

Eugen Kolisko, „Auf der Suche nach neuen
Wahrheiten“ 1989 *SK*

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.⁶⁹ 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 sie dann 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 cholerischen 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 Uniform 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 Lötrohr 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
96 chemisch ein komplexerer Vorgang.
(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*.

* siehe Anmerkung vorige Seite

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 verflüchtigten. 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-

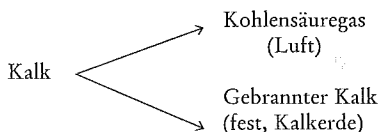
lisieren aus dem Wasser gebildet. Was von ihnen aber sich wiederum auflöst, geht von neuem in die Kalkschalenbildung der Meerestiere und in die Knochenbildungen ein. Man kann den Kalk gar nicht ohne Beziehung zum Tierreich betrachten. In früheren Zeiten wußte man dies, und aus diesem Wissen ist der alte 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 Verschluß 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.

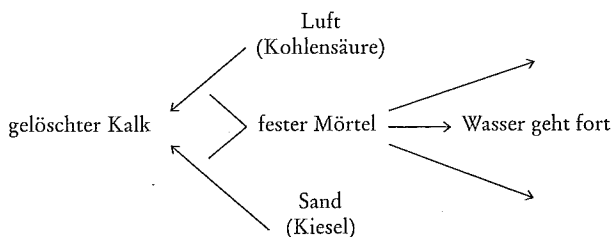
Wir gehen hier vom Kalk aus als dem natürlichen, in die organischen Prozesse der Knochen und Schalenbildung hinein verwobenen Stoffe. Dann erst leiten wir dasjenige ab, was durch Differenzierung aus ihm entsteht. Aus dem organischen Prozeß geht der Kalk hervor, und dieser erweist sich unter dem Einflusse 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

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 kohlensaurer Kalk bekommen, der die Steine der Häuser zusammenhält. Er ist verbunden mit dem Kiesel. Doch hatten wir schon vorher kohlensaurer Kalk, als der Kalk noch im Steinbruch lag . . . Warum haben wir überhaupt die Sache gemacht, wenn wir doch zuletzt wieder das gleiche herausbekommen? Zuerst war kohlensaurer Kalk da, und zuletzt in den Häusern ist es wieder kohlensaurer Kalk. Aber indem wir den kohlensaurer Kalk gespalten und dann wiederum zusammengefügt haben, sind die Häuser festgefügt worden. Der Mensch hat so eingegriffen, daß er aus dem kohlensaurer 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 Wiedervereinigung 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 Leistungen ausführen zu lassen. Der gestaute See liefert Wasserkraft, wenn man die Stauung aufhebt. 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-laugenhafte 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 Laugenhaften, im Sprossenden dagegen, in den Blättern, bis in die Früchte hinein die Pflanzensäure. So schmeckt zum Beispiel der Klee* sauer, aber die Wurzeln mehr laugenhaft 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 Laugenhaftes. 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 Kalklösen. 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 Kohlensäuregas 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 vereinigt.

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)

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 Jungferunquecksilber. 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.