

Chemie an Mittelschulen

Chimia 49 (1995) 325–326
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft
ISSN 0009–4293

Chemieunterricht – gestern und heute

Hans-Jörg Hediger*

(Dieser Artikel erschien im August 1988 in der Zeitschrift c+b Chemie und Biologie der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer, VSN. Seine Aussage ist heute ebenso gültig wie seinerzeit.)

Die Aufgabe

Zu Beginn des Chemieunterrichts definiert man diese Wissenschaft meistens als 'Die Lehre von den Stoffen, ihren Eigenschaften, ihrer Struktur und ihren Umwandlungen'. Daraus ergeben sich sofort Überschneidungen mit der Physik hinsichtlich der in jedem Stoff wirksamen Kräfte und mit der Biologie hinsichtlich der materiellen Gegebenheiten für Leben und Umwelt. Gerade in dieser Hinsicht ist im Jahr 1986 die Chemische Industrie in heftige Diskussion geraten, haben doch mehrere Unfälle die Öffentlichkeit beschäftigt, leider stark emotionsbetont statt sachlich fundiert. Dabei aufgetretene Pannen haben gezeigt, dass auch die nicht primär naturwissenschaftlich ausgebildeten Führungsgremien in Industrie und Politik so weit informiert sein sollten, dass sie grössere Zusammenhänge überblicken und auf Grund quantitativer Beurteilung der Situation richtige Entschlüsse fassen können, sowohl bezüglich der Informationspolitik als auch in Hinsicht auf die nötigen technischen Massnahmen.

Hier wird schon eine zentrale Aufgabe des Chemieunterrichts am Gymnasium offensichtlich: es sind nicht in erster Linie die zukünftigen Studierenden der Naturwissenschaften zu instruieren, sondern vor allem zukünftige *Nichtchemiker* und *Nichtchemikerinnen*, damit diese später in verantwortungsvollen Funktionen über hinreichendes Wissen der Fakten und Prinzipien verfügen, um nicht auf die Aussagen von Experten angewiesen zu sein, seien diese nun qualifiziert oder selbsternannt. Sie sollen fähig sein, bei Umweltproblemen das Wesentliche vom nur Spektakulären zu unterscheiden und so neben auffälligen Belanglosigkeiten die wirklichen Bedrohungen zu erkennen und die richtigen Massnahmen einzuleiten. Es ist bedauerlich, dass das Sensationsbedürfnis der Medien und das nicht immer geschickte Taktieren von Verantwortlichen zu einer punktuellen Betrachtungsweise führt, die das Problem verzerrt und so oft – nicht immer ohne Absicht – unbegründete Angst erzeugt. Diese aber macht bekanntlich die Menschen aggressiv und manipulierbar.

Ein Totschweigen der ökologischen Probleme wäre ebenso verfehlt wie die Kapitulation vor der heute verbreiteten Technikfeindlichkeit, steht doch unsere Zivilisation in einem enormen Spannungsfeld zwischen der Anforderung, eine wachsende Erdbevölkerung mit Nahrung, Energie, Behausung und anderen Lebensnotwendigkeiten zu versorgen, und der ebenso zwingenden Notwendigkeit, dies im Einklang mit der Umwelt zu tun, um eine ökologische Katastrophe abzuwenden. Diese doppelte Aufgabenstellung an eine neue Technologie lässt sich nicht lösen

durch emotionale Ausbrüche, sondern nur durch Kenntnis der Naturgesetze und seriöse Arbeit im Sinne einer Anpassung der Technik an die natürlichen Kreisläufe. Eine Rückkehr zu früheren Technologien, die keine ausreichenden Mittel zur Bekämpfung von Seuchen, Missernten usw. zur Verfügung hatten, wünscht doch wohl niemand im Ernst.

Das Curriculum

Es ist daher heute die wichtigste Aufgabe der Chemie, Verfahren zu entwickeln, um aus Stoffen, die in der Natur vorkommen, neue herzustellen, die nicht nur den Bedürfnissen des Menschen, sondern vor allem auch denen der Umwelt genügen. Dieses Umwandeln von Stoffen, diese Metamorphosen (*Kekulé*), macht das Wesentliche, oft als mystisch Empfundene der Chemie aus: bei chemischen Umsetzungen verändern sich die Eigenschaften der Stoffe. Man muss aber zwei Arten von Qualitäten unterscheiden (*Zollinger*): 'primäre' Qualitäten lassen sich physikalisch messen und aus dem Molekülaufbau erklären. Aber die 'sekundären' Eigenschaften sind die, welche der Mensch mit seinen fünf Sinnen wahrnimmt, sind die, welche das Zusammenspiel eines Stoffes mit seiner Umgebung und letztlich die Bedeutung für den Menschen ausmachen.

