

Probleme der Chemieausbildung an der Hochschule

Von ANDRÉ S. DREIDING

Organisch-Chemisches Institut der Universität Zürich

Wir sind den Organisatoren und dem Schweizerischen Chemiker-Verband zu Dank verpflichtet, daß sie das Thema «Probleme der Chemieausbildung» für diese Tagung gewählt haben, denn hier bietet sich die Gelegenheit, einem gewissen Unbehagen Ausdruck zu geben und diesbezüglich Analysen und Vorschläge der öffentlichen Kritik zu unterbreiten. Sicher gäbe es über die Ausbildung der Chemiker in den vergangenen Jahrzehnten viel Positives zu sagen, ist doch diese Periode ganz besonders durch die schöpferische Kraft der Chemie geprägt worden. Trotz der Versuchung, uns die Lorbeeren der Vergangenheit aufzusetzen, wollen wir – im Sinne dieser Tagung – den *Problemen* den Vorrang geben.

In den letzten Jahren wurde ein Teil unserer Gesellschaft, insbesondere die Jugend, von einer Unrast befallen, welche sich plötzlich gegen etablierte Institutionen auflehnte und viel «Selbstverständliches» in Frage stellte. Zunächst stand man diesem unerwarteten und in seiner Intensität seit langem nicht mehr gekannten Unbehagen ratlos gegenüber. Ist es da erstaunlich, wenn man die sorglose Selbstgefälligkeit der letzten Jahrzehnte abzulegen versucht, Fehlschaltungen in Betracht zieht und sich nach möglichen Reformen umsieht? Die Tonart der Vorträge, welche wir heute gehört haben, das Resultat von manchen Gesprächen und Tagungen im In- und im Ausland und auf internationaler Ebene, sowie die Essenz vieler Publikationen zeugen von einer echten Sorge um die Zukunft der Chemie. Einige sagen, wir hätten schon zu viel über solche Probleme gehört und man solle sich besser mit chemischen Aufgaben befassen. Es ist verständlich, wenn ein Schuster lieber bei seinem Leisten bleiben möchte; aber gerade deshalb müssen wir jenen dankbar sein, welche Probleme frühzeitig, wenn vielleicht vorerst noch vage, erkennen und nach Lösungen suchen, bevor es zu spät ist; ja man muß sogar sagen, daß es für die Vitalität eines Wissenschaftszweiges ein gutes Zeichen ist, wenn er sich um seine eigene Zukunft noch rechtzeitig Sorgen machen kann.

Die angetönten Probleme sind vielschichtig und kompliziert. Wir wollen versuchen, sie etwas auseinanderzuhalten. Entsprechend meinem Aufgabenbereich an dieser Tagung, möchte ich das Hauptgewicht meiner Ausführungen auf Probleme der Chemieausbildung an den Hochschulen legen. Ich stütze mich dabei auf das Resultat zahlloser Gespräche während der letzten zwei Jahre in einer Kommission für den Chemieunterricht an der Universität Zürich¹ und einer Arbeitsgruppe der Schwei-

zerischen Chemischen Gesellschaft, an der Vertreter aller schweizerischen Hochschulen anwesend waren². Einleitend muß ich zunächst vier allgemeine Themen kurz erwähnen, denn sie beeinflussen zweifellos das Hauptthema.

Allgemeines

Krise der Wissenschaften: Vielerorts vermutet man, daß die Wissenschaften auf eine Krise lossteuern oder vielleicht schon darin stecken. Die Indizien dafür sind, daß die Technisierung der Gesellschaft den Menschen zu beherrschen droht, anstatt ihm zu dienen, und daß man geneigt ist, die technisierbaren wissenschaftlichen Erregenschaften, ja sogar die schöpferischen Wissenschaftler selbst dafür verantwortlich zu machen. Es wird verlangt, daß der Wissenschaftler so ausgebildet werde, daß er die gesellschaftlichen Implikationen seiner Arbeit beurteilen kann. Das Dilemma zwischen dieser vom ethischen Standpunkt nicht uneinleuchtenden Anschauung einerseits und dem bewährten Prinzip der wertfreien wissenschaftlichen Neugier als Gewähr für Fortschritt andererseits kennzeichnet die heutige Zeit. Wenn wir an die durch die Wissenschaft geschaffenen Zerstörungsmittel, an die Verschmutzung der Natur, an die mögliche Störung des biologischen Gleichgewichtes denken, dürfen wir da die Verantwortung einfach ganz von uns weisen? Sind wir es dem «Image» der Chemie nicht schuldig, uns darüber Gedanken zu machen?

Wandlung der chemischen Forschung: Die chemischen Modellvorstellungen und Methoden werden immer mehr zur Lösung von «externen» Problemen, d.h. Problemen anderer Disziplinen (z. B. Biologie, Industrie oder Medizin), herangezogen, während für die Lösung der «internen» Probleme der Chemie eine physikalische oder mathematische Ausbildung notwendig ist. Viele der heute wichtigen Probleme der Grundlagenforschung bewegen sich am Rande der Chemie und überlappen mit anderen Disziplinen. Weiterhin sind in den letzten Jahren viele neue Methoden in die Chemie eingeführt worden, so daß dort Resultate schneller erreichbar sind. Beide Faktoren erschweren eine Voraussage über die Zahl der benötigten Chemiker und über die Art der erwünschten Ausbildung. Von den Hochschuldozenten wird hier eine fast visionäre Fähigkeit erwartet, zukunftsgerichtete Pläne zu schmieden und Maßnahmen zu ergreifen, deren wissenschaftliche und volkswirtschaftliche Bedeutung erst viel später beurteilt werden kann.

