

Wolfgang Schad

Zum Chemie-Unterricht in der Waldorfschule

Der Chemie-Unterricht ist in den Waldorfschulen ein umstrittenes Gebiet. Einerseits möchte man die Schüler erlebnisnah an die chemischen Stoffe und Prozesse heranführen, andererseits fordern die Formeln spätestens in der Abiturvorbereitung ihr Recht, und mindestens die Eltern haben den Wunsch, daß die Schüler die übliche Chemie nicht erst vor den Prüfungen kennenlernen. Doch auch unter den studierten Chemielehrern gibt es ganz unterschiedliche Ansätze, zwischen denen bisher zu wenig Dialog stattfand. Um Bewegung in diese Situation zu bringen, wurde Wolfgang Schad – früher Oberstufenlehrer und Waldorfseminar-Dozent, jetzt in der Forschung tätig – gebeten, auf der naturwissenschaftlichen Tagung am Goetheanum in Dornach am 4. 10. 1997 einen Vortrag zu halten, der sich als ein Diskussionsbeitrag dazu versteht. Wenn sich Schad auch zunächst an Fachleute wandte, möchten wir unseren Lesern doch den Einblick in diese Diskussion nicht vorenthalten. – Der Text wurde für die »Erziehungskunst« bearbeitet und gekürzt. Red.

Einen fertigen Lehrplan hat Rudolf Steiner den ersten Waldorflehrern bei Begründung der Stuttgarter Mutterschule nicht gegeben, jedoch in den folgenden Aufbaujahren wichtige Hinweise hinterlassen.¹ Mit einer genaueren Ausarbeitung des Chemie-Lehrplans für die Mittel- und Oberstufe beauftragte Steiner Eugen Kolisko, den ersten Schularzt der jungen Schule. Steiner schätzte die – wie er sie nannte – »Kolisko'sche Chemie«, an die später der holländische Waldorfpädagoge Frits Julius mit seinem weiterführenden Werk anschloß.² Dagegen lehnte er die von Kolisko und anderen geführte Diskussion über eine fragliche Existenz der Atome vehement ab.³ Steiner war darauf aus, daß der Waldorfschüler in der Oberstufe das Modernste der Natur-

- 1 E. A. Stockmeyer: Angaben Rudolf Steiners für den Waldorfunterricht, Manuskriptdruck, Stuttgart 1988, S. 214 ff.
- 2 F. Julius: Stoffeswelt und Menschenbildung. Teil I: Chemie an einfachen Phänomenen dargestellt. Teil II: Grundlagen einer phänomenologischen Chemie. Stuttgart (Verlag Freies Geistesleben) 1960/1965
- 3 R. Steiner: Anthroposophische Gemeinschaftsbildung. Vortrag vom 30.1.1923, S. 41/42. GA 257, Dornach 1989



Johann Wolfgang Döbereiner (1780–1849), 1810 von Goethe zum Professor für Chemie nach Jena berufen, war mit seiner Entdeckung der Triadenregel der Wegbereiter des Periodensystems. (Aus: H. Wahl / A. Kippenberg: Goethe und seine Welt, Leipzig 1932)



Jacobus Henricus van't Hoff (1852–1911) als Student in Bonn, wo er 21jährig die Grundlagen der Stereoisomerie entdeckte und damit den Weg zur modernen Biochemie bahnte. (Aus: E. Cohen: J. H. van't Hoff. Sein Leben und Wirken, Leipzig 1912)

wissenschaft mitbekam.⁴ Denn er erkannte die Bedeutung der atomaren Struktur der Materie an.⁵

So hat es schon in den ersten Zeiten der Waldorfpädagogik hinsichtlich der Chemie Meinungsverschiedenheiten gegeben, die bis heute nicht nachgelassen haben. Nun ist gegen eine positive Streitkultur nicht nur nichts einzuwenden, sondern sie ist zu begrüßen. Nur war sie doch wohl im Laufe der Jahrzehnte nicht so fruchtbar wie zu wünschen.

Dieser Befund fordert die Ursachenfrage heraus. Sie ist auf drei Ebenen anzugehen: auf der wissenschaftsgeschichtlichen Ebene, im Blick auf die Chemie in der Waldorfpädagogik und mit der Frage nach der besonderen Natur der Chemie als solcher.

4 Am Beispiel der Astronomie vgl. Thomas Schmidt: Die Wissenschaftlichkeit der Astronomie im Unterricht, in: »Erziehungskunst« Heft 1/1998, S. 15-26

5 R. Steiner: Die Tempellegende und die Goldene Legende. Vortrag vom 21.10.1905, S. 195. GA 93, Dornach 1982. Ders.: Mythen und Sagen. Okkulte Zeichen und Symbole. Vortrag vom 21.10.1907, S. 133/134. GA 101, Dornach 1987. Siehe dazu E. Bindel u. A. Blickle: Das Periodische System der Elemente als Schöpfungsurkunde, in: Die Drei, Heft 2/3, 1984, S. 90-107

Zur Wissenschaftsgeschichte der Chemie

Wie die Botanik aus der Heilkräuterkunde, so ist die Chemie aus der praktischen Metallurgie des Mittelalters hervorgegangen. Im Übergang vom 18. ins 19. Jahrhundert führte die messende Methode zur Entdeckung der Stöchiometrie⁶ und ihrer Deutung durch den Atomismus. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Analyse in die Elemente und ihre Synthese so weit getrieben, daß das Periodische System und die Stereoisomerie⁷ entdeckt wurden. Diese beiden Entdeckungen sind gerade unter »goetheanistischem«⁸ Blickwinkel höchst aufschlußreich. Im Periodischen System kommen »Polarität und Steigerung«, Siebenstufigkeit und zahlreiche Stoffverwandtschaften zum Ausdruck. Die Stereoisomerie eröffnete ihrerseits den Blick dafür, daß die Qualitäten der Verbindungen nicht nur vom Was der darin eingegangenen Elemente, sondern vom Wie ihrer Raumgestaltung ab-



