

# 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.

*Chimia* 49 (1995) 327–328  
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009–4293

# Das neue Maturitäts-Anerkennungs-Reglement (MAR) und der Chemieunterricht

Gustave Naville\*

Stellen wir gleich zu Beginn fest: die Chemie ist die jüngste 'Schulweisheit' und hat darum traditionell die kleinste Stundenzahl der sogenannten wissenschaftlichen Fächer im gymnasialen Lehrgang. Je nach Kanton und Schule sind es zwischen minimal 4 und 8 Jahresstunden (1 Jahresstunde = 1 Unterrichtsstunde pro Woche während eines Schuljahres). Das ist ohnehin schon wenig.

Seit Jahren sind Personen und Institutionen am Werk, das Gymnasium als Bildungsstätte zu verändern, zu reformieren. Mit neuen Rahmenbedingungen, genannt Maturitäts-Anerkennungs-Reglement (MAR, früher als Verordnung MAV

genannt) zwingen sie nun alle Kantone und jede einzelne Schule, die gesamten Lehrpläne und Reglemente für die Maturschulen mit einem enormen Aufwand neu zu erarbeiten und neu zu formulieren. Ob dabei etwas Besseres herauskommt oder ob die Herabnivellierung der gymnasialen Bildung, wie von vielen befürchtet, sich weiter schleichend einnistet, kann heute nicht gesagt werden.

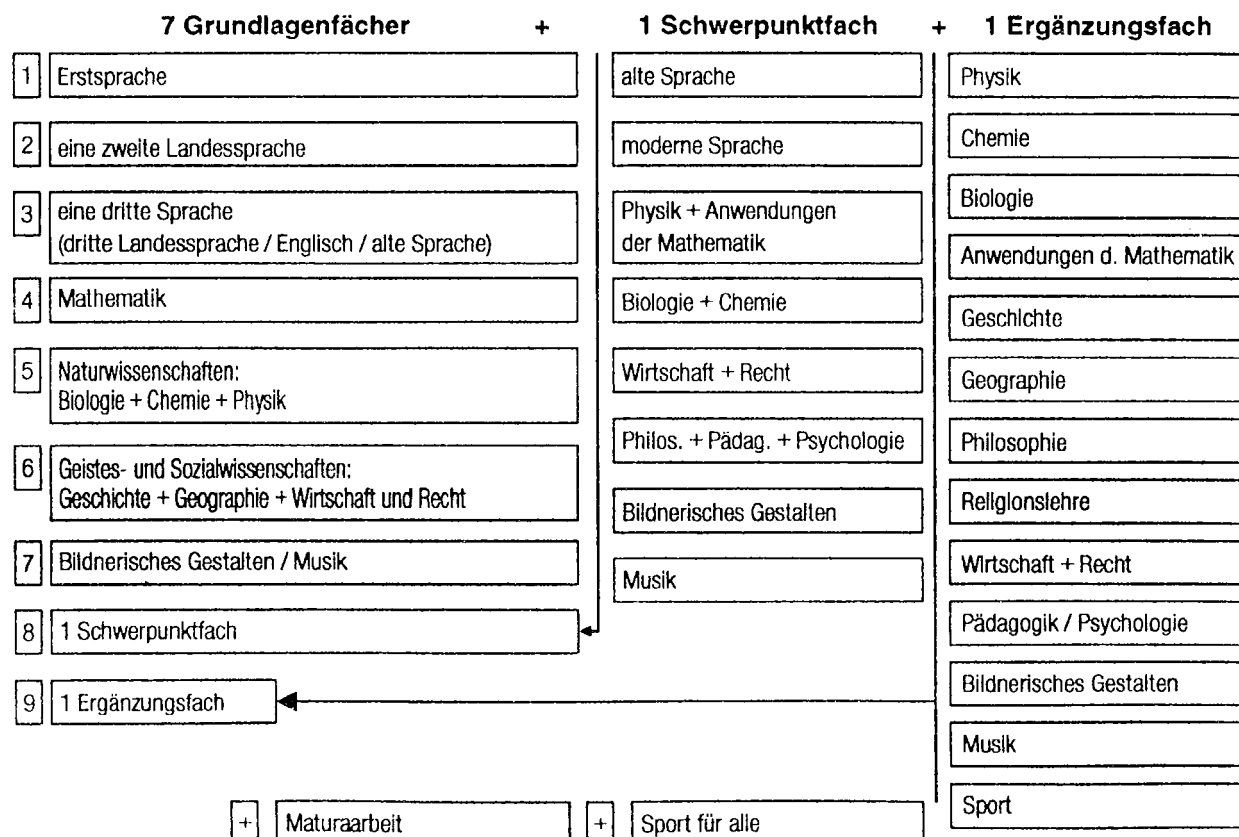
Die Geschichte des neuen MAR sei hier kurz zusammengefasst. Im Sommer 1993 wurde eine erste Neufassung der seinerzeitigen MAV in Vernehmlassung gegeben, ohne dass über die Modalitäten der Einführung noch irgendetwas bekannt

war. Immer wieder aber wurde gesagt, dass die vom Bund erlassene bisher gültige MAV auf schwachen rechtlichen Grundlagen beruhe, und das war einer der vorgegebenen Gründe für die Reformbemühungen. Während dieser ersten Vernehmlassung wurde dann im Februar 1993 von der Erziehungsdirektoren-Konferenz (EDK) eine 'Interkantonale Vereinbarung zur Anerkennung von Ausbildungsabschlüssen' verabschiedet, in der die Kantone wesentliche Kompetenzen ihres Erziehungswesens an die Erziehungsdirektoren-Konferenz überschrieben, im speziellen den Erlass eines Maturitäts-Anerkennungs-Reglementes. Durch Beitritt von 17 Kantonen ( $\frac{2}{3}$ -Mehrheit) sollte sie in Kraft treten.

Unterdessen ging im März 1993 die Vernehmlassung zu Ende und wurde von ihren Urhebern mit positiven Kommentaren als Erfolg bezeichnet. Aus allen beteiligten und betroffenen Kreisen waren aber so viele Bedenken und Einwände laut geworden, dass in aller Eile ein neues MAV-Revisionsprojekt formuliert und in eine

\*Korrespondenz: Dr. G. Naville  
Kantonsschule Oerlikon  
CH-8050 Zürich

## Schema der Maturitätsfächer



kurzfristige Vernehmlassung geschickt wurde. Die meisten Vernehmlasser verglichen den zweiten Vorschlag mit dem ersten und stellten fest, dass er wesentlich besser bzw. weniger schlimm sei, versäumten es aber, den Vergleich zu ziehen mit den Maturen, wie sie in der Schweiz bisher mit internationalem Erfolg in den Gymnasien vorbereitet und durchgeführt wurden. Ein solcher Vergleich ergab aber eigentlich kein massgebendes Verbesserungspotential. So sprachen denn immer noch gewichtige und betroffene Vernehmlasser, wie Hochschulen, Wirtschaftskreise und die gymnasialen Lehrkräfte, starke Bedenken und sogar klare Ablehnung aus. Und trotzdem nahm die Reform ihren Lauf.

Bis zum 1.11.94 blieb die oben erwähnte Interkantonale Vereinbarung weitgehend unbekannt. An diesem Datum wurde sie erstmals an einer Pressekonferenz der EDK vorgestellt, nachdem 17 Kantone beigetreten waren, die meisten durch Beschlüsse der kantonalen Parlamente. Sie wurde dann vom Vorstand der EDK auf den 1.1.95 in Kraft gesetzt und diente sogleich als Rechtsgrundlage für den EDK-Beschluss vom 16.1.95 über das neue MAR, in welches nach der Vernehmlassung noch zusätzliche kantonale Kompe-

tenzen eingefügt worden waren. Der Bundesrat folgte der EDK nach verschiedenen Sitzungsgesprächen mit seinem Beschluss vom 15.2.95, indem er eine 'Verwaltungsvereinbarung' zwischen Bundesrat und EDK genehmigte und damit der neuen Matur seinen Segen gab. Die eidgenössischen Räte wurden zu dieser Reform im schweizerischen Bildungswesen gar nie befragt, obwohl diese mittel- und langfristig wesentliche Konsequenzen mit grossem Schadenpotential haben kann.