¹ Die Mitglieder dieser Kommission sind die Professoren G. WAGNIÈRE, W. v. PHILIPSBORN, H. WERNER, H. FISCHER und Dr. W. LUDWIG.

² Organisiert und unter Leitung von Professor H. DAHN.

Steigende Nachfrage nach wissenschaftlich ausgebildetem Personal: Die fortschreitende Technisierung unserer Gesellschaft fordert immer mehr hochausgebildete Arbeitskräfte. Die Frage stellt sich nun, ob dieser wachsende Zustrom zu den höheren Ausbildungsstätten von den Universitäten oder von den Technika oder anderen Berufsschulen absorbiert werden soll. In fast allen Ländern wird mindestens ein Teil des Zuwachses in die Hochschulen geschleust. Dies vielleicht deshalb, weil die Hochschulen vielseitiger sind und deshalb leichter neue Spezialausbildungen offerieren können, und insbesondere, weil sie gewöhnlich bereit sind, den Zuwachs aufzunehmen. Dabei zeigt sich aber, daß der althergebrachte Charakter der Hochschule verändert wird und daß ihre Organisation in mancher Hinsicht dieser Veränderung noch nicht gewachsen ist. Es fehlt am Kontakt zwischen den Studenten und den Dozenten, und die Einstellung zum Studium nimmt andere Formen an; das Studium ist heute fast überall keine Luxusaktivität mehr. Diese Probleme werden den Hochschulen noch für einige Zeit zu schaffen geben; es ist eine Situation, welche wohl kaum zu vermeiden ist, obschon diejenigen, die den alten Stil der Hochschule erhalten möchten, eine Neugestaltung und einen sehr viel stärkeren Ausbau der Berufsschulen befürworten.

Krise der Hochschulen: Besonders die Hochschule ist das Objekt heftiger Kritik geworden. Bestimmte organisatorische Aspekte der akademischen Lehrstruktur haben sich für einige Aufgaben als ungenügend erwiesen. Auch wird die gewichtige Rolle der überliefernden Autorität in der Erziehung in Frage gestellt. Die Lernenden trauen sich zu, zusammen mit den Lehrenden an ihrer eigenen Erziehung verantwortlich und aktiv mitzuwirken. Eine Neuverteilung der Verantwortung ist manchmal mit schmerzhaften Wehen und Mißverständnissen verbunden. Versuche, die Kritik global als unverantwortlich, zerstörerisch, vom Ausland inspiriert abzutun, müssen zu einem Abbruch des Dialogs an den Hochschulen führen, denn die Mittel des automatischen Informationsflusses, des Meinungsaustausches sind meistens noch sehr ungenügend. Es besteht dann die Gefahr einer Radikalisierung mit der Tendenz zu extremen Lösungen, welche u. a. auch die Einheit von Lehre und Forschung zerstören können, ein Aspekt, der die Chemie ganz besonders treffen würde.

Chemieausbildung

Ausdehnung des Wissensstoffes: Der erste Satz von Problemen, den ich hier besprechen möchte, hängt mit dem immer ansteigenden Wissensstoff der Chemie zusammen. Hochschulen, Bücher, Professoren, Industriechemiker haben Mühe, mit der Ausdehnung des Wissensstoffes Schritt zu halten; es wird einfach zu viel! Wenn man die bisherigen Gepflogenheiten, Organisationen und Studienpläne beibehält, dann führt diese wach-

sende Stoffmenge automatisch zu einer Verlängerung der Studiendauer. Wie verhindert man diese Entwicklung? Die Patentantwort darauf ist: durch Spezialisierung! Spezialisierung ist die einfachste Lösung. Man kürzt das Studium durch Schmälerung des Wissensbereiches. Damit sollte man sich aber nicht unkritisch zufrieden geben; es bestehen gewisse Bedenken, daß ein allzu schmales Wissen den Menschen daran hindert, einen sehr individuellen Beitrag zu leisten. Ist es nicht eher so, daß immer mehr Überlappungsbereiche traditioneller Fachrichtungen auftreten und daß neue Spezialwissenschaften sich in diesen Randgebieten entwickeln, in denen eine Kenntnis beider überlappenden Fachrichtungen von Nutzen ist? Und dennoch dürfen die Studienzeiten nicht unkontrolliert verlängert werden, etwa indem man einfach die Studien zweier Fächer kombiniert. Die moderne Hochschule sollte die Absolventen nicht allzu spät in die Gesellschaft senden. Dies fordert der große Einsatz, den der Staat in die Hochschulausbildung investiert.

Konzept der akademischen Freiheit: Ein weiterer Problembereich hängt mit dem Konzept der Studienfreiheit oder «akademischen Freiheit» zusammen. Hier haben wir es eher mit einem Problem der Universitäten zu tun, die technischen Hochschulen haben es nicht in einem so starken Maße. Unter dem Konzept der Studienfreiheit verstand man die Freiheit des Studenten, die Dauer des Studiums, d. h. die Prüfungstermine, mehr oder weniger frei zu wählen. Wenn man es genauer analysiert, dann ist dieses Konzept äquivalent mit einer Kontrolle des Pensums des Studenten. In diesem System besteht die Gefahr eines Aufblasens der Studiendauer mit immer wieder neu dazugekommenem Stoff.