Zum chemischen Handwerk – und damit zum Unterricht – gehört zunächst einmal der Einblick in die 'primären' Qualitäten: man muss die Prinzipien kennen, die Bau und Eigenschaften eines Stoffes verknüpfen, man muss wissen, welche Triebkräfte einer Reaktion zugrundeliegen, so wie man die Literatur einer Sprache nicht studieren kann, ohne Vokabular und ohne Kenntnis der Grammatik.

Dieser theoretische Teil der Chemie umfasst zwei Hauptgebiete: die Bindungslehre und die Reaktionslehre: Die *Bindungslehre* macht im wesentlichen drei Aussagen: sie geht zunächst davon aus, dass alle Materie aus Atomen aufgebaut ist. Diese verändern ihre innere Struktur nicht, unabhängig vom Verband, zu dem sie gehören, ähnlich wie ein Buchstabe seinen Klang im wesentlichen behält, unabhängig vom Wort, in dem er steht. Zum zweiten: die Kräfte, die Verbände zusam-

*Korrespondenz: Prof. Dr. H.-J. Hediger
Eigenackerstrasse 9
CH-8193 Eglisau

menhalten, sind elektrostatischer Natur, quantitativ beschrieben im Gesetz von *Coulomb*. Dazu kommt ein drittes Prinzip: die Elektronen, mit deren Verhalten man den Bindungsmechanismus umfassend beschreiben kann, streben eine solche Ausbreitung an, die zu minimaler potentieller und kinetischer Energie führt. Diese Tendenz wird in der Wellenmechanik quantitativ dargestellt. Ihre Grundlage kann man am Gymnasium durchaus stufengerecht skizzieren, so wie man einem Sekundarschüler den Elektromotor erklären kann, ohne auf die *Maxwell*'schen Feldgleichungen zurückzugreifen.

Die *Reaktionslehre* lässt sich ebenfalls in drei Kapitel einteilen: zunächst erkennt man als treibendes Prinzip die Abnahme der potentiellen Energie eines Systems analog der Mechanik. Bei gewissen Vorgängen aber, z.B. beim Verdampfen einer Flüssigkeit, überwiegt eine andere Ursache: Mischungsvorgänge laufen spontan ab, auch wenn sie mit Energieaufnahme aus der Umgebung verbunden sind. Dieser Antrieb für chemische Vorgänge, Entropie genannt, besagt, dass in jedem System diejenigen Zustände wahrscheinlicher sind, die auf zahlreichere Arten realisiert werden können, ähnlich wie mit drei Würfeln die Augensumme drei – nur auf eine Weise realisierbar – seltener geworfen wird als die Augensumme zehn, die durch 27 Augenkombinationen erzeugt wird. Diese beiden Grössen, Energie und Entropie, bestimmen die Lage eines Gleichgewichtes. In der Praxis stellt sich jedoch als dritter Problemkreis die Frage, ob sich dieses, und falls ja, wie schnell einstellt. Viele Reaktionen benötigen nämlich eine 'Starthilfe', die Aktivierungsenergie, so wie ein Streichholz zunächst Reibungsenergie braucht, um sich zu entzünden, dann aber brennt es von selbst weiter. Auch die Geschwindigkeit einer Reaktion hängt von verschiedenen Umständen ab. All diese Zusammenhänge werden in der 'chemischen Kinetik' behandelt.

Die Stundendotation erlaubt leider nicht in jedem Schultyp, all diese Themen der 'chemischen Grammatik' eingehend zu behandeln. Es lohnt sich aber, alle wenigstens skizzenhaft zu beleuchten.

Die heutige Situation

Bindungs- und Reaktionslehre sind nicht das Endziel des Chemieunterrichts, so wenig wie die Grammatik das Endziel des Sprachunterrichts ist. Sie sollen vielmehr einen tragfähigen Rahmen und die logische Struktur bilden für die Stofflehre,

die neben der Schulung im naturwissenschaftlichen Denken das Hauptziel darstellt: solides und fundiertes Wissen über die Eigenschaften der Stoffe der Natur und Technik ist die Voraussetzung für zweckmässiges und umweltgerechtes Verhalten als Konsument, Stimmbürger und Behördemitglied, besonders in der nahen Zukunft, in der es gilt, ökologische Probleme kompetent zu lösen anstatt sie emotional hochzuspielen. Es ist eine sehr publikumswirksame Haltung, technologische Veränderungen zur Umweltentlastung lautstark zu fordern. Es ist aber eine wesentlich anspruchsvollere Aufgabe, diese praktisch zu realisieren. Absolventen von Gymnasien, zukünftige Träger überdurchschnittlicher Verantwortung, sollten daher über genügend Einsicht in die unveränderlichen Prinzipien und über hinreichende Sachinformation verfügen, um konstruktiv mitreden zu können bei Fragen der Energieversorgung, der Schadstoffproduktion, der Abfallbewirtschaftung usw.

