Membran des Tontopfes wandern, da sie in ihm im Überschuss und außerhalb von ihm im Unterschuss anfallen. Damit kann der Stromkreis als im Kreis geschlossen überblickt werden. Auf diese Weise kann man durch Wahrnehmen und Denken die Grundbegriffe der Ionenchemie bruchlos entwickeln.

Die Umkehrung und zugleich ein phänomenologisch zusammenfassender Versuch ist die Elektrolyse von verdünntem Natriumsulfat im U-Rohr mit Platinelektroden (es geht auch kurzzeitig mit eisernem Blumendraht) und Universalindikator, nun unter aktiver Eingabe der Elektrizität von außen.

Daran lassen sich zahlreiche chemische Grundbegriffe anschließen, die durch das farbige Urphänomen von Blau bis Rot mit allen Übergangsfarben des Spek-

* Ladungsträger :



trums den urbildlichen Wert des Vorganges ästhetisch unvergesslich machen:

Natürlich ist der Universalindikator ein künstliches Gemisch verschiedener organischer Farbstoffe, ausgewählt, um möglichst jede pH-Stufe gut sichtbar zu machen. Und es gibt Indikatoren, die keineswegs den Blau-Rot-Umschlag beim Wechsel vom Basischen zum Säuren vorzeigen (Kongorot, Phenolphthalein etc.). Und doch liegt eine qualitative Berechtigung in der Sichtweise Goethes in dem Kapitel „Chemische Farben“ seiner Farbenlehre vor. „Das Gelb und Gelbrote widmet sich den Säuren, das Blau und Blaurote den Alkalien.“ Gerade die Anthozyane vieler Blütenpflanzen entsprechen dem qualitativen Farberleben der Gegensätze von Blau und Rot. Das demonstrieren gestaltlich zum Beispiel viele Blüten aus der Familie der Raubblattgewächse (Boraginaceen) wie das Lungenkraut, Vergissmeinnicht oder der Steinsame (*Lithospermum purpureo-coeruleum*): In der aktiven Phase der sich noch öffnenden Blüten ist der Zellsaft sauer und so die Blütenkrone rot. In der zur Ruhe gekommenen voll erblühten Krone wird der Zellsaft basisch und die Farbe leuchtend blau.

Im obigen Versuch werden diese Polaritäten und ihre Steigerungen (polare Ionenbildungen und dazwischen das neutrale Wasser) experimentell anschaulich. Damit ist zugleich deutlich, dass ebenso wie aus Chemikalien elektrischer Strom entstehen kann, nun umgekehrt durch elektrischen Strom auch chemische Umsetzungen hervorgerufen werden können.

Goethe verfolgte mit größtem Interesse die Anfänge der Elektrochemie. So in seinem Bericht über Döbereiner an Heinrich von Treba (7.4.1812):

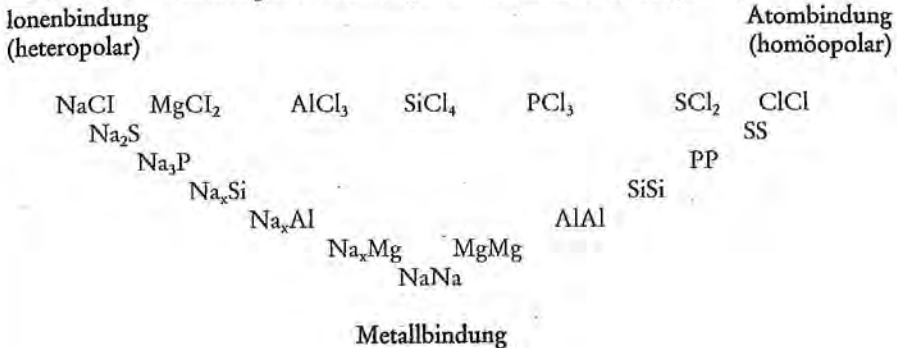
„Durch die Fortschritte des Galvanismus ist die Erfahrung selbst zur Theorie geworden, und so geht alles einen sicherern und klareren Gang.“

⊗ (Diese Reaktionen verlaufen nur der Idee nach so. Die Säure- und Laugeentstehung beruht nur auf der Wasserzersetzung. Na⁺ und SO₄²⁻ werden unter diesen Bedingungen nicht entladen.) (Anmerkung von D. Rohde)

Und an Döbereiner selbst (26.12.1812):

„Verläßt man nie den herrlichen elektrochemischen geistigen Leitfadens, so kann uns das Übrige auch nicht entgehen.“

Immer schon hatte die analytische Chemie die Frage beschäftigt, welcher Art denn die chemischen Kräfte sind, die die Elemente zu Verbindungen vereinigen. Die übersichtlichste Vorgehensweise ergibt sich aus dem Periodensystem, wenn wir zum Beispiel die Elemente der dritten Periode in den folgenden Sequenzen an Hand ihrer Verbindungen betrachten (nach *Holleman & Wiberg* 1955).



Es treten daran die drei Hauptbindungsarten hervor, von denen zugleich alle Übergänge in die Aufmerksamkeit geraten. Ja, es wird daran deutlich, dass reine heteropolare, reine homöopolare oder reine metallische Bindungen nur in den Extremfällen vorliegen. Die Zwischenzustände sind der Normalfall. Der Übergang von der Ionen- zur Atombindung wird auch an der folgenden Verbindungsreihe evident:



Sieht man sich den Chemismus von Lithiumfluorid, Berylliumoxid, Bornitrid und Kohlenstoff an, so wird daran die Abnahme des Salzcharakters und die Zunahme der Fähigkeit zur Polymerie deutlich. Am einen Pol verlaufen in Wasser rasch elektrisch aktiv werdende *Dissoziationsvorgänge*, am anderen besteht die Neigung zur *Assoziation* hin zu elektrisch neutralen Stoffen.

Sieht man sich das Theoriekonzept der Bindungsarten an, so fällt auf, dass so charakteristisch anorganische Verbindungen wie die Salze, Säuren und Basen, also alle Elektrolyte, noch am leichtesten mit der klassischen elektrophysikalischen Anziehung verschieden geladener Ionen deutbar sind. Die Bindung ist also durch die Abgabe und Aufnahme von korpuskular verteilten Elektronen für die Vervollständigung des jeweiligen Elektronenoktetts und die einfache elektrostatische Anzie-

hung der dadurch entstandenen Ionen interpretierbar. Je mehr aber die Bindungsart sich der Atombindung nähert und es damit zur Bildung für das Leben grundlegenden Polymere kommen kann, hört die punktuelle Verteilbarkeit korpuskular gedachter Elektronen auf. Wie sollte eine Elektronenpaarbindung auch schon in sich zusammenhalten, wenn beide Elektronen gleichgeladen sind? Das ist nur noch quantentheoretisch deutbar, das heißt unter „Aufweichung“ der Gesetze der klassischen Physik, so dass die Unschärfen von Raumvektor und Impuls oder von Zeitachse und Energie einsetzen. Ort und Zeit sind nicht mehr genau angebbar, sondern nur noch Wahrscheinlichkeiten, also Potenzen. Die genaue Vorstellbarkeit hört auf. Es ist doch von hohem Interesse, dass solche Grenzerfahrungen unumgänglich gerade dann auftreten, wenn die dynamisierteren Denkformen sich der organischen Substanz und damit der Biochemie des Lebendigen nähern.

Das gilt noch mehr für die *Mesomerie*, die fast alle organischen Verbindungen besitzen: nämlich dass die Bindungsart zwischen zwei Formeln mit angebbaren Elektronenpaarbindungen liegt. Schon der Wasserstoff in jeder Carboxylgruppe gehört beiden Sauerstoffpartnern an. Die Einfachbindung des Wasserstoffes wird dabei gern in zwei Halbbindungen aufgelöst; wo bleibt da die Elektronenpaarbindung? Ob Elektronenpaarbildung oder Mesomerie – beide Male stehen quantentheoretische Verhältnisse an, die nicht ein Vorfindbares beschreiben, sondern nur das Mögliche an Wahrscheinlichkeiten. Die dazu verwendete Wellentheorie der Elektronen behandelt ja auch keine faktischen Wellen, sondern nur ihre Probabilistik.

Gerade die Substanzwelt des Lebens ist, wie das Leben überhaupt, nicht rationalisierbar im Sinne bloßer Addition korpuskularer Einheiten, im Gegensatz zu den das Anorganische charakterisierenden Elektrolyten. Natürlich gibt es auch hochpolymere Mineralien, besonders unter den Silikaten. Aber sie stellen dazu keinen Widerspruch dar, wenn sie als „Biochemie“ der Erde, als Geochemie des „tellurischen Lebens“ verstanden werden.

1921 hatte Rudolf Steiner jene „Aufweichung“ starrer Molekülvorstellungen auf seine Weise im Blick, wenn man von den Kristallstrukturen der Anorganik zu den inneren Konfigurationen der lebenden Substanz weitergeht:

„Aber da bilden sich immer Stoffe, denen der Chemiker nachgehen kann, die gewissermaßen nun nicht immer eine äußerliche Kristallisation haben, aber eine innere Konfiguration. Man hat sogar in der neueren Zeit diese innere Konfiguration angedeutet durch die bekannten Strukturformeln der Chemie. [...] Aber das Geheimnis besteht darin: Je organischer ein Stoffzusammenhang wird, desto weniger bindet sich chemisch das eine an das andere, desto chaotischer werden die Stoffe durcheinandergewirbelt“ (Steiner, GA 205: 88/89, 1.7.1921).

Im Leben entledige sich die bisher anorganische Substanz ihrer Kristallisationskräfte. Damit ist qualitativ der Übergang von der ionogenen zur nur noch chaos- und quantentheoretisch vertretbaren kovalenten Bindung angesprochen, deren theoretische Anerkennung an der damals zeitgenössischen Fachfront dramatisch bis in die 30er Jahre in der Diskussion war. Es ging dabei um den objektivistischen Determinismus Einsteins oder den probabilistischen Indeterminismus Bohrs. Der

Letztere siegte, und Einstein gab wenigstens zu, was William Bragg formulierte: „Alles was bereits geschehen ist, ist korpuskular, alles Zukünftige sind Wellen“ und was dessen Sohn Lawrence Bragg 1970 so kennzeichnete: „Das fortschreitende Sieb der Zeit koaguliert Wellen in Partikel zu dem Zeitpunkt Jetzt“ (Clark 1973). Daran wird deutlich, dass auch die physikalische Wirklichkeit der Stoffe nicht ohne den Einbezug der Zeit fassbar ist, da auch jene dauernd aus dem Werden zur Wirklichkeit gerinnen.

Das Problem der Schulchemie besteht an dieser Stelle darin, dass der Chemielehrer selbst in seinem Studium normalerweise keine Gelegenheit bekommen hat, inhaltlich in die Grundlagen der Quantentheorie verstehend einzusteigen. Was aber sollte gerade auch der Waldorflehrer der Oberklassen an Quantentheorie im Grundprinzip mitbekommen haben? Hier ist notwendiger Bedarf. Es hat keinen Sinn auf die Dauer, dass der Lehrer auf die nachbohrenden Fragen von 12- und 13-Klässlern nur sagen kann, dass er die Quantentheorie des Oktettbestrebens, der Atombindung, der Mesomerie und des Benzolringes auch nicht durchschaut, dass die Schüler aber zu den Prüfungen eben müssen aufsagen können, was der Sprachgebrauch ist. Und es ist gar kein Trost, dass es an diesem Punkt in der Staatsschulchemie genauso zugeht. Hier muss etwas, wenigstens im Anfänglich-Prinzipiellen für das Verständnis geschehen, denn es würde gerade im Sinne Steiners lohnen.

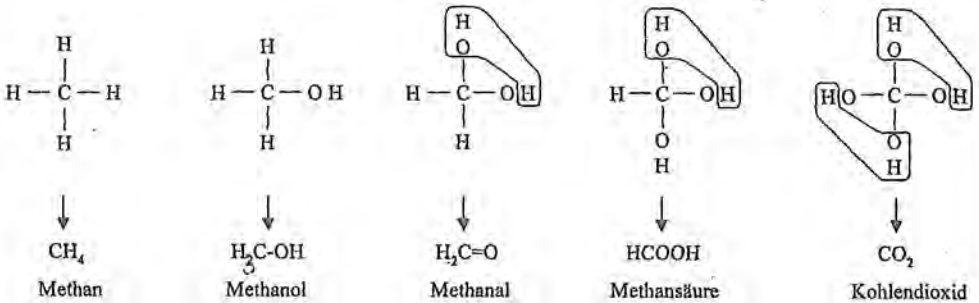
Damit ginge anfänglich etwas von dem in Erfüllung, was selbst schon Goethe in seinen letzten Jahren als ein Arbeitsziel der Zukunftskemie voraussah:

„Dem Chemiker, der Gehalt und Struktur (eines Organismus) aufhebt und bloß auf die Eigenschaften der Stoffe und auf die Verhältnisse ihrer Mischungen acht hat, ist man in diesem Fache (d. h. der Lehre der organischen Natur) viel schuldig, und man wird ihm noch viel mehr schuldig werden, da die neueren Entdeckungen die feinsten Trennungen und Verbindungen erlauben, und man also den unendlich zarten Arbeiten eines lebendigen organischen Körpers sich dadurch zu nähern hoffen kann. Wie wir nun schon durch genaue Beobachtung der Struktur eine anatomische Physiologie erhalten haben, so können wir mit der Zeit auch eine physisch-chemische uns versprechen, und es ist zu wünschen, daß beide Wissenschaften immer so fortschreiten mögen, als wenn jede allein das ganze Geschäft vollenden sollte.“ (Walden 1943: 81/82)

Uns interessiert hier in erster Linie der Prozesscharakter der Bindungsarten, also ihre Zeitgestalten. Gerade darin sind die heteropolaren und die homöopolaren Bindungen echte Polaritäten. Ionen verbinden sich unmessbar schnell. Gibt man Natronlauge und Salzsäure zusammen, so wird schlagartig aus den meisten Wasserstoff- und Hydroxylionen Wasser. Umgekehrt sind die Bindungen zwischen elektrisch ungeladenen Partnern (daher Atome bzw. Molekülgruppen statt Ionen) im klassischen Fall ausgesprochen verbindungsträge. Holzkohle aus der frühesten Feuerverwendung des Urmenschen (> 1 Millionen Jahre) findet sich in Sedimenten heute noch vor. Das Erdöl ist zum Beispiel seit dem Erdaltertum (Zechstein: 250 Millionen Jahre) praktisch bis heute unverändert. Ja, in den ältesten Gesteinen der Erde (3,8 Milliarden Jahre) findet sich Graphit, der sicher schon durch die Photosynthese gegangen ist (Pflug 1984). Erst durch heteropolarisierende Stufen werden

die Kohlenstoffverbindungen in die Prozesswelt des Lebendigen einbezogen.

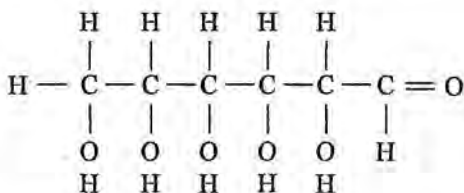
Unter dem Zeitaspekt gewinnen so die Oxidationsreihen zum Beispiel der aliphatischen Kohlenwasserstoffe, die so gerne als *Einführung* in die organische Chemie benutzt werden, erst ihre weiterführende Aussage. Wir gehen aus von den vier Oxidationsstufen der einfachsten Verbindung, des Methans, bis hin zum ener-



getarntes
 gasartiges
 Endprodukt, dem Kohlendioxid.

Methan ist rein atombindig und so – ohne zusätzliche Aktivierungsenergie – reaktionsträge. Methanol ist schon eher umzusetzen und Methanal in verstärktem Ausmaße. Methansäure (= Ameisensäure) aber dissoziiert schon deutlich in Ionen und geht somit wie die aus Kohlendioxid entstehenden Kohlensäure-Ionen zu blitzschnellen Ionenreaktionen über. Stellt man in noch ganz allgemeiner Weise die Reihen der Alkane, Alkanole, Alkanale und Alkansäuren (= Carbonsäuren) zur Diskussion auf ihre Tauglichkeit für das Leben, so ist bald deutlich: Bestünde ein Organismus nur aus ionenbindigen Stoffen, so wäre er in kürzester Zeit mit endgültig zu Ende gekommenen Reaktionen schon am Ziel angelangt. Bestünde er nur aus atombindigen Stoffen, so kämen die notwendigen Reaktionsabläufe erst gar nicht in Gang. Im einen Fall wäre schon sofort auf niedrigstem Energieniveau das Lebensende erreicht. Im anderen Falle bliebe der Organismus gleichsam auf dem anfänglich vorgegebenen hohen Energiepotential metastabil stehen, ohne in Gang zu kommen. Damit ist deutlich, dass das reale Leben vielfach gerade die zwischenstufigen Verbindungen verwendet. Nimmt man so eine nicht zu lange Kohlenstoffkette mit einigen Wasserstoffbindungen als Energieträger, mehreren Alkoholgruppen als schwach reagible Potenzen und wenigstens eine Aldehydgruppe als stärkere Reaktionskomponente an, ohne dass es schon zur ionogenen Alkansäure kommt, so ergibt sich wie von selbst eine der lebensfreundlichsten Substanzen: ein Einfachzucker, zum Beispiel Glukose, wie sie bei jeder Photosynthese entsteht. So ist erst verständlich, warum ein solch wichtiger Metabolit ein mehrwertiger Alkohol und ein einwertiger Aldehyd (bzw. ein Keton) ist, weil er die gemäßigste Mitte zwischen

↙ *Einstieg*



den gegensätzlichen Zeitmustern darstellt.

Nicht nur die Raumstruktur, sondern die Zeitgestik sollte und kann daraus gelesen werden. Und sie sollte daraus gelesen werden, um von der Stoffchemie zur Prozess-Chemie zu kommen. Die Reaktionskinetik gehört deshalb zum Interessantesten der modernen Chemie.

Die Aminosäuren als Grundsubstanzen der Proteine haben darüber hinaus auch Basizität und Azidität in den Molekülbau integriert («Zwitterion») und sind damit über die Aminogruppe und Carboxylgruppe zu schnellerer Reaktionsfähigkeit konstituiert, denn beide Gruppen sind ionogen – zum einen durch Protonenaufnahme zu R-NH_3^+ , zum anderen durch Protonenabgabe zu R-COO^- . Kein Wunder, wenn die Pflanzenwelt quantitativ vorwiegend aus Kohlehydraten, das bewegliche Tier jedoch vorwiegend aus Proteinen besteht. Und ebenso wird nun interessant, dass das so lebensfreundliche Wasser seine Elemente Wasserstoff und Sauerstoff vorwiegend atombindig besitzt, aber nicht nur: die schwache Dissoziation in seine Ionen (Ionenprodukt $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$) ermöglicht erst seine Reagibilität, zum Beispiel bei der Hydratbildung und damit als Lösungsmittel aller wasserlöslichen Ionen. Es besitzt durch seine vorwiegende Atombindigkeit hingegen gerade die Möglichkeit zur Verlangsamung vieler in ihm sonst zu schnell ablaufender Umsetzungen bei deren Verdünnung. Allein mit dem Gradienten zwischen homöo- und heteropolaren Bindungsqualitäten ist aber die Wasserchemie noch keineswegs erschöpft behandelt, denn es kommen gerade auch bei ihr eine Skala weiterer, schwacher Bindungen zum Zuge; genannt seien nur die der Wasserstoffbrücken durch die Dipolwirkung seiner unausgeglichenen (gewinkelten) Struktur oder die van der Waals'schen Kräfte, die nur quantentheoretisch behandelbar sind. Dadurch, dass Wasser also über eine reichabgestufte Klaviatur von Bindungsarten verfügt, kann es viele feinstrukturellen Verbindungsformen und Verbindungsgeschwindigkeiten annehmen, die dem Leben zugute kommen. Jeder gute Chemiker weiß, dass Wasser mehr als $(\text{H}_2\text{O})_x$ ist.

Die meisten physiologisch wirksamen organischen Stoffe verlangsamen ihre Reagibilität dadurch, dass sie zu langkettigen Großmolekülen kondensieren (durch Wasserabgabe) oder polymerisieren (ohne Wasserabgabe): so die Glucose zu Cellulose, das N-Acetylglucosamin zu Chitin, die Phenylpropanole zu Lignin, die Essigsäure zu den Fettsäuren oder zu den Isoprenoiden wie etwa dem Kautschuk, die einfachen Alkane bis zu den Wachsen, die Aminosäuren bis zu den Skleroproteinen (Horn). Aber nicht nur Gerüstsubstanz, sondern geradezu Energiespeicher entste-

hen auf diese Weise wie die Stärke, Hemicellulosen, langkettige Fette etc. Alle diese Kondensate beziehungsweise Polymerisate sind weithin atombindig, energiereich und geben den Organismen Struktur und Masse. – Demgegenüber stellen die voll ionisierbaren Stoffe das Gegenbild dar. Nicht durch Assoziation, sondern durch Dissoziation ihrer Verbindungen werden sie physiologisch wirksam. Nicht elektrische Neutralität wie bei jenen Polymerisaten, sondern elektrische Polarisierung findet statt. Wo sie im Organismus eine Rolle spielen, laufen Schnellreaktionen ab, denn sie reagieren rasch hin zur Einstellung niedriger Energieniveaus. Alle Nervenrhythmen beruhen auf raschen Ionenwanderungen.

Jedes Eiweiß in einer lebenden Zelle erhält durch sein Cytoskelett mit vorwiegend kovalenten Bindungen seine Binnenarchitektur, durch sein Ioneninventar im Cytosol seine Reaktionsfreudigkeit. Ja, im lebenden Eiweiß ist – ob Gel- oder Sol – immer beides in enger Kooperation: Langkettigkeit enthält die durch Aufbau erworbene energetische Potenz, die schwach ionogenen Amino- und Carboxylgruppen geben in erster Annäherung den Anlass zu abbauenden Reaktionskaskaden und aktualisieren so die Potenzen durch Energiefreigabe. Dass es aber doch möglichst nicht zur bloßen Versalzung des Zellinhaltes kommt, ist durch die α -Stellung der Aminogruppe zur Carboxylgruppe in den meisten Aminosäuren verhindert. Jede andere Stellung führte rasch zur „inneren Versalzung“ schon innerhalb des Moleküls. *Nicht in der Aufhebung, sondern in der Beibehaltung gemilderter Spannung, und das im fortwährenden zyklischen Wechsel von Spannungsbildung und teilweisem (!) Spannungsausgleich, darin besteht das Leben auch in seiner chemischen Beschreibung.* Wir kommen so im Vergleich zur Grundpolarität der Bindungsarten:

homöopolare = kovalente = Atom-Bindung	Bindung	heteropolare = ionogene = Ionen-Bindung
Polymerisation Kondensation Assoziation Energierichtum	Molekülbau	elektrolytische Dissoziation
	Energie	Energiearmut
Aufbau organischer Substanzmasse bis hin zur Gerüst- substanz	Stoffwechsel	Abbau zu niedermolekularen bzw. anorganischen Verbindungen
Leibbildung im Lebensablauf Inkarnation	Gestaltung	Auflösung der Lebensabläufe Exkarnation

Das anthroposophische Naturverständnis bemerkt daran bald, dass wir es in die-

ser Gegenüberstellung mit den Instrumenten der beiden polaren Tätigkeiten des Ätherischen zu tun haben. Zum einen ist der Ätherleib des Lebewesens dem Aufbau seines physischen Leibes hingegeben. Es ist gerade das die Domäne des Pflanzenreiches und kommt seit der frühen Landnahme im Devon zunehmend am drastischsten in allen Baubildungen zur Erscheinung. Mammut- und Eukalyptusbäume sind heute die höchsten Organismen auf der Erde. Leibmassebildungen sind so auch in Tier und Mensch die „Pflanze“ im Tier und die „Pflanze“ im Menschen. Umgekehrt verlaufen die Abbauvorgänge von den hochmolekularen zu den niedermolekularen Substanzen bei freierwerdender Energie. Gerade dieser physiologische Abbau ermöglicht erst die seelische Empfindungsfähigkeit im tierischen und menschlichen Organismus (Fortlage 1869). (Für die Abbauvorgänge in der Pflanzenwelt deutet Rudolf Steiner das Empfindungsleben nicht der Einzelpflanze, sondern das der ganzen Landschaft, der Erdseele an, s. GA 60, 8.12.1910.) Zum Zugriff des Astralen sind rasche Ionenvorgänge notwendig. Die schnellsten physiologischen Frequenzen im Rhythmenspektrum des Menschen (Roßlenbroich 1994) sind die Nervenrhythmen durch die Polarisierung und Depolarisierung mittels der Na^+/K^+ -Ionen-Wanderung in den Zellmembranen. In der Verwendung kovalenter Bindungen ist das Ätherische dem Physischen zugewandt, in der Verwendung ionogener Abläufe dem Astralischen. Die Doppelseitigkeit des Ätherischen kommt in den Antagonismen der homöopolaren und heteropolaren Bindungen chemisch eindringlich zum Ausdruck.