Abb. 1

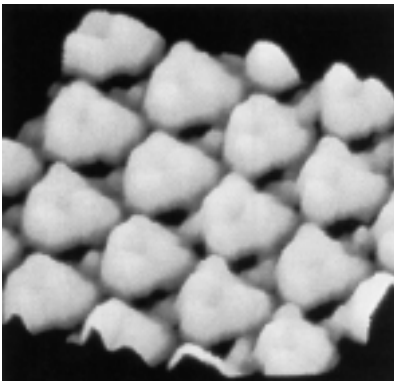


Abb. 2

- 6 Stöchiometrie ist die Lehre von den Mengenverhältnissen bei chemischen Verbindungen und Reaktionen.
- 7 Stereoisomerie: die Entdeckung, daß chemische Verbindungen, die die gleiche Anzahl gleichartiger Atome enthalten, unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, wenn die räumliche Anordnung der Atome im Molekül verschieden ist.
- 8 »Goetheanistisch« ist die an Goethe anknüpfende naturwissenschaftliche Betrachtungsweise. Ein Gesichtspunkt ist »Polarität und Steigerung«: Gegensätzliche Erscheinungen können sich auf höherer Stufe miteinander vereinigen.

Abb. 1, links: Doppelhelix der Desoxyribonukleinsäure, 106x. Rastertunnelmikroskopische Aufnahme 1989, Berkley Kalifornien, B. Kobbe: *Das erste Foto von den Bausteinen des Lebens. Bild der Wissenschaft* 25(4):12.1989.

Abb. 2, links: Die ersten Bilder von Benzolringen. B. Kobbe in: *Bild der Wissenschaft* 24(10):34. 1988.

Abb. 3, rechts: Kupfer-Hexadecachlorphthalocyanin. Elektronenmikroskopische Aufnahme 1970, Kyoto-Universität/Japan. N. Uyeda et al. in: *Internationaler Kongreß für Elektronenmikroskopie, Grenoble 1970*, 1:23. Paris 1970. Siehe auch *Naturwissenschaftliche Rundschau* 24(7):307. 1971.

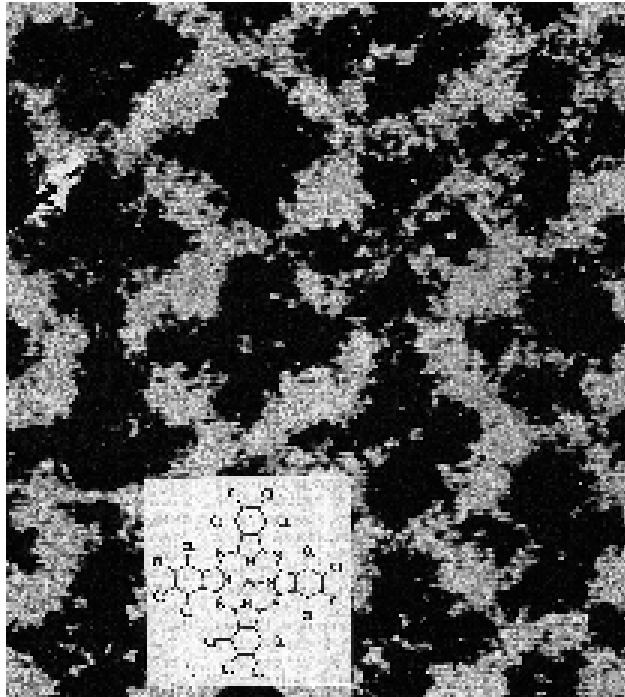


Abb. 3

hängen: Die Gestalt kann wichtiger sein als die bloße Menge der beteiligten Elemente! Die hohe physiologische Bedeutung der Asymmetrien für die Chemie des Lebens – die organische Chemie – wurde erst dadurch zugänglich. Nicht als ob mit der Stereoformel der reale Stoff umfänglich gegeben sei, so wenig wie mit der Landkarte von Italien das Land selbst. Aber mit der Kartierung weiß ich besser im voraus, wann ich bei Genua das Meer sehen werde, als ohne. Und daß Italien eine Stiefelform hat, daran hat niemand von uns gezweifelt, auch bevor die Satellitenfotos uns die bestätigenden Bilder lieferten.

Raumstrukturformeln sind nicht die Wirklichkeit der Stoffe selber, aber es hilft nicht, sie als künstliche Konstrukte abzutun, die rein gar nichts mit deren Wirklichkeit zu tun hätten, zumal die bisher indirekt erschlossenen Raumgestalten von Makromolekülen sich mit neueren Bildverfahren inzwischen charakteristisch abbilden lassen (Abb. 1,2,3). Selbst Goethe hat mehr am Knochengerüst der Tiere seine Studien getrieben als am lebenden Tier. Er hat seine Reisen zumeist auf Pferdesrücken (500 km auf der ersten Harzreise!) oder in der Pferdekutsche (so die Italienreise) zugebracht, aber nie findet sich eine Erwähnung der eigenen Zuwendung an das lebende Tier, das ihn trug oder zog. Erst das reduzierte Phänomen gab ihm hierbei die erkennende Distanz. Wie sich gerade im Materiellsten das Leben und der Geist ausgeformt haben, interessierte ihn mehr noch, als wo sich das Geistige vom Stoff unabhängig

denken läßt. Wir haben Goethe viel zu sehr als Synthetiker und Holisten vereinnahmt und zu selten bemerkt, daß er der Analyse gleiche Beteiligung am Forschen zuerkannt hat wie der Synthese. Man nehme nur seine Stellungnahme zum Pariser Akademiestreit aus seinem letzten Lebensjahr zur Hand.⁹

