

Manfred von Mackensen, „Vom Kohlenstoff zum Äther“ 2004

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 „Frucht-äthern“ 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 Chemiepoche 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 Worte, 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 Gas-komponenten 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.u.) 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 „Anfachend“, „Brennbar“ und „Ausgeglichen“ erlernt. Alle Substanzen der Welt sind letztlich verschiedene Verflechtungen und Vereinseitigungen 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. Denn 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 inhaltsvolle, tatsächennahe 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 Bildeweg 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 wässerig-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 Wässerig-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 Wässerige 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 Einseitigkeit.

Betrachten wir dagegen die Fruchtentstehung, so können wir ein Zurückkehren in den das Wässerige 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 aufwallenden Wärme. In ihr leben wir. Verfestigend-Bewahren-dem 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.

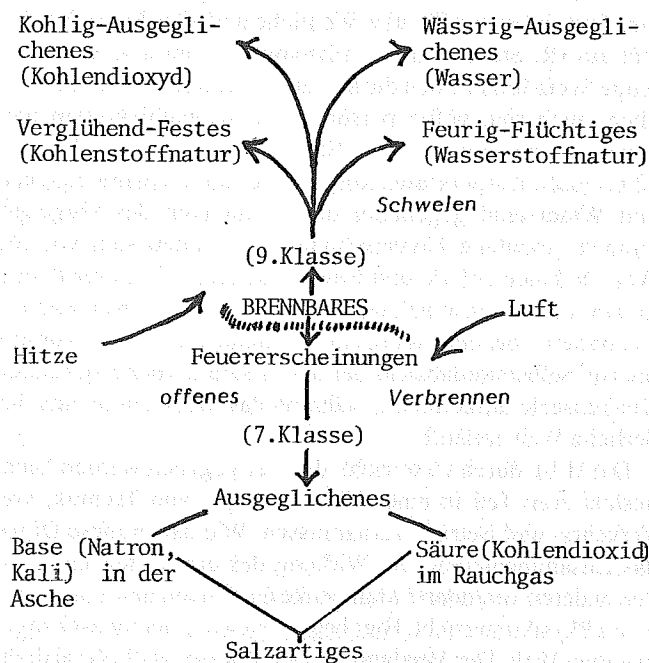
Den Auftakt würde ein im Grunde anorganisches Thema bilden (Kohlensäure und Verbrennung). Obwohl das noch nicht das eigentliche Thema der Epoche, nämlich die zarten Wandlungen der inneren Naturen aufklingen lässt, hat es sich als Einstieg für den Anfänger einigermaßen bewährt. Vermutlich liegt das daran, 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 -schwelen begonnen. Die Luftzusammensetzung wurde dann ohne gesonderte Experimente irgendwo anknüpfend mitgeteilt und das Kohlendioxid kurz als Abgas der Holzkohलगlut 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 verglühar-feste Natur entwickelt man zuerst, etwa an den kohlgigen 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 Brennbaren ausgehen. In der 8. Klasse wurde dieses Brennbare ganz in den Ernährungsbezug hinaufgehoben. Das Erscheinungsbild von Stärke und Eiweiß, Zucker und Fett wurde durchforscht. In der 9. Klasse nun wird dieses Brennbare 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 kausal-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, Druckminderer) – 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 Korns, kommt über Mahlen, Windsichten zum Ausschwemmen 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 umschauende 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 entluden 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-Kühler: 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.

Genaue 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 Schriften-~~
~~liste S. 56.~~