

Probleme der Chemieausbildung an Hochschulen, höheren technischen Lehranstalten und Gymnasien

Neukonzipierung der Ausbildungsziele, der Ausbildungsmethoden und der Lehr- und Studienpläne ist heute das Diskussionsthema Nummer eins auch auf allen Ebenen, auf denen Chemie unterrichtet wird. Der Schweizerische Chemiker-Verband hat deshalb dieses Thema auf das Programm seiner Wintertagung (Zürich, 31. Januar 1970) gesetzt und einen Industriechemiker, zwei Hochschuldozenten, einen Lehrer einer höheren technischen Lehranstalt und einen Gymnasiallehrer zu Vorträgen eingeladen. Die fünf an dieser Tagung gehaltenen Vorträge sind nachstehend abgedruckt.

Ausbildungsprobleme und Berufsanforderungen

Von P. RHYNER und H. H. BOSSHARD

CIBA AG, Basel

Vorbemerkungen

Das für diese Ausführungen verwendete statistische Material beruht auf einer bei der CIBA durchgeführten Untersuchung. Die Idee zu dieser Umfrage entstand aus privater Initiative und wurde durch Gespräche mit verschiedenen Hochschuldozenten wesentlich gefördert. Es sei hiermit, ohne die einzelnen Herren zu erwähnen, für alle Anregungen der beste Dank ausgesprochen.

Weitere statistische Angaben über Bestand und Bedarf an Chemikern verdanken wir Herrn Dr. A. KREBSER vom Schweizerischen Wissenschaftsrat. Sie sind seinem Bericht «Chemiker in der Schweiz, Angebot und Nachfrage» vom November 1969 entnommen. Einige weitere Daten sind Untersuchungen von Herrn Dr. H. EGGENBERGER der Firma Sandoz zu verdanken.

Einleitung

Der rasche Fortschritt von Wissenschaft und Technik erfordert von seiten der Hochschule, der höheren technischen Lehranstalten und der Mittelschulen ein stetes Anpassen ihrer Ausbildungsprogramme. Die Hochschule hat die schwierige Aufgabe, die Studienprogramme so zu gestalten, daß die Absolventen den beruflichen Anforderungen der Gegenwart und vor allem auch jenen der Zukunft gewachsen sind. Da die Art der Ausbildung für die spätere Berufstätigkeit von außerordentlich großer Bedeutung ist, überrascht es kaum, daß sich auch Industriechemiker im Zuge der Diskussionen über Hochschulreformen mit diesen Problemen auseinandersetzen müssen. Von Dozenten und Studenten werden uns immer wieder die folgenden Fragen gestellt:

- Welches sind die Voraussetzungen für die Berufsausübung des Industriechemikers?
- Welche Ausbildungselemente sind für die verschiedenen Berufsrichtungen in der chemischen Industrie, z. B. für Forschung, Entwicklung, Produktion usw., von besonderer Bedeutung?

- Wie sind die Zukunftsaussichten?
- Welche Art Chemiker werden von der Industrie benötigt, und wie groß ist die Zahl?
- Wird die heutige Chemieausbildung den Anforderungen aus industrieller Sicht noch gerecht?

Diese Fragestellungen haben uns veranlaßt, statistisches Material zu erarbeiten. Damit sollte es möglich werden, die Gewichtung der fachlichen Bildungselemente und damit ihre Bedeutung für die Berufsausübung in den verschiedenen Sektoren der Industrie zu erkennen. Eine für die Erstellung der Berufsbilder des Industriechemikers dringend benötigte Unterlage und - wie wir hoffen - nützliche Information für die Aufstellung neuer Studienprogramme. Aus der Beschäftigung mit diesen Problemen entstanden weitere Fragestellungen und grundsätzliche Überlegungen. Sie führten schließlich zu etwas unkonventionellen Gedanken über einen Strukturwandel der Ausbildung im Chemiestudium.

1. Fachausbildung als Projektion der Berufstätigkeit

Wir versuchten die Bedeutung der im Chemieunterricht vermittelten Fächer für die Tätigkeit am einzelnen Arbeitsplatz als Projektion der Berufstätigkeit zu erfassen und sind dabei wie folgt vorgegangen.

Etwa 300 Chemiker der CIBA wurden gruppenweise, getrennt nach Arbeitsrichtungen, über den Sinn und die Art der Erstellung dieser Unterlagen orientiert. Jeder dieser Chemiker erhielt ein Verzeichnis, in dem die an schweizerischen Hochschulen im Chemiestudium gebotenen Fächer aufgeführt und in den folgenden Gruppen zusammengefaßt wurden:

Anorganische Chemie
 Organische Chemie
 Technische Chemie
 Organisch-technische Chemie
 Physikalische Chemie
 Physik und Mathematik

Daneben enthielt dieses Verzeichnis weitere Fächer, die normalerweise nicht in den Studienprogrammen für Chemie enthalten sind, deren Besuch für die spätere Tätigkeit in der chemischen Industrie aber nützlich sein könnte. Abb. 1 zeigt die Titel einer Seite des neunseitigen Verzeichnisses, das insgesamt 121 Titel enthält.