In unserem Jahrhundert kamen die Atommodelle mit zunehmender Entmaterialisierung (vom Kügelchenmodell zum Quantenwolkenmodell und den Wellengleichungen) hinzu und bereiteten den Weg zur Bindungslehre und Reaktionskinetik.¹⁰ Auch aus diesen »Knochen« läßt sich viel Goetheanistisches herausholen.

Auffassungen von Chemie in der Waldorfpädagogik

Im anthroposophisch orientierten Wissenschaftsraum versuchte man die ätherischen Bildekräfte¹¹ mit physikalischen und chemischen Mitteln zu erfassen: so die Steigbildmethode, ausgehend von Lili Kolisko, die Kupferchloridkristallisation, ausgehend von Ehrenfried Pfeifer, und die Tropfenbildmethode, ausgehend von Theodor Schwenk. Sieht man sich die Ergebnisse an, so ist eines klar geworden: Diese bildschaffenden Methoden sind kein Reagens auf die ätherischen Bildekräfte, sondern Reagentien auf die stofflichen Strukturen, eben jene chemischen Gestaltungen, die die Bildekräfte schon vorher ausgebildet haben. Was im Labortest erfaßt wird, ist schon Werkwelt. Das ist eine Abklärung, die man sich nur schon eingangs hätte klar machen können. Geistiges kann nur mit geistigen Mitteln, nicht mit materiellen Mitteln gefaßt werden. Rudolf Steiner charakterisierte letzteres als die Gefahr der Spiritisten: das Geistige materiell zur Rede bringen zu wollen.¹² Aus dieser labormäßigen »Bildekräfteforschung« sind bisher keine Schulversuche hervorgegangen, die der natürlichen Kritik auch nur unserer Oberstufenschüler standhalten.

Die heutige Landschaft der Waldorfschul-Chemie ist von verschiedenartigen Methodiker-Schulen bestimmt. Deren Vielfalt an sich brauchte kein Nachteil zu sein, aber sie alle können sich nicht miteinander verständigen. Am leichtesten hat es noch die Mittelstufenchemie. Bedeutsam ist es, daß der Lehrplan in der 4. Klasse die Menschen- und Tierkunde, in der 5. Klasse die Pflanzenkunde, in der 6. Klasse Gesteinskunde und Physik und erst in der

9 J. W. Goethe: *Principes de philosophie zoologique*, in: *Berliner Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik*, H. 52/53, September 1830; H. 51/52, März 1832. Hamburger Ausgabe Bd. 13, S. 219 ff.

10 Bindungslehre: Die Chemie unterscheidet zwischen mehreren verschiedenen Bindungsarten. Reaktionskinetik: Die Beachtung der Geschwindigkeiten und damit der Zeitstruktur chemischer Reaktionen.

11 Gemeint sind diejenigen Kräfte im Organismus, welche aus den Stoffen die lebenden Abläufe und Formen bilden und sie regenerieren.

12 R. Steiner: *Ursprungsimpulse der Geisteswissenschaft*. Vortrag vom 29.1.1906, S. 24. GA 96, Dornach 1974

Drehquarzstufe vom Grimsel im Berner Oberland/Schweiz. Nicht nur alle lebenstragenden Substanzen der Organismen sind asymmetrisch (chiral) gebaut, sondern auch die auskristallisierte Kieselsäure, die den größten Teil der Erdrinde ausmacht. Die abgebildete rechtsgewundene rauchfarbene Bergkristallstufe wird von den Schweizer Kristallsammlern »Gwindel« genannt. Im Leben gibt es von jeder Substanz eindeutig nur eine Drehrichtung; im Toten, so auch bei den Bergkristallen, immer beide Drehrichtungen in wahlloser Verteilung. (Aus: F. E. Jakob: Mineralien aus den Schweizer Alpen, Vevey 1966)



7. Klasse die erste Chemie einsetzen läßt. Deutlich begleiten diese naturkundlichen Fächer den Hereinstieg des Kindes aus der vorgeburtlichen Welt in die Erdenverhältnisse über die Stufen der Naturreiche bis ins Materielle. Ist Physik noch die Wissenschaft vom Interagieren der Stoffe und Energien im Raum, so leitet die Chemie über die Prozeßkunde bis hin zur Stoffqualität selber, zu der auch ihre Quantitäten gehören.

Wie soll man menschenbildend, also geistvoll mit dem Rätsel der Materie vor den Schülern umgehen? In der Mittelstufe gibt es noch einen weitgehenden Konsens, sich an die didaktischen und methodischen Vorgaben von Eugen Kolisko und Frits Julius¹³ zu halten. Man betreibt sinnvoll-besinnliche Phänomenologie, charakterisiert lebensvoll – wie in der Geschichte herausragende Persönlichkeiten – so jetzt den Schwefel oder das Eisen und läßt die neuen Bilder in die tägliche Lebenspraxis einmünden. Für den zumeist chemisch nicht vorgebildeten Klassenlehrer ist das oftmals eine größere Anforderung als für die Schüler und zündet deshalb bei diesen um so mehr.