Der zeitliche Rahmen des Studiums: Wir schlagen vor, die Pensumskontrolle durch eine Leistungskontrolle zu ersetzen. Eine Leistungskontrolle setzt voraus, daß man einen zeitlichen Rahmen für das Studium festlegt. Wir sind da in einem Dilemma; es ist nicht neu, kommt aber immer häufiger in den Vordergrund. Man muß einen Kompromiß finden zwischen der größtmöglichen Allgemeinbildung einerseits und einer nicht übertrieben langen Studiendauer andererseits. Die Maßnahme, die wir für das Chemiestudium vorschlagen, ist die Festsetzung eines Zeitrahmens mit einem Aufbau ungefähr von der Art, wie es in Tabelle 1 dargestellt ist.

Für die Elementarphase schlagen wir eine Dauer von sechs Semestern vor. Sie soll eine sehr breite, sorgfältig aufgebaute und konzentrierte Chemieausbildung vermitteln, so daß der Student sich möglichst bald *aktiv* an der Forschung beteiligen kann. Außergewöhnlich begabten Studenten soll die Möglichkeit geboten werden, den Studienplan zu umgehen und schneller voranzukommen. In diesem Studienaufbau kommt eine Entscheidung über das, was wir die Spezialisierungsgrenze nennen wollen, zum Ausdruck. Sie wird in diesem Plan

Tabelle 1. Ausbildungsplan in den chemischen Fächern

| | | | |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Fort- geschrittenes Studium | 14. | postdoktorale Ausbildung | |
| | 13. | | |
| | Abschluß: Doktor | | |
| | 12. | | |
| | 11. | Doktor- ausbildung | |
| | 10. | | |
| | 9. | | |
| Grund- studium | Abschluß: Diplom | | |
| | 8. | Diplom- ausbildung | |
| | 7. | | |
| | Abschluß: Vordiplom* | | Spezialisie- rungsgrenze |
| | 6. | | |
| | 5. | | |
| | 4. | Elementar- ausbildung | |
| 3. | | | |
| 2. | | | |
| 1. | Semester | | |

* Der Ausdruck «Vordiplom» ist als Abschluß der Elementarausbildung zu verstehen.

zwischen Elementar- und Diplomausbildung gesetzt. Nach sechs Semestern ist die Spezialisierungsgrenze möglichst spät plaziert, ohne jedoch eine untragbare Verlängerung des Studiums zu bewirken. Unterhalb der Spezialisierungsgrenze wird die Ausbildung von *allen* Chemiedozenten getragen, während darüber eine Verteilung der Verantwortung unter die verschiedenen Fachrichtungen, vertreten durch die verschiedenen Dozenten, stattfindet. Für den Aufbau einer Elementarausbildung ist es nötig, daß alle Dozenten der Chemie sich über ein *gemeinsames* Vorlesungsprogramm einigen. (Das bedeutet nicht, daß die Elementarvorlesungen von allen gehalten werden müssen.) Hier zeigen sich gewisse Nachteile der heutigen Hochschulorganisation. Die allzu starren Grenzen zwischen Instituten, welche oft vor allem darauf bedacht sind, sich selbst mehr Gewicht zu verschaffen und eifersüchtig über ihre Autonomie zu wachen, sind gelegentlich ein Hindernis für eine gemeinsame Absprache. Die Struktur des Departementes – wobei als Departement derjenige Disziplinbereich verstanden werden soll, der einer gemeinsamen Elementarausbildung entspricht – hat in dieser Beziehung eindeutige Vorteile. Ein anderes Hindernis für eine Modernisierung des Studienprogramms ist das System der Kollegengelder, welches dafür verantwortlich ist, daß einzelne Dozenten finanzielle Nachteile zu tragen haben, wenn sie einer Neuverteilung der Vorlesungs- und Praktikumsverantwortung zustimmen. Dieses System bringt ein unsachliches Argument in das Gespräch unter den Dozenten und muß beseitigt werden.

Aufbau der Elementarausbildung: Im Zeitrahmen der Elementarausbildung müssen wir nun Vorlesungen und Praktika verteilen, und zwar nach didaktischen und fachlichen Gesichtspunkten und so, daß die Studenten nicht überfordert werden und daß das Wichtigste gebracht werden kann. Zur Verteilung benützen wir das Konzept der Wochenstunde. Eine Wochenstunde sei der Stundenaufwand eines Normalstudenten pro Woche im Semester. Die Wochenstunde gilt einfach als Maßstab – nicht absolut, sondern nur vergleichend –, wenn der Zeitaufwand des Studenten in verschiedene Aktivitäten aufgeteilt werden muß. (Ich komme später in einem speziellen Beispiel auf das Wochenstundensystem zurück.)