Heute sind in allen Kantonen Erziehungsdirektionen und unzählige Kommissionen an der gewaltigen Arbeit, die sehr weitmaschigen Bestimmungen der minimalen Rahmenbedingungen des neuen MAR in kantonale Lösungen umzusetzen – das Stichwort heisst Schadenbegrenzung. Es wird 26 verschiedene kantonale Maturreglemente geben und 30, 50 oder 70 sachlich verschiedene Maturen. Theoretisch sind allein schon fast 100 Kombinationen von Schwerpunktfach und Ergänzungsfach (siehe Schema der Maturitätsfächer) möglich. Von einer schweizerischen Matur wie bisher kann nicht mehr die Rede sein und noch viel weniger von einer Einheitsmatur, wie sie ursprünglich in Aussicht genommen worden war.

Und was hat all dies mit dem Chemieunterricht zu tun? Es ist eine grobe Skizze der Tendenzen und Entwicklungen, mit denen wir Gymnasiallehrkräfte uns herumschlagen müssen. Für die Naturwissenschaften und die Chemie führt das MAR unzweifelhaft zu einer Abwertung. Die Stundendotation muss reduziert werden und, viel schlimmer, die Entwicklung zu einem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht ist ermöglicht, wenn nicht vorgezeichnet: das Maturzeugnis wird nur noch eine Note für 'Naturwissenschaften' anführen, die irgendwie aus dem 'obligatorischen Unterricht in Physik, Chemie und Biologie' entsteht. Aus ungenügenden Leistungen in diesen drei Fächern resultiert eine einzige ungenügende Maturnote! (Das Gleiche geschieht übrigens in den 'Geistes- und Sozialwissenschaften mit obligatorischem Unterricht in Geschichte und Geographie sowie einer Einführung in Wirtschaft und Recht'.) Das neue MAR macht es uns schwerer, dem gymnasialen Bildungsauftrag im Chemieunterricht gerecht zu werden. Ob diese Reform sich zugunsten oder zum Schaden des Schweizer Gymnasiums und der Zukunft der Schweiz auswirken wird, bleibt abzuwarten.

*Chimia 49 (1995) 328–329*

© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009-4293

## Cours intégrés de sciences. Résultats d'expériences faites à l'étranger

Maurice Cosandey\*

Le projet de nouvelle ORM prévoit la possibilité de créer un enseignement intégré de sciences naturelles dans les gymnases de Suisse. Un tel enseignement est salué comme un progrès, mais peu de gens ont cherché à savoir si les expériences faites ailleurs dans ce sens ont donné satisfaction. Le soussigné, qui enseigne la

chimie au Gymnase de Chamblandes et qui représente la Suisse au *Committee on the Teaching of Chemistry* de l'*International Union of Pure and Applied Chemistry (CTC-IUPAC)*, aimerait reporter ici quelques résultats d'expériences d'enseignement intégré faites à l'étranger dans le cas particulier des sciences naturelles.

Aux Pays-Bas, un cours intégré de chimie et physique a été tenté dans les années 1980. Il s'est soldé par un échec, selon *Hans Bouma*, à cause du manque de maîtres qualifiés disposés à collaborer à ce

sujet. Devant cet échec, le Ministère de l'Éducation a conservé l'idée d'un cours intégré au niveau du gymnase, mais l'a divisé en deux cours distincts d'une demi-année, intitulés l'un 'Sciences naturelles I – chimie', et l'autre 'Sciences naturelles II – physique'. La note annuelle du cours de sciences naturelles est simplement la moyenne des notes des deux cours. Autant dire que le cours de sciences naturelles intégré n'existe que sur le papier.

En Allemagne, Dr. *Wolfgang Bündler* (Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften à Kiel) m'a écrit en date du 3.3.1993: 'Nous avons toujours refusé de participer à de telles expériences'. Et plus loin: 'L'IPN redoute de tels essais.' En Allemagne toujours, Dr. *Bernhard Lutz* (section Didaktik der Chemie der Universität Würzburg) m'a écrit en date du 25.3.1993: 'Des cours intégrés n'ont de sens que s'ils sont basés sur de solides connaissances de branche.'

Au Japon, un cours intégré comprenant la chimie, la biologie et la géologie a été testé dès 1975. Mais selon le rapport *Shimozawa*, on a fini par renoncer à l'imposer à tout le Japon, car le travail de collaboration nécessaire pour poursuivre

\*Correspondance: Dr. M. Cosandey  
Gymnase de Chamblandes  
CH-1009 Pully-Lausanne

ces expériences a été jugé trop laborieux, et d'autre part les maîtres trouvent que le travail en équipe est trop souvent ennuyeux, insipide et peu fructueux.

Aux USA, une expérience pilote a été tentée en 1986 en première année d'université à Boston [1]. Le résultat semble un succès, mais pour y parvenir, il a fallu que tous les instructeurs assistent à tous les cours, même à ceux donnés par leurs collègues. Et ce n'est pas facile: le maître moyen a en général de la peine à accepter que ses collègues assistent à son cours. De plus il rechigne à 'perdre du temps' en allant suivre les cours des autres collègues.

En Norvège, un cours de sciences naturelles intégré (chimie, biologie et physique) a été introduit en 1979 dans les classes de la 7ème année à la 10ème, où il est toujours en vigueur. Selon *Vivi Ringnes* (Faculté d'Éducation à l'Université d'Oslo) le système marche cahin-caha, car on ne trouve pas assez de maîtres qualifiés pour enseigner les trois branches. Le résultat est que le maître choisit de traiter surtout la branche où il a été formé et néglige les autres. En 11ème et 12ème année, les sujets sont enseignés de façon séparée.

En France, on n'a jamais tenté une intégration Chimie, Biologie et Physique. *Maurice Chastrette* (professeur à l'Université de Lyon et président du Committee on the Teaching of Chemistry (IUPAC)) m'a écrit en date du 15.2.1993: 'Je ne crois pas qu'un tel projet soit réalisable à l'échelle du pays.'

Au Canada, un séminaire [2] a été consacré au problème de l'enseignement intégré. Les problèmes rencontrés sont triples. 1) Problèmes personnels. Les maîtres persuadés de la méthode pour leur branche manquent de conviction pour s'impliquer personnellement dans l'enseignement des autres branches. Il paraît particulièrement important d'envisager une rotation parmi les maîtres chargés des divers aspects enseignés. 2) Problèmes pédagogiques. Il s'avère difficile de traduire les plans en pratique, et de produire à longueur d'année assez de manipulations en laboratoire qui recouvrent autant la chimie que la biologie. 3) Problèmes financiers. Les modifications à apporter aux installations de laboratoire coûtent cher.

En Israël, un cours interdisciplinaire géologie et chimie pour gymnasiens [3] a été tenté en 1978, qui est centré sur la recherche et l'analyse de 12 échantillons de roches 'inconnues' du pays. Les maîtres concernés dans le pays ont dû suivre un cours de 30 h pour maîtriser le nouveau programme. Ce programme a rencontré un vif intérêt, mais ses auteurs doutaient, à l'époque, qu'il soit applicable à d'autres pays. Et même en Israël, il est vite apparu que trop rares sont les maîtres qui ont une formation suffisante pour se charger de ces programmes. Aujourd'hui, 15 ans plus tard, ces cours ont été transformés en option, disponibles après deux ans de cours séparés de chimie et biologie.

Une grande enquête a été effectuée aux USA dans les années 1980 parmi 50 écoles,

dont 34 ont essayé des cours intégrés de sciences naturelles [4]. Parmi toutes les réponses recueillies, il n'y a qu'un seul cas d'enthousiasme sans réserve. Parmi les 33 autres, on trouve des commentaires positifs du genre: 'La plupart des maîtres sont convaincus de la valeur de ces cours', ou 'les étudiants sont enthousiasmés par le contenu et l'organisation de tels cours'. Mais on cite 27 écoles qui ont introduit de tels cours, et les ont abandonnés ensuite. L'un des responsables qualifie même le résultat de 'désastreux'. Un autre trouve que 'l'organisation d'un tel cours cause beaucoup de difficultés, et donne des résultats discutables'. *Les écoles qui paraissent le plus favorables au sujet des cours intégrés sont les 16 écoles (sur 50) qui n'ont jamais essayé d'en introduire.* Cependant même dans ces écoles, on trouve des remarques de genre: 'Nous avons remarqué que des étudiants venant d'écoles ayant organisé des cours intégrés sont moins bien formés que ceux issus des voies traditionnelles'. L'auteur termine en disant que le succès d'un cours intégré dépend avant tout de l'enthousiasme des enseignants. Mais il faut un instructeur extraordinairement motivé et capable pour que son enseignement puisse atteindre le niveau d'un cours traditionnel.