Mit der Oberstufe erwacht das kausale Denkbedürfnis voll und soll nach Rudolf Steiners Intention besser durch den naturwissenschaftlichen als den altsprachlichen Unterricht ausgebildet werden.¹⁴ Aber hier beginnt der Dissens. Je nach Lehrerpersönlichkeit bekommt der Waldorfschüler in der einen Schule durch die gesamte Oberstufe mehr oder weniger durchgängig eine

13 E. Kolisko: Vom ersten Unterricht in der Chemie. In: Auf der Suche nach neuen Wahrheiten. Verlag am Goetheanum, Dornach 1989. F. Julius: siehe Anm. 2

14 E. A. K. Stockmeyer: Angaben Rudolf Steiners für den Waldorfschulunterricht, Manuskriptdruck Stuttgart 1988, S. 14

methodische Fortsetzung der Mittelstufenchemie: Die Phänomenologie ein-drucksvoll bunter, riechender, dampfender, knallender Experimente soll ihn faszinieren, alles humorvoll erläutert und der Anknüpfung an die Alltagspraxis dienend. Das Kausalbedürfnis, auch das korrelative Verständnisbedürfnis bleibt unversorgt und geht eigene Wege. Bestenfalls der Finalismus »Wozu kann man das Wissen anwenden?« wird gepflegt. Der interessierte Schüler sieht bald in populären Chemiebüchern nach, liest dort von Atomen und Molekülen, läßt sich einen Kosmos-Experimentierkasten schenken oder greift direkt nach einem gymnasialen Chemiebuch. Diese Art von Waldorffchemie wird in der Oberstufe mit ambivalenten Gefühlen erfahren.

In der nächsten Waldorfschule unterrichtet – wegen eigenem Lehrermangel – ein Nichtwaldorfflehrer Chemie so wie in staatlichen Schulen üblich. Die Versuche klappen, der Unterricht zeigt systematischen Aufbau. Aber alle Reduktionen auf kleinste Teilchen wirken so abstrakt wie Pappmaché; der Schüler soll eine Kreidechemie an der Tafel nachvollziehen, die bei näherem Nachfragen auch die Mehrzahl der Lehrer nicht verstanden hat. Woher kommt denn das Oktettbestreben oder das Pauli-Prinzip?¹⁵ Quantenchemie lernt selbst der Schulchemiker im Studium nicht zu beherrschen, sondern auch nur zu glauben.

Glaubensbereitschaften finden sich natürlich auch beim Waldorfflehrer. Davor ist niemand bewahrt. Anthroposophisches Ideal aber ist nicht, das zu glauben, was ich noch nicht erkannt habe, sondern das, was ich erkannt habe, auch mit der Glaubenskraft des Herzens existentiell zu akzeptieren, eben für das Erkannte auch einzustehen. Erst dann verschwindet der Zwiespalt von Wissen und Glauben.

Zweifel an der Existenz von Materie

Was vermag ein Waldorfschüler mit den Darstellungen seines Chemielehrers anzufangen, wenn dieser ihm die Existenz von Materie ausredet? Als Bezug dient dann dabei der Satz Rudolf Steiners aus seinem Erstling: »Das sinnfällige Weltbild ist die Summe sich metamorphosierender Wahrnehmungsinhalte ohne eine zugrundeliegende Materie.«¹⁶ Diesen Satz verabsolutiert gerne derjenige in einem von Steiner gar nicht gemeinten Ausmaß, wenn er nicht einige Zeilen weiterliest. Dort heißt es: »Mit der obigen Ausführung ist natürlich nur jener Begriff der Materie getroffen, den die Physik [1890! d.R.] ihren Betrachtungen zugrunde legt und den sie mit dem alten, ebenfalls unrichtigen Substanzbegriff der Metaphysik [gemeint ist wohl Spinoza, d.R.] identifi-

15 Oktettbestreben: Treten in der äußeren Atomhülle acht Elektronen zusammen, so besteht eine hohe Stabilität. – Der Physiker Wolfgang Pauli entdeckte 1924 das Prinzip, wonach zwei Elektronen einer Atomshale nie die gleichen Quantenzahlen besitzen können.

16 R. Steiner: Das Urphänomen (1890), in: GA 1, Dornach 1987, S. 274

ziert ... etwas anderes ist die Materie als Phänomen, als Erscheinung.« Diese tastbare, handgreifliche Materieauffassung, die ja die des unbefangenen Schülers ist, spricht Steiner der Materie nie ab. So wird das obige erste Zitat sinnlos verwendet für die Begründung eines Chemieunterrichtes, der als extremer Phänomenalismus keine Generalisierungen zulassen will. Generalisierungen sind aber alle Begriffe, und der Schüler möchte ab der 9. Klasse berechtigt begrifflich begreifen.

Wieder eine andere »Schule« besteht in dem Ansatz, die Chemie wesentlich an die vornaturwissenschaftliche Antike und das Mittelalter anzuknüpfen. Wenn schon Begrifflichkeit, dann die Elementenlehre des Aristoteles aus feucht, trocken, warm und kalt und deren Kombination in den Aggregatzuständen des Festen, Flüssigen, Gasförmigen und Feurig-Energetischen. Oder die Verständnishilfe wird aus den *tria principia* der paracelsischen Medizin geholt. Für beides gibt es hilfreiche Brückenbildungen Steiners. Nur hat Steiner nicht von da her sein Weltverständnis geholt, sondern aus seinem selbständigen Weltzugang umgekehrt die antiken und mittelalterlichen Denkmuster erst aufgeschlossen. Wir sollten mit den Schülern nicht anders verfahren. Der Oberstufenschüler reagiert sonst rasch allergisch.