Verteilung Chemie/Nebenfächer: Wir wenden uns zunächst der Verteilung des Studienaufwandes zwischen Chemie und Nebenfächern zu. Darüber gehen die Meinungen auseinander. Wie schon erwähnt: Eine starke Spezialisierung schaltet die Wahlfreiheit des Studenten bezüglich Details seiner Ausbildung einfach aus. Dadurch wird natürlich ein inhaltschwereres Chemieprogramm in kürzerer Zeit erreicht. Viele Hochschulen scheinen sich auf diesen Weg begeben zu haben oder sind daran, es zu tun. Ich möchte aber zu bedenken geben, daß man damit die Ausbildung stark nach den uns heute bekannten – vielleicht sogar nach den gestrigen – Bedürfnissen ausrichtet. Eine gewisse Wahlfreiheit des Studenten, der dadurch seinem Studium einen etwas persönlicheren Charakter geben kann, erhöht die Chance, daß dieses Studium mehr zukunftsgerichtet ist. Gegen diese Freiheit der Studienwahl werden aber auch Bedenken gebracht. Man sagt, die Studenten würden dann einfach die weniger aufwendigen («billigeren») Vorlesungen und Fächer belegen. Dies bedeutet eine Unterschätzung unserer Studenten, und jede Unterschätzung hat pädagogisch negative Folgen, da damit der Lehrermotivierung ein allzu starkes Gewicht und somit der Motivierung des Lernenden zu wenig Entwicklungschancen gegeben wird. Außerdem sollte und kann es Aufgabe der Hochschule sein, dafür zu sorgen, daß es keine Fächer gibt, in denen man billigerweise Kredit erhalten kann. (Eine Methode dazu wird weiter unten beschrieben.)

Unser Vorschlag ist, während der Elementarausbildung (d.h. während der ersten sechs Semester) etwa 70% des Studienaufwandes für die Chemie und etwa 30% für Nebenfächer zu benützen. Unter den Nebenfächern sehen wir zwei Klassen, die obligatorischen, Mathematik und Physik (15% des Studienaufwandes), und die Wahlnebenfächer (15%).

Verteilung theoretische/praktische Ausbildung: Wieviel Gewicht soll eine moderne Chemieausbildung der theoretischen im Vergleich zur praktischen Seite geben? Dieser Problemkreis hängt mit der Frage zusammen: «Ist die Chemie noch eine empirische Wissenschaft?» Die einen sagen, die Chemie stütze sich immer noch auf

Stoffkenntnisse; man müsse sich auf die praktische Ausbildung konzentrieren. Die andern sagen: Heute haben sich die Modellvorstellungen und Theorien derart verbessert, daß man die Chemie vereinfacht über die Theorien bringen könne. Die einen entgegenen dann wieder, wenn man viel Theorie und wenig Stoff bringe, dann festige man die Vorurteile unter den Chemikern und verhindere die Entwicklung neuer Theorien. Ich persönlich bin der Meinung, daß man der ungeheuren Vielfalt des Stofflichen, wie sie heute in der Chemie existiert, auf keinen Fall mehr Rechnung tragen kann. Mir scheint, daß die Chemie heute über die gegenwärtig akzeptierten Modellvorstellungen präsentiert werden muß. Wenn man dem Studenten noch beibringen möchte – und dies scheint mir wichtig –, daß diese Modellvorstellungen nicht ewig sind, dann sollte das in einer zusätzlichen Vorlesung über die Entwicklung von Theorien in der Chemie über die Natur der menschlichen Erklärungen geschehen, damit die jungen Leute ein Interesse und den Mut für die Neuformierung von Theorien entwickeln. In dieser Beziehung ist unser Vorschlag derart, etwas weniger als 50% des Studienaufwandes für die praktische und etwas mehr als 50% für die theoretische Arbeit zu gebrauchen.

Gewährleistung genügender Studienzeit: Diesem Problem müssen wir sorgfältige Aufmerksamkeit zuwenden, da unser Lehrprogramm besonders darunter gelitten hat. Eine Überforderung des Studenten bewirkt, daß er sich in den Vorlesungen einfach berieseln läßt und die Aneignung des eigentlichen Wissens auf später – vielleicht in den Ferien oder in einer speziell für diesen Zweck kurz vor den Prüfungen freizunehmenden Zeit – verschieben muß. Dies bedeutet eine sehr unzuverlässige Ausnützung einer sorgfältig vorbereiteten Vorlesungsserie. Die meisten Chemievorlesungen sind heute nicht einfach beschreibend; das Material einer Vorlesung kann nur dann bestens verstanden werden, wenn das Material der vorangehenden Vorlesung verarbeitet und geübt worden ist. Dazu muß dem Studenten genügend Zeit zur Verfügung gestellt werden. Sind Praktika und Vorlesungen nicht aufeinander abgestimmt, dann geht die Studienzeit automatisch verloren; denn jeder Dozent versucht, soviel wie möglich in seine Vorlesungen hineinzustecken. Es heißt dann immer: «Unter dieses Minimum kann ich in meiner Vorlesung wirklich nicht gehen!» Wenn ein Zeitrahmen für das Studium festgelegt ist, dann kann dieses «Minimum» nur auf der Basis einer gemeinsamen fachlichen Aussprache unter den Dozenten beurteilt werden. Auch darf es nicht vorkommen, daß der Student in den Praktika unter Zeitleistungsdruck gesetzt wird, nicht aber gleichzeitig in den Vorlesungen.

Der Studienfaktor: Um genügend Studienzeit gewährleisten zu können, benützt man mit Vorteil den «Studienfaktor». Der Studienfaktor ist die Zahl, mit der

man die Präsenzwochenstunden einer Lehrinheit multiplizieren muß, um den Gesamtaufwand zu erhalten. Für Chemievorlesungen und -übungen schlagen wir einen Studienfaktor von 2,5 vor, für die chemischen Praktika einen solchen von 1,33. Das heißt, daß man darauf bedacht sein sollte, dem Studenten im Durchschnitt für jede Vorlesungsstunde 1,5 Stunden Studienzeit und für jede Praktikumsstunde 0,33 Stunden Vorbereitungszeit zu reservieren. Für den einzelnen Studenten spielt der Studienfaktor keine Rolle, denn ein schnell arbeitender Student braucht weniger Zeit und kann sich das Anhören von weiteren (im Programm nicht vorgesehenen) Vorlesungen nach freier Wahl leisten, während der langsamere Student einen Teil seiner Freizeit opfern muß. Der Studienfaktor ist lediglich ein Maßstab für die Rückwärtsrechnung bei der Zusammenstellung eines Präsenzstudienplanes durch die Dozenten, so wie ich es weiter unten noch demonstrieren möchte. Der Studienfaktor einer jeden Lehrinheit wird vom betreffenden Dozenten festgelegt; er drückt aus, wieviel selbständige Studienzeit der Dozent für seine Lehrinheit verlangt³.