[1] A.R. Garafalo et al., *J. Chem. Educ.* **1988**, *65*, 690.

[2] D.N. Harpp, *J. Chem. Educ.* **1975**, *52*, 31.

[3] P. Pezaro, *J. Chem. Educ.* **1978**, *55*, 383.

[4] H.M. Cartwright, *J. Chem. Educ.* **1980**, *57*, 309.

*Chimia* 49 (1995) 329-331

© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009-4293

## Die Ausbildung zur Chemielehrkraft an der Universität Zürich [1]

Walter Summermatter\*

### 1. Allgemeines zur Ausbildung

Im vorliegenden Artikel schildere ich aus meiner persönlichen Sicht als Fachdidaktiker an der Universität Zürich den Ausbildungsgang. Von Hochschule zu Hochschule bestehen mehr oder weniger

grosse Unterschiede, zum Beispiel variiert die Zahl der zu haltenden Übungslektionen sehr stark.

Der Ausbildungsweg besteht aus einem fachwissenschaftlichen und einem didaktisch-praktischen Teil. Das mit dem Diplom oder dem Doktorat abgeschlosse-

ne Chemiestudium stellt den fachwissenschaftlichen Anteil dar. In dem vorliegenden Aufsatz wird aber nur auf die didaktisch-praktische und auf die fachdidaktische Ausbildung eingegangen. Der didaktische Teil gliedert sich in die 'Allgemeine Didaktik', 'Fachdidaktik' und den 'praktischen Teil'. Am Schluss der Ausbildung steht eine Prüfung. Den Erfolgreichen wird das 'Diplom für das höhere Lehramt' erteilt. Dieses stellt im Kanton Zürich die Voraussetzung für die Wahl zum Hauptlehrer an einer öffentlichen Mittelschule dar (Tab. 1).

Die *Allgemeine Didaktik* besteht aus einer Einführungsvorlesung, zwei weiteren Vorlesungen, welche aus einem wechselnden Angebot ausgewählt werden können.

\*Korrespondenz: Dr. W. Summermatter  
Kantonsschule Wiedikon  
CH-8055 Zürich

Tab. 1. Gliederung der didaktisch-praktischen Ausbildung

Allgemeine Didaktik	Fachdidaktik	Praktische Ausbildung
Einführungsvorlesung		
2 Vorlesungen (z.B. Didaktik und Lerntheorie, Didaktik und Unterrichtsdidaktik) Vorlesung 'Psychologie des Jugendalters'	Spezielle Didaktik des Chemieunterrichtes Experimentieren im Chemieunterricht	5 Übungslektionen
		Grosses Unterrichtspraktikum
Kolloquium für Diplomkandidaten		
Diplomprüfung für das höhere Lehramt		

Tab. 2. Inhalte der Vorlesung 'Fachdidaktik des Chemieunterrichtes'

**Teil A: Stoffprogramm**

Vorstellung eines Stoffprogrammes  
Schwerpunkte: Atommodelle, Gleichgewichte, Bezug zur Technik und zur Umwelt  
Vergleich von Lehrbüchern, Rahmenlehrplan, Lehrpläne von Schulen, Maturitäts-Reglement

**Teil B: Bestimmte didaktische Probleme des Chemieunterrichtes**

Unterrichtsformen  
Hausaufgaben, Prüfungen und Maturprüfungen  
Experimente und Praktikum  
Sicherheitsaspekte: Assistent/in und Chemikalien  
Das 'Image' der Chemie  
Die 'Chemie' als Arbeitgeber, Sündenbock usw.  
Betriebsbesichtigungen und Exkursionen

**Teil C: Übungslektionen**

Vorbereitung und Beurteilung einer Lektion  
Die besondere Lektion: Die Prüfungs- und Probelektion

nen und einer Vorlesung über die 'Psychologie des Jugendalters'. Unmittelbar vor der Diplomprüfung muss noch das 'Kolloquium für Diplomkandidaten' besucht werden.

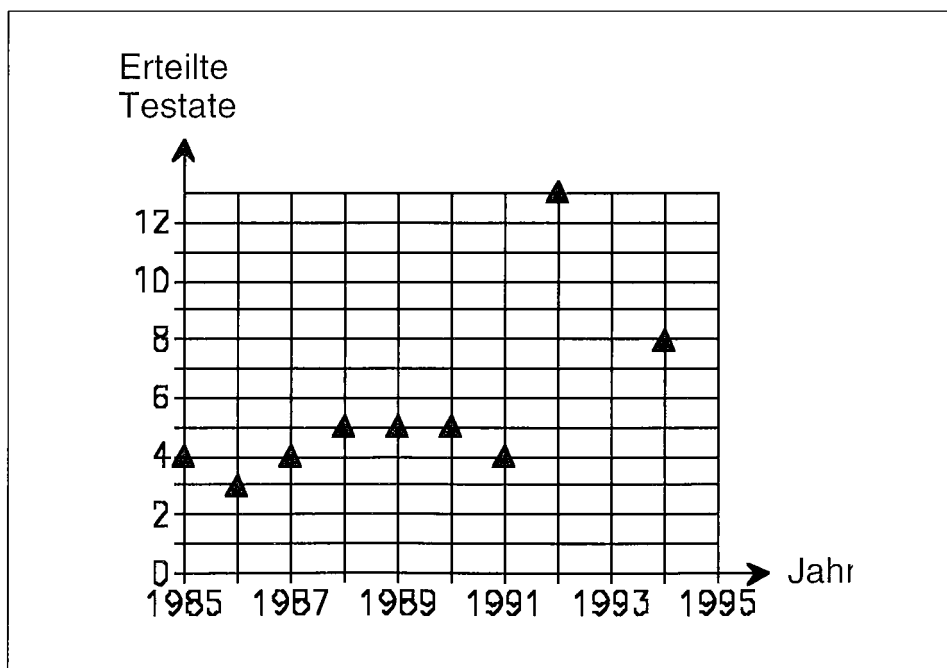
Zur *Fachdidaktik* gehört eine zweisemestrige Vorlesung und ein einsemestriger Kurs über 'Experimentieren im Chemieunterricht'. Der Schreibende erteilt seit Herbst 1985 mit einem Unterbruch im Jahre 1993 die zweisemestrige Vorlesung *Fachdidaktik*. Die Zahl der Absolventen (*Fig.*) ist absolut gesehen nach wie vor klein, relativ betrachtet hat aber ab 1992 eine Zunahme stattgefunden, welche sicher im Zusammenhang mit der veränderten wirtschaftlichen Situation steht. Doch auch an den Schulen ist es heute schwieriger geworden, eine Lehrstelle zu finden. Bis ca. 1990 musste ich jeweils Schulleitern erklären, weshalb es nicht einfach sei, für einen kleinen Lehrauftrag eine gut ausgebildete und begabte Lehrkraft zu finden. Zur Zeit versuche ich, den Absolventen der Didaktikvorlesung darzulegen, wieso es schwierig ist, auch nur einen kleinen Lehrauftrag oder eine Stellvertretung zu finden.

In der *praktischen Ausbildung* müssen die Kandidaten fünf Übungslektionen im Zusammenhang mit der Fachdidaktik-Vorlesung erteilen. Im anschliessenden, grossen Unterrichtspraktikum sind es 24 Lektionen. Dieses hat die Aufgabe, die Kandidaten auf ihre zukünftige Unterrichtstätigkeit, aber auch auf die Diplomprüfung vorzubereiten. Die angehenden Lehrkräfte sammeln Erfahrungen mit dem Unterrichtsalltag, mit der Schülerpersönlichkeit, mit Experimenten usw. Sie haben während diesem Praktikum mindestens 24 Lektionen anderer Lehrkräfte als Hospitanten beizuwohnen.