Es gibt auch die umgekehrte Schule, die aber wohl die geringste Verbreitung hat. Man sieht und hört auf niemanden anderen, sondern sucht sich seine Verständnisbrücken für die Chemie aus seinem eigenen Seeleninneren. Zum Beispiel wird aus dem Wesen des Kohlenstoffs und des Sauerstoffs vorhergesagt, daß ihre Verbindungen nur gasförmig sein können, und aus dem Wesen des Siliciums, daß seine Sauerstoffverbindung fest ist. Das tritt dann zwar als beeindruckend selbständige Originalität hervor, aber es bleibt methodologisch unzugänglich.

Lehrplan und Unterricht gerade der Waldorfpädagogik lassen jedem Lehrer einen außerordentlichen Freiraum. Das ist gut so, wenn nur die innere Substanz stimmt, wogegen eine gleichmacherische Reglementierung in jeglicher pädagogischen Praxis lähmend wirkt. Also mein uneingeschränktes Ja zur Vielfalt, aber nicht mehr dann, wenn die Verhältnisse zu heterogen und unfruchtbar werden. Wo liegen die Wurzeln für den extremen Dissens im Fach Chemie? Doch wohl nicht in irgendwelchen Persönlichkeitsstrukturen der Chemielehrer – vielmehr in der Sache als solcher: im besonderen Charakter der Chemie selbst.

Die besondere Natur der Chemie

Die Physik betrachtet die physischen Stoffe in ihrem räumlichen Verhalten und ihren räumlichen Wechselwirkungen, die Chemie hingegen in ihren Verwandlungen: wie ein Stoff zu einem anderen wird, was immer mit Energieumsetzungen einhergeht. Demnach gehört z.B. auch die Betrachtung des Wech-

sels der Aggregatzustände genaugenommen in die Chemie, sind doch auch die chemischen Bindungskräfte mit Wärmetönungen daran beteiligt. Natürlich kennt die Physik auch zeitliche Veränderungen, z.B. Bewegung von Massen oder Ladungen etc. Aber es geschieht dabei nur räumliche Veränderung, nicht stoffliche Veränderung selbst; diese hingegen beinhaltet noch ein anderes Verhältnis zur Zeit. Wenn wir so Physik als den Raumaspekt der physischen Entitäten charakterisieren und die Chemie als deren Betrachtung im Prozeß, also in der qualitätsverwandelnden Zeit, so bleibt eigentlich noch ein tertium comparationis übrig: der Stoff selber ohne seine räumlichen und zeitlichen Veränderungen. Eigentlich müßte es noch ein drittes Fachgebiet der physischen Welt geben: eine reine Stoffkunde. Da nun aber das Goethewort heute jedem einleuchtet (besonders, wenn er nicht weiß, daß es von Goethe stammt): »Man darf die Werke der Natur und der Kunst nicht erst studieren, wenn sie fertig sind: man muß sie in ihrer Entstehung einfangen, um sie einigermaßen zu begreifen«, wird seit eh und jeh die Stoffkunde zur Prozeßkunde hinzugenommen, also in die Chemie einbezogen. Sie umwandert das Rätsel der Materie in ihrem mannigfaltigen So-Sein wie in ihren Abwandlungen.

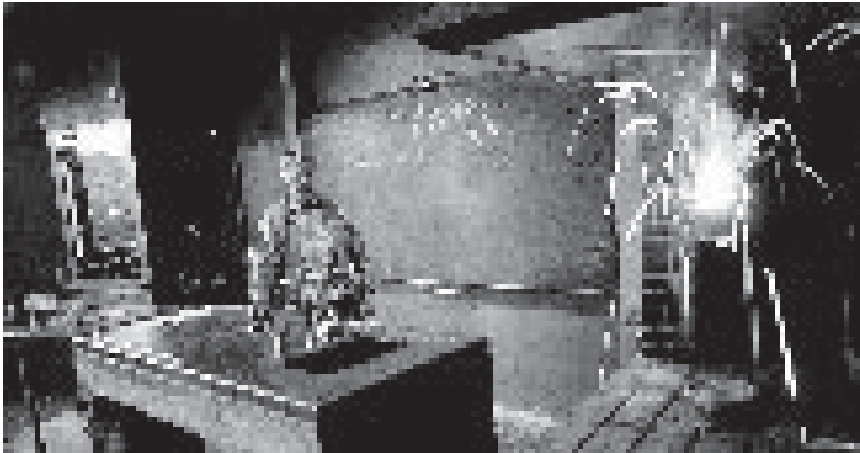
Wer Physik und Chemie gleicherweise im Studium betrieben hat, kennt den auffälligen Unterschied im Lernen. Die physikalischen Vorgänge lassen sich in weitem Umfang auf wenige Grundgesetzmäßigkeiten zurückführen, ja aus ihnen ableiten, was sich in ihrer weitreichenden Mathematisierung niederschlägt. In der Chemie gibt es sehr viel weniger bis nichts zu rechnen, wenn man sich ableiten möchte, warum bei normalen Bedingungen Calciumkarbonat in wässrigen Lösungen fest, Calciumchlorid flüssig ist; warum Silberphosphat leuchtend gelb und Kupferhydrat-Komplexe blau aussehen. Das hat man eben zu lernen, und so muß der Chemiker weitaus mehr Faktenwissen unabgeleitet sich merken als der Physiker.