Richtlinien für die Elementarausbildung: Im folgenden möchte ich zunächst unsere Richtlinien zur Ausarbeitung der gemeinsamen chemischen Elementarausbildung präsentieren. Es sind eben nur Richtlinien, ein Versuch, sich an gewisse zentrale Prinzipien zu halten. Wenn diese Richtlinien akzeptiert sind, dann ist das Einfüllen eines spezifischen Studienplanes, ja sogar die gelegentliche Reevaluierung dieses Planes, keine so große Aufgabe mehr. Die Prinzipien, nach denen wir uns gerichtet haben, sind in den verschiedenen Problemen, die ich oben angeschnitten habe, erwähnt worden:

- a) Ein fixer Zeitrahmen von sechs Semestern.
- b) 70% des Studienaufwandes für Chemie, 30% für Nebenfächer, davon 15% für Mathematik und Physik.
- c) Etwa 50% für theoretische und 50% für praktische Ausbildung.
- d) Straffung des Studiums; Kürzung der Stoffmenge; bessere Auswahl durch Absprache unter den Dozenten.
- e) Studienfaktor von 2,5 für Vorlesungen und Übungen, 1,33 für Praktika.
- f) Größere Freiheit in der Zusammenstellung der Wahlfächer (15% der Gesamtzeit), eventuell nach einem Punktesystem.

Beispiel eines Studienprogrammes mit Stundenzahlen: Die Basis für das hier gerechnete Beispiel ist die An-

³ Der Studienfaktor kann auch dazu benützt werden, jeder Lehrinheit eine «Punktezah» zuzuordnen. Die Zahl der «Punkte» ist dann ein vergleichendes Maß des Gesamtaufwandes, den der Student für diese Lehrinheit aufwenden muß. Bei der Zusammenstellung eines Wahlfachprogrammes wäre die Punktezah maßgebend.

nahme, daß der Student im Durchschnitt während des Semesters 54 Stunden pro Woche für sein Studium aufwenden kann, d.h. 54 Wochenstunden. Der Rest soll ihm zur freien Verfügung stehen⁴. Während der sechs Semester der Elementarausbildung sind also $6 \times 54 = 324$ Wochenstunden aufzuteilen. Die Verteilung erfolgt nun nach den oben entwickelten Prinzipien.

Tabelle 2. Verteilung der Wochenstunden in der Elementarausbildung auf die verschiedenen Lehreinheiten

| | Wochenstunden | | Studien- |
|---|-------------------|----------|----------|
| | Total | Präsenz- | |
| <i>Chemie</i> (225 Wochenstunden) | | | |
| Vorlesungen und Übungen (Studienfaktor: 2,5) | 125 (39 %) | 50 | 75 |
| Praktika (Studienfaktor: 1,33) | 100 (31 %) | 75 | 25 |
| <i>Nebenfächer</i> (109 Wochenstunden) | | | |
| Mathematik und Physik | 46 (14 %) | | |
| Wahlfächer | 53 (16 %) | | |
| Total | 324 (100%) | | |

Wenn wir für die Nebenfächer einen durchschnittlichen Studienfaktor von 2,0 annehmen (Mathematik und Physik dürften einen höheren, andere Nebenfächer jedoch einen niedrigeren Studienfaktor aufweisen), dann würde sich der folgende Präsenzstundenplan pro durchschnittliche Woche im Semester ergeben:

Tabelle 3. Präsenzstundenplan pro Woche im Semester

| | | | |
|------------------------------------|---------------|--|-------------------------------|
| Chemie | 21-23 Stunden | ↗ Vorlesungen und ↘ Übungen ↘ Praktika | 7- 8 Stunden 14-15 Stunden |
| Nebenfächer | 7 Stunden | } Vorlesungen, Übungen } und Praktika, } verteilt je nach Fach | |
| Total Präsenz 28-30 Stunden | | | |

Dieser Plan strebt eine starke Straffung des Studiums an, denn der Student braucht eine klare Führung, damit er sich die Fülle der chemischen Elementarausbildung in sechs Semestern aneignen kann. Dem Wunsch nach freier Studiengestaltung wird dadurch Rechnung getragen, daß er höchstens 30 Stunden pro Woche im Semester in Präsenzstunden verbringen muß, den Rest des Studiums nach eigenem Ermessen einteilen kann, und daß ihm eine fast freie Gestaltung des Wahlfachprogrammes (total 53 Wochenstunden) überlassen wird. So kann er z.B. auch fast alle seiner Wahlvorlesungen aus der Chemie nehmen; er kann sich auch für gewisse Vorlesungen in Philosophie, Geschichte, Sozialwissenschaft usw. interessieren. Der schnell arbeitende Student hat daneben noch weitere Zeit für zusätzliche Vorlesungen zur Verfügung.

⁴ Wie schon erwähnt, der langsamere Student wird weniger, der schnellere jedoch mehr Freizeit zur Verfügung haben.