**2. Fachdidaktische Ausbildung**

Für das Fach Chemie ist eine zweisemestrige Vorlesung zu zwei Wochenstunden und ein einsemestriger Kurs (ebenfalls zwei Wochenstunden) über Demonstrations- und Laborexperimente obligatorisch. Die zweisemestrige Vorlesung setzt sich aus einem theoretischen Teil, dem Erteilen von fünf Übungslektionen und dem Hospitieren von Lektionen des Didaktiklehrers und von anderen Kursmitgliedern zusammen (*Tab. 2*).

Der Teil A ist wohl der wichtigste Inhalt der Fachdidaktik-Vorlesung. Es geht hier vor allem darum, die angehenden Chemielehrkräfte in die Denkweise und Erfahrungswelt der Gymnasiasten einzuführen. Die 'Chemie der Mittelschule' hat



Figur. Zahl der erteilten Testate (Vorlesung 'Fachdidaktik für den Chemieunterricht' an der Universität Zürich)

völlig andere Schwerpunkte als die 'Hochschulchemie'. Der Chemieunterricht an einer Mittelschule besteht *nicht* aus 'verdünnter' Hochschulchemie. Errichtet sich nicht an angehende Chemikerinnen und Chemiker, sondern er muss vor allem auf die zukünftigen Akademiker ausgerichtet sein, die später keinen wissenschaftlichen Kontakt mehr zur Chemie haben, z.B. auf angehende Theologen und spätere Juristen. Wenn unsere Mittelschüler aus dem Chemieunterricht den Eindruck bekommen, der Schulmeister sei die einzige Person, mit der man über Chemie sprechen kann und muss, so wird kaum Begeisterung für dieses Schulfach aufkommen. Gelingt es aber, die Jugend zu überzeugen, dass es dank chemischer Erkenntnis möglich ist, Lösungen oder Lösungsansätze zu Umweltproblemen zu finden, technische Probleme zu lösen, unsere Lebensqualität zu steigern, so wächst die Motivation für dieses Schulfach. Die Erkenntnis, dass ein und dieselbe Wissenschaft die Synthese und Entsorgung von giftigen und ungiftigen Stoffen ermöglicht, muss ein Schwerpunkt des Chemieunterrichtes sein. Beispielsweise in der Unterrichtseinheit 'Recycling' und 'Toxikologie' wird dieser Aspekt intensiv behandelt. Die Kapitel 'Redoxreaktionen' und 'Säuren und Basen' dürfen sich keinesfalls im formalen Aufstellen von Reaktionsgleichungen erschöpfen, sondern die Gymnasiasten wollen den Nutzen dieses Wissens erfahren und erlernen. Zum Kapitel 'Säuren und Basen' gehört neben dem klassischen Schulwissen die Besprechung des Kalk-

kreislaufes, der Brausetabletten, des pH-Werts von Lebensmitteln und Seifen. Anwendungen der Redoxchemie sind Herstellung und Entsorgung von Batterien, Korrosion der Metalle und das Galvanisieren. Sobald die 'Chemie' konkret wird, steigt das Interesse für das Fach.

Auf die Aufgabe, die Schüler primär durch möglichst konkrete Anwendungen zu motivieren, versuche ich die späteren Chemielehrkräfte vorzubereiten. Der Chemieunterricht an einer Mittelschule besteht auch, aber nicht nur, aus der Bindungstheorie. Man soll Phänomene zeigen, ohne aber eine *Phänomene* oder eine *Heureka* zu veranstalten. Es gibt unzählige Möglichkeiten, den Alltags-, den Umwelt- und den Technikbezug zu finden. Viele Fachzeitschriften für den Chemie- und den Naturwissenschaftsunterricht, aber auch Experimentierbücher geben zahlreiche Ratschläge, Hinweise, Empfehlungen und Beispiele für einfache aber spektakuläre Experimente und faszinierende Unterrichtseinheiten. Um den Studenten der Fachdidaktik-Vorlesung einen Einblick in diese Literatur zu geben, lasse ich von den Teilnehmer Kurzreferate über einzelne Kapitel aus Zeitschriften und Lehrbücher halten, damit sie einen Einblick in diese Vielfalt erhalten. Die angehenden Lehrerinnen und Lehrer sollten feststellen, dass ein bestimmtes Thema auf verschiedenste Art und Weise behandelt werden kann, und es fast so viele Wege und Ansichten gibt wie Lehrkräfte.

Zum Abschluss der zweisemestrigen Vorlesung muss jeder Studierende eine

Literaturarbeit über ein selbstgewähltes Thema abfassen, das sich zur Behandlung in einem zeitgemässen Chemieunterricht eignet, nicht aber schon in jedem Lehrbuch erschöpfend behandelt ist. Damit möchte ich erreichen, dass sich die zukünftigen Lehrkräfte im Suchen nach neuen Inhalten und Themen für den Unterricht üben. Einige Beispiele aus den letzten beiden Vorlesungen:

- Chemische Speicherung von Sonnenenergie
- Drug-Design (Medikamente vom Reissbrett)
- Transgene Nutzpflanzen
- Supraleitung
- Kriminalistik und forensische Chemie.

Gemäss einer Untersuchung aus dem Jahre 1984 der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW), bei welcher 1700 Maturanden befragt wurden, war Chemie das zweitunbeliebteste Fach. Persönlich bin ich der Ansicht, dass bei einem praxisbezogenen Unterricht (einige Möglichkeiten dazu habe ich im Zusammenhang mit Säuren/Basen und Redoxreaktionen genannt) mit den dazugehörigen Experimenten die Beliebtheit und die Akzeptanz der Chemie als Unterrichtsfach sicher steigen würde. Diesen Geist versuche ich in meiner Vorlesung den angehenden Lehrkräften zu vermitteln.

[1] Die personenbezogenen Bezeichnungen gelten für beide Geschlechter.

*Chimia* 49 (1995) 331-332  
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009-4293

## Interdisziplinarität – Allgemeinbildung [1]

'Wer nichts als Chemie versteht, versteht auch diese nicht.'

(Georg Lichtenberg 1742-1799)

Gustave Naville\*

Die Aussage von *Lichtenberg* steht stellvertretend für jedes Fach, für jedes Fachspezialistentum, und sie ist heute so wahr wie vor 200 Jahren.

Was aber hat sich seither verändert, insbesondere in den letzten 50 Jahren? Warum wird heute so viel von Interdisziplinarität gesprochen? Wir wollen zwi-

schen Lehrenden und Lernenden unterscheiden. Die Lehrenden waren früher, aufgrund ihrer eigenen breiten Erziehung und Ausbildung, fast Universalgelehrte. Sie konnten ihr Spezialgebiet subjektiv und objektiv ganz natürlich in die Beziehungen zu andern Wissensgebieten einbetten – und diese Beziehungen waren noch individuell überschaubar.

Und der Lernende? Auch er stand vor 100 oder 50 Jahren im Privatleben und in der Schule einem überschaubaren, stabilen Wissenschaftshorizont gegenüber, in dem er sich orientieren und seinen Weg finden konnte. Der Gymnasiast brachte meistens eine Erziehung und einen intel-

\*Korrespondenz: Dr. G. Naville  
Kantonsschule Oerlikon  
CH-8050 Zürich

lektuellen Rahmen in die Schule mit, der noch nicht von Sprachlosigkeit und Fernsehkonsum geprägt war, und in diesen Rahmen konnten an einem humanistischen Gymnasium von humanistisch gebildeten Fachlehrkräften das Wissen und die Haltung eingebracht werden, die sich dank diesem Rahmen ihrerseits zur humanistischen Bildung im guten Sinne zusammenfanden.

Und heute? Im Gymnasium wird noch weitgehend mit den gleichen Methoden unterrichtet wie vor 50 Jahren. Der Fächerkanon ist im wesentlichen gleich geblieben. Die Stundenpläne sehen noch gleich aus. Die Lehrenden werden noch gleich ausgebildet – weitgehend durch ein Fachstudium.

Sicher werden neue Sprachen heute anwenderfreundlicher, gesprächiger unterrichtet. Biologie und Geographie, Chemie und Physik haben sich gewaltig entwickelt – auch im Gymnasialunterricht – und sind sich dadurch gegenseitig in die Haare geraten; da und dort wurde Reformkosmetik betrieben. Das einzig wirklich Neue ist aber doch eigentlich die maschinelle Datenverarbeitung, -speicherung und -verfügbarkeit, die uns Älteren so Mühe macht, weil wir uns Sorgen machen um die entsprechenden menschlichen Fähigkeiten.

