

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 Hochschulbildung 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 kurzsichtig, 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 anderorts 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