Da die Physik schon aus diesem Grunde als die exaktere Wissenschaft gilt, läßt man bis heute nicht davon ab, die Chemie zur Physik zu machen – als physikalische Chemie. Solange man nicht mit Quanteneffekten zu tun hat, kann man so die Stoffeswelt in Teilchenmodellen innerhalb des Euklidischen Raumes und der Newtonzeit nachmodellieren.

Sieht man hingegen auf die besondere Affinität der Prozeßchemie zur Zeit, so wird sie erst vollends von Interesse, wenn der Stoff- und Energiewechsel in lebendigen Zeitgestalten betrachtet werden kann. Als Rudolf Steiner einmal lapidar charakterisierte, daß es letztlich nur vier Wissenschaften geben kann: Pneumatologie, Psychologie, Chemie und Physik, da sah er als Zentrum der Chemie alle Lebenswissenschaften an, faßte sie also als synonym mit Biologie auf.¹⁷

17 R. Steiner: Der Entstehungsmoment der Naturwissenschaft in der Weltgeschichte und ihre seitherige Entwicklung. Vortrag vom 6.1.1923, S. 144. GA 326, Dornach 1977

(Foto Lutz)



Behalten wir zur derzeitigen Verständigung die Bezeichnung Biologie für die Welt der Lebenserscheinungen bei, den Namen Chemie für die Stoffe und die Stoffumsetzungen. Und damit hat es ja auch der Chemielehrer im Schulunterricht zu tun. Was liegt ihr nun erkenntnisproblematisch zugrunde?

Der Urvorgang des Erkennens wird durch die Fremdartigkeit der Wahrnehmungsinhalte ausgelöst. Für das reduktionistische Bewußtsein scheint die mineralisch-tote Welt am leichtesten begreifbar, schon schwerer das pflanzliche Leben oder gar die tierische Subjekthaftigkeit und am rätselhaftesten der Mensch. Für die unbefangene Unmittelbarkeit aber gilt genau das Umgekehrte: Echtes Verständnis ist für uns Menschen am leichtesten zu betätigen in jeder offenen menschlichen Begegnung. Schon Tiere – auch hochstehende Tiere – sind uns fremder. Und erst die Pflanzenwelt: Der Charakter der Wesensanonymität ist hier noch viel größer. Ein Hund kann sich noch mit mir freuen, eine Pflanze steht ganz neutral, wie unberührt davon da.

Fällt nun der die Begegnung suchende Blick in die Welt der Gesteine, der Mineralien, der Substanzen, der Stoffe, so kulminiert die empathische Unzugänglichkeit in ungeheurem Ausmaße. Wer spricht schon mit seinen Chemikalien? Wem erzählen die Gesteine tatsächlich von sich aus etwas? Im »Wilhelm Meister« heißt es (in Makariens Archiv): »Steine sind stumme Lehrer, sie machen den Beobachter stumm, und das Beste was man von ihnen lernt, ist nicht mitzuteilen.«¹⁸ Also erfinden wir uns eine eigene Sprache, um über Chemie überhaupt reden zu können. In keinem Wissenschaftsgebiet ist die Kluft zwischen den unmittelbar wahrgenommenen Erscheinungen und den daran angeschlossenen Gedanken- und Sprachgebäuden so gigantisch wie in der Chemie. Das liegt eben in der Natur der Stoffeswelt selber.

18 J. W. Goethe: Wilhelm Meisters Wanderjahre II, 9 u. III: Aus Makariens Archiv 103. Hamburger Ausgabe Bd. 8, S. 260 u. 476 (auf dieser Seite das Zitat)

Die Stoffeserkenntnis ist das schwerste für den Menschen. Damit hängt wohl zusammen, daß wir eine weitergebbare Methodologie der anthroposophisch erweiterten Biologie haben. Selbst Physik und Mathematik sind in neuer Weise lehrbar geworden. Aber am schwersten ist eine weitergebbare Erneuerung in der Chemie.

Die allgemeine Chemie hat rein pragmatisch – mehr noch als die Physik – die Wesensfrage hintangestellt. Philosophierende Physiker gibt es viele (Gustav Theodor Fechner, Max Planck, Werner Heisenberg, Carl Friedrich von Weizsäcker), aber philosophisch produktive Chemiker sind immer äußerst rar gewesen. Vielleicht kann man zu Rudolf Steiners Zeiten Wilhelm Ostwald nennen – aber seine Philosopheme reichten nicht weit. So ist die Beschränkung auf die Erklärungssurrogate, sprich Modelle, in der Chemie besonders groß. Gilt das nicht auch für unsere eigenen Reihen? Soweit man sich nicht auf einen agnostischen Phänomenalismus – »wir freuen uns an den Stofferscheinungen mit allen Sinnen und gehen möglichst praktisch damit um« – verabredet hat, haben die Denkangebote unserer Chemiker ihrerseits ihre modellhaften Strukturen. Auch hier gibt es Autoritäts-Abhängigkeiten. Das liegt – wie ich anzudeuten versucht habe – in der Natur der Sache selbst.

Wenn das Ziel so unerreichbar weit entfernt ist, soll man dann sich mit Goethe in »positiver Resignation« üben? Ist der Chemieunterricht einfach nicht verbesserbar? Läßt sich nicht doch etwas tun?

Was läßt sich für den Unterricht tun?

Zum ersten gilt die Lehrertugend, nichts vor den Schülern vorzubringen, von dem man sich nicht in redlicher Weise selbst überzeugen konnte. Aber das trifft ja auf jedes Unterrichtsfach zu, muß jedoch für die Chemie besonders im Bewußtsein gehalten werden.