Fachgebiete der Chemie: Wir wenden uns nun einem weiteren Problem der Chemieausbildung zu. Ist die Unterscheidung zwischen den traditionellen Fachrichtungen der Chemie noch eine sinnvolle Grundlage für den Aufbau der Elementarausbildung? Hier sind die Dozenten oft von der historischen Entwicklung in ihrer Hochschule belastet. An der Universität Zürich haben sich die organisatorischen und lehrplanmäßigen Einheiten (Institute) der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie herausgebildet. An anderen Hochschulen gibt es auch entsprechende Abteilungen der analytischen, der technischen oder der Biochemie. Der ursprüngliche Sinn war wohl, das stofflich oder methodisch Gemeinsame zusammenzufassen. Innerhalb einer Abteilung benützte man ähnliche Modellvorstellungen, um die experimentellen Beobachtungen mit ähnlichen apparativen Einrichtungen zu korrelieren. Heute sind diese Faktoren verschwunden oder am Verschwinden. Der Organiker muß die Chemie seiner anorganischen Reagenzien, der Anorganiker die organischen Liganden und jeder die physikalisch-chemischen Grundlagen verstehen. Die historisch bedingte Aufteilung entspricht eigentlich keiner logischen Begrenzung; die Bezeichnungen charakterisieren Gebiete, die sich überschneiden und zum Teil auf ganz verschiedenen Ebenen liegen. Es scheint mir wünschenswert, die Grenze zwischen diesen Fachrichtungen nicht durch organisatorische Aspekte erstarren zu lassen. Auch in dieser Beziehung bietet sich das System des Departements als Lösung an.

Aufbau der Vorlesungen nach einem Schwierigkeitsgrad: Traditionsgemäß wird an den Hochschulen die Chemie mit der anorganischen Chemie eingeführt. Offenbar hielt man früher die anorganische Chemie als die einfachste. Heute scheint mir eine Verknüpfung der allgemeinen Chemie mit der anorganischen nicht mehr sinnvoll, ebensowenig wie eine Verknüpfung mit der organischen Chemie, welche an einigen Hochschulen ausprobiert wurde. Wünschenswert ist ein Aufbau der Vorlesungen nach Schwierigkeitsgrad, ähnlich wie es Dr. RHYNER mit seiner roten Pyramide vorgeschlagen hat. Das Kriterium «Schwierigkeitsgrad» ist aber nicht so leicht zu definieren. Auf dieser Basis gibt es keine Lehrbücher. Man könnte einen Aufbau nach Modellvorstellungen in Betracht ziehen. Es wäre sicher ein wertvoller Beitrag, wenn ein paar Chemiker sich zusammensetzen und ein solches Lehrbuch über die Grundlagen der Chemie schreiben würden. Eine gute Basis für einen systematischen Aufbau wäre eine ein- oder zweisemestrige Vorlesung über «Allgemeine Chemie». Viele Chemiker sind sich heute über die Notwendigkeit einer solchen einführenden Chemievorlesung einig. Diese Vorlesung sollte von einem Dozenten gehalten werden und einen Überblick über die gesamte Chemie mit einer sorgfältigen Auswahl des Stofflichen und einer qualitativen Einführung in die verschiedenen Methoden, Denkweisen

und Modellvorstellungen geben, welche die Chemie charakterisieren.

Die erste (allgemeine) Chemiestufe würde dann – in der Elementarbildung – von zwei weiteren Stufen mit je zwei Semestern gefolgt sein. Die zweite könnte den Stoff der Chemie auf Grund des geometrisch-dynamischen Modells und die dritte mit Hilfe des elektronischen Modells illustrieren. Diese zweite und dritte Stufe sollten von mehreren Dozenten (mindestens drei), als parallele Vorlesungen, ja fast als Ringvorlesung präsentiert werden; die verschiedenen traditionellen Fachrichtungen würden auf diese Weise *parallel* entwickelt.

Aufbau eines Studiums nach dem Baukastensystem: Bei einer Gestaltung der Vorlesungen auf der Basis verschiedener Stufen eines Schwierigkeitsgrades wäre es dem Studenten möglich, sein Studienprogramm nach dem Baukastensystem (siehe Vortrag von Dr. RHYNER) aus Vorlesungen und nicht aus Fächern zusammenzustellen. Dies gilt besonders, wenn alle Fächer einer Fakultät oder Abteilung sich an das gleiche System halten und wenn die Vorlesungen in kleinen Einheiten (nicht mehr als 3 Wochenstunden) gegeben würden. Auf diese Weise erreicht man eine Flexibilität, welche gleichwertige Studien in vielen Spezialgebieten, insbesondere in neueren Randfächern und Überlappungsbereichen, ermöglicht. Ich denke hier z. B. auch an das Problem, ein modernes Biochemiestudium ins Leben zu rufen.

Prüfungen: Für das richtige Funktionieren des Baukastensystems müssen auch die Prüfungen angepaßt sein. Das an manchen Universitäten noch existierende System der Fakultätsprüfungen ist zu inflexibel. Ohne übertriebene Spezialisierung kann man mit sechs Prüfungen z. B. kein Biochemieprogramm charakterisieren, und es scheint mir wenig sinnvoll, gewisse Fächer für ein Studium zu verlangen, aber nicht zu prüfen.