Die Übergänge zur Metallbindung und die Metallverbindungen selbst in den Legierungen, Komplexbindungen und Salzverbindungen der Metalle zu betrachten, lohnt ebenso. Schon die Tatsache ist auffällig, dass der größte Teil der chemischen Elemente gerade Metalle sind. Der gleitende Übergang von der heteropolaren zur Metall-Bindung erfolgt von den Leichtmetallen zu den Edelmetallen an Hand des weiten Spektrums ihres Redox-Verhaltens: Grundlage z.B. der ganzen Elektrochemie. Entsprechend zwischen den Leicht- und Edelmetallen steht mitbildend die Mehrzahl der Schwermetalle, die in ihren Verbindungen eine überreiche Farbenfülle hervorbringen, so z.B. die Schönheit vieler Erze. Diese kernchemisch stabilsten Metalle sind vielfältig physiologisch wirksam. Es sind dabei insbesondere ihre Komplexbindungen, die in der organischen Chemie den Übergang zur homöopolaren Bindung vorzeigen.

Die Lebensverhältnisse bestehen nie nur in Gegensätzen, sondern gerade im gesteigerten Dynamismus zwischen ihnen. Seelisch sind wir noch am unmittelbarsten mit unserer Leibeschemie durch die Nahrungsaufnahme für die Ernährung verbunden. Was ist es, was wir so gerne schmecken? Zucker ist eine Zwischensubstanz zwischen Stärke auf der einen Seite und Kohlendioxid und Wasser auf der anderen Seite. Beide Grenzzustände schmecken so gut wie nicht, aber der Übergangsbereich der Mono- und Disaccharide! Ähnlich ist es bei den Eiweißen. Die Ausgangssubstanzen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Wasser schmecken und riechen nicht. Ebenso wenig hochwertige Proteine wie Eiklar oder unbehandeltes pures Fleisch. Erst auf den Zwischenstufen, im Grenzsaum von Abbau und Aufbau, schmecken sie uns. Geschmacklose pflanzliche Eiweiße, wie sie zur Maggiherstellung

↙ mit

lung benutzt werden, bekommen erst ihre Würze durch ihren teilweisen fermentativen Abbau bis zu den Aminosäuren. Pure Fette und Öle schmecken nach nichts. Wir würzen sie uns durch Ionen, eben mit Kochsalz im Schmalz und Essig im Salatöl. Relativ kurzkettige Fettsäuren, mit kurzkettigen Alkoholen verestert, aber geben die herrlichen Fruchtaromen von Erdbeer-, Himbeer-, Pfirsich-, Birnen- und Bananenduft. Auch hier haben wir die gesteigerte chemische Mitte zwischen hochmolekular aufgebauten und restlos niedermolekular abgebauten Stoffen, die uns beiderseits als Extreme wenig ansprechen. Was Goethe als farbigen Saum zum Urbild der Steigerung zwischen Licht und Finsternis in seiner Farbenlehre ausführte, das führt uns auch die chemische Welt als ihren „chemischen Geschmacks- und Geruchssaum“ mitten zwischen den Gegensätzen vor.

Chemie als Reagenz auf Bildekräfte?

Was ist aus den chemischen Reagenzien auf Bildekräfte geworden: Die sensible Flamme, die Kupferchlorid-Kristallisation, das Steigbild, das Tropfenbild? Keine der Methoden hat auch nur einer wohlwollenden Kritik standgehalten – gemessen an dem früheren Anspruch, Übersinnliches labormäßig abbilden zu können. Noch am reichsten und sprechendsten ist der Formenreigen des Kupferchlorid-Bildes und des Steigbildes, insbesondere durch organische Zusätze. Was die Reproduzierbarkeit durch Standardisierung aller Parameter betrifft, so ist sie noch am besten beim Kupferchlorid-Kristallisationsbild möglich. Die Wiederholbarkeit geht so weit, dass man die charakteristischen Bildgestaltungen inzwischen auch mit rein künstlich synthetisierten Polymeren erzeugen kann (Hummel 1992). Beim Steigbild ist die Standardisierung der Papiersorte begrenzt, denn die Zellulosefasern darin sind ein Gemisch verschiedener Längen, und jede Papiercharge auch bei gleicher Sorte und Firma ist außerdem immer wieder eine andere. Darum besitzt die heutige Dünnschichtchromatographie auf Kieselgel eine verlässlichere Reproduzierbarkeit.

Ein offenes Problem war lange der wissenschaftliche Austausch der an der Steigbildmethode experimentell Arbeitenden. Er fand nämlich weitgehend nicht statt. Der Autor hat 10 Jahre darum geworben, bis 1986 ein solches Treffen mit uneingeschränktem Austausch in der Naturwissenschaftlichen Sektion in Dornach stattfand, deren Ergebnisse im Heft Nr. 46 der Elemente der Naturwissenschaft 1987 erschienen sind. Dabei ergab sich gemeinsam die einhellige Beurteilung, dass man mit den bildschaffenden Methoden nicht die direkte Einwirkung ätherischer Bildekräfte nachweist, sondern die Charakteristik der Substanzkompositionen, die vorher im lebenden Organismus durch die Bildekräfte organisiert worden sind. In jedem Falle hat man ein reduziertes Phänomen vor sich, denn die jeweilige Pflanze wird dazu abgetötet, zerkleinert, ihr Saftgehalt ausgepresst, dieser vorgereinigt und ist damit dem holistischen Lebenszusammenhang entzogen. So ist es mühsam genug, aus dem Kristallisationsbild den ideellen Zusammenhang mit der jeweiligen Pflanze, ihren Organen, ihrer Pflückzeit usw. wiederherzustellen. Jochen Bockemühl sagte mit Recht, dass die Morphologie der intakten, lebenden Pflanze in ihrer

Wandlungsdynamik mehr sichtbar macht als jede Laborbehandlung.

Doch auch diese hat ihren Aussagewert, wenn man ihn methodenplural betrachtet. Insbesondere die Arbeitsgruppe Ruth Manderer/ Hans-Joachim Strüh vom Forschungslabor der Wala (Manderer 1987, Strüh 1987) hat unbefangen erneut mit dem Steigbild gearbeitet und drei auffällige Typen herausgestellt, die sie nennen:

- „Aufgelockerter Typ“
- „Zucker-Typ“
- „Kolloid-Typ“.

Dabei wird beobachtet, wie langsam und deshalb nur im unteren Teil des Steigpapiers, wie mittelfristig oder wie schnell und ausgesprochen hoch der Saftanstieg ist. Dabei ist aus obiger goethenistischer Betrachtung der Bindungslehre bald deutlich, dass der Kolloidtyp alle jene organischen Schleims-substanzen umfasst, die einen hohen Kondensations- beziehungsweise Polymerisationsgrad haben, aber noch schwach wasserlöslich sind. Umgekehrt sind es die ionogenen Substanzen, zum Beispiel die Anthocyane der Kirschenfruchtfarbe, die leicht und rasch aufsteigen und die oberen Farbbänder des aufgelockerten Typs abgeben. Dazwischen liegen jene ausgewogenen Substanzen, die über beide Pole harmonisch-vermittelnd und ausgleichend verfügen, z. B. die Zucker! Sind die organischen Substanzfraktionen nicht selbst farbig, können sie durch Metallkomplex-Salze nachträglich sichtbar gemacht, „entwickelt“ werden. Friedrich Ferdinand Runge (1795–1867) hatte das schon zur Goethezeit entdeckt (Harsch/Bussemas 1985).

Eine solche Interpretation des Steigbildes organischer Säfte im Zusammenhang des Bindungsspektrums homöo- und heteropolarer Natur kann auf zwei diametrale Wertungen treffen. Die eine ist die der Enttäuschung, denn man hat nun etwas geklärt vor sich, was man lieber nicht erklärt gesehen hätte, und so hilft man sich mit dem Vorwurf von Materialismus und Rationalismus als Feindbild. Die andere Wertung ist, dass man die Erklärbarkeit nicht verdrängt, sondern annimmt, um sie qualitativ zu erweitern. Das Geistige sollte eben nie der Lückenfüller sein für das Ungeklärte, sondern im Gegenteil: es ist in der Wirkwelt selbst in seinem ausdrucksstarken Abglanz zu feiern. Wie sagte es Rudolf Steiner zu den ersten Waldorflehrern?

„Ebensowenig darf die Vorstellung gepflegt werden, die die Menschen so sehr lieben, daß das Unbekannte ein Beweis des Geistes ist. Nicht wahr, die Menschen sagen: Oh, das kann man nicht wissen, da offenbart sich der Geist! – Statt daß die Menschen die Empfindung bekommen: Man kann vom Geiste wissen, der Geist offenbart sich in der Materie -, werden die Menschen so sehr darauf hingelenkt, daß da, wo man sich etwas nicht erklären kann, ein Beweis ist für das Göttliche.“ (Steiner, GA 300/I: 100, 26.9.1919)

Schon Thomas von Aquino war dafür, dass man im Denkgeschäft die geistige Welt nicht als „Zuflucht der Unwissenheit“, als das bloße *asylum ignorantiae*, missbrauchen solle.

Dynamische Gleichgewichte

Verwandlung vollzieht sich immer im Zwischenfeld der Gegensätze. Wir sagten schon: Ideale atombindige Stoffe sind ebenso selten wie ^{extrem} Ionenbindige. Die Zwischenlagen in allen Abstufungen machen die Fülle der meisten Stoffverbindungen aus. In ihren Verwandlungen können sie trotzdem nach außen als stationär erscheinen, sind es aber nicht, sondern befinden sich dann im *dynamischen* Gleichgewicht; man denke nur an alle Puffersysteme in der intrazellularen und extrazellularen Biochemie, und sei es allein schon der pH-Puffer des Blutes. Zugrunde liegen immer *Zwischenbindungsstufen* der beteiligten Substanzen, insbesondere schwache Säuren und schwache Basen. Alle Carbonsäuren und Aminoverbindungen sind dadurch pufferfähig: Tritt Übersäuerung auf, wird diese abgedämpft, tritt Verlaugung zu stark auf, wird diese gemildert. Was im Jahre 1867 die beiden Norweger, der Chemiker Peter Waage (1833–1900) und der Mathematiker Cato Maximilian Guldberg (1836–1900) gefunden hatten und seitdem mit einem dünnen Wort das „Massenwirkungsgesetz“ (MWG) genannt wird, ist die exakte Beschreibung davon. Dabei ist der Name mehr als unglücklich, denn es geht darin gerade eben nicht um die Massen-Wirkung, sondern um die *Konzentrations*-Wirkung, wie jeder weiß, der es verstanden hat. Die Dosis macht die Wirkung.

Das MWG ist aber selbst nur ein Sonderfall eines viel umfassenderen Prinzips, das *dynamischen* Gleichgewichtseinstellungen auch unter Einbezug energetischer Vorgänge umfasst: das *Prinzip von Le Chatelier*. Bei erhöhtem Energieangebot entstehen endotherme Verbindungen und mindern dadurch die Energiegrößen, bei geringem Energieangebot entstehen eher exotherme Verbindungen, die Energie freisetzen. Das gilt nicht nur für chemische, sondern auch für physikalische Umsätze, wenn man die Übergänge in die verschiedenen Aggregatzustände nicht auch zu den chemischen Reaktionen rechnen will (was sie doch eigentlich sind, denn der Umbau der Molekülstrukturen mit Inanspruchnahme von Bindungskräften und Wärmetönungen findet dabei ebenso wie bei den meisten chemischen Reaktionen statt).

Das ganze klimatische Wettergeschehen ist davon beherrscht. Bei Wärmezuführung finden energiebindende Vorgänge wie Schmelzen und Verdunsten statt. Bei Wärmeabnahme wird wieder Wärme gebildet durch Kondensation und Kristallisation. Das Wasser ist so zu jeglichem Ausgleich fähig und ermöglicht gerade dadurch erst die Biosphäre der Erde. So ist das *Prinzip von Le Chatelier* in allen ausgleichenden Vorgängen wirksam, und nur im Ausgleich der Gegensätze kann sich das Leben verwirklichen, ohne je den vollständigen Ausgleich zuzulassen. Dieser ist erst beim Tode und eben nur im Anorganischen möglich, und insoweit gehört das Prinzip des „kleingehaltenen äußeren Zwanges“ in seiner mathematisierbaren Form der Chemie und Physik des Toten an. Hier aber spiegelt es wie in einem Abbild etwas Charakteristisches des Lebens, denn es bildet einen Bereich der gesteigerten Mitte, hier zum Beispiel die zwischen den Bindungspolaritäten, denn nur so kann es sich voll ausprägen. Nicht mit starken, sondern erst mit schwachen Säuren

↙ rein ↘ solche

kann man Pufferlösungen herstellen. Man könnte das *Prinzip von Le Chatelier* geradezu ein in die physiko-chemische Welt geratenes biologisches Grundgesetz nennen. Stammt etwa die Anorganik, auch in ihrer Gesetzlichkeit, aus der Organik? Das anthroposophische Evolutionsverständnis bejaht diese Frage.

Die Fähigkeit zum unentwegten kompensatorischen Ausgleich ist im Ätherischen zu Hause. Goethe entdeckte selbst schon das Kompensationsprinzip der Organismen. Unsere gesamte Sinnesorganisation ist zum Beispiel davon beherrscht. Sehen wir viel Helligkeit, wird das Auge unempfindlicher und sieht nur noch relativ dunkel. Auf der Nachtwanderung aber sehen wir noch feinste Lichtspuren. Sehen wir grün, wird das Auge rotempfindlich; sehen wir violett, wird es gelbempfindlich. Strecken wir unsere Gliedmaßen, so gehen schon die Beugemuskeln in erhöhte Bereitschaft etc. Die farbigen Schatten sind weder objektiv noch subjektiv, sondern eine Folge unserer Sinnesphysiologie, und sie ist wie alles Ätherisch-Lebendige jenseits von Objektivität und Subjektivität, sondern dort angesiedelt, wo die Kluft dieses Dualismus von Körper und Seele überbrückt ist, nämlich in beider Bindeglied: dem Leben. Davon ins Anorganische projiziert, tritt die Gesetzlichkeit des Prinzips von Le Chatelier auf, und es ist deshalb für die physische Existenz des Lebens unabdingbar.

Stereoisomerie

Die Entdeckung der Stereoisomerie insbesondere durch Louis Pasteur (1822–1895), Jacobus Henricus van't Hoff (1852–1911) und Joseph Achille Le Bel (1847–1930) ist eine der bedeutsamsten der Biochemie: Nicht nur das Was, sondern mehr noch das Wie der Substanz ist beachtenswert. Nicht nur die beteiligten Elemente als solche, sondern die jeweilige Raumstruktur ist entscheidend für die Wirksamkeit ihrer Verbindungen. Nicht primär die Masse, sondern die Gestalt ist entscheidend. Hierdurch wurde die Chemie, bisher eine bloße Stoffkunde, zur Molekularmorphologie. Man sage nicht, die Strukturchemie sei nur „theoretisch konstruiert“. Das ist auch jede Landkarte gewesen, bis wir die Satellitenaufnahmen hatten, und wir konnten ihr schon vorher bei jeder Reiseplanung vertrauen. Inzwischen gibt es gute entsprechende Aufnahmen der Molekülmorphologie, die das theoretisch Gefundene zur Wahrnehmung bringen (s. S. 10 u. 11). Steiner riet den ersten Waldorflehrern, wenn schon Formeln, dann sogleich die Raumformeln einführen (Steiner GA 300/111:32). C_2H_6O kann ebenso Ethylalkohol sein wie Dimethylether – zwei weitgehend verschiedene Substanzen gleichen Baumaterials. Das Material ist eben nicht allein das Wesentliche, sondern mehr noch das Wie – der Inbegriff jedes Gestaltverständnisses.

Das eindrucksvollste Phänomen der Stereochemie in der Biochemie ist die Chiralität. Kaum eine organische Substanz, die nicht chiral ist, ja von ihrer eindeutigen asymmetrischen Drehrichtung hängt ihre physiologische Wirkung wesentlich ab. Pasteur entdeckte sie an der Rechts- bzw. Links-Milchsäure. Le Bel und van't Hoff fanden unabhängig voneinander, dass zumeist die Asymmetrie der vier Kohlen-

stoffliganden entscheidend sind. Unsere Nase kann den Unterschied in manchen Fällen direkt riechen: Das Kümmelöl Carvon riecht in der Rechtsform anders als in der Linksform bei gleicher (!) Struktur mit nur spiegelbildlich unterschiedlicher Asymmetrie: entweder nach Kümmel oder nach Krauseminze. Mit zwei Polarisationsfolien kann man leicht die unterschiedliche Spiralstruktur von Rechtszuckern (Glucose, Saccharose) und Linkszuckern (z. B. Fructose) im durchleuchteten Standzylinder makroskopisch visuell sichtbar machen (*Wenger-Lehrmittel*). Alle lebensrelevanten chemischen Mikrostrukturen sind eindeutig asymmetrisch. Umso erstaunlicher ist es, dass es dann makroskopisch überhaupt zu Symmetrien im Körperbau der Organismen kommen kann. Gleich, ob Radiär- oder Bilateralsymmetrie vorliegt (z. B. Seeigel oder Fisch), so sind doch zumeist die zentralen Vitalorgane des Stoffwechsels asymmetrisch gestaltet. In der Spitze jeder Schneckenhausspirale liegt die verdauungssteuernde Mitteldarmdrüse, und die Mehrzahl aller Schneckengehäuse ist rechtsdrehend, so unsere Weinberg- und Bänderschnecken (*Heliciden*), doch kommen auch linksgewundene obligatorisch vor, so unsere meisten Arten der kleinen Schließdeckel-Schnecken (*Clausiliiden*).

Die anorganische Chemie kennt kaum Chiralität (*Schad* 2000: 107). Umso erstaunlicher ist die Ausnahme des Bergkristalles und der mit ihm verwandten Silikate. Sie bilden die überwiegende Quantität der Erdkruste und sind uns als Urgesteine (*Plutonite*) vertraut. Diese Hauptsubstanz der biosphärennahen Erde ist selbst zur Chiralität befähigt. Es gibt Rechtsquarze und Linksquarze (s. *Schad* 1981a). Sollten auch sie physiologisch wirksam sein, und das sogar in unterschiedlicher Weise?

Dieser Gedanke liegt anthroposophisch nahe, wenn man jeden Organismus als eine – wenn auch offene – Ganzheit versteht. Schon in den „Grundlinien“ fragt der Student Steiner, was die vergleichbare Gänze im Anorganischen ist und sieht sie in keinem Detail, sondern in der „Gesamtheit des Unorganischen als ein System“, und das ist erst der ganze Kosmos (*Steiner* 1886). So ist jedes individuelle Lebewesen – weil eine Gänze – in gewissem Umfang eine miniaturisierte Wiedergabe des ganzen Kosmos. – Den äußeren Kosmos stellt sich das geometrisierende Alltagsbewusstsein als in allen Richtungen homogen – gleichwertig vor. Steiner stellt die Anschauung dagegen, dass der Kosmos ungleichwertige Richtungen hat: Wenn schon ein geometrisches Bild, so nicht das der Kugelsphäre, sondern das des Vogeleies (*Steiner*, GA 136: 11.4.1912; GA 205: 90/1, 1.7.1921). Dem Embryologen ist bekannt, dass die Körperachse der ersten Hühnchenanlage im Ei senkrecht zur Eiachse steht und zwar in 70 % so, dass der Kopfpol vom Beschauer weg und der Schwanzpol auf ihn zu liegt, wenn er das Ei mit dem stumpfen Pol nach links und mit dem spitzen Pol nach rechts hält. Die ursprüngliche Lage im Ei ist also immer asymmetrisch und ihre Richtungshäufigkeit ebenfalls ungleich verteilt. Dass nun alle von lebendem Stoffwechsel gebildete höherwertigen organischen Substanzen schon im Kleinsten in sich asymmetrisch sind, ist so gesehen Ausdruck der gesamthafte kosmischen Natur der Lebensvorgänge.

Die Physik entdeckte erst 1956 (*Lee u. Yang* 1956) eine inhärente Dissymmetrie der physikalischen Welt am β -Zerfall. 1997 fanden die amerikanischen Astronomen Nodland und Ralston die asymmetrische Spiralstruktur des physikalischen Univer-

sums experimentell aus der Radiostrahlung 160 ferner Galaxien, die sich in ihren durchmessenen Räumen nicht gleichartig verändert. Vorher war man strikt von einer Isotropie aller Raumesrichtungen ausgegangen.

Die Idee liegt auf der Hand, dass das biologisch-dynamische Hornkieselpräparat (übrigens in einem immer asymmetrisch gedrehten Kuhhorn präpariert) auf Grund der Chiralität des Quarzes das bestwirksamste Präparat ist. Schon Otto Wolff hatte vor Jahren diese Vermutung. Mit Rainer Dietrich stellte ich 1982 erste Versuche mit getrennter Spritzung von Rechts- und Links-Quarz im Versuchsgarten des Instituts für Waldorfpädagogik in Witten-Annen an. Die Stangenbohnen reagierten in Größe und Blattgrüntiefe zumeist besser auf den Rechts- als auf den Linksquarz. Frau Christina Senger konnte unter der Ägide von Prof. Wolfram Achtnich im Rahmen einer Dissertation in Feldanbauversuchen bei Göttingen diesen Ansatz weiter bestätigen. Der biologisch-dynamische Forschungsring konnte trotz mehrerer Anläufe aber bisher zu keinen abschließenden Ergebnissen kommen. Man kann nur den genialen Griff Rudolf Steiners bewundern, im Hornkieselpräparat nach eben diesem, der Physiologie des Lebens nächststehendem Mineral gegriffen zu haben. Wie sagte schon Goethe in seinen Maximen und Reflexionen (Nr. 705):

„Wäre die Natur in ihren leblosen Anfängen nicht so gründlich stereometrisch, wie wollte sie zuletzt zum unberechenbaren und unermesslichen Leben gelangen?“
Woher wusste nur der Weise von Weimar auch schon davon?

Die Gottebenbildlichkeit der Materie

Rudolf Steiner sprach einmal im Vorausblick davon, dass man das Wirken Christi künftig bis in die Gesetze der Chemie wird aufzeigen können (Steiner, GA 15: 66). Spiritualismus und Materialismus werden sich dann nicht mehr unverträglich gegenüberstehen. Die Zukunft hat immer schon ihre Keime in der Gegenwart, so in diesem Ausspruch Rudolf Steiners. Gibt es dazu Inhaltliches auch schon in den anorganischen Wissenschaften? Wohl nur erste unbemerkte Annäherungen. Was beschreiben Physik und Chemie vom Feinstbau der Materie in der Kernphysik und Kernchemie? Die über hundert Elemente werden auf deutlich weniger Elementarteilchen zurückgeführt. Zwar ist auch ihre Anzahl inzwischen erheblich gewachsen. Aber immer sind es wenigstens drei Eigenschaften, die jedem Elementarteilchen, es charakterisierend, zukommen. Das ist zum einen seine Masse, zentrisch auf kleinstem Raum zusammengeballt und damit auch von einem minimalen Gravitationsfeld umgeben. Außerdem tragen die meisten Elementarteilchen bestimmte elektrische Ladungen und damit jeweils ein sehr viel stärkeres, nämlich elektrisches Feld um sich. Ladungsfelder erstrecken sich prinzipiell unbegrenzt in den Raum (wenn auch mit dem Quadrat der Entfernung rasch abnehmend). ~~Masse zentriert sich begrenzt im Kern.~~ Das sind prinzipielle Gegensatzgebärden im Bau der Materie.