Hingegen ist die Wissenschaft unübersichtlich geworden, die Ausbildungs-Studienfächer sind heute aufgefächert und verästelt; der Lehrende am Gymnasium hat Überblick und Durchblick verloren, er ist Spezialist geworden. Ganz besonders hat sich die Kluft zwischen sprachlich-geisteswissenschaftlichem Lehren und Lernen und naturwissenschaftlichem Unterricht geöffnet und vertieft. Es entwickelt sich eine Tendenz des ängstlichen Rückzugs hinter die Mauern der eigenen Fachhochburg. Und viele Lernende treten ins Gymnasium ein mit weniger geistigem Horizont, mit weniger Kinderstube und weniger Aufnahmefähigkeit – und sehen sich im abgeschotteten Fachunterricht immer noch 12–15 Einzelkämpfern gegenüber, mit deren Wissenspaketen sie immer weniger anfangen können.

Und nun? Was hat dies alles mit Interdisziplinarität zu tun? Interdisziplinarität ist *conditio sine qua non* des zukünftigen Gymnasiums! Wir müssen den Versuch wagen oder vielleicht uns vermehrt bemühen, unseren Schülerinnen und Schülern in der Schule den erzieherischen und intellektuellen Nährboden zu vermitteln, in dem ihr Wissen zu Bildung werden kann – und dazu braucht es unzweifelhaft (mehr) kollegiale und interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Zuerst gilt es, die Fachisolation und das Einzelkämpfertum zu durchbrechen. Was gäbe es Zweckmässigeres und Schöneres als gegenseitige Unterrichtsbesuche unter Kolleginnen und Kollegen, um den Schülerinnen und Schülern zu zeigen, dass sie von einer Gemeinschaft, einem Team von Lehrenden unterrichtet und betreut werden, die voneinander mehr wissen als was sie beim Pausenkaffee hören. Und dass sich durch solche Unterrichtsbesuche – neben Fachkollegen unbedingt auch Kolleginnen und Kollegen anderer Fächer – gegenseitiges Vertrauen und interdisziplinäre Einsicht entwickeln könnte, liegt auf der Hand. Warum haben wir eigentlich Angst voreinander? Oder sollte der Grund, dass wohl nur selten gegenseitige Unterrichtsbesuche stattfinden, etwa darin liegen, dass sich z.B. im Abstand von drei bis vier Wochen keine Zwischen- oder Randstunde finden liesse, für die man bei einer Kollegin oder bei einem Kollegen für einen Besuch anfragen könnte.

Zurück zur eigentlichen Interdisziplinarität. Es gibt wohl nur unter den günstigsten Umständen eine freiwillige interdisziplinäre Zusammenarbeit. Wäre es denkbar, dass sie gefördert werden könnte durch Einberufung von interdisziplinären Konventen mit zwei bis drei Fachschaften, an denen konkret über interdisziplinäre Unterrichtsinhalte und Projekte gesprochen wird? Gemeinsam interessierende Themen müssten definiert werden und für jedes solche Kontakt- oder Überschneidungsgebiet eine von drei Möglichkeiten vereinbart werden:

1. Die entsprechende Thematik wird von einem Fach übernommen bzw. es wird eine klare Abgrenzung vereinbart. Mögliche Beispiele wären: die Batterien zwischen Chemie und Physik oder eine geistesgeschichtliche Epoche zwischen Geschichte und einem Sprachfach.
2. Beide Fächer behandeln den Stoff aus ihrer Sicht – dann müssen sie unbedingt voneinander wissen, mindestens in den Grundzügen, wie und was sie tun. Wie muss das eine Fach davon sprechen, damit das andere Fach wo und in welcher Form daran anknüpfen kann und nicht unabhängig eine andere, bessere Wahrheit verkündet?
3. Im Idealfall kann man sich ein Co-teaching vorstellen, ein gemeinsames Unterrichten, wobei selbstverständlich die Frage der Abrechnung solcher Übungen jenseits der Freiwilligkeit nicht leicht zu lösen ist.

Interdisziplinäre Didaktik ist bestimmt nicht leicht zu handhaben. Es sei deshalb hier postuliert, dass Fragen der allgemei-

nen Interdisziplinarität in die Ausbildung der Gymnasiallehrkräfte einbezogen werden und dass spezielle Interdisziplinarität vor allem zwischen naturwissenschaftlichen Fächern, aber auch zwischen Geschichte und Sprachfächern, in der Fachdidaktik ausdrücklich gelehrt und geübt wird (heutige Ausnahmen bestätigen die Regel). Allgemeine Interdisziplinarität? Supradisziplinarität – Allgemeinbildung! Gymnasiale Bildung ist unbestritten breitgefächerte Allgemeinbildung, die als Hintergrund für ein Studium dient, für lebenslanges Lernen und für eine Tätigkeit in Wirtschaft und Öffentlichkeit. Solche Allgemeinbildung ist das Ziel unseres Tuns als gymnasiale Lehrkräfte. Und um dieses Ziel anzustreben, brauchen wir bewusste Bemühung um Interdisziplinarität und Supradisziplinarität – das Ziel steht über den Disziplinen, den einzelnen Fächern. Aber: keine Interdisziplinarität ohne Disziplinarität! Die entscheidende Frage jedoch ist: Wie tragen wir mit unserem Fachunterricht und unseren interdisziplinären Bemühungen zur Allgemeinbildung unserer Schülerinnen und Schüler bei?

Wir müssen den Plastiksack voll Wissens-Puzzle-Stückli, mit dem so oft Maturandinnen und Maturanden die Schule verlassen, wieder ersetzen durch den Schulsack voll Bildung, indem wir Lehrende ein wenig von unserer fast absoluten Lehrfreiheit drangeben und zugunsten unserer Schülerinnen und Schüler uns vermehrt um kollegiale und interdisziplinäre Zusammenarbeit im Rahmen unseres Fachunterrichtes bemühen.

[1] Dieser Text erschien erstmals im *gymnasium helveticum* 3/1992. Er hat nichts von seiner Aktualität verloren.



Chimia 49 (1995) 333–335  
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009–4293

# Gedanken zum Chemieunterricht am Gymnasium aus der Sicht der Hochschule

Martin Quack\* und Arthur Schweiger\*

‘Die technische Entwicklung hat heute einen Stand erreicht, der von jedem Mitbürger und insbesondere von den Entscheidungsträgern in Politik, Wirtschaft und Ausbildung ein äusserst solides technisches und naturwissenschaftliches Verständnis erfordert. Es genügt nicht, hervorragende Experten heranzubilden, deren Aussagen von einer in Aberglauben und Halbwissen verharrenden Bevölkerung in Zweifel gezogen werden. Es braucht auf allen Stufen ein kritisches, auf Tatsachen beruhendes Urteilsvermögen.’

Richard R. Ernst

Auf den naturwissenschaftlichen Unterricht am Gymnasium bezogen besteht somit nach dem Nobel-Preisträger Richard Ernst ein vorrangiges Ziel der Ausbildung darin, die zukünftigen Akademiker mit einem möglichst fundierten Fachwissen auszustatten, aus dessen Quellen sie bei entsprechenden Entscheidungsprozessen schöpfen können. Die naturwissenschaftliche Allgemeinbildung sollte die Mittelschulabgänger befähigen, sich über sogenannte Risikotechnologien ein Urteil zu bilden, unsere endlichen Ressourcen verantwortungsvoll zu nutzen, und sich bei Bedarf mit Hilfe des wissenschaftlichen Schrifttums gezielt weiterzubilden.

Wir unterstützen die im Editorial dieses Heftes aufgestellte Forderung nach einer zweifachen Zielsetzung eines modernen Chemieunterrichts am Gymnasium: allen Absolventen einer Mittelschule muss ein fundiertes Grundwissen vermittelt werden, das gleichzeitig den angehenden Ingenieuren und Naturwissenschaftlern auch einen weitgehend reibungslosen Einstieg in das Hochschulstudium ermöglicht. Die Schwerpunktbildung, wie sie in den verschiedenen Maturitätstypen bis vor kurzen noch vorgesehen war, kam den unterschiedlichen Begabungen und Neigungen der Mittelschüler in idealer Weise

entgegen. Die durch diese Gewichtung der Fächer entstandenen Unterschiede in der Vorbildung der Studenten gleichen sich im Studium in der Regel nach kurzer Zeit aus.