Wir schlagen vor, die «großen Staatsaktionen», die Fakultätsprüfungen, durch Vorlesungsbewertungen, z. B. jedes Semester oder jedes zweite Semester, zu ersetzen. Jeder Dozent sollte die Leistung seiner Hörer durch das Resultat von Übungen oder einer kleineren Prüfung bewerten. Auf diese Weise muß der Student sein Studium, das Material jeder Vorlesung – wie wir es oben verlangt haben –, *laufend verarbeiten*, und es gibt sich für ihn die Möglichkeit, seine Leistung laufend zu kontrollieren.

Dann möchte ich hier noch einige Argumente für die bei uns bisher relativ wenig gebrauchten schriftlichen Prüfungen erwähnen. Schriftliche Prüfungen haben die folgenden Vorteile gegenüber den mündlichen: 1. Sie dauern länger und bieten deswegen einen besseren Leistungsmaßstab. 2. Sie sind gerechter, da sie weniger von der Laune des Prüfers abhängen und alle Prüflinge unter den gleichen Umständen die gleichen Fragen zu beantworten haben. 3. Alle Dozenten einer Fachrichtung können Fragen beitragen. 4. Sie erlauben den Einsatz von Assistenten in die ganze Prüfungsaktivität. 5. Frühere

Prüfungsfragen können als Grundlage für das Studium der Studenten für zukünftige Prüfungen dienen.

Abschluß der Elementarbildung: Wir schlagen vor, daß das Ende dieser Elementarbildung durch ein Vordiplom gekennzeichnet werde (s. Tabelle 1) und daß dieses einen mehr oder weniger offiziellen Charakter bekäme, d. h. daß man mit Hilfe eines solchen Ausweises von einer Hochschule zur andern wechseln könnte. Dadurch würde eine von verschiedener Sicht aus wünschbare Freizügigkeit des Studenten erreicht; insbesondere wäre es dem Studenten möglich, einer vielleicht erst im Verlauf des Studiums erkannten Neigung zu einer speziellen Fachrichtung nachzugehen, welche in der von ihm zunächst gewählten Hochschule nicht vertreten ist.

Die Diplombildung: Ich wende mich nun den weiteren Stadien des Chemiestudiums zu. Da diese Stadien hinter der Spezialisierungsgrenze liegen, bieten sie bei weitem kleinere Probleme. Unser Vorschlag beinhaltet eine zweisemestrige Diplombildung: im 7. Semester (s. Tabelle 1) etwa 50% der Wochenstunden für ein fortgeschrittenes Praktikum einer Spezialfachrichtung der Chemie und die andere Hälfte für Spezialvorlesungen; im 8. Semester eine Diplomarbeit, welche den Studenten – neben wenig Spezialvorlesungen und vielleicht einem kleinen Seminarvortrag – ganz beschäftigt.

Die Diplomprüfung, als Abschluß, soll aus der Summe aller Vorlesungsbewertungen (siehe oben) und einer kurzen Übersichtsprüfung (schriftlich oder mündlich), welche nur das Verständnis des Zusammenhangs feststellt, bestehen. Wichtig ist, daß auch hier die Prüfungsverantwortung bei allen Dozenten liegt, d. h. also, daß jede Spezialfachrichtung in einem Institut oder in einer Abteilung gleichmäßig zur Prüfung gelangt. Das Diplom sollte jedoch *in Chemie* erteilt werden, damit – trotz der schon vorhandenen Spezialisierung an dieser Stufe – der Mann nicht schon mit einer Etikette versehen ist. Er ist immer noch einfach ein Chemiker und kann irgendwo doktorieren gehen. Er sollte, wenn er z. B. eine Diplomarbeit in organischer Chemie gemacht hat, trotzdem für die Doktorarbeit in der physikalischen Chemie zugelassen werden können, oder umgekehrt. Er müßte dann noch durch einige Vorlesungen gewisse Kenntnisse nachholen; aber der Übergang sollte ihm nicht verunmöglicht werden, da gerade eine solche «gemischte» Ausbildung besonderen Wert haben kann.

Die Doktorbildung. Vorbedingung für das Eintreten in die Doktorbildung ist ein abgeschlossenes Diplom. Mit dem Diplom hat der Student sein Fachwissen unter Beweis gestellt, ohne das eine selbständige Forschungsarbeit unmöglich wäre. Im weiteren muß er von einem vollamtlichen Chemiedozenten zur Durchführung einer Doktorarbeit akzeptiert werden. Mit dem Diplom einer schweizerischen Hochschule sollte er sich bei den Dozenten jeder anderen Hochschule in der Schweiz darum

bewerben können. Für die Doktorausbildung begibt der Student sich auf ein noch schmaleres Spezialgebiet, dasjenige, welches durch seinen Doktorvater vertreten ist.

In dieser Stufe hört er nur gelegentlich Spezialvorlesungen, beteiligt sich aber aktiv an allen Aktivitäten seiner Fachrichtung, so z. B. am Vortragsseminar und an den Kolloquien von auswärtigen Vortragenden. Er muß selbst mindestens einen ausgereiften Vortrag über ein Thema aus der Literatur halten. Eine sehr nützliche Aktivität sind die sogenannten Problemseminare, in denen jeweils zwei bis vier ausgewählte Studenten je ein neues Resultat aus der Literatur in die Form eines Problems umwandeln und es vervielfältigt den übrigen Teilnehmern vorlegen. Nach einer Stunde stiller Bearbeitung wird ein Student an die Tafel gerufen, um seine Lösung oder Teillösung anzugeben. Unter Leitung eines Dozenten kritisieren die anderen die Lösung oder helfen eine Lösung zu finden. Der leitende Dozent sollte (wenn er die entsprechende Publikation nicht zufällig gelesen hat) die Lösung vorher nicht kennen. Auf diese Weise findet der Student die Lücken in seinem Wissen; er schult auch sein wissenschaftliches Denken, da er z. B. feststellen kann, ob der Problemsteller genügend – oder vielleicht zu viel – Daten angegeben hat. Auch erhält er einen Einblick in die neuere Literatur.