Da ein geistgerechtes Verständnis der Materie sich erst künftigen Bewußtseinsformen der Menschheit stärker erschließen wird, steht man – anthroposophisch gesprochen – hier immer auf dem Boden der Aufgabe, die Zukunft vorauszunehmen. Das allerdings ist ebenfalls ein Nerv der Pädagogik. Der Lehrer – wenn er seinen Beruf vollumfänglich nimmt – hat ja nicht nur die Schätze der Vergangenheit und den Stand der Gegenwart zu vermitteln, sondern auch innerlich darauf zu achten, welche Zukunft in den vor ihm sitzenden Schülern schon geheime Gegenwart ist und wie er ihre Zukunftskeime indirekt ansprechen darf.

Neues gebiert sich oft aus den großen Spannungen, wenn sie nicht verfrüht eingesetzt werden. Damit scheint mir im Zusammenhang zu stehen, daß die Chemie im Lehrplan der Waldorfschule mit zeitlicher Verzögerung gegenüber der Physik und Mathematik eingesetzt ist. Wir erwähnten schon: Die Mittelstufenphysik beginnt in der 6., die Chemie erst in der 7. Klasse. Die

rationalen bzw. kausalen Fähigkeiten des Schülers der beginnenden Oberstufe (9. Klasse) werden in der Mathematik in ausgesprochenem Maße in der Kombinatorik und in der Physik in der Mechanik in Anspruch genommen. In dieser Klasse bestimmt aber noch die hier phänomenologisch gehaltene Organische Chemie den Duktus. Die quantifizierenden und systematisierenden Methoden der Anorganischen Chemie sollten entsprechend verzögert, dann aber – in der 10. Klasse – voll einsetzen.

Alle Versuche, den Hiatus zwischen Phänomenologie und Verständnisbedürfnis zum Abschluß der Schulzeit anfänglich zu überbrücken, sind in Anfängen steckengeblieben. Kolisko hat sich dazu publikativ nie geäußert. Frits Julius¹⁹ behandelt zwar ausführlich die 10. und 11. Klasse, sein Ausblick auf die 12. Klasse bringt aber nur einige Abkürzungen. Die wichtigen zentralen Angaben Rudolf Steiners erfuhren gelegentliche individuelle Anläufe.

Der konkrete Hinweis, Oxalsäure und Ameisensäure im menschlichen Organismus in der Chemie der 12. Klasse zu besprechen, möge als Beispiel dienen.²⁰ Einerseits wird ein Berufschemiker dafür eingesetzt, alles Vorfindliche in der neueren Fachliteratur über diese beiden organischen Säuren in Hinblick auf den Steinerschen Hinweis durchzusehen.²¹ Nach Einsicht in 196 Publikationen ist sein Ergebnis, daß darin nichts dem Steinerschen Hinweis widerspricht – welch beruhigendes, gleichwohl inhaltleeres Ergebnis. Reinhard Schoppmann hat einen einfühlsamen phänomenologischen Ansatz dazu vorgebracht.²² Auf der anderen Seite arbeitet einer unserer Jungchemiker an dem Thema heraus, daß bisher 70 Jahre an der Frage nicht weiterzukommen war, weil es freie Oxal- und Ameisensäure im menschlichen Organismus in wirksamer Menge gar nicht gibt, so wenig wie freies Eisen. Wenn Steiner von solchen Substanzen in den Lebensvorgängen spricht, so kann er sie nur in organisch-gebundener Form aufgefaßt haben. So aber finden sie sich in allen Zellatmungsvorgängen heute gut verfolgbar als Dikarbonsäure-Gruppen und Karboxyl-Gruppen innerhalb des Zitronensäurezyklus. Steiners Hinweis, daß erstere mit dem ätherischen Aufbau, letztere mit dem astralisierenden Abbau zu tun haben,²³ machen einen solchen zentralen Vorgang wie den Zitronensäurezyklus ebenso verständlich wie diese Befunde die Steinersche

19 Siehe oben Anm. 2

20 R. Steiner: Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart, Bd. 3. GA 300c, Dornach 1975, S. 157 (30.4.1924). Ders.: *Mysteriengestaltungen*. GA 232, Dornach 1987, S. 193 ff. (22.12.1923). Ders.: *Meditative Betrachtungen und Anleitungen zur Vertiefung der Heilkunst*. GA 316, Dornach 1987, Vortrag 3.1.1924

21 A. van Hooft: *Die Ameisensäure in Mensch und Natur*. Mskr.druck, Kassel 1992

22 R. Schoppmann: *Ameisensäure und Kleesäure. Ein Beitrag zur Chemie-Epoche der 12. Klasse*, in: »*Erziehungskunst*« Heft 6/1991, S. 559-571

23 Die »ätherischen Bildekräfte« (s. o. Anm. 11) bauen den Leib auf, die »astralen« (seelischen) Vorgänge zehren von ihm, bauen ihn ab.

Angabe, so daß nun auch nach ihrer pädagogischen Darstellung endlich sinnvoll gefragt werden kann (Klaus Frisch).²⁴ Sie stößt aber bei vielen Kollegen weiterhin auf Unverständnis.