Im Jahr 1986 war besonders oft die Rede von 'Umdenken'. Damit könnte neben anderem der Wunsch gemeint sein, Bequemlichkeit, gedankenlosen Konsum und Prestigedenken zurückzustellen zugunsten der Erhaltung unseres Lebensraumes und natürlicher biologischer Systeme ganz allgemein. Bei unseren Schülern ist eine kritische Haltung in diesem Sinne durchaus feststellbar. In der Tat ist es nicht einfach, z.B. die Frage zu beantworten, weshalb mit grossem Aufwand umweltbelastend Dünger hergestellt wird, um landwirtschaftliche Überschüsse zu produzieren, die zu politischen Problemen werden. Oder weshalb gewisse Farbstoffe und Kunststoffe immer noch zugelassen sind, obschon man deren Problematik in der Entsorgung kennt und Ersatzprodukte bekannt sind.

Viele junge Leute haben den Eindruck, in unserer Zivilisation beruhe politischer Einfluss und gesellschaftliches Ansehen in erster Linie auf finanzieller Stärke, auch wenn diese mit Hilfe zweifelhafter – um nicht zu sagen unethischer – Ausbeutung der natürlichen und sozialen Umwelt erreicht wird. Sie fragen sich, ob die Maximierung des finanziellen Gewinns das wichtigste Ziel menschlicher Tätigkeit sein muss und weisen darauf hin, dass hierarchische Ordnungen auch auf geistigen, moralischen und ethischen Werten basieren können.

Entscheidend wird sein, ob die nächste Generation bereit ist, den luxuriösen Lebensstandard zugunsten der Umwelt zu senken. Das ist keineswegs selbstverständlich, denn sie wächst auf in einer Ökono-

mie, deren stolze Umsatzzahlen und Gewinne dadurch zustande kommen, dass sich der Konsument jedes Bedürfnis – ob echt oder suggeriert – sofort befriedigt. Diese Haltung zu erkennen und zu überwinden, stellt hohe Anforderungen an die Selbstdisziplin. Die chemische Technologie kann und muss mithelfen, eine derartige Änderung des Lebensstils zu ermöglichen und akzeptabel zu machen.

Es ist bedauerlich, wenn aus einer verständlichen, skeptischen Haltung heraus eine Tätigkeit in der Technik in Bausch und Bogen abgelehnt wird, gibt es doch genügend konkrete, ethisch sinnvolle Probleme zu lösen: Energiegewinnung und -speicherung, Waldsterben, Recycling möglichst aller Industrieprodukte, Nahrungsbeschaffung, Infektionskrankheiten, Familienplanung usw. Politische Demonstrationen und Erklärungen bringen aber keine Lösungen. Letztere werden nur durch solides fachliches Können, gewissenhafte, ausdauernde Arbeit und mutige Investitionen erreicht. Man kann heute den Eindruck haben, was Wissenschaft und Technik aufgebaut haben, könne – ähnlich dem Turm zu Babel – nicht mehr weitergeführt werden, weil die Kommunikation unter den Beteiligten versagt. Hier zwischen Fachleuten und Laien Verständnis zu ermöglichen, ist wohl die zentrale Aufgabe jedes naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Der Chemieunterricht soll die Zusammenhänge zwischen den menschlichen Urbedürfnissen, den technischen Möglichkeiten und deren ökologischen Grenzen klarmachen. Die ethische Seite des ganzen Problemkreises betrifft dieses Fach nicht mehr und nicht weniger als jedes andere. Die Jugend will heute, wie zu jeder Zeit, alles 'besser machen'. Das ist nicht nur ihr Recht, das war immer und ist vielmehr ihre Aufgabe, zu deren Bewältigung die Erfahrungen älterer Generationen durchaus nützlich sein können. Sie will heute vor allem eine saubere und gerechte Welt. Der Chemieunterricht hat die stoffliche Voraussetzungen menschlicher Existenz zu zeigen, er muss aber auch – wie alle Schulfächer – ethische Massstäbe setzen und Einblicke in grössere Zusammenhänge bieten.