Bevor wir unsere Vorstellungen zu einem zeitgemässen Chemieunterricht formulieren, soll an Hand von einigen Beispielen aus dem täglichen Leben die Bedeutung einer praxisbezogenen Chemieausbildung illustriert werden:

Der Begriff ‘Freie Radikale’ ist zum Modewort verkommen. In den USA grassiert zur Zeit eine eigentliche ‘Free Radical’-Hysterie, da diese Verbindungen beispielsweise für die frühzeitige Alterung der Haut verantwortlich gemacht werden. Die Kosmetikindustrie hat diesen neuen Erkenntnissen Rechnung getragen und Produkte auf den Markt gebracht, die vor den negativen Einflüssen der freien Radikale und anderer hautschädigender Substanzen schützen sollen. So weit so gut. Beim Lesen der Beipackzettel wird der Konsument nun aber mit einer Vielzahl von Inhaltsstoffen wie Liposomensuspension, Mikropigmente, Vitamin E oder Beta-Carotin, konfrontiert, die er ohne elementare Chemiekenntnisse nicht einzuordnen weiss. Damit sich wenigstens der akademisch gebildete Konsument ein Urteil zu bilden vermag, ob der Einsatz eines solchen Produkts für ihn oder für andere sinnvoll ist, sollte er mit der genauen Definition des Begriffs ‘freies Radikal’ und seinen wichtigsten Eigenschaften, sowie mit einigen Grundbegriffen der modernen Pharmazie vertraut sein.

Ein weiteres aktuelles Thema, das uns in Zukunft mit Sicherheit noch vermehrt beschäftigen wird, betrifft die Belastung des Menschen und seiner Umwelt mit Stoffen, die durch natürliche Prozesse nicht oder nur schwer abbaubar sind. Auf diesem sehr komplexen Gebiet ist das eingangs zitierte solide technische und naturwissenschaftliche Verständnis jedes Mitbürgers von besonderer Bedeutung, damit er sich in einer schnell sich wandelnden Umwelt orientieren und zur Zukunftssicherung des Ökosystems Erde beitragen kann. Das Thema reicht von der Verwendung von rezyklierbaren Stoffen, über die Frage nach der Giftigkeit von Schwermetallen – Amalgam in Zahnfüllungen ist beispielsweise seit Jahren ein Dauerbrenner –, bis zur Entsorgung von Ölplattformen. Alle Teilgebiete der Chemie und natürlich auch viele Disziplinen der Physik werden dabei unmittelbar angesprochen. Eine gute naturwissenschaftliche Allgemeinbildung kann deshalb durchaus dazu beitragen, unser Alltagsverhalten nachhaltiger zu gestalten.

Ozon ist lebensnotwendig und schädlich zugleich. Je nachdem wo es auftritt, schützt es uns oder macht uns krank. Zudem findet man Ozon in ländlichen Gegenden häufig in höheren Konzentrationen als in städtischen Ballungsgebieten. Um diese auf den ersten Blick verwirrenden Zusammenhänge, die uns und unsere Kulturpflanzen unmittelbar betreffen zu verstehen, benötigen wir in diesem konkreten Fall ein entsprechendes Basiswissen über photochemische Prozesse. Wir sollten die wichtigsten Vorläuferschadstoffe des Ozons sowie deren Entstehung und Abbau kennen, und in den Grundzügen über die Mechanismen, die in der oberen Atmosphäre für die Zerstörung des Ozons verantwortlich gemacht werden, informiert sein. Solche elementaren Kenntnisse können uns beispielsweise dabei helfen, vorgesehene unpopuläre Luftreinhaltmassnahmen objektiv zu beurteilen und falls nötig mit Überzeugung mitzutragen.

An einfachen Beispielen kann auch die Bedeutung unseres Verständnisses der Chemie von Medikamenten illustriert werden. (Die Geschichte einiger solcher Beispiele ist für den Laien zusammengestellt in: Frank Bridel, ‘Ces médicaments qui ont changé la vie’, Payot, Lausanne, 1985.) Seit 2500 Jahren ist Salicylsäure als Bestandteil des Extraktes aus Weiden als ‘Naturheilmittel’ bekannt. Da Salicylsäure sehr schwer verträglich ist, hat erst die chemische Synthese der Acetylsalicylsäure (‘Aspirin’) durch Gerhardt und Hoffmann bekanntlich den Erfolg des

\*Korrespondenz: Prof. M. Quack, Prof. A. Schweiger  
Laboratorium für Physikalische Chemie  
ETH-Zentrum  
CH-8092 Zürich

Medikamentes sichergestellt. Seither ist Aspirin nicht nur als Fieber- und Schmerzmittel, sondern auch als Rheumamittel und Antikoagulans für ungezählte Menschen zum Segen geworden. Seine einfache chemische Zusammensetzung und die lange, interessante Geschichte des Medikamentes machen es zu einem guten Schulbeispiel (auch für die Absurdität der Kontroverse um die 'künstlich-chemischen' und 'natürlichen' Heilmittel). Der für die didaktische Ausbildung von Chemikern an der ETH zuständige Dozent und Kantonsschullehrer *Walter Caprez* lässt zum Beispiel in seinem Unterricht die Schülerinnen und Schüler Acetylsalicylsäure synthetisieren, und durch Infrarotspektroskopie in eigenen Experimenten nachprüfen, ob der gewünschte Stoff erzeugt wurde. An ähnlichen Beispielen fehlt es nicht. Uns erscheint es jedenfalls wichtig, dass alle Schülerinnen und Schüler im Unterricht mit ähnlichen Beispielen der Chemie aus dem täglichen Leben konfrontiert werden.

Wie soll nun basierend auf diesen Gedanken die Ausbildung im Chemieunterricht am Gymnasium konkret gestaltet werden? Die Lernziele und Stoffprogramme der meisten Schulen sind im allgemeinen durchaus geeignet, allen Absolventen einer Mittelschule das erforderliche Basiswissen im Fach Chemie zu vermitteln. Ob die in den Lehrplänen formulierten Ziele dann auch tatsächlich erreicht werden, hängt aber ganz wesentlich von den entsprechenden Lehrkräften ab; von ihrem persönlichen Engagement, ihrer Begeisterung für ihr Fach und ihrer Fähigkeit, den Stoff spannend zu vermitteln. Wir vertreten die Auffassung, dass Mittelschullehrer, die Chemieunterricht erteilen, unbedingt über eine abgeschlossene Hochschulausbildung im Fach *Chemie* verfügen sollten. Eine entsprechende Ausbildung in einer der übrigen naturwissenschaftlichen Disziplinen erachten wir als unzureichend für einen guten Chemieunterricht.

Vom Unterricht erwarten wir, dass er ein disziplinäres Grundwissen vermittelt, das auf einem klaren systematischen Aufbau der Chemie basiert, in dem die Elementsymbole und die zahlreichen Begriffe exakt definiert werden. Auf eine detaillierte Stoffkenntnis sowie eine sorgfältige und ausführliche Beschreibung der Phänomene und modernen Arbeitsmethoden der Chemie ist besonders Wert zu legen. Modelle, die das atomare Geschehen beschreiben, sollten entwickelt und ihre Grenzen diskutiert werden. Die Vermittlung eines experimentell und begrifflich-modellorientierten Verständnisses der Chemie

kann in relativ jungem Alter erfolgen, da komplizierte mathematisch-physikalische Methoden nicht benötigt werden. Im Zusammenhang mit theoretischen Modellvorstellungen fällt uns aber immer wieder auf, dass häufig versucht wird in eine Tiefe zu gehen, zu deren Verständnis dem Mittelschüler die physikalischen und mathematischen Werkzeuge fehlen. Praktische Beispiele aus dem täglichen Leben die einen direkten Bezug zum Menschen herstellen und die chemischen Zusammenhänge und Vorgänge in der belebten und unbelebten Natur beleuchten, sowie die Behandlung wichtiger technischer Prozesse und Abläufe sollten das Grundwissen ergänzen. Aber auch neuste Forschungsergebnisse dürfen, dem entsprechenden Wissensstand der Schülerinnen und Schüler angepasst, in den Unterricht einfließen. Wichtig scheint uns auch die Hinführung zu geeigneten Lehrmitteln, von denen wir ganz besonders die einführenden Bücher von *Hans Rudolf Christen* erwähnen möchten. Diesem begnadeten Lehrer und Autor ist es gelungen, die Lehrinhalte der Chemie in einer Weise zu präsentieren, die kaum mehr Wünsche offen lässt.