Aber mit der Massenzahl und Ladungsgröße ist ein Elementarteilchen allein noch nicht charakterisiert, sondern vollständig erst durch einen dritten Wert, den

der anthroposophische Arzt 2 (B21-2003)

Spin. Er ist ein asymmetrisches Drehmoment, in das sowohl die Richtungen der Massen- wie Ladungsrotationen eingehen. Hierin liegt ein verbindendes, rhythmisch schwingendes Merkmal vor, das ebenso konstitutiv wie Masse und Ladung ist. Erst alle drei Werte kennzeichnen jedes einzelne Elementarteilchen.

Ähnliche Dynamismen liegen in der Konfiguration jedes Atoms vor. Im Kern konzentrieren sich die massestarken Nukleonen, wobei die Neutronen gerade die Kernmasse noch verstärken und eben nicht die Ladung. Sie sind vielfach nötig, damit sich die gleichgeladenen positiven Protonen nicht gegenseitig abstoßen, also um deren gegenseitige Ladungswirkungen geradezu auszuschalten. Die Atomhülle hingegen besteht aus massearmen, ladungsstarken negativen Elektronen, die Feldstärke im Umkreis bestimmend. In dem, was sich zwischen Kern- und Außenhülle, mit einem schlechten, da zu mechanischen Wort, als Schalen eingliedert, ist ein nur noch wellentheoretisch deutbares rhythmisches Geschehen voller „Quantensprünge“. Der erste Entdecker der mathematischen Ordnung dieser rhythmischen Sequenz in Form der Balmer-Serie des Wasserstoffatoms, der Basler Pädagoge Johann Jakob Balmer (1825-1898), sah in der 1885 von ihm gefundenen Beziehung einen ausgesprochenen Pythagoräismus (s. auch *Hagenbach* 1941, *Hartmann* 1949).

Die Beschreibung braucht hier wohl nicht näher interpretiert zu werden. Deutlich ist, dass alle Materiestrukturen letztlich dreigliedrig im Sinne von Polarität und Steigerung gestaltet sind. Dieses Trinitarische, wie es durch einen anthroposophisch beleuchteten Goetheanismus sichtbar wird, gibt erst den sonst allzu belanglos bleibenden, bisher nur technologisch interessierenden Daten einen solchen Wert, dass sie doch auch eine Orientierungshilfe des menschlichen Selbstverständnisses in der ihn umgebenden Naturordnung werden können. —

Herder hatte noch über Goethe gespottet: „Eine der lächerlichsten Genieperioden war die bergmännische in Weimar, als die Bergwerke in Ilmenau wieder gangbar gemacht werden sollten; da war der Mensch gar nichts, der Stein alles. Goethe fand in der Organisation des Granits die göttliche Dreieinigkeit, die nur durch ein Mysterium erläutert werden könne“ (Gespräch mit Falk). Herder bezieht sich hier auf Goethes Aufsatz „Über den Granit“, wie er aus dessen geologischen Harzwanderungen entstanden war. Rudolf Steiner aber sprach in großer Verehrung über diesen Aufsatz Goethes und empfahl ihn im „Ergänzungskurs“ (GA 302: 36) der Vorbereitung des Lehrers:

„Man muß mit wirklicher Empfindung vor allen Dingen die Geschichte, Geographie, Geologie und so weiter vortragen. Das Letztere ist insbesondere interessant, wenn man Geologie vorträgt und tiefstes Mitgefühl für das unter der Erde befindliche Gestein hat. In dieser Beziehung könnte man jedem Pädagogen raten, Goethes Abhandlung über den Granit je recht mitfühlend einmal durchzunehmen, um zu sehen, wie eine nicht bloß mit dem Vorstellungsleben, sondern mit dem ganzen Menschen in die Natur sich hineinversetzende Persönlichkeit mit dem Urvater, dem uralt-heiligen Granit, in ein menschliches Verhältnis kommt. Dann muß das natürlich auf anderes ausgedehnt werden.“ (13.6.1921)

Ja, bei Rudolf Steiner findet die Dreigliederung des Granites seine therapeutische Verwendung am dreigliedrigen menschlichen Organismus (Steiner, GA 349: 19,

↳ Diese ↳ noch ↳ jetzt schon

17.2.1923).

Goethe hatte damals die Kenntnisse der Geologie seiner Zeit zur Verfügung, in die ihn der Clausthal-Zellerfelder Vizeberghauptmann Heinrich von Trebra eingeführt hatte, einer der wenigen, denen er das vertraute Du angeboten hat. Quarz, Glimmer und Feldspat zeigen schon in ihrem Verhalten zum Licht die Polarität von Durchsichtigkeit, Spiegelung und bei Letzterem die farbige Steigerung. Seine ganze Farbenlehre ist ebenso auch ein Versuch, einen Bereich der Physik in trinitarischen Qualitäten zu erfassen.

Heute haben wir ein ungleich immensereres, genaueres, vielfältigeres, differenzierteres Wissen über fast alle Naturerscheinungen. Aber ihr Bildungswert für den Menschen und noch mehr, umgekehrt, unsere verstehende Zuneigung für die Natur, beide bleiben aus, weil die geistig interessierte Bildungsschicht dieses Naturwissen sich allein überlässt, es nicht kulturell integriert, nur darüber als einen bloßen Reduktionismus und Materialismus die Lippen schürzt und die Nasen rümpft. Und doch ist das alles wahrlich nicht des Teufels, sondern die Naturwissenschaften sind voll des guten Geistes. Wir sollten ihn weiter entdecken. Die Methodik liegt längst vor, nur seine Entdeckung muss auch gewollt sein und gesucht werden. Sonst erzeugt jede abgehobene Form von weltfremdem Spiritualismus, weil er seine Aufgabe verpasst, selbst erst recht die abgesunkene, negativ werdende Form des Materialismus (Steiner, GA 295: 167). Das hat nun schon jene jahrhundertlange tragische Tradition, von der eingangs gesprochen wurde, und von der wir uns lösen können.

✓ erwünscht ✓ endlich

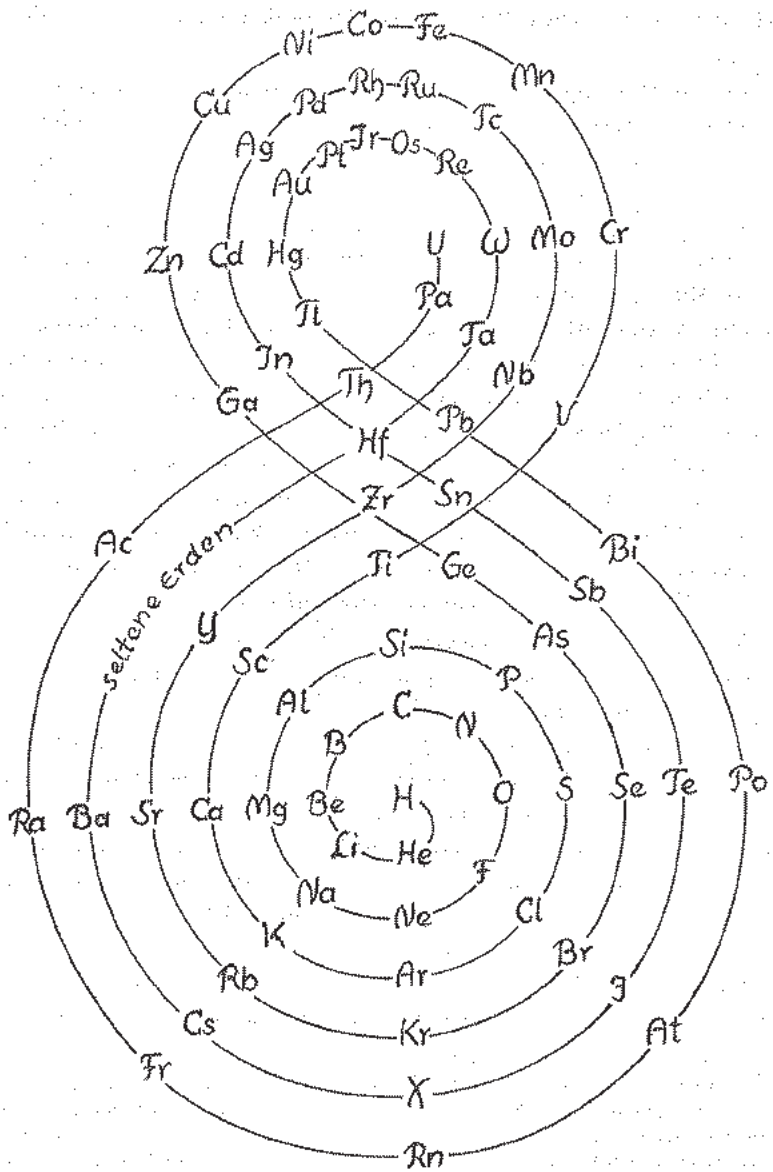
Literatur

- Aristoteles*: Metaphysik I, 2, 982b.
- Astromedia-Versand*, Katernberger Straße 107, 45327 Essen. Katalog Nr. 22 (2004)
- Balmer, J. J.* (1885): Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel 7: 548ff.
- (1885): *Annalen der Physik* 25: 20ff.
- Bindel, E. & Blickle, A.* (1952): Zahlengesetze in der Stoffeswelt und in der Erdenentwicklung. In: Wachsmuth, G. (Hrsg.), *Beiträge zur Substanzforschung* Bd. 1 (Ilybernia). Dornach/Basel, Stuttgart
- (1967): Berührungsstellen zwischen Naturwissenschaft und Anthroposophie. *Beiträge zu einer Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen* 20(4): 101-114, Stuttgart
- Blickle, A. & Bindel, E.* (1948): Das periodische System der Elemente als Schöpfungsurkunde. *Die Drei* 18(2/3): 90-107. Stuttgart
- Clark, R. W.* (1973): Albert Einstein. *Leben und Werk*, S. 250. (W. Heyne) München
- Cohen, E.* (1912): *Jacobus Henricus van't Hoff. Sein Leben und Wirken*. (Akadem. Verlagsgesellschaft) Leipzig
- Fortlage, C.* (1869): Acht psychologische Vorträge. 1. Kapitel: Über die Natur der Seele. Jena
- Galvani, A. L.* (1791): *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*
- Gehlig, R.* (1995): *Selbstleuchten und Atmung. Tycho de Brahe-Jahrbuch für Goetheanismus*. Niefern-Öschelbronn.
- Gleason, S.* (1960): *Ultraviolet Guide to Minerals*. (Ultra-Violet Products, Inc.) San Gabriel, Californien.
- Goethe, J. W.* (1831): *Principes de Philosophie Zoologique*. WA II 7:188; HA 13: 233
- Hagenbach, A.* (1941): Johann Jakob Balmer. In: *Füeter, E.* (Hrsg.): *Große Schweizer Forscher*, S. 272-273. (Atlantis) Zürich
- Harsch, G. & Bussemas, H. H.* (1985): *Bilder, die sich selber malen. Der Chemiker Runge und seine „Musterbilder für Freunde des Schönen“*. (Du Mont) Köln
- Hartmann, L.* (1949): Johann Jakob Balmer. *Physikalische Blätter* 5: 11-14. Weinheim
- Holleman, A. F. & Wiberg, E.* (1955): *Lehrbuch der anorganischen Chemie*, S. 156/7. (de Gruyter) Berlin
- Hummel, R. E.* (1992): Liefert die Kupferchlorid-Kristallisations-Methode einen Nachweis für die Gestaltkräfte des Lebendigen? *Elemente der Naturwissenschaft* 57: 112-121. Dornach
- Krätz, O.* (1972): Zur Frühgeschichte des Periodensystems der Elemente. *Retz* 1: 145-166
- (1992): *Goethe und die Naturwissenschaften*. (Callwey) München
- Lee, T. D. u. Yang, C. N.* (1956) in *Phys. Rev.* 104: 254f. Siehe auch: *Wachtel, S. & Jendrusch, A.*, *Der Linksdraht in der Natur*, S. 158 ff. (dtv) München
- Lexikon der Chemie in drei Bänden* (1998): Bd. 1:465. (Spektrum) Heidelberg, Berlin.
- Lieber, W.* (1957): *Die Fluoreszenz von Mineralien*. *Der Aufschluß, Sonderheft 5*. Heidelberg.
- Mandera, R.* (1987): Gibt es einen Zugang zur Formensprache des Steigbildes? *Elemente der Naturwissenschaft* 46(1): 48-68. Dornach
- Mohr, C.*: *Anorganisches Grundpraktikum*. (Verlag Chemie) Weinheim 1954
- Nodland, B. & Ralston, J.* (1997): siehe *Bild der Wissenschaft* 7: 10
- Okamoto, Y.*: siehe *Literaturverzeichnis bei Senger* (1987)
- Pflug, H.* (1984): *Die Spur des Lebens*. (Springer) Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo
- Robbins, M.* (1983): *The collector's book of fluorescent minerals*. (van Nostrand Reinhold C.) New York etc.
- Roßlenbroich, B.* (1994): *Die rhythmische Organisation des Menschen*. *Aus der chronobiologischen Forschung*. (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart
- Schad, W.* (1973) *Vom Kristallezüchten*. (Mit Angelika von Kügelgen) In: *Erziehungskunst* Jg. 37(5): 212-222. Stuttgart
- (1981a): *Bergkristalle – Thema mit Variationen*. In: *Erziehungskunst* Jg. 45(1): 5-17. Stuttgart
- (1981b): *Vom Wesen der Substanzen in den Naturreichen*. In: *Weleda-Korrespondenzblätter für Ärzte* Nr. 103, S. 6-23. Arlesheim/Schwäbisch Gmünd Dezember 1981.
- (1982): *Biologisches Denken*. In *Schad, W.* (Hrsg.): *Goetheanistische Naturwissenschaft* Bd. 1: 9-25. (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart

- (1998): Zum Chemie-Unterricht in der Waldorfschule. *Erziehungskunst* 62(3): 264-277. Stuttgart 1998
- (2000): Spiral-Asymmetrien bei Tier und Mensch. Tycho de Brahe – Jahrbuch für Goetheanismus 2000: 93-110. Niefern-Öschelbrom
- (2004): Materialismus und Postmaterialismus vom 19. bis 21. Jahrhundert. Merkurstab. (Im Druck)
- Schad, W. & Dietrich, R.* (1982): Versuche an Stangenbohnen mit Rechts- und Linkskieselspritzungen am Institut für Waldorfpädagogik Witten-Annen. Unveröffentlicht
- Schmutz, H.-U.* (1986): Die Tetraederstruktur der Erde. (Verlag Freies Geistesleben) Stuttgart
- Schulz, M.E.* (1975): Lumineszenz von Mineralien und Gesteinen. Der Aufschluß 26:49ff. Heidelberg.
- Senger, C.* (1987): Auswirkungen biologisch-dynamischer Quarze auf Wachstum und Qualität verschiedener Kulturpflanzen. Dissertation Göttingen
- Spronsen, J. W. van* (1969): The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years. (Elsevier) Amsterdam, London, New York
- Steiner, R.* (1886): Grundlinien der Goetheschen Weltanschauung, mit besonderer Rücksicht auf Schiller. Kapitel: Die unorganische Natur. (GA 2). (Rudolf Steiner-Verlag) Dornach 2002
- (1905): Grundelemente der Esoterik (GA 93a). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1987
- (1911): Die geistige Führung des Menschen und der Menschheit. Geisteswissenschaftliche Ergebnisse über die Menschheits-Entwicklung (GA 15). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1987
- (1912): Die geistigen Wesenheiten in den Himmelskörpern und Naturreichen (GA 136). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1996
- (1913): Die Geheimwissenschaft im Umriss. Kapitel: Die Weltentwicklung und der Mensch (GA13). Dornach 1989
- (1914): Der menschliche und der kosmische Gedanke (GA 151). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1990
- (1917): Zeitgeschichtliche Betrachtungen. Das Karma der Unwahrhaftigkeit – Zweiter Teil (GA 174). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 2003
- (1919a): Allgemeine Menschenkunde als Grundlage der Pädagogik (I) (GA 293). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1992
- (1919b): Erziehungskunst. Seminarbesprechungen und Lehrplanvorträge (III) (GA 295). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1984
- (1919-1924): Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule 1919 bis 1924. Band III (GA 300/1-3). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1995
- (1921a): Menschenwerden, Weltenseele und Weltengeist – Zweiter Teil: Der Mensch als geistiges Wesen im historischen Werdegang (GA 205). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1987
- (1921b): Menschenerkenntnis und Unterrichtsgestaltung (GA 302). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 1986
- (1923): Vom Leben des Menschen und der Erde. Über das Wesen des Christentums (GA 349). (Rudolf Steiner Verlag) Dornach 2002
- Strüh, H.-J.* (1987): Grundlegende Phänomene bei der Ausbildung der Steigbildformen, Bildtypen und pharmazeutische Prozesse. *Elemente der Naturwissenschaft* 46(1): 22-47. Dornach
- Trueb, L. F.* (1996): Die chemischen Elemente. Ein Streifzug durch das Periodensystem. (Hirzel) Stuttgart, Leipzig
- Walden, P.* (1943): Goethe als Chemiker und Techniker. (Verlag Chemie) Berlin
- Wegener, A.* (1912): Die Entstehung der Kontinente. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, Aprilheft: 185-195, Maiheft: 253-256, Juniheft: 305-309. Siehe auch Rohrbach, K. (1993): Alfred Wegener. (V. Freies Geistesleben) Stuttgart
- Wenger-Lehrmittel*, Blütenhang 10, 78333 Stockach-Wahlwies, Fax 07771/3918: Geräte und Gebrauchsanweisungen zur makroskopischen Demonstration der optischen Aktivität von Zuckern. Prospekt anfordern.
- Winkler, H.G.F.* (1955): Struktur und Eigenschaften der Kristalle. S. 222. (Springer) Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Zeeck, A., Eick, S., Krone, B. & Schröder, K.* (1997): Chemie für Mediziner. (Urban & Schwarzenberg) München, Wien, Baltimore

Periodensystem in Lemniskatenform

nach Kipp



Manfred von Mackensen, „Prozesschemie“ 2001

Eine modellfreie Einführung der Formelschrift

1. Der Übergang 10. – 11. Klasse

Rückblick 10. Klasse. In der 10. Klasse durchstreifen wir die vielfältigen und doch geordneten Gestalten der Salze und ihrer Symmetrien. Wir erkunden die bewegenden Kräfte der Säuren, die saugenden Wirkungen der Laugen, die „Versteinerung“ der Basen. Innerhalb des Pflanzenreiches liegt in dem alkalischen Reagieren Schwere und Überreife, im Säuren Frische und Wachstum. Beim Tier lebt im Basischen die Innenwelt des Leibes; nach außen arbeitet das Saure z.B. als Magensaft oder als Futtersaft der Bienen. Im Unterricht wird Salziges, Alkalisches und Saures über Mineralien, Gewässer der Erdoberfläche und Säfte der Lebewesen hin verfolgt. Wirkungsrichtungen werden fühlbar, die in verschiedensten Varianten, durch ponderable Stoffe repräsentiert, anschaulich erlebbar auftreten – bis in die Kristallform.

Vorblick 11. Klasse. Gelegentlich mag man die eine oder andere Stoffformel der Salze, Säuren oder Basen, als Vorwegnahme deklariert, schon in der 10. Klasse angeben; vielleicht auch auffordern, sie sich schon für das nächste Jahr zu merken. Wie aber die unzähligen Stoffe der Welt heruntergearbeitet werden können auf eine kleine Schar chemischer Elemente, in welchen Verdichtungen, Konzentrationen und letztlich Abtötungen der Wandlungs- und Werdeimpulse der Stoffesfülle in den Naturerscheinungen vorliegen, dieses Herunterarbeiten, Vereinseitigen und bis zum äußersten Individualisieren zum Element, das ist erst in der 11. Klasse altersgemäß; und auch erst dann didaktisch angebracht, da eine gewisse, erst durch die 10. Klasse erzielte Überschau chemischer Möglichkeiten erfordert wird, um das Konzentrieren und Vereinseitigen zu bemerken.

2. Gesetze und Atome

Elementtätigkeiten? Immer in Verbindungen. Zunächst mag man, egal ob die Epoche mit Calcium, Stickstoff, Natrium oder Schwefel beginnt, herausstellen, dass ein solches Element als eine *Konzentration des Stoffimpulses* das kleinste Gewicht aller seiner Derivate hat. Alle Verbindungen des Elements wiegen mehr als diejenige Portion des Elementes, aus der man sie erzeugt hat. Denn es kam ja etwas hinzu. Das Element steht als Konzentrat im Hof seiner Derivate (Verbindungen). Aber erst durch die Verbindung agiert das Element in einem Naturprozess und zieht seinen Faden hindurch, indem es an anderes gebunden wird oder gebunden ist. Von isolierten, eben meist künstlich rein hergestellten Elementen geht wenig aus im Haushalt der Natur. Seinen Impuls, seine treibende Richtung verwirklicht ein Element also nicht selbst, sondern mit anderen, durch andere Elemente. Nur so kann unsere Welt bestehen: auf unermesslich neue Qualitäten zugehend, mit unbegrenzt fließenden Kräften. Diese entquellen gerade nicht monoton den Elementen als Baustein der Stoffe. Jede Verbindung zeigt neue, *eigene* Qualitä-

ten. Die Elemente weisen nur auf sie hin. Sie selbst sind ärmer.

Keine materiellen Weltbausteine! Ehe man die Verarmung nicht zeigen kann, sollte man von Elementen, als gleichsam mystischen Untergrundwesen, in materiell-bestandteilsartig gedachter Platitude nicht reden; mag die konventionelle Schulchemie sie auch noch so sehr verehren, etwa als Weltbausteine, Grundursachen oder schlicht als einzige Wirklichkeit: Wir haben keinen Grund, die Elemente vor der 11. Klasse herauszuarbeiten!

Proportionen. Das so genannte Gesetz der konstanten Proportionen ist Kindern vom Schmelzwasser des ersten Eiszapfens an eine unausgesprochene Erfahrung. Von nichts kommt nichts, von wenig ^{Wenig} Meistens ist irgendetwas im Überschuss. Aber viel Säure zur Lauge gegeben bildet das gleiche Salz wie wenig Säure, nur bleibt mal das oder das übrig. Stoffe haben genauso ihre Eigenschaftsidentität wie ihre Proportion der Ausgangsstoffe; daran lässt sich nicht rütteln. – Im Unterricht muss man auf dem Gesetz der konstanten Proportionen wie auch auf dem Gesetz von der Erhaltung der Masse nicht herumreiten.

Erhalt der Elementmasse. Ebenso naheliegend ist es, dass dieselben Stoffe oder Elemente beim Zerstören des Produkts in der alten Menge, soweit nichts verloren geht, wieder erscheinen. Sonst würde ja bei fortwährendem Erzeugen und wieder Zerstören einer Verbindung der eine Ausgangsstoff allmählich in den anderen umgewandelt. Aber sie sind ja gerade etwas Verschiedenes! Das sogenannte Gesetz von der Erhaltung der Elementmasse lässt sich also ebenso ohne große Bröföffnung oder Beweisführungen mit den Schülern zusammen feststellen.

Auswirkungen, nicht Definitionen charakterisieren Gesetze. Was wir im Unterricht brauchen, ist also nicht ein ausgedehntes *Messen*, sondern eine Erfahrung und ein Urteil, wie Gesetze sich anschaulich *zeigen*, was an der Erfahrung auf sie *deutet*. So ist ~~z.B.~~ der Versuch ~~§ 1~~ zur Schwefeleisentstehung gemeint; ~~man lese dort nach (S. 39).~~ Direkt auf ihn oder ähnliche anschauliche Umsätze gründen wir die Formelschrift – nicht auf Gesetze oder gar Atome. Gerade die Erklärungsfrende durch „Atome“ entspringt einer noch tieferen Schicht halb-bewusster Vormeinungen als die Zufriedenheit mit „Elementen als allgemeine Bausteine“; sie führt noch stärker von der selbsterkrafteten Weltbegegnung und dem eigenen Urteil weg. Vor beiden muss man sich hüten. Denn den gefühlsmäßigen Zug, alles auf der Welt materiell bewirkt, ja bestimmt vorzustellen, hat jeder.