Die wichtigste Arbeit ist die Vorbereitung einer Dissertation. Diese muß eine originelle Forschungsarbeit sein, in der der Student seine unabhängige Arbeitsfähigkeit demonstriert. In gewissen Fällen ist der Doktorand in der Lage, seine Forschung sehr selbständig voranzutreiben, ja sogar ein von ihm selbst entdecktes Problem zu bearbeiten. In anderen Fällen entwickelt sich eine sehr nahe Zusammenarbeit mit dem Doktorvater. Auf alle Fälle muß der Doktorvater bestrebt sein, dem sich entwickelnden Unabhängigkeitsbedürfnis des Doktoranden stattzugeben. An dieser Stufe lernt man mehr aus gelegentlichen Fehlern als durch allzu straffe Führung.

Assistententätigkeit: Es wäre wünschenswert, wenn alle Doktoranden mehr oder weniger gleichmäßig zu Assistentenpflichten zugezogen werden könnten und somit auch gleich bezahlt würden, unabhängig davon, ob ihr Salär vom Staat, vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung wissenschaftlicher Arbeit oder von einem Stipendienfonds bezahlt wird. Die Zeit, welche der Doktorand für die Lehrtätigkeit verbringt, ist für ihn und für eine rührige Atmosphäre in der ganzen Fachrichtung sehr nützlich.

Die Doktorprüfung. Während der Doktorandenzeit sollte dem Studenten Zeit und Gelegenheit zum Lesen, insbesondere zum Verfolgen der laufenden Literatur, gegeben werden. Diese Bibliotheksarbeit ist gleichzeitig die Vorbereitung für die Doktorprüfung, in der der nunmehr gereifte Forscher seine Fachkompetenz beweist und seine Forschungsarbeit verteidigt. Über sein Fach-

wissen hat er sich ja schon in der Diplomprüfung ausgewiesen.

Die postdoktorale Ausbildung. In den letzten zwei Jahrzehnten hat die postdoktorale Ausbildung in der Chemie eine immer größere Bedeutung erlangt. Für die guten Chemiker ist die postdoktorale Forschung eine Art «internship», in der sie sich dem Einfluß eines anderen Dozenten, der Atmosphäre einer anderen Hochschule oder auch dem Kontakt mit einem anderen Land aussetzen können. Für den Dozenten sind die Postdoktoranden seine eigentlichen Forschungsassistenten. Die Zahl der postdoktoralen Bewerber ist übrigens ein recht verlässlicher Maßstab für die Qualität der betreffenden Fachrichtung an einer Hochschule. Daneben darf man nicht vergessen, daß der Postdoktorandenaustausch gerade für die kleine Schweiz eine gute Gelegenheit zur Förderung des internationalen Kontaktes, sowohl wissenschaftlich als auch menschlich, darstellt.

Studienplätze. Der Student sollte sich in dem Hochschulgebäude, in dem er seine Hauptstudien absolviert, zu Hause fühlen. Als Doktorand oder Postdoktorand hat er dort seinen festen Arbeitsplatz, seine Pflichten und einen Schlüssel zum Eingang. Es wäre jedoch wünschenswert, wenn auch schon die Anfänger einen festen Studienplatz hätten. Bei einem Studienfaktor von 2,5 und 1,33 werden die Studenten auch während des Semesters viel Zeit in selbständigen Studien verbringen, und sie sollten nicht gezwungen sein, in ihr Kämmerlein oder ins Café zu pendeln. Das Chemiegebäude sollte ihr Studienzentrum sein, wo auch eine Kaffeear den ganzen Tag offen ist.

Kontakt mit der Industrie. In der Schweiz ist der Kontakt zwischen der Chemie an den Hochschulen und der chemischen Industrie erfreulicherweise sehr gut. Dafür zeugen schon die vielen Vertreter der Industrie in diesem Saal, welche sich offensichtlich für die Probleme der Chemieausbildung interessieren. Auch hat die chemische Industrie schon seit langem eine äußerst weit-sichtige Politik der uneigennützigsten Unterstützung der Hochschulen getrieben. Es ist unsere Aufgabe an den Hochschulen, auch den Bedürfnissen der Industrie nach gut ausgebildetem Personal gerecht zu werden. Darum haben wir die entsprechenden Vorschläge heute mit besonderem Interesse verfolgt, und darum bemühen wir uns auch, nicht einfach auf den alten Wegen zu erstarren.

Nach dem heute Gesagten sollte man sich aber speziell Mühe geben, das «Image» des Industriechemikers unter der jungen Generation zu verbessern. Ich zweifle nicht, daß dies durch geeignete Maßnahmen möglich ist. Vielleicht wäre eine Konferenz zur Debatte von solchen Maßnahmen nützlich.

Nun, die junge Generation der Chemiker hat keine leichte Aufgabe; denn der Weg zu einer Studienreform ist ein steiniger Pfad. Wenn wir aber daran denken, wie viele und wie große Aufgaben der Chemie noch harren, dann lohnt sich der Aufwand bestimmt.