Es gehört ferner zu jedem fortschrittlichen Chemie-Unterricht, den theoretischen Stoff mit geeigneten Experimenten zu veranschaulichen und den Schüler dazu aufzufordern, eigene Laborerfahrung zu sammeln. Es erscheint uns notwendig, dass alle Schülerinnen und Schüler während mindestens einem Semester regelmässig selbständig im Chemielabor arbeiten können. Eigenhändig durchgeführte Experimente machen Spass, regen die Phantasie an und wecken die Kreativität und die Freude am wissenschaftlichen Arbeiten. Laborversuche sind auch hervorragend geeignet, den Schülern die Vielfalt und nicht zuletzt auch die Schönheit der chemischen Erscheinungen nahezubringen. Sie bilden ein Gegengewicht zu den abstrakten Modellen mit denen die Chemie arbeitet: 'Am farbigen Abglanz haben wir das Leben!'

Schliesslich ist der Chemie-Unterricht am Gymnasium auch für die Rekrutierung des Chemiker-Nachwuchses mitverantwortlich. Es ist leicht vorherzusehen, dass langfristig vermehrt gute Chemiker in unserem Lande wie anderwärts benötigt werden. Deshalb gehört es zu den vornehmsten Aufgaben eines Chemielehrers, die Besten der Schüler und Schülerinnen für das Chemiestudium zu begeistern und zu gewinnen.

Umfragen unter den Chemiestudenten des ersten Semesters an der ETH-Zürich bezüglich der Lehrinhalte haben nun aber

immer wieder gezeigt, dass die Ausbildung an vielen Mittelschulen den oben skizzierten Idealvorstellungen nicht ganz entspricht. So sind viele Studierende durchaus in der Lage, etwa die fünf d-Orbitale zu zeichnen, während andererseits nur sehr rudimentäre Vorstellungen über die chemischen Elemente und Elementsymbole, elementare kinetische Vorgänge oder die wichtigsten spektroskopischen Methoden vorhanden sind. Auch so grundlegende Begriffe wie Racemat, Zwischenprodukt oder Konformation sind häufig unbekannt oder werden mit falschen Vorstellungen verknüpft. Zudem wird der Übergang von der Mittelschule zur Hochschule bezüglich des Fachs Chemie in der Regel als schwierig empfunden.

Die beiden andern naturwissenschaftlichen Basisdisziplinen Biologie und Physik müssen gleichberechtigt mit der Chemie unterrichtet werden. Dies erlaubt es den Fachlehrern Querverbindungen zwischen diesen drei Disziplinen zu knüpfen und auf die unterschiedlichen methodischen Ansätze hinzuweisen. Selbst zum Deutschunterricht lassen sich gelegentlich Brücken schlagen, so etwa bei der Lektüre der Wahlverwandtschaften, bei der sich die Schüler bewusst werden sollten, dass *Goethe* als Titel für seinen Roman einen in seiner Zeit höchst aktuellen, heute aber antiquierten Begriff aus der Chemie verwendet, um damit auf subtile Weise auf die Parallele zwischen chemischer und zwischenmenschlicher Anziehung hinzuweisen. Dass für den Unterricht in allen naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern eine fundierte mathematische Ausbildung unabdingbare Voraussetzung ist, braucht wohl nicht besonders betont zu werden. Statt komplizierte Theorien der chemischen Bindung schon in der Mittelschule zu lernen, ist es auch für die zukünftigen Chemiker unter den Schülern nützlicher, zum Beispiel über vernünftige Fähigkeiten im einfachen Rechnen mit komplexen Zahlen zu verfügen, die wir bei Studienanfängern oft vermissen.

Abschliessend noch einige Bemerkungen zum neuen Maturitäts-Anerkennungs-Reglement (MAR), das seit dem 1. August 1995 in Kraft ist. Sehr bedauerlich ist aus unserer Sicht, dass die Noten der drei naturwissenschaftlichen Fächer in den Semesterzeugnissen nicht mehr einzeln aufgeführt und auch nicht mehr promotionswirksam sind. Ein grundlegendes Problem entsteht für die Hochschulen aber auch durch die Aufteilung des bisherigen Typus C in die zwei Schwerpunktfächer 'Biologie und Chemie' oder 'Angewandte Mathematik und Chemie'. Um der Chemie

und anderen Grundlagenfächern ein angemessenes Gewicht zu geben, sollte der Anteil des Wahlbereiches an der unteren im MAR vorgesehenen Grenze (15%) gehalten werden, der Anteil des Bereichs Mathematik und Naturwissenschaften an der oberen Grenze (30%). Die Hochschulen der Schweiz und die Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft (NSCG) sollten nach Möglichkeit versuchen, wenigstens auf die Gestaltung der Lehrpläne und Stundentafeln in den Kantonen und

Schulen Einfluss zu nehmen, damit der Schaden, der durch eine 'Maturität light' angerichtet werden kann, in Grenzen gehalten wird.

Die ETH-Zürich und die Universität Zürich als schweizerische Hochschulen mit weltweiter Ausstrahlung haben beide vehement gegen das neue MAR Stellung bezogen. Sie erachten es als ausserordentlich kurzfristig, unser naturwissenschaftliches Kulturgut zu Gunsten einer falsch verstandenen Freiheit aufs Spiel zu set-

zen. In unserem rohstoffarmen Land ist Bildung, und in diesem Zusammenhang ganz besonders naturwissenschaftliche Bildung, eines der wertvollsten Güter, über das wir verfügen. Gerade in einer Zeit des Umbruchs sollte ein bewährtes Berufsbildungssystem, um das uns übrigens viele beneiden, nicht durch ungeeignete Experimente leichtfertig geschwächt und der Wirtschaftsstandort Schweiz zusätzlich gefährdet werden.

*Chimia 49 (1995) 335-336*  
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009-4293

## Wenn die Chemie nicht mehr stimmt. Gedanken eines Studenten

Pekka Jäckli\*

Leicht verkaterte Stimmung an vielen chemischen Instituten der Schweizer Hochschulen, sinkende Studentenzahlen und keine Trendwende in Sicht. Die Lehre in der Chemie scheint substanziellen Veränderungen entgegen zu gehen, denn ohne Studenten keine Diplomanden, keine Doktoranden, keine Post-Docs, keine Habilitierenden, keine Privatdozenten, keine Professoren, keine Hochschulchemie, keine chemische Industrie, kein Geld. Ganz einfach. Ganz einfach?

Die Zahlen sprechen eine deutliche Sprache: Schweizer ChemiestudentInnen sind vom 'Aussterben' bedroht. Vorbei sind die Zeiten, da man Chemie mit Fortschritt – im positiven Sinne – assoziierte und sich das Chemiestudium als solide Ausbildung mit Arbeitsplatzgarantie präsentierte. Wer heute einen Blick in die Hörsäle der Chemievorlesungen wirft, erschrickt. Ein gar spärliches Publikum nur scheint sich für den Tanz der Atome und Moleküle zu interessieren, während anderenorts die Auditorien überquillen. Es ist Zeit, sich zu besinnen.

### Wer die Wahl hat, hat die Qual

Wohl die meisten MittelschülerInnen machen sich im Verlaufe der letzten zwei Jahre ihrer Kantonsschulkarriere Gedanken über ihre Zukunft. Soll man überhaupt studieren? Wenn ja, was? Nun führen bekanntlich viele Wege zur *Alma mater*, doch wie findet der designierte Akademikernachwuchs heraus, womit er sich für die nächsten paar Jahre beschäftigen soll? Dazu einige Spekulationen.