Das Erleben der Teilchengrenzen. Die vorherrschende Labor- und Industriechemie begründet sich auf Erhaltung der Masse, auf Zahlenverhältnisse, konstante und gestufte (multiple) Pro-

portionen, Erhaltung der Elementmasse, und schließlich: Erhaltung der Teilchen; jener Teilchen, die ewig seien und alles machten! Man fühlt das Erdensein wie einen Käfig, in dem die Teilchen herumtoben und die Welt hervorbringen – und zugleich begrenzen. Der Griff nach den Teilchen wird dann als die große Ermächtigung im Käfig erlebt, die Formel wird ihr Bild, und all die Qualitäten der Weiterscheinungen werden egal: Es ist dann, als ginge man mit der zugrundeliegenden, ewigen Wirklichkeit selbst um. Hier braucht man keine qualitative Wahrnehmung, keine Einfühlung in die lebende Natur und die aus ihr sich herausverwandelnden Stoffe; vor allem: Man muss keine selbstbewegten, selbstbewerteten Gedanken an jener Einfühlung und Wahrnehmung bilden. Man hat seine vorbereiteten Vorstellungen (die Moleküle, Elektronen und Ionen), die fest auf der Physik stehen: auf deren ewiger, statischer Welt, auf die im Grunde alles schon mit den Ausgangsfragen reduziert wurde.

Populäre Grundempfindungen. Die vorstehende Betrachtungsweise ist nicht als philosophisches Programm, sondern mehr als populäre Einstellung präsent; auch auf dem Grund der Schülerseelen. Man könnte sie so zusammenfassen: Chemikerkenntnis aus atomaren Vorstellungen und dünnen experimentellen Signalen, verbunden mit Machbarkeit und Machtinstinkt gipfelt in einem unausgesprochenen Credo: „Seid begrüßt, Atome! Alles verdanken wir euch, den Aufbau der Natur, unseren Körper, unsere Gehirnprozesse: wir in euch und ihr in uns!“

Didaktische Weichen. Die Atome lassen wir also zunächst ruhen. So unwandelbar wie sie selbst sind, so unwandelbar sind die Grundeinstellungen und Vormeinungen, mit denen sie erlebt werden; wir können für den Schüler dort nichts Geistiges entwickeln. Man kann die Atome erwähnen, streifen, „loben“; kann zeigen, dass man selber das System kennt, dass man seine überwältigende Intelligenz und seine Machtmöglichkeiten bewundert und es durchaus für wissenswert hält, aber dass man weder Weisheit noch Heil darin sucht. Denn letztere erringen wir nur aus dem Wahrnehmen, nicht aus dem Vorstellen. –

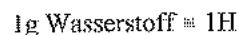
Kein abschließendes Urteil. Die vorangehenden Zurufe zum Atomismusproblem sollen nur dem *Alltagsbewusstsein* zwecks Offenheit für Naheliegendes, Lebensgemäßes vorleuchten, damit es seinen Weg finde. Eine historische, philosophische, wissenschaftstheoretische oder gar fachwissenschaftliche Würdigung ist damit nicht erarbeitet. Allein für das ursprüngliche Grundproblem materialistisch-kausalanalytischen Naturwissens sei hingewiesen auf einige kurze Aufsätze R. Steiners von 1882 und 1890 („Einzig mögliche Kritik der atomistischen Begriffe“ und „Die Atomistik und ihre Widerlegung“)³.

3. Wahrnehmungswege

Schritte zur Formel. Die Formelschrift muss nebenbei abfallen; zwar entwickelt aus Wahrnehmungen, aber nicht aus zeitraubenden Extraveranstaltungen. Der Hofmann'sche Wasserzersetzer mag gegen Ende das einzige „Formelexperiment“ sein. Die Schwefeleisen-Entstehung wäre ein Schlüsselexperiment. Sie kann wundervoll abbilden, was Überschuss an Schwefel oder

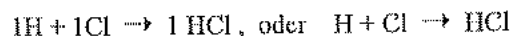
Eisen heißt. Auch das Verglühen von Stahlwolle an der Luft oder die Reduktion von Kupferoxyd mit Ammoniak – alles Versuche, die sowieso vorkommen können – wären u.U. geeignet, die Proportionen, die Umwandlungen und das Übrigbleiben von Ausgangsstoffen erarbeiten zu lassen.

Die Molmassenwahl. Nach den Proportionen kommt das Abkürzungsproblem. Man definiert sich eine elementeigene Masseneinheit, bei Wasserstoff ein Gramm. Grunddefinition des gesamten Systems ist also

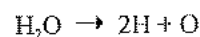


Die elementspezifische Massengröße, im Beispiel hier 1g, nennt man nun auch Molmasse. Unter Normalbedingungen wiegt ein Mol Wasserstoff 2g, und zwar wegen seiner bimolekularen Natur, weshalb er als H_2 geschrieben wird und dann die Molmasse 2 hat. Hier ist demgegenüber ein Mol von atomarem Wasserstoff gemeint. Näheres siehe S. 99. Ein Mol Wasserstoff ist also eine Stoffportion dieser Art von der Masse 1g (das widerspricht nicht der atomistischen Definition des Mols; entfernte Dezimalstellen sind für die Einführung uninteressant). Man kam auf 1g, weil Wasserstoff der „leichteste Stoff“ ist, d. h. unter normalen Bedingungen die geringste Dichte hat; und weil alle Verbindungen, die sich aus ihm bilden, weniger Masse vom Wasserstoff als vom Reaktionspartner aufnehmen – Wasserstoff als das physikalisch und chemisch leichteste Element.

Die Molmasse der anderen Elemente, die auch von einem Buchstaben repräsentiert werden soll, könnte man prinzipiell, jedenfalls für einfachste Verwendungen, beliebig, also wesenlos wählen. Aber die Formelschrift hat nur dann einen Vorteil, wenn man sich an die Proportionen der Verbindungsbildung anlehnt, so dass keine komplizierten Bruchteile von Molmassen und von den sie abkürzenden Buchstaben notiert werden müssen. Man setzt also für Chlor die Masse an, die sich in der Salzsäure mit einem Gramm Wasserstoff verbindet, gerundet 35g. Dann kann man schreiben:



Die Wasserformel aus den Molvolumina. Interessanterweise fand Gay-Lussac 1808, dass gleiche Volumina Chlor und Wasserstoff zur Salzsäure zusammentreten, so dass die Molmassen auf ein Einheitsvolumen deuten. Man setzt es auf ca. 24 l bei Zimmertemperatur. Es ist für alle Elemente gleich. Man kann also bei jedem Element dem universellen Molvolumen einen Elementbuchstaben zuordnen. Die Anzahlen der Elementbuchstaben verhalten sich wie Anzahlen der in die betreffende Verbindung eingehenden Molvolumina; jedenfalls in einfachen Fällen. Zum Beispiel bei der Wasserzersetzung entstehen auf ein Molvolumen (ca. 24 l) Sauerstoff genau zwei Molvolumen Wasserstoff (ca. 48 l). Also lautet die Formel H_2O , und es stellt sich – beim Gewichtsverhältnis 1 zu 8 – die Molmasse für Sauerstoff auf 16g.



Erster Gewinn. Was hat man nun durch derartige Formeln zunächst gewonnen?

– Sie drücken abgekürzt Mengen verbrauchter oder entstehender Stoffe bei Reaktionen aus, so dass man keine Wäageergebnisse, sondern nur Buchstaben schreiben muss, denen man höchstens noch kleine ganze Zahlen zusetzt. Die Formel-

³ in: Beiträge zur R. Steiner Gesamtausgabe Nr. 63, Michaeli 1978, R-Steiner-Nachlassverwaltung, CH 4143 Dornach.

schrift ist also zunächst ein geschickt abgekürztes Mengenprotokoll, z.B. für Fabrikanten.

- Indem man keck behauptet, bei jedem Stoff wären die in ihn hineinverschundenen Elemente später auf Umwegen wieder herausholbar, kann man Reaktionsmöglichkeiten voraus-sagen, andere ausschließen. Man bekommt Übersicht.

4. Die große Entdeckung

Ein universelles System „fällt vom Himmel“. Der zuletzt genannte Vorteil tritt aufgrund eines Sachverhaltes ein, der schwer in den Blick zu bekommen ist. Bei allen Verbindungen eines Elementes mit *verschiedensten* anderen Elementen „betätigt“ es nämlich immer die gleiche Molmasse, und alle anderen Elemente untereinander betätigen die gleichen Molmassen wie gegenüber dem ersten! Das geht über konstante und gestufte Proportionen bei einer einzelnen Elementkombination hinaus. Die aus einer Zweierkombination abgeleitete Molmasse, soweit nötig mit kleinen ganzzahligen Faktoren erweitert, erweist sich plötzlich als zutreffend im weiten Kreis der Chemie für alle anderen ebenso mit ihren Molmassen angesetzten Elementkombinationen. Wir könnten von einem Gesetz der *universellen Proportionen* sprechen. Ein Beispiel:

- Schwefeldioxyd verbraucht einmal 32 und zweimal 16 Gramm (Schwefel bzw. Sauerstoff);
- Wasser verbraucht einmal 16 und zweimal 1 Gramm (Sauerstoff bzw. Wasserstoff);
- Schwefelwasserstoff verbraucht einmal 32 und zweimal 1 Gramm (Schwefel bzw. Wasserstoff).

Die gleichen Molmassen gelten also ringsherum. Keine Proportion im Netz der unzähligen Kombinationen fällt herans. Das ist der Inhalt des Richterschen Gesetzes (Jeremias Benjamin RICHTER, 1791). Stellt man also eine einzelne Verbindung vor sich hin, so richtet sich ihre Zusammensetzung nach einer *universellen* Ratio der Massenverhältnisse unzähliger anderer Elementkombinationen; so als wenn nur bestimmte Massenintervalle – eben die nach den Molmassen – im Weltall möglich wären. Man wollte sich nur eine Abkürzung für die gewichtsmäßigen Proportionen schaffen, aber auf zauberhafte Weise sind die zunächst nur einfach und praktisch gewählten elementeigenen Massenpakete im ganzen Universum wechselseitig gültig, für alle nur denkbaren reinen Verbindungen! – Man nennt das konventionell das Gesetz der äquivalenten Proportionen.⁴ Richtiger wäre „Universalität der Proportionen“, also ein Gedanke an einem Gedanken; keine Sache.

Geheimnisvolle Eigenschaften des Molvolumens. Wodurch ist die Universalweisheit in unser zunächst willkürlich angefangenes System hereingekommen? Indem wir die Molmassen theoretisch einem für alle Elemente gleichen *Volumen* entnehmen. Da nur einige der Elemente gasförmig sind, müssten die meisten zur Wägung erst in Gasform gebracht und dann nach den Gasgesetzen auf Normalbedingungen zurückgerechnet wer-

den.⁵ Man müsste also dabei praktisch alle Elemente erhitzen und in einen Zustand niedrigen Drucks bringen. Das heißt doch, sie aus dem heutigen verfestigten Erdenzustand herausheben. Sie müssen so gedacht werden, als seien sie in maximaler Verdünnung und bei höchster Temperatur, d.h. in einem mehr kosmischen, vielleicht auch urvergangenen Zustand.⁶ Indem wir also ein einheitliches Molvolumen zugrundelegen, knüpfen wir gleichsam an einen kosmischen Ursprung der Stoffe an. Von daher strömt die weisheitsvolle, universelle Ratio unserem dünnlich begonnenen System zu und macht es erfolgreich, weil universal. Die Formelschrift bekommt ihren naturgesetzlichen Inhalt aus einem Reich der Wärme und Leichte, wie aus einer anderen Welt, aus dem Kosmos.⁷

Atome als Denkersatz. Wenn man den Ursprung von Wärme und Verdünnung ablehnt, also etwas haben will, was nicht auf einem Umkreis, sondern zentral auf sich beruht (auf schlichter Materie), dann stellt man Atome vor (DALTON). Man geht dann zur gegenüberliegenden Seite aus der Gegenstandswelt (etwa der klassischen Physik) heraus. Man bohrt sich mit den Gedanken in „verursachende“ Materiestrukturen. Die von Daniel BERNOULLI 1738 geschaffene kinetische Gastheorie beginnt solches, dem neuzeitlichen Bewusstsein gemäß, auf so geistreiche Weise – etwa das empirisch gewonnene Mariottesche Gasgesetz herleitend –, dass man den zugrundeliegenden Entschluss vergisst.

⁵ Die sogenannten zweiatomigen Gase, wie H_2 , O_2 , N_2 usw. müssten außerdem durch Temperatursteigerung zum Aufgeben dieser die irdische Beschwerung und Verfestigung zur einleitenden Verdichtung, die z.B. im $2H \rightarrow H_2$ liegt, veranlasst werden. Sie müssten „1-atomig“ gemacht werden, um im Molvolumen die der Formel zugrundeliegende Molmasse zu zeigen.

⁶ In der Praxis konnte man schwer herstellbare Gaszustände gerade durch das Richtersche Gesetz und durch andere, an den kolligativen Eigenschaften mögliche Messungen umgehen; man hangelte sich im schon erkundeten System weiter und kreiste das nicht gut Messbare ein. (Kolligative Eigenschaften = Siedepunkterhöhung, Gefrierpunktniedrigung, osmotischer Druck, Dampfdruck und dergl.)

⁷ Indem die Betrachtung in dem zunächst neblösen Begriff Kosmos ausläuft, der weder auf einen Stoff noch auf einer Messvorschrift beruht, ja nicht einmal beruhen darf, ist dem geneigten Leser Gelegenheit gegeben, etwas, das er zunächst als Makel registrieren mag, zum Ansatz weiteren Forschens zu nehmen. Denn gerade der offene Begriff „Kosmos“ und „kosmische Vergangenheit“, der wegführt vom bloßen Anordnen des Handgreiflichen, kann dieser Anordnung erst Interesse- und Verehrungskräfte zuführen, welche vordringen lassen zum Anrühren eines Größeren, Ganzen, das mit dem Ursprung von Mensch und Erde verbindet – der einzigen Quelle von wirksamen Verstehen. Demgegenüber führt die kühle Sachanordnung der Welt bekanntlich nur zur Ausbeutung des zweckrational verfügbar Gemachten. Der Begriff „Kosmos“, der hier nicht gehörig diskutiert werden kann, ist demnach kein Makel, sondern eine Kostbarkeit, wegen der er es sich lohnte, diese ganze Abhandlung zu schreiben. Der Ursprung des oben beschriebenen Sachzusammenhangs wird von R. Steiner auch als „chemischer Äther“ (Äther im Sinne von Bildekräfte) bezeichnet, als eine Art Grenzsetzung für das physische Auftreten unbegrenzter Verwandlungen der Stoffe. Dabei scheint Steiner das Gesetz der Erhaltung der Elementmasse als einen Untergrund der universellen Proportionen anzusehen.

Die Entstehung des chemischen Äthers aus dem Lebensäther, der sich in bleibende Elementwirkungen differenziert, beschreibt Steiner andeutend in der Akasha-Chronik (GA 11 113f., 1904 – 8/1973); im Landwirtschaftlichen Kurs mehr das Hereinkommen des Lebensätherischen und Chemisch-Ätherischen aus dem fernen, obersonnigen Kosmos, über das Zurückwerfen am Kiesel (GA 327 II 46, 1924/1984); im zweiten Medizinerkurs die Erhaltung der Elementmasse durch die Weiterexistenz ätherischer Stoffe im chemischen Äther, entgegengesetzt zum wechselnden chemischen Umsatz (GA 313 II 29, 1921/1963).

⁴ HOLLEMANN, WIBERG: Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 1985, S.22

Erhalten des Schülerinteresses. Für den Unterricht empfiehlt es sich, den Bernoullischen Schritt nicht mitzumachen, d.h. die Formelschrift zunächst modellfrei einzuführen. Denn alles, was auf Unsichtbarem, aber wie genaueste Gegenstände Vorgestelltem reduktionistisch gegründet sein will, stößt die ursprünglich denkenden Schüler ab. Das zeigt auch der seit Jahrzehnten ohnmächtig beklagte Interesseverlust (ohnmächtig, weil noch in der Klage reduktionismusverhaftet) am gymnasialen Chemieunterricht, neuerdings beschrieben von HÖRNER und GREIWE: Chemie – nein danke?⁸

Kult der Phänomene. Es kann eben Schüler nur ein Denken anziehen, das auf Wahrnehmungen gründet: und zwar so, dass die Schüler selber mitschaffend urteilen können. Schwimmt man aber, wie viele hervorragende phänomenologisch suchende Autoren, auch mit seinem Denken nicht außerhalb des reduktionistischen Kielwassers, so ist das Schülerinteresse auf Dauer nicht erreichbar; es bleibt die Erkenntnis beim Phänomen stehen, so z.B. bei den folgenden Autoren. Mins MINNSEN beschreibt den „entscheidenden Unterschied zwischen den möglichen Zielen einer Phänomenologie der Natur und der Naturwissenschaften: Naturwissenschaften versuchen, *Geheimnisse aus der Welt nach und nach auszutreiben*, durch Rückführung auf Zahlenbeziehungen, Struktureinheiten und deren Entwicklungsketten... Eine Phänomenologie der Natur versucht, ohne etwas hineinzugeheimnissen, eine Naturerscheinung in dem Bewusstsein zu beschreiben, dass die Erscheinung prinzipiell umfanglicher und tiefer als die Beschreibung bleibt, der Beschreibung prinzipiell immer ein Stück vorauseilt und auf den Beschreibenden wirkt, an aller Beschreibung vorbei“. Zur direkten Stoffwahrnehmung schreibt WENDER: „Ich lasse die Schülerinnen und Schüler dann auch hören, wie es rauschen und knallen kann, lasse sie sehen, wie die wunderbaren Formen und Farben entstehen, lasse sie riechen, wie dreckig oder himmlisch sich die Stoffe präsentieren können, lasse sie fühlen, wie warm und glatt etwas ist, lasse sie kosten, wie sauer und bitter sie schmecken. Ich verwende meine ganze Aufmerksamkeit darauf, dass sie das alles wirklich gut wahrnehmen können und dass es ein wirkliches Erlebnis wird. Ich merke dabei (und weiß es auch), dass ihr Gefühlsleben über die Sinnesorgane angesprochen wird und sie auf diese Weise teilhaben können an der Schönheit des Lebens, dass sich dabei auch ihre Moralität entwickelt“.⁹

Grenzen des bloßen Wahrnehmens. Es müsste in der Natur des Jugendlichen liegen, dass auch nach dem reichsten Wahrnehmen *irgendein Denken* komme. Wir stoßen auf das Defizit der phänomenologisch strebenden modernen Chemiedidaktik. Man muss – im vollen Gegensatz zum Modelldenken – den geistigen Übergang suchen vom schönen Einzelerlebnis zum Ganzen der belebten Natur und des Menschen. Woher soll sonst die zitierte „Moral“ in freier Weise kommen? Nur eine Idee des Menschen kann dem Denken Kraft geben, weil man sich ihr im eigenen inneren Leben nähern, ja verschreiben kann. Dagegen werden Begriffe innerhalb eines Gedankenlebens, das sich in reduktionistischer Konsequenz letztlich zum Epiphänomen der Molekularevorgänge des Nervensystems erklärt hat und sich nur

als belanglose Registratur des ohne es fertigen Weltinventars ansehen muss – eine Registratur, in der sich jedes Erkenntnisstreben einebnet – auf Dauer keines Interesses der Jugendseele würdig sein. –

Frühere Goetheanisten. Anzufügen wäre noch, dass Frits JULIUS ebenfalls die phänomenale, d.h. in wirklichen Erscheinungen vorfindliche Grundlage der Molmassenfestsetzung im Gasvolumen erkennt und ausführlich diskutiert¹⁰. Julius beschreibt das Netz der universellen Proportionen oder, wie wir sagen, die Universalität der Proportionen so: „Wenn einige Stoffe sich miteinander verbinden, wird durch das auftretende Gewichtsverhältnis sozusagen ein Fragment des Netzes in unser Blickfeld gerückt.“

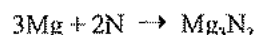
5. Unterrichtspraxis

Eine Tabelle der abgerundeten Molmassen der Elemente (früher sogenannte „Atomgewichte“, heute „relative Atommasse in Gramm“ genannt), setzt die Schüler instand, etwa die folgende Übungsaufgabe zu bearbeiten; wobei die (Summen-)Formeln der Verbindungen, wie sie jederzeit prinzipiell aus Gewichtsbestimmungen der beteiligten Elemente gefunden werden könnten, mitgeteilt werden.

- Wie groß ist die Molmasse von Kohlendioxyd der Formel CO₂? (44g)
- Wieviel Kohlenstoff wird gebraucht, um 88g Kohlendioxyd herzustellen? (24g)
- Wieviel Kohlenstoff wird gebraucht, um 88g Kohlenmonoxyd herzustellen? (37,7g)

Wird derartiges stöchiometrisches Rechnen zu kompliziert und zu lange betrieben, so erreicht man nur eine Spaltung in gemüthhaft interessierte Schüler (die jetzt „abhängen“) und intellektuell herrschfreudige, die lernen, einen Nebenerfolg für den Kern der Chemie zu nehmen.

Nach dem Aufstellen genauer Verbindungsformeln (CO, CO₂, H₂O) kann nun ein weiterer Ertrag der Formelchemie, die Möglichkeit einer scharfen Reaktionsformulierung, kurz geübt werden. Hat man Magnesiumnitrid (*Versuch T 4, S. 87*) hergestellt und Mg₃N₂ als Verbindungsformel angegeben, so kann formuliert werden



Die Sprechweise sei zunächst „drei Molmassen Magnesium“, und nicht „drei Magnesium“ oder „drei Mg“. Mg ist also keine Abkürzung allgemein für Magnesium. Denn Mg heißt nicht „Stoff der Art Magnesium“, sondern „24g Magnesium“. Das entsprechende gilt z.B. auch für Kohlendioxyd, das ich deshalb allgemein mit Kd und nicht CO₂ abkürze, und Kupfer mit Ku usw. Universalabkürzungen scheinen Erkenntnis zu automatisieren: sie verhindern sie aber durch Unterdrückung des Konkreten – daher die noch nicht mit Theorie befrachteten Extrazeichen wie Kd und Ku.

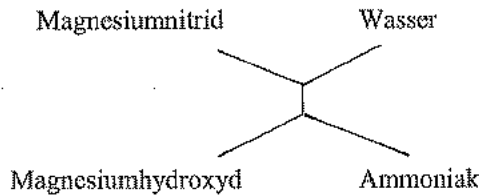
Was geschieht nun beim Ablöschen des Nitrids zum Hydroxyd? Wir stellen zunächst ein Reaktionsschema auf. Dazu haben wir aus der Natur der Stoffe überlegt, dass das gasförmige Produkt wahrscheinlich eine Stickstoffverbindung, das mineralisch Feste (der Schlamm) eine Metallverbindung sein wird. Es

⁸ in: *chimica didactica* 26 (1) 25 u. 26 (2000).

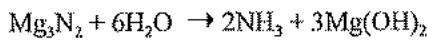
⁹ beide zitiert nach: *chimica didactica* 26 (2/3) 91 bzw. 92 (2000)

¹⁰ s. „Grundlagen einer phänomenologischen Chemie“, Fricies Geistesleben, Stuttgart 1965; S. 72f

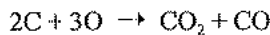
geht offenbar die Brennbarkeit des Magnesiums, die sich bei der Nitridbildung nur teilweise abregiert hat (mildes Weiterglühen statt hellem Aufblitzen wie mit Sauerstoff), in das gasförmige Produkt über, d.h. in eine Wasserstoffverbindung über, die sich bei weiteren Versuchen tatsächlich als verbrennbar zeigt. Stofflich grenzen wir also ab:



Nachdem die Formeln NH_3 und $\text{Mg}(\text{OH})_2$ mitgeteilt sind, können die Schüler aufstellen



Hier geht es nach dem Prinzip zu: „dass ihm auch nicht eines fehlt“; denn wegen der Konstanz der Elementmassen müssen alle Buchstaben, die links stehen, rechts wieder auftauchen. Das Prinzip erlaubt nun, unbekannte Reaktionen nur aus Formelwissen zu entwerfen; so z.B.: 24g Kohlenstoff sollen von 48g Sauerstoff verzehrt werden, was für ein Gas wird entstehen? Man kommt aus Gelerntem und der Kenntnis der Möglichkeiten von Kohlenmonoxyd darauf, zu formulieren:



Also wird tatsächlich (giftiges) Kohlenmonoxyd mit entstehen, welches wir hier durch die Reaktionsformulierung „entdeckt“ haben – ein Triumph der Formelschrift. Der Chemiker benutzt derartige Ratio auf Schritt und Tritt. Die Schüler lernen die Formelschrift schätzen.