Wesentlich für die 12. Klasse ist die Aufgabenstellung Steiners an den Lehrer, den Schülern als Zusammenfassung des ganzen bisherigen Chemieunterrichtes den Bewußtseinshorizont vom vierfachen Substanzbegriff nahezubringen. Dazu gibt es einige individuelle Anläufe (Schad; Scheffler; von Mackensen u. Schoppmann).²⁵ Doch keiner bezieht sich auf den anderen, das Solitäre überwiegt, und so hat sich auch nichts an überpersönlichen Lösungen herausgebildet und eingebürgert. Das hat leicht überschaubare Gründe, die aber gerade deshalb doch rasch bewältigt werden könnten. Ein Vorschlag: 1. Die Aktiven auf diesem Felde treffen sich und tauschen sich so lange über ihre Ansätze aus, bis mehr entstanden ist, als ein einzelner zustandebringen kann. 2. Die Lösungen sind weder als bloße Phänomenologie noch mit herkömmlicher Fachchemie nachzuvollziehen, sondern gehören in den Bereich der Hiatusüberbrückung, so sie für die pädagogische Aufgabenstellung der 12. Klasse Wesentliches einbringen.

Vorschläge zur Überbrückung der Gegensätze

Was also bleibt den 160 Waldorf-Chemielehrern, wenn wir nur einmal den deutschen Sprachraum nehmen? Erst einmal, möglichst die Frustration der 18jährigen zu vermeiden, der Lehrer dilettiere, indem er sich nur an seinen unverständenen Experimenten begeistert, oder: der Lehrer mache doch nur »Staatsschulchemie«, die eben wegen Prüfungsambitionen stur gelernt wird.²⁶ Aber mit der Vermeidung beider Einseitigkeiten ist es nicht getan.

Dieser Konflikt kann geradezu pädagogisch positiv eingesetzt werden, wenn die Problematik, in welcher zunächst der Chemie-Waldorflehrer steht, von ihm selbst in der obersten Waldorfkasse (der 12. Klasse) für die Schüler

24 K. Frisch: Oxalsäure und Ameisensäure. Zum Verständnis einer »Lehrplan-Angabe« Rudolf Steiners für den Chemie-Unterricht der 12. Klasse, in: »Erziehungskunst« Heft 6/7, 1992, S. 577-599

25 W. Schad: Von der Eigenart beseelter Substanzen – Voraussetzungen zum Verständnis tierischer Heilmittel. Weleda-Korrespondenzblätter für Ärzte Nr. 79, 1971, S. 52-60. Verbesserter Wiederabdruck in: Mensch und Heilmittel, Weleda-Korrespondenzblätter für Ärzte Nr. 100, 1981, S. 103-112. – A. Scheffler: Von der Wandlungskraft des Feuers – Zum Chemie-Unterricht. Tycho de Brahe Jahrbuch für Goetheanismus, Niefern-Öschelbronn 1996, S. 373-410. – M. von Mackensen und R. Schoppmann: Klee-säure, Ameisensäure, Harnsäure. Chemie als Folge, nicht als Ursache der Welter-scheinungen. Manuskriptdruck Kassel (Pädagogische Forschungsstelle) 1997

26 In der Chemie-Methodik der Regelschulen zeichnet sich in der letzten Zeit manches in Richtung der Überwindung dieses Konfliktes ab. Siehe die letzten Jahrgänge der Zeitschrift »Naturwissenschaften im Unterricht, Chemie« (E. Friedrich Verlag, Seelze)

als fruchtbare Spannung thematisiert wird. So habe ich es zumeist in meinen Jahrzehnten der Unterrichtstätigkeit gehalten. Man sollte die Auffassungsgabe dieses Alters nicht unterschätzen. Leicht ist es für die in diesem Alter gerade mündig werdenden jungen Damen und Herren, die methodologische Spannung zwischen anschaulicher und formaler Chemie als das besondere Problem der Chemie zu erfassen. Ebenso dankbar sind sie, wenn nicht gekünstelt wirkende Lösungen oder gar nichts dafür geboten wird, sondern die Spannung – nun aber miteinander bewußt – methodisch verstärkt wird: »Wir machen jetzt 3 Tage qualitative Chemie und dann wieder 3 Tage quantifizierende, physikalisierende Chemie in kontrapunktischem Wechsel.« Diese geistige Wechselbadkurve kommt nicht nur ihren mehrbödigen Interessenlagen gut entgegen, sondern sie werden mit gutem Recht am Ende ihrer Schulzeit in die offenen Probleme eingeführt, die der Lehrer wissenschaftshistorisch selbst hat. Einmal Struktur-Chemie, dann anschauliche Wahrnehmungsübungen mit goetheanistischem Urbildwert und beides immer wieder im Wechsel. Wenn dann die gelegentlichen Sternstunden eintreten, wo sich beides nicht mehr widerspricht, sondern ergänzt, kann das den Aufhorchenden für die Zukunft motivieren.

Daß dadurch der Schüler auch den Übergang zur Chemie der 13. Klasse ohne zu starken Bruch erlebt, ja den Anschluß zur Chemie im Studium findet, ist ein sich noch zusätzlich einstellender pädagogischer Gewinn. – Damit wollte ich das gestellte Thema weitgehend methodologisch offenlegen und ebenso die gebotene Bestandsaufnahme wie auch einen sinnvollen pädagogischen Ausblick vorbringen.²⁷

Zum Autor: Wolfgang Schad, Jahrgang 1935, Studium der Biologie, Chemie mit Nebenfach Physik in Marburg und München, der Pädagogik in Göttingen. Ab 1962 Klassen- und Oberstufenlehrer an der Freien Waldorfschule Pforzheim, ab 1975 Dozent am Seminar für Waldorfpädagogik in Stuttgart. Seit 1992 Leitung des Instituts für Evolutionsbiologie und Morphologie an der Universität Witten-Herdecke. Zahlreiche Bücher und Aufsätze.

27 Die vollständige Fassung des hier gekürzt wiedergegebenen Vortrags wird in der Zeitschrift »Elemente der Naturwissenschaft« (Dornach / Schweiz) erscheinen.

(Foto Lutz)