Die Mittelschule soll dem jungen Menschen eine gute Allgemeinbildung vermitteln und ihm das nötige Rüstzeug für ein späteres Hochschulstudium mitgeben. So gesehen erhält ein jeder die Möglichkeit, seine Vorlieben zu erkennen und daraufhin zu entscheiden, was für einen Studiengang es anzutreten gilt. Ob jemand nun eine Fachrichtung gefällt oder nicht, hängt von mehreren Faktoren ab:

Da ist zum einen die Neigung. Es gibt Dinge, die einem einfach ein bisschen leichter fallen, warum auch immer. Und was man versteht, das interessiert einen häufig auch mehr. Auf alle Fälle sträubt man sich nicht dagegen. Manchmal ist es aber auch das Charisma einer Lehrperson, das einen in den Bann zieht. Die Tatsache, dass der Gefallen an einem Fach und die Sympathie zur Lehrperson nicht selten miteinander korrelieren, hat meiner Ansicht nach einen sehr grossen Einfluss auf die Wahl der Studienrichtung.

Nun ist das reine Interesse an einer Fachrichtung in der Regel nicht das einzige Kriterium, welches die Wahl des Studienganges beeinflusst, mindestens ebenso wichtig sind Prestige und Berufsaussichten, die man sich von einem Studium verspricht. Nicht zu vergessen ist an dieser Stelle auch das Lebensgefühl, das mit der Fachrichtung assoziiert wird, 'la vie de bohème' beispielsweise.

Wenden wir die genannten Argumente auf verschiedene Studienrichtungen an, so ergibt sich ein interessantes Bild: Studiengänge wie z.B. diejenigen der Medizin, Wirtschafts- oder Rechtswissenschaften sind enorm prestigeträchtig. Da kann das Grosi dann auch voller Stolz erzählen, was für eine prächtige Ausbildung ihr Enkelkind macht ... Ausserdem gelten obengenannte Richtungen als relativ sicher bezüglich Berufsaussichten, was konsequenterweise reichlich gefüllte Hörsäle beschert. Die LiebhaberInnen des geschriebenen und gesprochenen Wortes wenden sich der Philologie zu; Reden ist immerhin Silber. Da die Philologie im Mittelschulalltag eine überproportionale Präsenz besitzt, ist es auch leichter, sich mit ihr anzufreunden, dazu kommt, dass die meisten KantonsschülerInnen Romane der chemischen Literatur vorziehen.

Was aber hat das Chemiestudium in diesem Kontext anzubieten? Nun ja, ein in

\*Korrespondenz: P. Jäckli  
Biochemisches Institut  
Universität Zürich-Irchel  
Winterthurerstrasse 190  
CH-8057 Zürich

der Öffentlichkeit über nicht alle Zweifel erhabenes Image, den Ruf, ein anstrengendes, schwieriges und kompliziertes zu sein, und dazu noch eine suboptimale Arbeitsplatzsituation. Klingelt es irgendwo?

### Vom Müssen zur Musse

Der real existierende Chemieunterricht an unseren Mittelschulen ist von seiner Prägung her, nicht zuletzt aber auch der geringen Stundenzahl wegen, nur beschränkt in der Lage, die Neugier der SchülerInnen zu wecken und deren Phantasie zu beflügeln. Mal ehrlich, waren sie von der Essigsäure – Kochsalz – Ammoniak – Ethanol-Chemie beeindruckt? Ich nicht. Was die Jugendlichen wirklich interessiert sind die Substanzen und Gemein-

sche, mit denen sie in ihrem Alltag konfrontiert sind: Holz, Glas, Stahl, Kunststoffe, Lebensmittel, Drogen, Sprengstoffe und Umweltgifte, um nur einige zu nennen. Das in Verbindung bringen von chemischen Formeln mit bekannten Begriffen, wie Aspirin, Omo, Araldit, Teflon, TNT, Ecstasy und so weiter, ist es, was die SchülerInnen fasziniert! Das Zauberwort heisst Alltagsrelevanz. Die Chemie findet überall statt. Eine Erkenntnis, die in der Mittelschulausbildung offenbar noch zu wenig deutlich vermittelt wird.

Es gibt da noch ein weiteres Problem. Die wenigsten Maturanden haben eine Ahnung, wie sich das Chemiestudium überhaupt gestaltet, geschweige denn, was es für Möglichkeiten bietet; wen wundert's. Die durch Industrie und Hochschule geleistete Öffentlichkeitsarbeit ist absolut

unzureichend. Es wäre wichtig für die Branche (damit meine ich Industrie und Hochschulen), an den Mittelschulen vermehrt Präsenz zu markieren. Sei dies mit Vorträgen 'aus dem Alltag', oder sei dies durch spektakuläre Shows ('Chemie ist, wenn es knallt und raucht!'). Wer weiss, vielleicht erwiese manch einer der in Basel tätigen Ökonomen der Chemie einen grösseren Dienst, würde er sich – anstelle von Quartalsberichten – auf mittelschulspezifisches Informationsmarketing spezialisieren.

Die chemische Wissensvermittlung auf Mittelschulniveau steht am Scheideweg und die schweizerische Chemietradition auf dem Spiel. Was wir brauchen sind Visionen, und keine wissenschaftlichen Worthülsen. Denken sie mal darüber nach.

Chimia 49 (1995) 336–338  
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009–4293

## Didaktische Gedanken zur Einführung der Lage chemischer Gleichgewichte im gymnasialen Chemieunterricht

Urs Wuthier\*

### 1. Einleitung

Im gymnasialen Unterricht der Oberstufe wird bei der Besprechung des Verlaufs chemischer Reaktionen üblicherweise auch das *dynamische Gleichgewicht* in einem abgeschlossenen Reaktionssystem eingeführt. Dabei wird meistens auch das *Massenwirkungsgesetz* mit der darin vorkommenden *Gleichgewichtskonstanten K* sowie das *Prinzip von Le Châtelier* behandelt. Nicht selten findet man dann in Schülerheften Merksätze der folgenden Art:

'Liegt das chemische Gleichgewicht rechts, d.h. ist die Gleichgewichtskonstante gemäss Massenwirkungsgesetz grösser als 1, so enthält das Reaktionsgemisch mehr Produkte als Edukte.'

'Erhöht man in einem sich im dynamischen Gleichgewicht befindlichen Reaktionssystem die Konzentration eines

Edukts, so verschiebt sich das Gleichgewicht nach rechts.'

Ähnliche Formulierungen sind auch in gängigen Lehrbüchern zu finden. Im ersten der obigen Merksätze tritt aber ein *inhaltlicher Fehler* auf, und der zweite Merksatz enthält eine zumindest irreführende *Ungenauigkeit*. Auf diese beiden Punkte, die meiner Erfahrung nach für sehr viele Schüler Stolpersteine für ein volles Verständnis des dynamischen Gleichgewichts bilden, möchte ich im folgenden etwas näher eingehen.

### 2. Der Fehler

Betrachten wir als Beispiel eine chemische Reaktion in wässriger Lösung mit der allgemeinen Reaktionsgleichung



Hier muss zwischen den *Anfangskonzentrationen*  $[X]_0$  der beteiligten Reaktanden X und deren *Gleichgewichtskonzentrationen*  $[X]$  unterschieden werden. Gemäss Massenwirkungsgesetz erhält man für die Gleichgewichtskonstante *K* den Ausdruck

$$K = \frac{[C]}{[A] \cdot [B]} \quad (2)$$

Ausserdem kann man aus der *Reaktionsgleichung 1* zwei mathematische Gleichungen für die Konzentrationsbilanz im allgemeinsten Fall ableiten:

$$[A] - [A]_0 = [B] - [B]_0 \quad (3)$$

$$[A]_0 + [C]_0 = [A] + [C] \quad (4)$$

*Beziehung 3* ergibt sich aus der Tatsache, dass A und B im Teilchenverhältnis 1:1 miteinander reagieren. Die Differenz zwischen Gleichgewichtskonzentration und Anfangskonzentration muss deshalb für beide Teilchensorten identisch sein.

*Gleichung 4* ist eine Folge des Umstands, dass jedes Teilchen A, das wegreaktiert hat, zusammen mit einem Teilchen B zu genau einem Teilchen C umgesetzt worden ist. Was man also an A verliert, gewinnt man sofort an C neu hinzu. Die Summe der Konzentrationen von A und C ist daher zu jedem Zeitpunkt des Reaktionsverlaufs gleich gross.

\*Korrespondenz: Dr. U. Wuthier  
Kantonsschule Reussbühl  
CH-6015 Reussbühl