Ehe wir die Reaktionsabläufe in Formelschreibweise (die sogenannten Reaktionsformulierungen) weiter daraufhin untersuchen, was man voraussagen bzw. nach dem Ablauf einsehen kann, sei noch einmal die einzelne Stoffformel auf Nutzen und Schaden für die Erkenntnis befragt (wie oben, S. 98 begonnen). Nehmen wir CO_2 . Man hat also ein schweres Gas, fängt 44g in einem Gefäß auf, und nennt diese Portion CO_2 . Was erkennt man dadurch?

1. Die Proportion ist mit der Formel CO_2 gegeben: auf 12g Kohlenstoff werden 32g Sauerstoff zur Herstellung verbraucht. Diese Mengen sind, wenn auch auf Umwegen, in jedem Fall bewegt worden; und zwar von diesen Stoffen und keinen anderen!
2. Wenn Kohlendioxyd Sauerstoff oder Kohlenstoff abgibt, das heißt, wenn es verschwindet, so entstehen nur Kohlenstoff und Sauerstoff (meist in neue Verbindungen eingegangen) und nichts anderes, wobei mit 100%iger Sicherheit prinzipiell die selben Mengen wiedererscheinen.

Die Stoffformel bezeichnet also eine eindeutige Vergangenheit und eine sichere Zukunft. Was sagt sie über die Gegenwart?

3. Man wird von der Stoffformel gedrängt, den Stoff als Addition aufzufassen; als wäre Kohlendioxyd rußig und anfachend, Wasser explosiv und Rost schweißbar. Die verzeichneten Elemente sind eben nur Vergangenheit oder Zukunft, nicht Gegenwart! Dass gegenwärtig etwas Neues da ist, macht gerade die Möglichkeit von Leben und Waadlung auf der

Erde aus. Die Formel negiert es! Das Wissen blockiert sich an der Stelle selbst, gelinde gesagt: ein Nachteil der Formelschrift.

4. Nun bleibt aber doch etwas an der Elementzusammensetzung auch in der Gegenwart real: Es ist die Masse. Ihre Erhaltung suggeriert ja gerade den Fortbestand der Komponenten; in puncto Verwandlung sagt die Masse aber prinzipiell nichts. Sie bleibt ja erhalten.
5. Ein Zweites ist von jenen Elementen der Stoffformel in der Gegenwart vorhanden: die *Eigenschaftsneigung*. Die Eigenschaften sind zwar weg, aber manches von ihnen taucht verwandelt wieder auf, mehr für das qualitative Denken, denn in Form gleichbleibender Messdaten. Es sind lediglich Tendenzen, Neigungen, nur der phänomenologischen Zusammenschau sichtbar. Aber diese Neigungen ordnen die Natur.

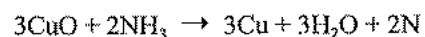
So hätten wir also vier Vorteile und nur einen, aber verführerischen Nachteil (oben die Nr. 3). Gibt man sich der Verführung dieses Nachteils, also der Annahme einer physischen Weiterexistenz der Elemente in den Verbindungen hin – und es ist heute schwer, das wegzuhalten –, dann muss man als nächstes fragen: Ja, wodurch halten denn die auseinanderstrebenden Elemente zusammen? Und wenn die Elemente weiter einfach da sind, warum sieht man sie nicht in der Verbindung? Die letzte Frage führt zur „Feinstverteilung“ in atomarer Körnung, die erste zur Bindungstheorie, zu den Elektronen. Die entscheidenden Modell-Suchantriebe der modernen Chemieerkenntnis entspringen also aus dem Formelproblem; das natürlich nur eine Variante des umfassenden Materialismusproblems ist.

Man könnte nun zwischenrufen: „Lasst uns doch den Materialismus behalten, wenn er uns so gut tut, auch weil er die ganze großartige moderne Chemie hervorgebracht hat!“ Aber wir erreichen die Schüler nicht! Und was ist mit der Erdenatur, der Umwelt; und der Gesundheit der Kinder, die immer schlechter wird? – Wieder sind die letzten Absätze nur eine populär ausgedrückte Bestandsaufnahme „von unten“, keine wissenschaftliche Diskussion.

Aber das anfängliche Verstehen und der Unterricht fangen von unten an. Sie suchen den großen Zusammenhang vom ursprünglichen Erkunden der Phänomene ausgehend, ohne einen im voraus vorgestellten Gesamtzusammenhang, der in Teilchenstrukturen läge, bloß noch aufweisen zu wollen. Und man kann, auf das Loben und die Menschen bezogen, derartige Zusammenhänge finden, wenn man die Beobachtung über die äußerliche Stoffhandhabung ausdehnen will, wie die Kapitel über Kiesel, Schwefel, Natrium usw. zeigen. Natürlich kann man sich die 200 Jahre seit Dalton nicht sofort vom Leibe schaffen. Aber es genügt, die Vorteile 1, 2 und 5 der Formelidee zunächst einmal aufzugreifen und den Rest (die ganze Modellgeschichte) zu lassen; jedenfalls für die 11. Klasse. – Werden wir uns nun noch einem alten Problem zu, dem der Wertigkeit. Wie löst man es ohne Elektronen?

6. Oxidative und reduktive Wertigkeit

Erste Ahnung von Wertigkeit. Beim Formulieren der Reaktion (Aufstellen von Reaktionsgleichungen) wird – wie oben schon angedeutet – die Buchstabenanzahl ausgeglichen, z.B. gilt:



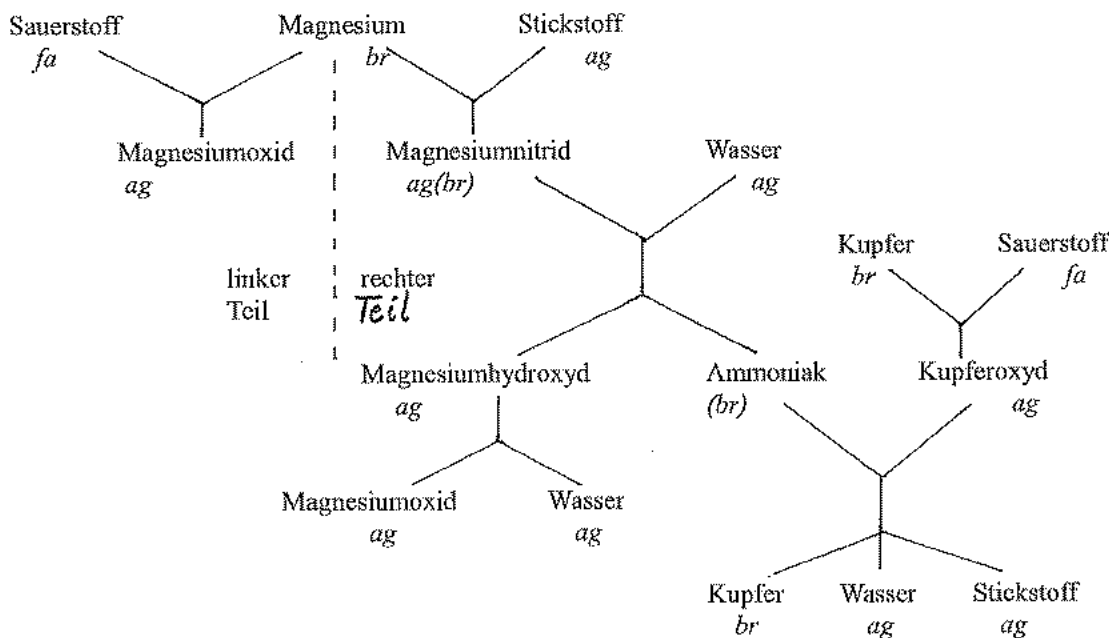
Für komplizierte Formulierungen bediene man sich im Unterricht anfangs zur Sicherheit einer Tabelle, etwa der folgenden Art

Buchstabe	Anzahl links	Anzahl rechts
Cu	3	3
O	3	3
H	6	6
N	2	2

Auch wenn die Schüler damit umgehen können, bleibt für sie unbefriedigend, dass sie sich die Stoffformel sagen lassen müssen. Man kann darauf hinweisen, das letztere immer aus genauen Wägungen erhältlich ist. Aber die Schüler merken, dass der Lehrer nicht nur die Ergebnisse früherer Wägungen kennt, sondern die kleinen ganzen Zahlen aus einem elementeigenen „Zahlenvorrat“ ableitet, welcher ihm als Fachmann zugänglich scheint. Der Vorrat birgt „Wertigkeiten“.

Gestufte Proportionen, gestufte Eigenschaften. Die Wertigkeit beschreibt die Stufen der Teilhabe eines Elements am Strom der Verwandlungen der anderen. Ein Element in einer Wertigkeit ist aber nicht nur zahlen- oder mengenmäßig bestimmt, sondern es zeigt eine Qualitätsstufe, wie z.B. zweiwertiges Eisen; man findet einen einmaligen, typischen Komplex von Eigenschaftsneigungen (s.o. S. 101, Punkt 5). Ändert man die Wertigkeit, so entsteht ein neuer verwandter Komplex, eine andere Kraft im Wirken der Natur. Deshalb müssen die Wertigkeiten aus den Wegen der qualitativen Umwandlungen der Stoffe in der Welt herausgeholt werden und nicht aus vorgestellten Elektronenzahlen, die eben nur auf Systemen physikalischer Messungen und der Verdinglichung von Quantitäten beruhen.

Die Polarität der Verwandlungskräfte. Als erstes muss qualitativ, anhand der natürlichen Antriebe von Reaktionen, geklärt werden, dass es zwei Verwandlungsrichtungen gibt, die Oxydation und die Reduktion. Sie sind Kräfte der offenen Natur, des Entstehens und Vergehens von Lebewesen und ihren Materialien. Wir betrachten dazu ein Tableau der Schemata von verketteten Reaktionen (die an mehreren Tagen vorgeführt wurden):



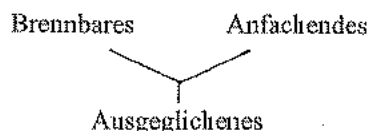
Brennbares = br
 Anfachendes = fa
 Ausgeglichenes = ag

Die Schüler erkennen u.a., dass das Umsetzungsergebnis des Magnesiums im linken Teil dem im rechten Teil gleich ist, denn alle anderen Stoffe erscheinen rechts so wieder, wie sie verbraucht wurden (das Wasser in zwei Portionen). Welche antreibenden Kräfte spielen nun in den Reaktionen? Zunächst muss berichtet werden, dass die Darstellung von Magnesium eine Art Gewaltakt ist: Magnesiumoxyd und Kohle müssen auf 1800°C erhitzt werden, das Magnesium dampft ab.

Imponderabilien als treibende Kraft. Die Imponderabilien der Kohle, d.h. die alles bewegende Kraft, die letztlich aus dem Kosmos stammt (s.o. S. 9), wird der Magnesia gewaltsam aufgedrückt, indem sich die Kohle belüftet, durch die Glut zur höchsten Oxidationsneigung gesteigert. Die Imponderabilien, oder genauer, die Veranlagung eines Stoffes, Imponderabilienwirkung hervorzubringen, ist die alles antreibende Kraft der Erdenveränderungen aus dem nahen Kosmos (Sonne, Planetensystem); nur durch sie kommt Leben und Chemie immer neu zu-

stande. Die Imponderabilien-Idee reicht letztlich an Gedanken über die Wege des Universums heran.

Brennbares gegen Anfachendes. In die Schule gehört der anschauliche Teil der Imponderabilienidee. Er besteht in einer Einteilung der Stoffe in *brennbare*, *anfachende* und *ausgeglichene*:



Diese Qualitäten sind im vorigen Schema kursiv dazugesetzt. Man erkennt wieder, dass der Stickstoff in die Rolle des Anfachenden gezwungen wird: durch die übergroße Brennbarkeit des Magnesiums. Letztere wird also nicht echt ausgeglichen, weil der Stickstoff keine anfachende Qualität mitbringt. Die unkompenzierte Brennbarkeit kommt im Ammoniak in verhaltener Form wieder heraus, sie setzt sich bis zum Kupfer (unterste Reaktion) fort, denn das ist wieder mäßig oxidabel. Man lernt, dass es immer mit von den Umständen und vom Reaktionspartner abhängt, ob sich eine brennbare oder eine anfachende Eigenschaft betätigt, d.h. wohin ein Stoff, wie hier der Stickstoff, getrieben wird. Alles ist mit allem wandelbar, nichts beruht auf sich. (In der reduktionistischen Chemie drückt sich das in der Skala der Redoxpotentiale aus.)

Oxidation und Reduktion. Es muss nicht ausgeführt werden, wie die Schüler nun an vielen Beispielen die konventionelle Sprechweise „keine Oxidation ohne Reduktion“ (= kein Verschwinden von Brennbarkeit ohne Verschwinden von anfachenden Eigenschaften) und „das Oxidationsmittel wird reduziert und das Reduktionsmittel wird oxidiert“ etc. erüben können, so dass der Terminus Redoxreaktion geläufig und durchschaubar wird. Beispiele derartiger Stoffe sind:

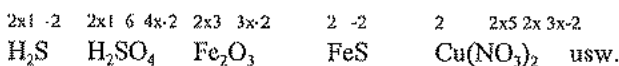
Brennbare Stoffe	Anfachende Stoffe
Holz, Stroh, Heu	Luft, Sauerstoff
Harz, Wachs, Öl	Nitrat, Chromat, Permanganat
Kohle, Torf, Teer	Bleidi oxyd, Braunstein, Mennige, Natriumperoxyd
Erdöl, Asphalt, Erdgas	Chlor, Brom, Salpetersäure
Alkohole, Zucker, aromatische Flüssigkeiten	u.U. Sulfat, Carbonat

Ein an der Vielfalt der Stoffe, am Naturganzen, ja sogar im Hinblick auf die Offenheit der Erde am Kosmos beurteilter Begriff z.B. des Brennbares und des Abgebens von Imponderabilien tritt an die Stelle des Abgebens von Elektronen – eine goethenistische Wende, die vom untergründigen Druck reduktionistischer und letztlich naiv-realistischer Vorstellungen befreien kann.

Zweierlei Wertigkeit. Hat man so ein qualitatives Verständnis der Redoxkräfte entwickelt, kann man schnell die Wertigkeiten ordnen. Die reduktive Wertigkeit von Wasserstoff wird gleich +1 gesetzt. In Salzsäure hat der Wasserstoff (hier und immer) die reduktive Wertigkeit von 1 (er wirkt reduzierend), das Chlor die oxidative von natürlich gleichfalls 1, aber mit gegenteiligem

Vorzeichen. Abgekürzt: +1 -1
H Cl

Man kann nun ringsherum einteilen und wie folgt formulieren, dabei die Wertigkeit als Oxidationszahl ausdrückend (lies x = mal):



Jede Wertigkeitsänderung (die reinen Elemente haben null) ist eine Redoxreaktion. Die Erstellung von Redoxgleichungen wird wohl aber erst in der 12. Klasse bis zur selbständigen Handhabung durch die Schüler zu erüben sein. Zunächst ist der Merkspruch hilfreich: Wasserstoff und Wasserstoffvertreter bekommen die Wertigkeit +1, deren Partner, wenn ebenfalls mit genau einem Mol in die Verbindung eintretend, -1; Sauerstoff und Sauerstoffvertreter bekommen -2. Es obliegt dem Chemiker und ansatzweise auch den Schülern, sich von den häufig auftretenden Wertigkeiten der Elemente Kenntnisse zu bewahren.

Was drückt sich in der Wertigkeit aus? – Eine Ableitung der Wertigkeiten über physikalische Daten (Spektroskopie) aus den Quantenzahlen übersteigt zunächst den Umfang des in einem allgemeinbildenden Chemieunterricht zu erringenden Urteilsvermögens. Der Ursprung der Wertigkeiten ist jedoch auch in folgender Weise phänomenologisch zu greifen. Wasserstoff als spezifisch leichtestes Element mit dem tiefsten Kondensationspunkt markiert als praktisch permanentes Gas den Übergang der Erdatmosphäre in den Weltraum, wo er auch als ein von der Erde sich entfernender angetroffen wird. Er ist damit den irdischen Qualitäten wie Verfestigung und Gewicht am fernsten. Das drückt sich u.a. in seiner geringen Molmasse aus. Er kommt bezeichnenderweise nur mit der geringsten Wertigkeit vor. Mit den weiteren Elementen verdichtet sich das Stoffliche, die Molmassen steigen. Dann aber wirkt der zersplitternde Einfluss des Irdischen vermannigfaltigend: immer mehr Wertigkeitsstufen kommen hinzu, vor allem gegenüber dem nicht erdenflüchtigen sondern herunterziehenden, mineralisierenden Element Sauerstoff; es geht bis zur Achtwertigkeit bei den schwersten Elementen (Osmiumtetroxyd). So gesehen ist die Reihe der Elemente einer Periode mit ihrer zunehmenden oxidativen Wertigkeit ein Weg in die Verbindungsbildung hinein, ein Untertauchen des einen Stoffes in den anderen Stoffen.

Wohin mit dem Periodensystem? Das Periodensystem wäre phänomenologisch nur als ein Diversifikations- und Wertigkeitssystem einzuführen. Denn es muss auch bedacht werden, dass die so viel herausgestellten Eigenschaftsähnlichkeiten zwischen Elementen einer Gruppe (Spalte) schon bei den Paradebeispielen an den Flügeln des Systems (Na/K und Cl/Br) in den Lebensprozessen fehlen (Natrium in der Zelle, Näheres s. S. 474). So lockend vielleicht eine periodische Anordnung aller Elemente nach Molmassen wäre, so aufgepfropft ist – beim Kenntnisstand der Altersstufe – deren Interpretation aus dem physikalischen Messwesen; von der Überfrachtung des Unterrichts mit den vielen aufgeführten Elementen ganz abgesehen. Man kann das Periodensystem besser weglassen oder streift es nur.

7. Was ist erreichbar ?

Endergebnis. Die Schüler wissen: Das Elementkürzel vertritt eine Gewichtsmenge (Masse), die für jedes Element geschickt festgesetzt wurde. Bei gasförmigen Elementen füllt diese Molmasse auch noch einen für alle Elemente gleichen Raum (allgemeines Molvolumen). Das ist aber in der Festsetzung der Molmassen schon berücksichtigt, so dass die Schüler nur an Gewichte denken müssen, wenn sie Formeln schreiben. Auf diesen Rumpf können die vielfältigen Bewandnisse der Formelschrift zunächst schrumpfen. – Müssen sie das?

Goetheanismus als beruflicher Vorteil. Alles schreit nach möglichst viel formaler Bildung, nach Verwissenschaftlichung, Reduktionismus, Abstraktion: „Internet im Kindergarten!“ – wegen der Berufsvorteile. Aber diese Art Arbeitsplätze gibt es gar nicht für viele, 80% müssen etwas anderes tun. Phänomenologische Chemie qualifiziert für Führungstätigkeit unter nicht-formalen Leitsystemen, die wirken in biologischer Landwirtschaft, Naturmedizin und -pharmazie, Ernährung und Gesundheitsführung, Umwelt- und Naturkunde, in angepasster Technik in puncto Bekleidung, Reinigungsmitteln, Farben, Baustoffen und dergleichen. Ihr gehört die Zukunft eines Teils der Berufsarbeit; dort, wo die Formalwissenschaften versagen.

herein gestaltet wird. Dann haben Sie beim Vorderen und Hinteren des Tieres den Gegensatz von Sonne und Mond. Und wenn Sie weitergehen, so finden Sie, daß die Sonnenwirkung bis zum Herzen geht, vor dem Herzen zurückbleibt, daß für die Kopf- und Blutbildung Mars, Jupiter, Saturn wirkt, daß dann vom Herz weiter zurück unterstützt wird die Mondenwirkung durch die Merkur- und Venuswirkung, so daß, wenn Sie das Tier so aufstellen, drehen, und derart aufrichten, daß es den Kopf in die Erde steckt und das Hintere nach oben streckt, Sie dann die Einstellung haben, die unsichtbar die landwirtschaftliche Individualität hat.

Damit haben Sie die Möglichkeit, jetzt aus dieser Formgestalt des Tieres heraus eine Beziehung zu finden zwischen demjenigen, was das Tier an Mist zum Beispiel liefert im Verhältnis zu demjenigen, was die Erde braucht, deren Pflanzen das Tier frißt. Denn Sie müssen ja wissen, daß zum Beispiel die kosmischen Wirkungen, die in einer Pflanze zur Geltung kommen, die vom Innern der Erde heraus kommen, hinaufgeleitet werden. Ist also eine Pflanze besonders reich an solchen kosmischen Wirkungen und frißt diese ein Tier, das nun seinerseits gleichzeitig Mist liefert aus seiner Organisation heraus auf Grundlage eines solchen Futters, so liefert dieses Tier den besonders geeigneten Mist für diesen Boden, wo die Pflanze wächst.

Sie sehen also, durchschaut man formhaft die Dinge, dann kommt man auf alles, was gebraucht wird in dieser in sich geschlossenen Individualität, die eine Landwirtschaft ist. Nur muß man den Tierstand dazurechnen.

Rudolf Steiner „Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gelingen der Landwirtschaft“ GA 327

DRITTER VORTRAG

Koberwitz, 11. Juni 1924

Exkurs in die Tätigkeit der Natur:

Die Wirkung des Geistes in der Natur

Die Kräfte der Erde und des Kosmos, von denen ich Ihnen gesprochen habe, sie wirken ja innerhalb des Landwirtschaftlichen durch die Stoffe der Erde. Und es wird daher nur möglich sein, zu allerlei praktischen Gesichtspunkten in den nächsten Tagen den Übergang zu finden, wenn wir heute uns auch mit der Frage etwas genauer noch beschäftigen: Wie wirken durch die Stoffe der Erde die Kräfte, von denen wir gesprochen haben? Nun werden wir da gewissermaßen einen Exkurs machen müssen in die Tätigkeit der Natur überhaupt.

Eine der allerwichtigsten Fragen, welche aufgeworfen werden können, wenn es sich um die Produktion auf landwirtschaftlichem Gebiete handelt, war schon diejenige nach der Bedeutung und dem Einflusse des Stickstoffes auf die gesamte landwirtschaftliche Produktion. Allein gerade diese Frage nach dem Wesen der Wirksamkeit des Stickstoffes ist ja heute in eine große Verwirrung hineingeraten. Man sieht sozusagen überall, wo Stickstoff tätig ist, nur die Ausläufer seiner Wirkungen, das Alleroberflächlichste, worin er sich äußert. Man sieht aber nicht hinein in die Naturzusammenhänge, in denen der Stickstoff wirkt, und das kann man auch nicht, wenn man innerhalb eines Naturgebiets stehenbleibt; das kann man nur, wenn man in die Weiten des Naturgebiets hinausschaut und sich um die Betätigung des Stickstoffes im Weltenall dabei bekümmert. Man kann sogar sagen – und das wird aus meinen Ausführungen hervorgehen –, der Stickstoff als solcher spielt vielleicht nicht einmal die allererste Rolle im pflanzlichen Leben; allein seine Rolle kennenzulernen, ist dennoch in erster Linie notwendig für das Verständnis des pflanzlichen Lebens.

Der Stickstoff hat aber, indem er wirkt im Naturwesen, ich möchte sagen, vier Geschwister, deren Wirkungen man zugleich kennen-

lernen muß, wenn man seine Funktionen, seine Bedeutung im sogenannten Haushalte der Natur begreifen will. Und diese vier Geschwister sind diejenigen, die mit ihm verbunden sind auf eine ja auch heute der äußeren Wissenschaft noch geheimnisvolle Weise, verbunden sind in dem pflanzlichen und tierischen Eiweiß. Es sind die vier Geschwister: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel.

Wenn man die vollständige Bedeutung des Eiweißes kennenlernen will, so darf man nämlich nicht bloß unter den bedeutenden Ingredienzien des Eiweißes aufzuführen Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoff, sondern man muß den für das Eiweiß in einer tiefbedeutenden Weise tätigen Stoff, den Schwefel mit anführen. Denn der Schwefel ist gerade dasjenige innerhalb des Eiweißes, was den Vermittler darstellt zwischen dem überall in der Welt ausgebreiteten Geistigen, zwischen der Gestaltungskraft des Geistigen und dem Physischen. Und man kann schon sagen, wer eigentlich in der materiellen Welt die Spuren verfolgen will, die der Geist zieht, der muß die Tätigkeit des Schwefels verfolgen. Wenn auch diese Tätigkeit nicht so offen liegt, wie diejenige anderer Stoffe, so ist sie darum doch gewiß von der allergrößten Bedeutung, weil auf dem Wege des Schwefels der Geist in das Physische der Natur hereinwirkt, Schwefel ist geradezu der Träger des Geistigen. Er hat seinen alten Namen Sulfur, der ja verwandt ist mit dem Namen Phosphor; er hat seinen alten Namen, weil man in älteren Zeiten in dem Licht, in dem sich ausbreitenden Licht, dem sonnenhaften Lichte sah auch das sich ausbreitende Geistige. Und man nannte deshalb diese Stoffe, die mit dem Hereinwirken des Lichts in die Materie zu tun haben, wie Schwefel und Phosphor, die Lichtträger.

Nun wird uns aber gerade deshalb, weil die Tätigkeit des Schwefels im Haushalt der Natur eine so feine ist, am besten dadurch, daß wir die anderen vier Geschwister, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, einmal ins Auge fassen und nun wirklich verstehen lernen, vor Augen treten, was eigentlich diese Stoffe im ganzen Weltenwesen sind. Denn der Chemiker weiß ja heute nicht viel von diesen Stoffen. Er weiß, wie sie äußerlich ausschauen, wenn er sie im Laboratorium hat, er kennt aber die innere Bedeutung dieser Stoffe im Ganzen der

Weltenwirksamkeiten eigentlich gar nicht. Und die Kenntnis, die man heute durch die Chemie hat von diesen Stoffen, ist eigentlich keine viel größere als diejenige, die man von einem Menschen hat, den man seiner äußeren Gestalt nach beim Vorbeigehen auf der Straße gesehen hat, den man vielleicht abgeknipst hat mit einem photographischen Apparate, und an den man sich erinnert mit Hilfe des photographischen Bildes. Denn was die Wissenschaft tut mit diesen Stoffen, deren tieferes Wesen man eben kennen muß, ist nicht viel mehr als ein Abknipsen mit dem photographischen Apparat, und was in unseren Büchern steht, in unseren Vorträgen vorkommt über diese Stoffe, das enthält eigentlich nicht viel mehr.

Gehen wir daher – die Anwendung auf das Pflanzliche wird sich schon ergeben – zunächst von dem Kohlenstoff aus. Dieser Kohlenstoff, sehen Sie, der ist ja aus einer sehr aristokratischen Position in der neuen Zeit heruntergesunken – Gott, diese Wege haben ja dann später viele andere Weltenwesen gemacht – zu einer sehr, sehr plebejischen Situation. Man sieht halt in dem Kohlenstoff dasjenige, was man in die Öfen tut, die Kohle. Man sieht in dem Kohlenstoff dasjenige, womit man schreibt, den Graphit. Man schätzt ja eine bestimmte Modifikation des Kohlenstoffes noch immer als aristokratisch, den Demant; aber man kann ihn ja nicht mehr sehr schätzen, weil man ihn nicht kaufen kann. Und so ist dasjenige, was über den Kohlenstoff gewußt wird, eigentlich gegenüber der ungeheuren Bedeutung des Kohlenstoffes im Weltall ein außerordentlich Geringes. Dieser – sprechen wir ihn als Kerl an – schwarze Kerl galt nämlich bis vor einer verhältnismäßig sehr kurzen Zeit, bis vor ein paar Jahrhunderten, als dasjenige, was man mit einem sehr edlen Namen bezeichnete, mit dem Namen des «Steins der Weisen».

Man hat ja viel herumgeschwätzt über dasjenige, was der Stein der Weisen sein soll; aber aus diesem Herumschwätzen ist nicht viel herausgekommen. Denn wenn die alten Alchemisten und dergleichen Leute vom Stein der Weisen gesprochen haben, meinten sie den Kohlenstoff in seinen verschiedenen Vorkommnissen. Und sie hielten seinen Namen nur deshalb für so geheim, weil ja, wenn sie diesen nicht geheim gehalten hätten, eigentlich jeder den Stein der Weisen

natürlich gehabt hätte. Aber es war schon der Kohlenstoff. Und warum war es der Kohlenstoff?

Wir können dabei beantworten mit einer älteren Anschauung zugleich etwas, was man heute aber wissen sollte vom Kohlenstoff. Sehen Sie, wenn man absieht von der zerbröckelten Form, in der wir durch gewisse Vorgänge, durch die er durchgegangen ist, den Kohlenstoff in der Natur haben als Steinkohle oder auch als Graphit, wenn wir den Kohlenstoff auffassen in seiner lebendigen Tätigkeit, wie er durchgeht durch den Menschen, durch den Tierkörper, wie er aufbaut aus seinen Verhältnissen heraus den Pflanzenkörper, so erscheint uns das Amorphe, Gestaltlose, das man sich als Kohlenstoff vorstellt, nur als der letzte Ausläufer, als der Leichnam desjenigen, was die Kohle, der Kohlenstoff, im Haushalte der Natur eigentlich ist.

Der Kohlenstoff ist nämlich der Träger aller Gestaltungsprozesse in der Natur. Was auch gestaltet werden mag, ob die verhältnismäßig kurz bleibende Gestalt der Pflanze, ob die in ewigem Wechsel begriffene Gestalt des tierischen Organismus ins Auge gefaßt wird, der Kohlenstoff ist da der große Plastiker, der nicht bloß seine schwarze Substantialität in sich trägt, sondern der, wenn er in voller Tätigkeit, in innerer Beweglichkeit ist, die gestaltenden Weltenbilder, die großen Weltenimaginationen überall in sich trägt, aus denen alles dasjenige, was in der Natur gestaltet wird, eben hervorgehen muß. Ein geheimer Plastiker waltet in dem Kohlenstoff, und dieser geheime Plastiker, indem er die verschiedensten Formen aufbaut, die in der Natur aufgebaut werden, bedient sich dabei des Schwefels. So daß wir anschauen müssen, wenn wir auf den Kohlenstoff in der Natur hinschauen wollen im richtigen Sinne, wie die Geisttätigkeit des Weltenalls sozusagen sich mit dem Schwefel befeuchtet, als Plastiker tätig ist, und mit Hilfe des Kohlenstoffs die festere Pflanzenform aufbaut, dann aber auch wiederum die im Entstehen schon vergehende Form des Menschen aufbaut, der gerade dadurch Mensch ist, nicht Pflanze, daß er die eben entstehende Form immer wiederum sogleich vernichten kann, indem er den Kohlenstoff, als Kohlensäure an den Sauerstoff gebunden, absondert. Eben weil der Kohlenstoff im menschlichen Körper uns Menschen zu steif, zu fest formt, wie eine Palme

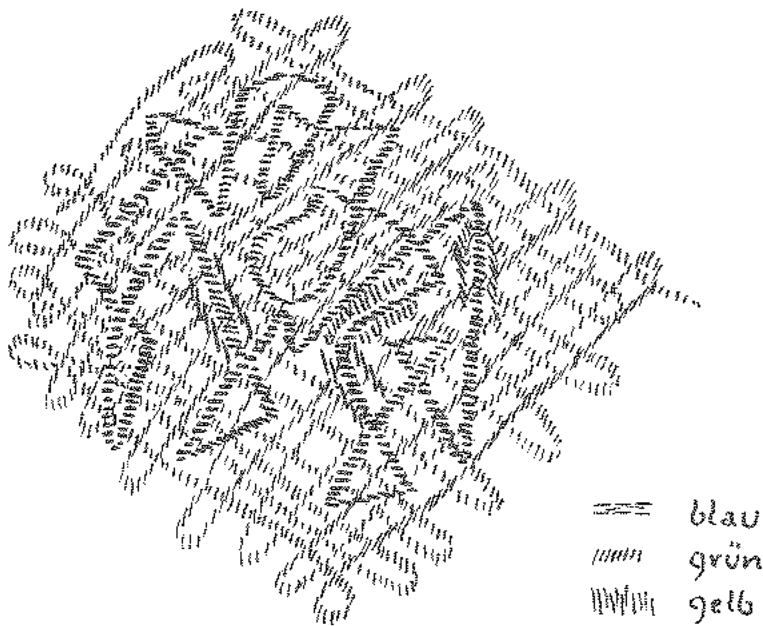
macht – er schickt sich an, uns so fest zu machen –, da baut die Atmung sogleich ab, reißt diesen Kohlenstoff aus der Festigkeit heraus, verbindet ihn mit dem Sauerstoff, befördert ihn nach außen, und wir werden so gestaltet in einer Beweglichkeit, die wir als Menschenwesen brauchen.

Aber in der Pflanze ist er so drinnen, daß er in einer gewissen Weise in einer festen Gestalt auch bei den einjährigen Pflanzen in einem gewissen Grade festgehalten wird. Ein alter Spruch sagt in bezug auf den Menschen: «Blut ist ein ganz besonderer Saft», und man muß mit Recht sagen, daß das menschliche Ich im Blute pulsiert, auf physische Weise sich äußert. Aber eigentlich ist es im Genaueren gesprochen der webende, waltende, sich gestaltende und seine Gestalt wieder auflösende Kohlenstoff, auf dessen Bahnen, befeuchtet mit dem Schwefel, dieses Geistige des Menschen im Blute sich bewegt, das wir Ich nennen, und so wie das menschliche Ich als der eigentliche Geist des Menschen im Kohlenstoff lebt, so lebt wiederum gewissermaßen das Welten-Ich im Weltengeist auf dem Umwege durch den Schwefel in dem sich gestaltenden und immer wieder auflösenden Kohlenstoff.

Es ist so, daß in früheren Epochen unserer Erdentwicklung der Kohlenstoff dasjenige war, was überhaupt abgeschieden worden ist. Erst später kam dann dasjenige dazu, was zum Beispiel das Kalkige ist, das der Mensch dann benützt, um als Unterlage nun auch ein Festeres zu schaffen, ein festeres Gerüste für sich zu schaffen. Damit dasjenige, was im Kohlenstoff lebt, bewegt sein kann, schafft der Mensch in seinem kalkigen Knochengerüste ein unterliegendes Festes, das Tier auch, wenigstens das höhere Tier. Damit hebt sich der Mensch heraus in seiner beweglichen Kohlenstoffbildung aus der bloß mineralischen, festen Kalkbildung, die die Erde hat, und die er auch sich eingliedert, um feste Erde in sich zu haben. Im Kalk in der Knochenbildung hat er die feste Erde in sich.

Nun sehen Sie: dabei können Sie die Vorstellung haben, daß allem Lebendigen ein entweder mehr oder weniger festes oder mehr oder weniger fluktuierendes kohlenstoffartiges Gerüste zugrunde liegt, auf dessen Bahnen sich das Geistige bewegt durch die Welt. Lassen Sie mich das nur ganz schematisch einmal hinzeichnen, damit wir die

Sache recht anschaulich haben. Ich will so ein Gerüste, das der Geist mit Hilfe des Schwefels irgendwie aufbaut, so hinzeichnen (Zeichnung, blau). Das ist also entweder fortwährend wechselnder Kohlenstoff, der in dem Schwefel in sehr feiner Dosierung sich bewegt, oder es ist auch wie bei den Pflanzen ein mehr oder weniger fest gewordenes, mit andern Substanzen, Ingredienzien vermengtes, festgewordenes Kohlenstoffgerüst.



Nun sehen Sie: wenn wir den Menschen oder auch schließlich ein anderes Lebewesen betrachten, so muß – das ist ja gerade in unserem Zusammensein schon des öfteren hervorgehoben worden – dieses Lebendige von einem Ätherischen, das der eigentliche Träger des Lebens ist, durchzogen sein. Das also, was da darstellt das kohlenstoffartige Gerüste eines Lebendigen, das muß durchzogen sein von dem Ätherischen wiederum, so daß sich das Ätherische an diesen Gerüstbalken mehr still festhält, oder daß es mehr oder weniger fluktuierend in Bewegung ist. Aber es muß das Ätherische ganz ausgebreitet sein,

wo das Gerüste ist (Zeichnung, grün). Wir können also sagen: ein Ätherisches muß überall da sein, wo dieses Gerüste ist.

Nun, dieses Ätherische, das würde etwas sein, was zunächst als Ätherisches innerhalb unserer physischen Erdenwelt nicht existieren könnte, wenn es für sich bliebe. Es würde sozusagen wie ein Nichts überall hindurchschlüpfen, würde nicht angreifen können dasjenige, was es anzugreifen hat in der physisch-irdischen Welt, wenn es nicht einen physischen Träger hätte. Das ist ja das eigentümliche bei allem, was wir auf der Erde haben, daß das Geistige immer physische Träger haben muß. Die Materialisten nehmen dann nur die physischen Träger und vergessen das Geistige. Sie haben immer recht, weil ja das Nächste, was uns entgegentritt, der physische Träger ist. Aber sie lassen eben durchaus außer acht, daß Geistiges überall einen physischen Träger haben muß. Und dieser physische Träger des Geistigen, das im Ätherischen wirkt – wir können sagen, im Ätherischen wirkt das niederste Geistige –, dieser physische Träger, der von dem Ätherischen durchzogen wird, also so durchzogen wird, daß der Äther sich gewissermaßen wiederum befeuchtet mit dem Schwefel und nun in das Physische hinführt dasjenige, was es nun nicht in Gestalt, nicht im Gerüste-Bauen, sondern in einer ewigen Beweglichkeit, Lebendigkeit, in dieses Gerüstwesen hincinzutragen hat, dieses Physische, das da aus dem Äther mit Hilfe des Schwefels die Lebenswirkungen hineinträgt, das ist der Sauerstoff. So daß Sie also dasjenige, was ich hier grün skizziert habe, sich auch vorstellen können, wenn Sie es als physischen Aspekt betrachten, daß das den Sauerstoff und auf dem Wege des Sauerstoffs die wallende, vibrierende, webende Wesenheit des Ätherischen darstellt.

Auf diesem Wege des Sauerstoffes bewegt sich das Ätherische mit Hilfe des Schwefels. Dadurch wird der Atmungsprozeß erst sinnvoll. Wir nehmen durch den Atmungsprozeß den Sauerstoff auf. Der heutige Materialist spricht nur von diesem Sauerstoff, den er in der Retorte hat, wenn er die Elektrolyse von Wasser macht. Aber in diesem Sauerstoff lebt überall das niederste Übersinnliche, das Ätherische, wenn es nicht daraus getötet ist, wie es in der Luft getötet sein muß, die wir um uns haben. In der Atmungsluft ist das Lebendige des

Sauerstoffs getötet, damit wir nicht ohnmächtig werden durch den lebendigen Sauerstoff. Wir werden, wenn sich ein höheres Lebendiges in uns hineinbegibt, dadurch ohnmächtig. Schon eine gewöhnliche Wachstumswucherung, die in uns auftritt, wenn sie lebt an einem Orte, wo es nicht sein soll, macht uns ohnmächtig und noch viel mehr als das. Und so würden wir, wenn wir von einer lebendigen Luft, in der lebendiger Sauerstoff ist, umgeben wären, ganz betäubt herumgehen. Der Sauerstoff um uns herum muß getötet sein. Aber ich möchte sagen, von Geburt an ist er der Träger des Lebens, des Ätherischen. Er wird auch hier gleich der Träger des Lebens, wenn er aus der Aufgabensphäre herauskommt, die ihm zugeteilt ist dadurch, daß er uns Menschen äußerlich um die Sinne herum umgeben muß. Kommt er durch die Atmung in uns hinein, wo er lebendig sein darf, so wird er wiederum lebendig. Es ist nicht derselbe Sauerstoff, der da in uns zirkuliert, wie er äußerlich ist, wo er uns umgibt. Er ist in uns lebendiger Sauerstoff, und so wird er auch gleich lebendiger Sauerstoff, wenn er aus der Atmungsluft in den Erdboden hineindringt, wenn auch sein Leben da ein geringergradiges ist wie in uns Menschen oder Tieren. Aber er wird da lebendiger Sauerstoff. Der Sauerstoff unter der Erde ist nicht derselbe wie derjenige, der über der Erde ist.

Es ist ja schwer, sich über diese Sache mit den Physikern, den Chemikern zu verständigen. Denn nach den Methoden, die sie anwenden, muß immer schon der Sauerstoff herausgezogen werden aus dem Irdischen; daher haben sie nur toten Sauerstoff vor sich. Es kann gar nicht anders sein. Aber dem ist ja jede Wissenschaft ausgesetzt, die nur auf das Physische gehen will. Sie kann nur Leichname verstehen. In Wirklichkeit ist der Sauerstoff der Träger des lebendigen Äthers, und dieser lebendige Äther bemächtigt sich des Sauerstoffs, beherrscht ihn, indem er das auf dem Umwege durch den Schwefel tut.

Nun aber habe ich jetzt – gewissermaßen noch nebeneinander – auf der einen Seite das Kohlenstoffgerüst, in dem das Höchste auf Erden uns zugängliche Geistige seine Wirksamkeit zeigt, das menschliche Ich, oder das in den Pflanzen wirkende Weltengeistige. Und wir haben, wenn wir auf den menschlichen Prozeß hinschauen, die At-

mung, den in dem Menschen auftretenden lebendigen Sauerstoff, der den Äther trägt; und dann das Gerüst aus Kohlenstoff, das da dahintersteht und beim Menschen bewegt ist. Die müssen zueinander. Der Sauerstoff muß sich auf die Wege begeben können, die durch das Gerüst vorgezeichnet sind, und muß dahin gehen können, wo irgendeine Linie oder so etwas hingezeichnet ist vom Kohlenstoff, vom Geiste des Kohlenstoffs, und überall in der Natur muß das Ätherisch-Sauerstoffliche den Weg finden können zu dem Geistig-Kohlenstofflichen. Wie macht es das? Wer ist da der Vermittler?

Da ist der Vermittler der Stickstoff. Der Stickstoff leitet das Leben hinein in die Gestaltung, die im Kohlenstoff verkörpert ist. Überall, wo der Stickstoff auftritt, hat er die Aufgabe, das Leben zu vermitteln mit dem Geistigen, das zunächst geformt ist im Kohlenstofflichen. Die Brücke zwischen dem Sauerstoff und dem Kohlenstoff wird überall im Tier-, im Pflanzenreich, auch im Innern der Erde bewirkt durch den Stickstoff. Und diejenige Geistigkeit, die wiederum mit Hilfe des Schwefels da im Stickstoff herumwirtschaftet, diese Geistigkeit ist dieselbe, die wir als die astralische bezeichnen. Es ist die astralische Geistigkeit im menschlichen Astralleibe, es ist die astralische Geistigkeit im Umkreis der Erde, wo ja auch das Astralische wirkt im Leben der Pflanzen, im Leben der Tiere und so weiter.

Und so haben wir, geistig gesprochen, zwischen den Sauerstoff und Kohlenstoff hineingestellt das Astralische, aber dieses Astralische prägt sich im Physischen dadurch aus, daß es den Stickstoff benützt, um physisch wirken zu können. Überall, wo Stickstoff ist, breitet sich Astralisches aus. Denn das Ätherisch-Lebendige würde wolkenartig überall hinfluten, würde gar nicht berücksichtigen dieses Kohlenstoffgerüst, wenn der Stickstoff nicht eine so ungeheure Anziehung zu dem Kohlenstoffgerüst hätte. Überall, wo Linien und Wege gebahnt sind im Kohlenstoff, da schleppt der Stickstoff den Sauerstoff, da schleppt das Astralische im Stickstoff das Ätherische hin (siehe Zeichnung, gelb). Das ist der große Schlepper, dieser Stickstoff, des Lebendigen zu dem Geistigen hin. Daher ist dieser Stickstoff im Menschen das Wesentliche für das Seelische im Menschen, das ja der Vermittler ist zwischen dem bloßen Leben und dem Geiste.

Dieser Stickstoff ist eigentlich etwas sehr Wunderbares. Wenn wir seinen Weg im menschlichen Organismus verfolgen, so ist er wieder ein ganzer Mensch. Es gibt so einen Stickstoffmenschen. Könnten wir ihn herausschälen, so würde er das schönste Gespenst sein, das es geben könnte. Denn er ahmt vollständig nach dasjenige, was im festen Gerüst des Menschen ist. Auf der anderen Seite verfließt er auch gleich wieder in das Leben. Da sehen Sie hinein in den Atmungsprozeß. Da nimmt der Mensch durch den Atmungsprozeß den Sauerstoff, das heißt, das ätherische Leben in sich auf. Da kommt der innere Stickstoff, der nun den Sauerstoff hinschleppt überall da, wo Kohlenstoff, das heißt Gestaltetes, webendes, wandelndes Gestaltetes ist; da bringt er den Sauerstoff hin, damit er sich dieses Kohlige holt und hinausbefördert. Aber der Stickstoff ist doch derjenige, der das vermittelt, daß aus Sauerstoff Kohlensäure wird, die Kohlensäure ausgeatmet wird.

Dieser Stickstoff umgibt uns überall. Es ist ja nur ein geringer Teil Sauerstoff, das heißt Lebensträger, um uns herum, und ein großer Teil astralischer Geiststräger, Stickstoff. Bei Tage ist für uns ungeheuer notwendig der Sauerstoff, bei Nacht auch, der Sauerstoff in der Umgebung. Wir respektieren bei Tag und Nacht vielleicht weniger den Stickstoff, weil wir meinen, daß wir – ich meine den Stickstoff der Atmungsluft – ihn weniger brauchen. Aber der Stickstoff ist dasjenige, was einen geistigen Bezug zu uns hat. Sie könnten folgendes Experiment machen.

Sie könnten einmal versuchen, mit dem Menschen, der in einem gewissen Luftraume ist, zu experimentieren, und könnten der Luft, die in diesem Raume ist, entziehen ein kleines Quantum Stickstoff, so daß die Luft um den Menschen herum etwas stickstoffärmer wäre, als in gewöhnlicher Weise die Luft um den Menschen herum ist. Sie würden sich überzeugen, wenn das Experiment vorsichtig ausgeführt werden könnte, der Stickstoff ersetzt sich sogleich wiederum, wenn auch nicht von außen, sondern es zeigt sich, daß er sich ersetzt vom Innern des Menschen. Der Mensch muß abgeben seinen Stickstoff, um den Stickstoff wieder in denjenigen quantitativen Zustand zurückzuführen, den er eben gewöhnt ist. Wir sind als Menschen darauf an-

gewiesen, das richtige Prozentverhältnis herzustellen zwischen unserem ganzen inneren Wesen und dem uns umgebenden Stickstoff; es geht gar nicht, daß der Stickstoff außen weniger ist. Er würde zwar noch immer taugen, wir brauchen ja nicht den Stickstoff zu atmen, er würde ja noch immer hinreichen, aber der geistige Bezug, der da ist, für den reicht nur diejenige Stickstoffmenge hin, die man in der Luft gewöhnt ist.

Sie sehen also, der Stickstoff spielt stark ins Geistige hinein, und dann werden Sie auch jetzt, ich möchte sagen, einen Gedanken, eine Vorstellung haben können, daß ja dieser Stickstoff für das Leben der Pflanzen notwendig sein muß. Die Pflanze hat ja, so wie sie zunächst auf dem Boden steht, nur ihren physischen Leib und ihren Ätherleib, nicht den astralischen Leib in sich darinnen wie das Tier; aber das Astralische von außen muß sie überall umgeben. Die Pflanze würde nicht blühen, wenn das Astralische sie nicht von außen berührte. Sie nimmt nur nicht das Astralische auf wie das Tier und der Mensch, aber sie muß von außen davon berührt werden.

Das Astralische ist überall, und der Stickstoff, der Träger des Astralischen, ist überall, er webt in der Luft als Leichnam, aber in dem Augenblicke, wo er in die Erde kommt, wird er wiederum lebendig. Geadeso wie der Sauerstoff lebendig wird, wird der Stickstoff lebendig. Dieser Stickstoff in der Erde wird nicht bloß lebendig, sondern er ist dasjenige – was man besonders auf landwirtschaftlichem Gebiete berücksichtigen soll –, was, so paradox es heute erscheint dem materialistisch vertrackten Gehirn, was nicht bloß lebendig, sondern empfindlich wird. Er wird richtig ein Träger einer geheimnisvollen Empfindlichkeit, die über das ganze Erdenleben ausgegossen ist. Er ist derjenige, der empfindet, ob das richtige Quantum Wasser in irgendeinem Erdgebiete ist. Er empfindet das als sympathisch, er empfindet es als antipathisch, wenn zu wenig Wasser da ist. Er empfindet es als sympathisch, wenn für irgendeinen Boden die richtigen Pflanzen da sind und so weiter. Und so gießt dieser Stickstoff über alles eine Art empfindendes Leben aus.

Man kann sagen: Von alledem, was ich erzählt habe gestern und die vorigen Stunden, daß da die Planeten Saturn, Sonne, Mond und so

weiter einen Einfluß haben auf die Pflanzengestalt und auf das Pflanzenleben: Ja, das weiß man nicht. Ja, sehen Sie, so für das gewöhnliche Leben kann man das sagen, man weiß es nicht. Aber der Stickstoff, der überall ist, der weiß das nämlich, der weiß das ganz richtig. Der Stickstoff ist nicht unbewußt über das, was von den Sternen ausgeht und im Leben der Pflanzen und im Leben der Erde weiterwirkt. Er ist der empfindende Vermittler; wie auch der Stickstoff im menschlichen Nerven-Sinnes-System dasjenige ist, was die Empfindung vermittelt; er ist in Wahrheit derjenige, der Träger der Empfindung ist.

Nun sehen Sie, da können Sie eigentlich in das feine Leben der Natur hineinblicken, indem Sie den überall wie die fluktuierenden Empfindungen sich herumbewegenden Stickstoff ins Auge fassen. Und es wird sich uns ergeben, daß gerade in der Behandlung des Stickstoffs für das Pflanzenleben etwas ungeheuer Wichtiges liegt. Solches wird dann Gegenstand der weiteren Betrachtungen natürlich sein. Nun ist aber etwas anderes gerade noch notwendig.

Sie sehen also, daß da in einem lebendigen Zusammenwirken desjenigen, was aus dem Geiste heraus im Kohlenstofflichen Gerüstgestalt annimmt, mit demjenigen, was aus dem Astralischen heraus im Stickstoffartigen das Gerüst durchsetzt mit Leben und es empfindend macht, daß da Leben drinnen wirksam ist im Sauerstofflichen.

Das aber alles wirkt dadurch im Irdischen zusammen, daß es sich noch durchdringt mit anderem, mit etwas, was nun für die physische Welt die Verbindung herstellt mit den Weiten des Kosmos. Denn es darf natürlich nicht so sein für unser Irdisches, daß die Erde da so als Festes hinwandert im Weltenall und sich absondert von der übrigen Welt. Wenn das die Erde täte, dann wäre sie in der Lage, in der ein Mensch wäre, der innerhalb einer Landwirtschaft lebte, aber selbständig bleiben will, das, was da draußen auf dem Acker wächst, außer sich lassen will. Das tut er vernünftigerweise nicht. Wir finden manches heute auf den Äckern. In der nächsten Zeit finden wir es in dem Magen der verehrten Herrschaften drinnen. Dann wiederum nimmt es den Weg zurück auf die Äcker in irgendeiner Weise. Wir können gar nicht sagen, daß wir uns als Menschen absondern können, sondern wir sind verbunden mit unserer Umgebung, wir gehören schließlich

dazu. Ebenso, wie mein kleiner Finger zu mir gehört, so gehören die Dinge, die drum herum sind, natürlich zu den ganzen Menschen dazu. Es muß ein fortwährender Stoffaustausch da sein. Es muß auch zwischen der Erde mit allen ihren Wesen und dem ganzen Weltenall so sein. Alles dasjenige, was auf der Erde in physischen Gestalten lebt, muß zurückgeführt werden können in das Weltenall, gewissermaßen gereinigt und geläutert werden können in dem Weltenall.

So daß wir also folgendes haben (Zeichnung S. 68): Wir haben zunächst dasjenige, was ich vorhin blau hingezeichnet habe: das Kohlenstoffgerüst; was Sie da grün sehen: das ätherische Sauerstoffwesen; und wir haben dann, überall vom Sauerstoff ausgehend, durch den Stickstoff vermittelt hin zu den verschiedenen Linien dasjenige, was sich ausbildet als das Astralische (gelb), was da eben den Übergang bildet zwischen dem Kohlenstoffartigen und dem Sauerstoffartigen. Überall könnte ich zeigen, wie da in die blauen Linien hinein der Stickstoff schleppt dasjenige, was in den grünen Linien schematisch angedeutet ist.

Aber alles dasjenige, was so in den Lebewesen ganz strukturhaft in feiner Zeichnung ausgebildet ist, das muß nämlich wiederum auch verschwinden können. Nicht der Geist verschwindet, aber dasjenige, was da der Geist in den Kohlenstoff hineingebaut hat, wofür er sich das Leben aus dem Sauerstoff heranzieht. Alles das muß wieder verschwinden können. Nicht nur so weit, als es auf der Erde verschwindet, sondern es muß in den Kosmos, in das Weltenall hinaus verschwinden können. Das macht ein Stoff, der, so nahe es nur möglich ist, verwandt ist mit dem Physischen, und wiederum, so nahe es nur möglich ist, verwandt ist mit dem Geistigen, das macht der Wasserstoff, in dem eigentlich, wenn wir richtig sprechen – trotzdem er selber das feinste ist, was physisch ist –, das Physische ganz zersplittert, vom Schwefel getragen hineinflutet in das Ununterscheidbare des Weltenalls.

Man könnte sagen: der Geist ist ja in solchen Gebilden physisch geworden, er lebt da drinnen im Leibe astralisch, in seinem Abbild als Geist, als Ich. Da lebt er auf physische Art als ins Physische verwandelter Geist. Da ist ihm nicht wohl nach einiger Zeit. Er will sich

auflösen. Er braucht jetzt, indem er sich wiederum mit dem Schwefel benetzt, wiederum einen Stoff, innerhalb dessen er nun alle Bestimmtheit, alle Struktur verläßt und ins allgemeine Unbestimmte, Chaotische des Weltenalls sich herausbegibt, wo nichts mehr von dieser oder jener Organisation ist. Und das Stoffliche, das so nahe ist dem Geistigen auf der einen Seite, so nahe dem Stofflichen auf der anderen Seite, ist der Wasserstoff. Er trägt alles dasjenige, was irgendwie gestaltetes, belebtes Astralisches ist, wiederum in die Weiten des Weltenalls hinauf, so daß es so wird, daß es aus dem Weltenall wieder aufgenommen werden kann, wie wir das beschrieben haben. Der Wasserstoff löst eigentlich alles auf.

Und sehen Sie, so haben wir diese fünf Stoffe, die eigentlich zunächst darstellen dasjenige, was da wirkt und webt im Lebendigen und auch im scheinbar Toten, das ja nur vorübergehendes Totes ist: Schwefel, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, alle diese Stoffe stehen in innerer Beziehung zu einem ganz bestimmt gearteten Geistigen, sind also etwas ganz anderes als dasjenige, von dem unsere Chemie spricht. Unsere Chemie spricht nur von den Leichnamen der Stoffe. Sie spricht nicht von den wirklichen Stoffen. Die muß man als empfindende, lebendige kennenlernen. Nur just im Wasserstoff gerade, weil er zunächst der scheinbar dünnste mit dem geringsten Atomgewicht ist, ist eigentlich dasjenige, was am wenigsten Geist ist.

Sehen Sie, wenn man meditiert – ich muß das schon einfügen, damit Sie sehen, daß solche Dinge nicht im blauen Dunst des Geistes gefaßt werden –, was tut man denn da eigentlich? Der Orientale hat es auf seine Art getan. Wir im mitteleuropäischen Okzident, wir machen es auf unsere Weise. Wir vollbringen eine Meditation, die sich nur mittelbar anlehnt an den Atmungsprozeß, wir weben und leben in Konzentration und Meditation. Aber das alles, was wir da tun, indem wir uns den seelischen Übungen hingeben, hat doch, wenn auch nur eine ganz leise, subtile, körperliche Gegenseite. Es wird immer, wenn auch nur eben in ganz subtiler Weise, durch das Meditieren der regelmäßige Gang des Atmens, dasjenige, was mit dem menschlichen Leben so eng zusammenhängt, etwas abgeändert. Wir behalten meditierend immer die Kohlensäure etwas mehr in uns als beim gewöhnlichen, wachen

Bewußtseinsprozeß. Immer bleibt etwas mehr Kohlensäure in uns. Dadurch stoßen wir nicht so, wie man es im gewöhnlichen stierhaften Leben macht, stets immer gleich die ganze Wucht der Kohlensäure ab. Wir behalten noch etwas zurück. Wir stoßen nicht die ganze Wucht der Kohlensäure da hinaus, wo uns überall der Stickstoff umgibt. Wir behalten etwas zurück.

Nun sehen Sie, wenn Sie an etwas mit dem Schädel anstoßen wie an einen Tisch, so werden Sie nur Ihres eigenen Schmerzes dabei bewußt, wenn Sie aber sanfter reiben, werden Sie sich der Oberfläche des Tisches bewußt und so weiter. So ist es auch, wenn Sie meditieren. Sie wachsen allmählich herein in ein Erleben des Stickstoffes rings um Sie herum. Das ist der reale Vorgang beim Meditieren. Alles wird Erkenntnis, auch dasjenige, was in dem Stickstoff lebt. Denn dieser ist ein sehr gescheiter Kerl, er unterrichtet einen über dasjenige, was Merkur, Venus und so weiter tun, weil er das weiß, es eben empfindet. Alle diese Dinge beruhen auf durchaus realen Vorgängen. Und da ist dasjenige, wo nun – ich werde davon einiges noch genauer berühren – in der Tat beginnt das Geistige in dem inneren Tun schon einen gewissen Bezug zu der Landwirtschaft zu gewinnen. Da ist denn dasjenige, was insbesondere immer so das Interesse unseres lieben Freundes *Stegemann* erregt hat, dieses Zusammenwirken des Seelisch-Geistigen mit demjenigen, was das um uns herum ist. Denn, sehen Sie, es ist nun nicht schlecht, wenn derjenige, der Landwirtschaft zu besorgen hat, meditieren kann. Er macht sich dadurch empfänglich für die Offenbarungen des Stickstoffes. Er wird immer empfänglicher für die Offenbarungen des Stickstoffes. Und man geht dazu über, die Landwirtschaft in einem ganz anderen Stil und Sinne zu betreiben, wenn man sich so empfänglich gemacht hat für die Offenbarungen des Stickstoffes, als wenn man es nicht tut. Da weiß man dann allerlei plötzlich. Es taucht auf. Da weiß man allerlei von den Geheimnissen, die auf den Gütern und auf den Bauernhöfen walten.

Und sehen Sie, man kann ja das nicht wiederholen, was ich eben vor einer Stunde hier gesagt habe, aber ich kann es doch in einer gewissen Weise wiederum charakterisieren. Nehmen wir nun einen Bauern, den der Gelehrte nicht für gelehrt hält; der geht über seinen

zwischen beiden hervor: Ameisensäure brennt mit stiller, blauer und leicht auffliegender Flamme, Essigsäure, aus einem kleinen Becherglas heranskochend, als orangefarbene Schleppe ringsherum im Niedersinken unterhalb der Becheröffnung; sie zeigt also eine gewisse Schwere. Ameisensäure ist flüchtiger, sie siedet schon bei $100,5^{\circ}\text{C}$; Essigsäure erst bei 118°C . Ameisensäure zeigt sich auch deshalb noch wasserähnlicher, weil sie sich mit Benzin nicht mehr mischt, während Essigsäure sich in Benzin noch löst, aber nicht mehr in Schwefelkohlenstoff. Essigsäure ist also eher zu verfestigen und kohlenstoffnäher, wachsähnlicher. Maximal läßt sich mit ihr ein pH-Wert von etwa 2,4 einstellen. Ameisensäure ist labiler und wasserstoffnäher, noch wasserähnlicher und saurer. Das zeigen auch weitere Eigenschaften: Ameisensäure wirkt z.B. auf ammoniakalisches Silbernitrat reduzierend, Essigsäure nicht. Ameisensäure zersetzt sich schon beim Erhitzen ihres Dampfes auf 120°C ; auch im Gemisch mit konzentrierter Schwefelsäure wird nur sie rasch zerstört. Sie ist labiler, reaktionsfähiger.

Essigsäure entsteht aus der Belüftung von Gärprodukten. Das Berauschte wird überwunden und nüchterne, erfrischende Wirkung tritt durch Oxidation auf. Die Fäulnisbekämpfung liegt deshalb bei der Essigsäure schon in ihrer Vergangenheit, sie ist so entstanden. Sie behält auch für weitere Wirkungen die konservierende Kraft; das zeigen eingesäuerte Lebensmittel. Die Ameisensäure entfaltet eine noch stärkere fäulnisbekämpfende Kraft, sie wirkt ~~(wie wir noch erläutern werden)~~ vor allem für die Landschaft und in die Zukunft hinein. Sie zeigt aber auch isoliert im Augenblick große, desinfizierende Wirkungen; schon 2,5% Zusatz konservieren Fruchtsäfte.

Essigsäure verkörpert durchlüftende, konsolidierte Fruchtkräfte. Ameisensäure verkörpert flüchtige, reaktionsfähige, d.h. nach allen Seiten wirksame, viel allgemeinere Erdenkräfte; sie trägt ihre Entstehung aus dem „zweckhaften“ Umgang von Bodentieren mit Bodenresten als Wirksamkeitsrichtung weiter an sich. Das zeigt sich auch in der größeren Dichte derselben; $1,22\text{ g/cm}^3$, gegenüber nur $1,05\text{ g/cm}^3$ der Essigsäure. So ist also die Ameisensäure eine Krönung der Säuren in der Natur, durch ihre chemische Kraft gepaart mit Verdichtung. Sie erscheint, etwas emphatisch ausgedrückt, als ein „erdentrügender Säuregipfel“.

Wir sehen also in der Ameisensäure zunächst

- eine ins Säurehafte gesteigerte, durchdringende, in die Weiten der Natur hinauswirkende Wässrigkeit
- eine bei allen Säuren vorkommende, aber hier ver-

- stärkte Kraft, Leben gegen Fäulnis zu verteidigen
- eine den Imponderabilien* der Lebenserscheinungen, die sich in der Chemie als Brennbarkeit ausdrücken, und damit den Lebensverwandlungen nahestehende Substanz
- eine Verdichtung und Erdbezogenheit.

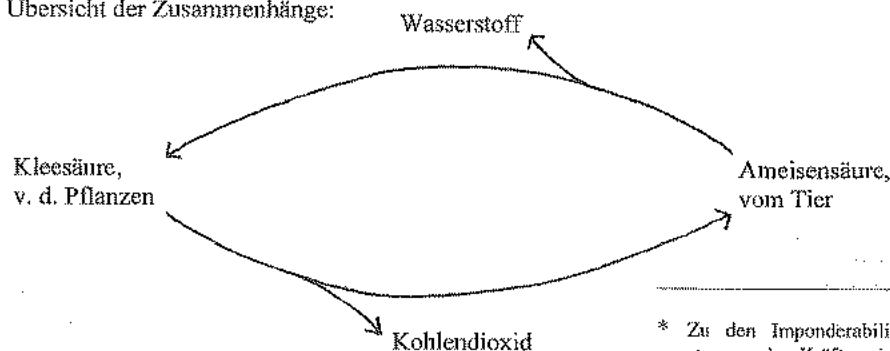
Stellen wir nun zwei Säuren, die im Labor leicht ineinander verwandelt werden können, die Ameisensäure und die Kleesäure, nebeneinander, so steigern sich die Unterschiede ins Gegensätzliche:

Hier die stark riechende Flüssigkeit – dort feste, selbst in Wasser nur begrenzt lösliche Kristalle; die eher sublimieren als schmelzen. Hier rasche Entflammbarkeit – dort mühsame Flammenbildung erst bei hohen Temperaturen. In der Kleesäure sehen wir also einen Ausdruck des verfestigten, an den Ort gebundenen Pflanzenlebens, aus dem sie stammt. Bekannt und viel benutzt ist die extrem geringe Löslichkeit ihres Kalksalzes, während die Ameisensäure geradezu als Kalkfresser eingesetzt wird. Ist andererseits die Festigkeit der Kleesäure durch wässrige Lösungen erst einmal überwunden, so entwickelt sie eine noch stärkere Säurewirkung als die Ameisensäure (pH bis 0,7).

Bei der Umwandlung von Formiat in Oxalat entweicht Wasserstoff, bei der Verwandlung von Kleesäure in Ameisensäure Kohlendioxid. In den Charakteren dieser beiden Gase spricht sich aus, was ihre jeweiligen Ursprungssubstanzen unterscheidet: Dem Kosmos zustrebende Wärmehaftigkeit einerseits, erdverbundene isolierende Verfestigungskraft andererseits. In der Ameisensäure tritt uns im Gegensatz zur Kleesäure etwas Lösendes, Bewegliches, ja in Bewegung Versetzendes gegenüber. Die bewegungsverleihenden Imponderabilien wirken aus der Ameisensäure in viele Erscheinungen hinein. So vor allem im Reduktionsvermögen (Silberprobe), in der Brennbarkeit und in der Ätherlöslichkeit, leise aber auch in dem fruchtigen Geruch der Ester und deren Stabilität.

Als Säure hat die Ameisensäure Kraft und Aggressivität, sie wirkt aber schon im Reich der Salze nicht verhärtend und mineralisierend. Als Rheumaarznei zeigt sie auch im Leben eine lösende, Ablagerungen mobilisierende Kraft. Ameisensäure bringt das Stockende in Bewegung. Die Ameise, die überschwere Dinge über den Waldboden zerrt, zeigt uns ein Bild für einen solchen Prozess: Am erstarrten Gegenständlich-Physischen wird von innen herausdringende Tätigkeit unermüdlich wirksam, um etwas zu bewegen.

Übersicht der Zusammenhänge:



* Zu den Imponderabilien als bewegenden, letztlich vom Kosmos stammenden Kräften siehe auch die Schrift zur Chemie der 11. Klasse: „Prozesschemie“ von M. v. Mackensen (2007), dort S. 9 ff.

Konferenz vom Dienstag 6. Februar 1923, 16 Uhr

Dr. Steiner: Wir wollen heute schulhygienische Fragen besprechen, wie es einmal mit Kolisko verabredet worden ist. Ich werde zwar bei diesem Beginn noch nicht auf Einzelheiten der Schülerbehandlung eingehen können, weil dazu notwendig ist, einiges Prinzipielle vorzuschicken. Allein dies wird doch die Grundlage bilden können für ein weiteres Eingehen, das dann auch so geschehen müßte, daß man gewissermaßen typische Fälle herausgreifen würde, die vielleicht sogar dadurch sich ergeben könnten, daß Sie selbst dann einzelne Fragen stellen, die Sie wünschen behandelt zu sehen.

Vorerst möchte ich Sie aber darauf aufmerksam machen, daß ja unsere ganze Waldorfschul-Pädagogik einen therapeutischen Charakter trägt. Die ganze Unterrichts- und Erziehungsmethode selbst ist ja daraufhin orientiert, gesundend auf das Kind zu wirken. Das heißt, wenn man die pädagogische Kunst so einrichtet, daß in jeder Zeit der kindlichen Menschheitsentwicklung das Richtige getan wird, dann ist in der Erziehungskunst, in der pädagogischen Behandlung der Kinder etwas Gesundendes. Wird nämlich das Kind vor dem Zahnwechsel in der richtigen Weise zu einem nachahmenden Wesen gemacht, greift dann die Autorität in der richtigen Weise ein und bereitet die Urteilsbildung in entsprechender Weise vor, so wirkt das alles durchaus gesundend auf den kindlichen Organismus.

Was aber vor allen Dingen ganz besonders notwendig ist bei der Hinorientierung unseres ganzen Verhaltens in der Schule auf eine gewisse Hygiene, das ist, daß dem Lehrer selbst wie in Fleisch und Blut übergegangen ist die Dreigliederung des menschlichen Organismus. Der Lehrer soll gewissermaßen instinktiv bei jedem Kinde ein Gefühl davon haben, ob bei ihm eines der drei Glieder des menschlichen Organismus, das Nerven-Sinnessystem oder das rhythmische System oder das Stoffwechsel-Gliedmaßensystem in seiner Tätigkeit überwiegt, und ob man durch eine Anspornung eines der anderen Systeme etwas zum Ausgleichen eines schädlichen Überwiegens tun soll.

Betrachten wir deshalb einmal heute diesen dreigliedrigen Menschen auch nach dem Gesichtspunkt hin, der ganz besonders für den Lehrer und Erzieher wichtig ist. Wir haben das Nerven-Sinnessystem. Wir fassen es nur dann in der richtigen Weise auf, wenn wir uns dessen bewußt sind, daß eigentlich im Nerven-Sinnessystem eine Gesetzmäßigkeit herrscht, die nicht die physisch-chemische Gesetzmäßigkeit

keit der irdischen Materialität ist, daß sich durch das Nerven-Sinnes-system der Mensch heraushebt aus der Gesetzmäßigkeit der irdischen Materialität. Das Nerven-Sinnes-system ist nämlich in seiner Formung ganz ein Ergebnis des vorirdischen Lebens. Der Mensch hat dasjenige Nerven-Sinnes-system, das er in Gemäßheit seines vorirdischen Lebens mitbekommen hat, so daß, weil eigentlich alle materielle Gesetzmäßigkeit des Nerven-Sinnes-systems aus der irdischen Materialität herausgehoben ist, dieses Nerven-Sinnes-system auch geeignet ist, alle Tätigkeit, die sich auf das Seelisch-Geistige bezieht, in Abgesondertheit zu entwickeln.

Das genau Entgegengesetzte ist der Fall beim Gliedmaßen-Stoff-wechselsystem. Das Gliedmaßen-Stoffwechselsystem ist von allen drei Systemen des Menschen am meisten darauf angewiesen, die äußeren materiellen Prozesse in sich fortzusetzen, so daß also, wenn man die Prozesse kennenlernt, die auf der Erde sich abspielen durch Physik und Chemie, so lernt man kennen, welche Prozesse sich in den Menschen hinein fortsetzen, insofern er ein Gliedmaßen-Stoff-wechselsystem hat; man lernt aber gar nichts kennen über die Gesetze, die in seinem Nerven-Sinnes-system sind.

Das rhythmische System steht zwischen beiden darinnen und gleicht gewissermaßen schon naturgemäß die beiden Extreme aus.

Die Dinge sind aber so, daß sie bei jedem Menschen, und eigentlich am meisten bei den Kindern, individuell gestaltet sind. Es überwiegt die Tätigkeit des einen Systems immer die andere, und man muß zur Ausgleichung das Nötige tun. Dazu ist es notwendig, daß man eine Möglichkeit sich aneignet, aufmerksam zu sein, wie die Kinder sich äußern, so daß die Äußerung dann für einen gewissermaßen die Offenbarung wird, was man mit dem Kinde zu tun hat, um es völlig harmonisch gesund zu bekommen.

Und da handelt es sich darum, daß man zum Hygienischen in der Tat sich klarzumachen hat, daß zum Beispiel auf das Nerven-Sinnes-system in günstiger Weise gewirkt werden kann, wenn man gerade die richtige Kochsalzmenge den Speisen beizubringen weiß, die die Kinder zu genießen haben. So daß also, wenn man bemerkt, ein Kind ist gewissermaßen leicht dazu geneigt, unaufmerksam zu sein, flüchtig hinwegzugehen über dasjenige, was man als Lehrer entwickelt vor dem Kinde – das Kind ist, man könnte auch sagen, zu sehr ein Sanguiniker oder ein Phlegmatiker –, dann wird man auf irgendeine Weise es bewirken müssen, daß das Kind die Bildekkräfte angeregt bekommt, die es befähigen, stärker aufmerksam zu sein auf die Außenwelt, und das geschieht durch Beibringung des Salzigen.

Man wird nachgehen können, wenn man, sagen wir, Kinder hat in der Schule, die unaufmerksam sind, die Flüchtigkeit entwickeln, man wird nachgehen können und finden, daß dann der Organismus nicht in der richtigen Weise Salziges verarbeitet.

Es wird oftmals nicht hinreichen, wenn der Fall ganz besonders auffällig liegt, daß man den Rat gibt, in die Speisen soll Salz aufgenommen werden. Man wird bemerken, daß aus irgendeiner Unkenntnis oder Schlampigkeit heraus die Eltern die Speisen zu wenig salzen; da kann man mit Ratschlägen bei der Hand sein. Es kann aber auch sein, daß der Organismus als solcher die Salzaufnahme verweigert. In einem solchen Falle kommt man der richtigen Salzaufnahme zu Hilfe dadurch, daß man in einer entsprechend sehr verdünnten Dosierung Bleiverbindungen verwendet. Denn Blei ist dasjenige, was den menschlichen Organismus anregt, das Salzartige in der richtigen Weise zu verarbeiten, bis zu einer gewissen Grenze hin. Geht es über diese Grenze hinaus, so wird der Organismus natürlich krank davon. Es handelt sich darum, daß man es zur richtigen Grenze bringt, und man muß bemerken, daß ein Kind gewissermaßen, ich will sagen, die ersten Spuren einer gehirnrachitischen Anlage hat. Das haben viele Kinder. Dann merkt man, daß man den ganzen Heilungsprozeß in die Linie bringen muß, die ich jetzt eben angedeutet habe.

Nun besteht tatsächlich ein großer Mangel bei vielen Erziehungssystemen, daß man eben auf solche Dinge gar nicht achtet, daß man zum Beispiel schon das Äußere der Kinder gar nicht beachtet. Man wird sich vor eine Schule hinstellen können und wird bemerken können, man hat großköpfige Kinder und kleinköpfige Kinder vor sich. Die großköpfigen Kinder sind in der Regel diejenigen, die so behandelt werden müssen, wie ich es Ihnen dargelegt habe. Die Kleinköpfigen werden nicht so zu behandeln sein, sondern so, wie ich es Ihnen nachher sagen werde. An der besonders physisch großen Kopfausbildung zeigt sich also dasjenige, was ich jetzt an Mängeln durch Flüchtigkeit und durch zu starkes Phlegma angedeutet habe. Nun haben wir dann diejenigen Kinder, die, ich möchte sagen, die entgegengesetzte Anlage haben, deren Gliedmaßen-Stoffwechsellsystem nicht stark genug in die Tätigkeit des ganzen Menschen eingreift. Ich möchte sagen, solche Kinder besorgen ja organisch ihren Stoffwechsel, aber sie dehnen dasjenige nicht genügend aus in ihr ganzes menschliches Wesen, was eben der Stoffwechsel für den ganzen menschlichen Organismus sein soll. Solche Kinder zeigen äußerlich der Beobachtung, daß sie gerne brüten, daß sie aber auch wiederum von äußeren Eindrücken zu stark irritiert werden, daß sie zu stark

reagieren auf äußere Eindrücke. Solche Kinder werden in ihrem ganzen organischen System dadurch gebessert, daß man sorgt dafür, daß dieses organische System in der richtigen Weise seine Zuckermenge bekommt.

Bitte, studieren Sie nur einmal die Entwicklung der Kinder nach folgender Richtung hin. Es gibt Eltern, die überfüttern ihre Kinder, solange sie klein sind, mit allerlei Bonbons und so weiter. Diese Kinder werden, wenn sie zur Schule kommen, immer solche Kinder, die sich seelisch und geistig und damit auch körperlich nur mit sich selbst beschäftigen wollen; die da brütend werden, wenn sie nicht genug Süßigkeit in ihrem Organismus fühlen, die nervös, irritiert werden, wenn ihnen eben zu wenig Zucker zukommt. Da muß man aufmerksam sein, denn wenn solche Kinder dauernd zu wenig Zucker bekommen, so zerfällt allmählich der Organismus. Er wird brüchig, die Gewebe werden spröde, er verliert nach und nach sogar die Fähigkeit, den Zucker in den Nahrungsmitteln in der richtigen Weise zu verarbeiten. Man muß dann dafür sorgen, daß den Nahrungsmitteln in der richtigen Weise Zucker zugesetzt wird. Aber es kann auch so sein, daß der ganze Organismus gewissermaßen sich weigert, die Zuckerstoffe in der richtigen Weise zu verarbeiten. Da muß man dann wieder diesem Organismus zu Hilfe kommen dadurch, daß man Silber fein dosiert gibt.

Nun sehen Sie, für den Lehrer und Erzieher kann aber das ganze seelisch-geistige Leben des Kindes zu einer Art Symptomatik werden für die richtige oder unrichtige Organisation des Körpers. Wenn ein Kind zu wenig Anlage zeigt zum unterscheidenden Vorstellen, wenn es alles zusammenwirft im Vorstellen, wenn es nicht ordentlich unterscheiden kann, so ist das Nerven-Sinnes-system nicht in Ordnung. Man hat also an der Mühe, die man hat mit dem Kinde, um es zum Unterscheiden zu bringen, zugleich ein Symptom, daß das Nerven-Sinnes-system nicht in Ordnung ist, und man muß sich so verhalten, wie ich es Ihnen eben beschrieben habe.

Hat ein Kind zu wenig Fähigkeit zum synthetischen Vorstellen, zum konstruktiven Vorstellen, kann es sich nicht die Dinge verbildlichen, ist es namentlich in der Kunst eine Art kleiner Botokude, wie es ja bei den heutigen Kindern sehr häufig der Fall ist, dann ist das ein Symptom für das Nicht-in-Ordnung-Sein des Gliedmaßen-Stoff-wechselsystems, und man muß nach der anderen, nach der zuckerigen Seite nachhelfen. Das ist überhaupt sehr wichtig, daß man auch in hygienisch-therapeutischer Beziehung darauf sieht, ob das unter-

scheidende Vorstellen oder das künstlerisch-synthetische Vorstellen beim Kinde fehlt.

Nun kommt dazu noch etwas anderes. Denken Sie sich, Sie haben ein Kind, dem dieses unterscheidende Vorstellen deutlich fehlt, das kann dann auch ein Zeichen dafür sein, daß das Kind seinen astralischen Leib und sein Ich zu sehr ablenkt von der Nerven-Sinnesorganisation, und man hat dann nötig, dafür zu sorgen, daß das Kind in irgendeiner Weise den Kopf abgekühlt bekommt, zum Beispiel daß das Kind am Morgen eine kühle Abwaschung bekommt.

Ist das andere der Fall, daß das Kind unkünstlerisch ist, daß das synthetische, konstruktive Vorstellungselement fehlt, daß es nicht warm empfindet bei dem, was man ihm beibringen will, dann will der astralische Leib nicht richtig eingreifen in den Stoffwechsel-Gliedmaßenorganismus, und dann muß man versuchen, dem dadurch abzuhelfen, daß man dafür sorgt, daß das Kind die Unterleibsorgane zur geeigneten Zeit richtig durchwärmt erhält.

Man darf solche Dinge nicht unterschätzen. Diese Dinge sind außerordentlich wichtig. Und man sollte zum Beispiel das wirklich nicht als eine Art Abirrung ins Materialistische ansehen, wenn ein Kind gar keine Anlage zum Beispiel zum Malen hat, oder keine Anlage zum Musikalischen zeigt, man sollte es nicht als eine Abirrung ins Materialistische ansehen, wenn man den Eltern rät, sie sollen dem Kinde zwei- bis dreimal in der Woche am Abend, so daß es in der Nacht das behält, einen warmen Bauchumschlag machen.

Sehen Sie, man hat heute eben zu stark eine Verachtung für die materiellen Maßnahmen, man überschätzt die abstrakt intellektuellen Maßnahmen. Aber man sollte diese falsche Ansicht von heute dadurch korrigieren, daß man sich vorhält, daß die göttlichen Mächte ihren Geist für die Erde dazu verwenden, alles auf materielle Weise zu erreichen. Die göttlich-geistigen Mächte lassen es im Sommer warm und im Winter kalt werden; das sind geistige Wirksamkeiten, die durch materielle Mittel von den göttlich-geistigen Mächten erreicht werden. Würden die Götter das durch Menschenerziehung erreichen sollen oder durch intellektuelle oder moralische Unterweisung, was sie mit dem Menschen dadurch erreichen, daß er im Sommer schwitzt und im Winter friert, so würde es falsch sein. Sie müssen also nicht unterschätzen das Einwirken durch materielle Mittel auf die Kinder. Solche Dinge muß man stets im Auge haben. Nun ist ein anderes Symptom für, ich möchte sagen, denselben organischen Fehler, daß beim Mangel an synthetischem Denken auftritt das Blaßwerden der Kinder. Die Kinder werden einem blaß in der

Schule. Das Blaßwerden der Kinder ist in einer ähnlichen Weise zu behandeln wie der Umstand, daß der astralische Leib nicht in das Stoffwechsel-Gliedmaßensystem richtig hinein will. Und man wird durch dieselben Mittel erreichen, daß das Blaßwerden nachläßt, weil das Kind dadurch, daß man ihm, sagen wir, warme Bauchumschläge gibt, tatsächlich sein ganzes Stoffwechsel-Gliedmaßensystem in Schwung versetzt, so daß dann der ganze Stoffwechsel durch alle Systeme des Organismus hindurch in einer regeren Weise sich entwickelt.

Entwickelt er sich zu stark durch das System durch, so daß man nur eine Kleinigkeit notwendig hat bei einem Kinde, das dasitzt — man sagt nur etwas Weniges, das Kind bekommt gleich einen roten Kopf, ärgert sich furchtbar —, das ist genau ebenso zu behandeln, wie daß der Astralleib und das Ich nicht ordentlich in das Nerven-Sinnes-system hinein wollen, und man hat nötig dann, wie gesagt, kühle Abwaschungen des Kopfes am Morgen mit dem Kinde vornehmen zu lassen.

Es ist für den Lehrer und Erzieher eben in hohem Grade wichtig, daß er den Gesundheitszustand des Kindes in einem gewissen Sinne voraussieht und prophylaktisch wirken kann. Das ist natürlich weniger dankbar als das Heilen, wenn der Krankheitsprozeß da ist, aber es ist für das kindliche Alter das wesentlich Wichtigere.

Nun aber handelt es sich natürlich darum, daß man unter Umständen die Dinge, die man beim kindlichen Organismus gerade durch Anwendung eines Prozesses, der nach der oder jener Richtung hin heilend wirkt, daß man diesen wieder zurückdämmen muß. Sehen Sie, ich möchte sagen, wenn Sie ein Kind in der Weise, wie wir es angegeben haben, eine Zeitlang mit Blei behandeln, müssen Sie den Prozeß, der da im ganzen Organismus angerichtet wird, wieder vernarben. Haben Sie also ein Kind eine Zeitlang mit Blei behandelt, und haben Sie das erreicht, was Sie wollen, ist es gut, wenn Sie es dann kurz mit irgendwelchen Kupferverbindungen behandeln, damit kein Rest zurückbleibt von dem Prozeß, der durch das Blei hervorgerufen worden ist.

Haben Sie die Notwendigkeit gehabt, das Kind eine Zeitlang mit Silber zu behandeln, so behandeln Sie es hinterher, damit der Prozeß innerlich vernarbt, mit Eisen.

Nun möchte ich noch dieses sagen: Wenn man merkt, daß ein Kind gewissermaßen sich in seinem Organismus verliert, also nicht die gehörige innerliche Festigkeit hat, sagen wir zum Beispiel, das Kind leidet zu stark an Diarrhöe, oder das Kind ist ungeschickt in seiner

Gliederbewegung, es schlenkert mit den Armen und Beinen, wenn es Dinge angreift, so läßt es sie wieder fallen, solche Dinge sind der erste Keim zu stark die Gesundheit irritierenden Prozessen im späteren Menschenleben. Man sollte nie darüber hinweggehen, wenn ein Kind häufiger Durchfall hat oder zu stark Wasser läßt, oder die Gegenstände so ungeschickt angreift, daß es sie wieder fallen läßt, oder überhaupt im Angreifen der Gegenstände Ungeschicklichkeiten zeigt. Man sollte nie über eine solche Sache einfach hinweggehen. Der Lehrer sollte zum Beispiel immer ein scharfes Auge darauf haben — er wirkt dadurch, ich möchte sagen, als hygienischer Arzt —, er sollte ein scharfes Auge darauf haben, stets zu beobachten, wie das Kind geschickt oder ungeschickt seinen Griffel hält oder die Kreide hält, wenn es an der Tafel schreibt. Ich erwähne diese Dinge aus dem Grunde, weil man durch vorübergehendes Ermahnen in diesen Dingen nicht viel erreicht. Da kann nur derjenige wirken, der dauernd in einer Klasse seine Tätigkeit hat. Dagegen können Sie durch äußere therapeutische Mittel außerordentlich viel erreichen. Geben Sie dem Kinde dünn dosiert Phosphor in einem solchen Falle, so werden Sie sehen, daß es Ihnen verhältnismäßig leicht wird, dann mit Ermahnungen bezüglich Ungeschicklichkeiten, ja bezüglich der organischen Schwächen, die ich Ihnen geschildert habe, mit dem Kinde zurechtzukommen. Phosphor, oder wenn die Sache mehr innen sitzt, zum Beispiel, wenn das Kind, sagen wir, zu leicht Darmgase entwickelt, Schwefel. Wenn es mehr nach außen sichtbar wird, dann Phosphoriges. Raten Sie in einem solchen Falle den Eltern, dem Kinde in die Nahrungsmittel etwas hineinzugeben, was in farbig blühenden Pflanzenblüten drinnen seinen Sitz hat. Also radikal gesprochen, nehmen Sie zum Beispiel ein Kind, das stark bettnäßt, dann werden Sie gewiß in der therapeutischen Behandlung viel erreichen durch eine Phosphorkur, aber auch diätetisch geradezu dadurch, daß Sie raten, etwas schwachen Paprika oder Pfeffer den Speisen zuzusetzen, so lange es nötig ist. Man muß das erwägen an der Art und Weise, wie sich das Kind nachher gibt.

Es ist bei diesen Dingen aber wirklich notwendig, daß in der richtigen Weise das Lehrerkollegium zusammenwirkt. Wir sind ja in der glücklichen Verfassung, mit Herrn Dr. Kolisko ein ärztliches Mitglied des Lehrerkollegiums zu besitzen, und ohne sich mit ihm zu besprechen, sollen einzelne Indikationen nicht gemacht werden, weil schon eine gewisse Vorkenntnis in chemisch-physiologischen Dingen notwendig ist, wenn man zum richtigen Urteil kommen soll. Aber für jeden Lehrer ist es notwendig, ein Auge auszubilden für diese Dinge.

Bei solcher Gelegenheit aber, meine lieben Freunde, muß man doch immer wieder und wieder erwähnen, daß vor allen Dingen schon durch den Unterricht selber dafür gesorgt werden sollte, daß das Sinnes-Nervensystem auf der einen Seite und das Gliedmaßen-Stoffwechselsystem auf der anderen Seite sich in der richtigen Weise zueinander verhalten. Daß sie sich nicht in der richtigen Weise verhalten, zeigt sich durch jede Unregelmäßigkeit des rhythmischen Systems. Merkt man in der geringsten Weise beim Kinde eine Unregelmäßigkeit in der Atmung, eine Unregelmäßigkeit in der Zirkulation, so sollte man das sofort beachten, denn dieses System ist das organische Barometer für das unrichtige Zusammenwirken, ich möchte sagen, des Kopf- und des Gliedmaßen-Stoffwechselorganismus. Man sollte dann, wenn man so etwas bemerkt, erstens sich sofort fragen, was ist da nicht in Ordnung im Zusammenwirken der beiden Systeme; zweitens aber sollte man — ich will heute nicht eingehen auf einzelne Dinge, Hygienisches des Schulzimmers, davon wollen wir das nächste Mal reden; ich will heute nur etwas Prinzipielles sagen —, ebenso sollte man wirklich sich ganz klar darüber sein, daß man im Unterricht in der entsprechenden Weise abwechseln muß zwischen einem Element, das das Kind dazu bringt, an seine Peripherie, an seine Körperperipherie zu gehen, und dann wieder einem solchen, das es dazu bringt, in sich hineinzugehen.

Ein Lehrer in der Klasse, der zwei Stunden unterrichten kann, ohne daß er in diesen zwei Stunden die Kinder irgendwie zum Lachen bringt, ist ein schlechter Lehrer, weil er die Kinder niemals dazu veranlaßt, an die Oberfläche ihres Körpers zu gehen. Ein Lehrer, der es nicht dazu bringt, in leisester Weise wenigstens die Kinder zu rühren durch etwas, daß sie in sich gehen, ist auch ein schlechter Lehrer, denn es muß ein Abwechseln sein, extrem gesprochen, zwischen humorvoller Stimmung, indem die Kinder lachen, es braucht nicht zum Lachen zu kommen, sie müssen innerlich lustig sein — und tragischer, gerührter Stimmung, Weinen, sie brauchen nicht zu flennen, aber sie müssen in sich gehen. Das ist dasjenige, was notwendig ist, Stimmung hineinzubringen in den Unterricht. Das ist eine hygienische Maßregel, diese Möglichkeit, Stimmung hineinzubringen in den Unterricht.

Tragen Sie Ihre eigene Schwere, die in Ihrem Privatleben berechtigt sein mag, in den Unterricht hinein, so sollten Sie eigentlich lieber nicht Erzieher sein. Es ist durchaus nötig, daß man die Kinder auch an die Körperperipherie des Erlebens bringt. Wenn man es nicht anders kann, so versuche man wenigstens, am Ende der Stunde

irgendeinen Schwank zu erzählen. Wenn man sie in der ganzen Stunde in der ernstesten Weise angestrengt hat, daß sie förmlich eine Art von Hautkrampf in ihrem Gesicht bekommen haben vor Anstrengung ihres Gehirns, so erzählt man ihnen wenigstens am Schluß irgendeine Schnurre; das ist etwas, was durchaus notwendig ist.

Nur gibt es ja die Möglichkeit, nach allen Richtungen hin gegen diese Dinge zu sündigen. Sie können zum Beispiel gegen die ganze gesundheitliche Verfassung des Kindes sündigen, wenn Sie es eine Stunde beschäftigen mit dem, was man gewöhnlich Grammatik nennt. Die Kinder brauchen sich nur zu beschäftigen mit der Unterscheidung von allem, was man Subjekt, Objekt, Attribut, Indikativ, Konjunktiv und so weiter nennt, mit all den Dingen, die es nur halb interessieren, dann versetzt man das Kind in die Lage, daß, während es da unterscheiden muß, ob irgend etwas Indikativ ist oder Konjunktiv, daß es dazu sein ganzes Frühstück, von der Seele unbeeinflußt, in seinem Organismus kochen läßt, und man kultiviert dann für eine Zeit, die vielleicht fünfzehn bis zwanzig Jahre später liegt, eine richtige Magenverstimmung bei dem Kinde, wie Darmkrankheiten und so weiter. Die Gedärmkrankheiten kommen sehr häufig von dem Unterricht in Grammatik. Das ist schon etwas, was außerordentlich wichtig ist. Und wirklich, die ganze Stimmung, die der Lehrer in die Schule hineinträgt, die ist durch unzählige feine Verstrickungen so, daß sie sich überträgt auf die Kinder.

Nun, in dieser Beziehung ist ja in den früheren Auseinandersetzungen, die hier gepflogen worden sind, bei dieser oder jener Gelegenheit viel gesagt worden. Und gerade nach dieser Richtung bedarf auch die innere Belebung unseres Waldorfschulunterrichts noch eben mancher Verbesserung. Und wenn ich da etwas in einer positiven Weise sagen sollte, würde ich dennoch immer wieder betonen müssen, daß es in höchstem Grade wünschenswert wäre — ich weiß, Ideale lassen sich nicht gleich erfüllen —, daß es wünschenswert wäre, daß der Waldorflehrer ohne Konzept den Unterricht erteilte, daß er also wirklich so weit vorbereitet ist, daß er den Unterricht ohne Konzept erteilen kann, ohne daß er nötig hat, während des Unterrichts in irgendeiner Weise zu etwas für ihn Notiertem seine Zuflucht zu nehmen. Denn es wird sogleich dieser notwendige innere Kontakt mit der Schülerschaft unterbrochen, wenn der Lehrer notwendig hat, in Notizen nachzuschauen. Das sollte er eigentlich niemals haben. So etwas ist ein Ideal. Ich spreche das nicht in der Form eines Tadels aus, sondern in der Form, daß ich Sie eben auf etwas, was von fundamentaler Bedeutung ist, aufmerksam mache. Diese Dinge sind

alle wichtig auch in hygienischer Beziehung; denn die Stimmung des Lehrers lebt durchaus in der Stimmung der Kinder weiter, und ein klares Bild von dem, was man vorbringen will, muß man eigentlich in die Klasse hineinbringen. Dann bekommt man Kinder, welche wirklich über manche Stoffwechselstörungen leichter hinwegkommen, als Kinder, die in einer Klasse sitzen, in der der Lehrer alles, was er vorbringt, aus dem Buche vorbringt.

Es ist ja so, daß in älteren Zeiten der Menschheitsentwicklung das Lehren überhaupt als ein Heilen aufgefaßt worden ist. Man betrachtete den menschlichen Organismus so, daß er eigentlich immer die Tendenz hat, durch sich selbst ins Krankhafte zu verfallen, das man dadurch, daß man ihn unterrichtet und erzieht, fortwährend zu heilen hat. Wenn man sich mit diesem Bewußtsein durchdringt, daß eigentlich jeder Lehrer in gewissem Sinne der Arzt seiner Kinder ist, dann ist das außerordentlich gut.

Nur muß der Lehrer die Kunst verstehen, damit er gesunde Kinder in der Schule hat, sich zu überwinden. Man sollte eigentlich suchen, sich, das heißt seinen Privatmenschen, wirklich nicht in die Klasse hineinzutragen, sondern man sollte ein Bild von dem haben, was man wird durch den Stoff, den man in irgendeiner Stunde behandelt. Dann wird man durch den Stoff etwas. Dasjenige, was man selber durch den Stoff wird, das wirkt außerordentlich belebend auf die ganze Klasse. Der Lehrer sollte fühlen, daß, wenn er selbst indisponiert ist, er durch den Unterricht die Indisposition wenigstens bis zu einem gewissen Grade überwindet, dann wird er in der denkbar günstigsten Weise auf die Kinder wirken. Aus der Stimmung heraus sollte er unterrichten: für mich selber ist das Unterrichten etwas Heilsames. Ich werde aus einem morosen Menschen ein lustiger Mensch, während ich unterrichte.

Es ist so, daß wenn man einen solchen Zusammenhang sich denken kann – denken Sie einmal, Sie gehen in eine Klasse herein, und in dieser Klasse sitzt ein Kind; es geht aus der Schule nach Haus. Es hat – natürlich durch etwas ganz anderes, ich will nicht sagen durch den Unterricht, das kommt bei Waldorflehrern nicht vor –, es hat es nötig, von seinen Eltern, wenn es nach Hause kommt, ein Brechmittel zu bekommen. Gewiß nicht durch den Unterricht! Das kommt ja nur in anderen Schulen vor. Sie können aber nicht wissen, wenn Sie in dieser Stimmung in eine Klasse hineingehen: der Unterricht macht mich selbst aus einem morosen Menschen zu einem innerlich lustigen Menschen – ob Sie nicht gerade dadurch dem Kinde, das ein Brechmittel hätte bekommen sollen, das ersparen. Es

kann seine Sache verdauen, indem Sie ordentlich in der Klasse sind. Überhaupt die moralische Verfassung des Lehrers hat eine große hygienische Bedeutung.

Das sind die Dinge, von denen ich heute habe zu Ihnen sprechen wollen. Die werden nun zunächst weiter verarbeitet werden.