Organische Chemie	
Organische Grundvorlesung	Aliphatisch Aromatisch Heterozyklisch Alizyklisch Reaktionsmechanismen
Organische Experimentalchemie	Praktikum in organischer Chemie Analytische Methoden Multiplikative Trennverfahren Chromatographie, Verteilung, Gas-Chromatographie Instrumentalanalyse Synthetische Methoden
Spezielle Kapitel	Theoretische organische Chemie, MO Kohlehydrate, Zucker Chemie der Naturstoffe Synthetische Arzneimittel, Pharmakologie Photochemie Organische Metallkomplexe Neuere organisch-chemische Literatur
Stereochemie	

Abb. 1

Jedes Fach war in seiner Bedeutung für die Erfüllung der beruflichen Aufgabe in der gegenwärtigen Tätigkeit zu beurteilen. Die einzelnen Fächer wurden entsprechend dem persönlichen Urteil der Bewerter mit folgenden Symbolen markiert:

- Besuch des Faches obligatorisch.
- ◐ Besuch des Faches nicht mehr unerlässlich, aber doch dringend empfohlen.
- Besuch des Faches freiwillig.
- Das Fach scheint keine Bedeutung für die gegenwärtige Arbeit zu haben.

Zusätzlich wurde differenziert, ob das Fach im eigenen Studiengang bereits zum Ausbildungsprogramm gehörte (Markierung in schwarzer Farbe) oder ob die Bewertung nur aus der allgemeinen Beurteilung als wichtig empfunden und gewichtet wurde (Markierung in roter Farbe). Zur Auswertung wurde den Symbolen folgendes Gewicht zugeordnet:

- = 3
- ◐ = 2
- = 1
- = 0

Die Beurteilung eines Faches aus eigener Studienerfahrung (schwarze Markierung) hat mehr Bedeutung und wurde deshalb doppelt gezählt. Für diese Untersuchungen wurden etwa 300 Chemiker angesprochen, wovon 220 aktiv und freiwillig an der Erhebung teilnahmen (Forschungsabteilungen je etwa 20 bis 30, übrige Abteilungen je etwa 10 bis 20 Chemiker). Die Bewertung der ausgefüllten Bogen wurde nach folgenden Arbeitsrichtungen getrennt erfaßt:

<i>Forschung:</i>	Farben TAP (Textilapplikationsprodukte) Pharma Kunststoffe Agrarchemie
<i>Entwicklung:</i>	Farben TAP Pharma Kunststoffe
<i>Betrieb:</i>	Farben Pharma
ZFA (Zentrale für Applikationstechnik):	—
<i>Analytische Abteilung:</i>	—
<i>Patentabteilung:</i>	—
<i>Literaturabteilung:</i>	—

Das Ergebnis der Auswertung wurde schließlich in Form farbiger Balken auf transparenten Folien ausgedrückt, wodurch der Vergleich verschiedener Gebiete erleichtert wird. Ein Beispiel einer solchen Darstellung zeigt Abb. 2. Die Fächer wurden außerdem nach ihrer Bewertungshöhe in Gruppen zusammengefaßt und mit den ursprünglichen Symbolen charakterisiert. Die Wertbereiche sind

- 2,5 bis 3 = ●
- 1,5 bis 2,5 = ◐
- 0,9 bis 1,5 = ○
- 0 bis 0,9 = —

Die so symbolisierten Wertgruppen sind auf den folgenden Bildern dargestellt (Abb. 3a, 3b, 3c).

Die gesamten Unterlagen sind in Ringheftform zusammengefaßt und stehen interessierten Stellen, soweit möglich, zur Verfügung. Eine eingehende Besprechung und Deutung dieser statistischen Unterlagen ist im Rahmen dieser Ausführungen nicht möglich. Es sollen lediglich einige eindeutig gemeinsame Bildungselemente und diesbezügliche Fachelemente, die aus diesen Darstellungen resultieren, betrachtet sowie einige unserer Überlegungen dargelegt werden (Abb. 4).

In dieser Darstellung sind die großen Fachrichtungen «Forschung», «Entwicklung», «Betrieb», «ZFA» (Zentrale für Applikationstechnik), «Analytik», «Patent» und «Literatur» zusammengefaßt. Es ist

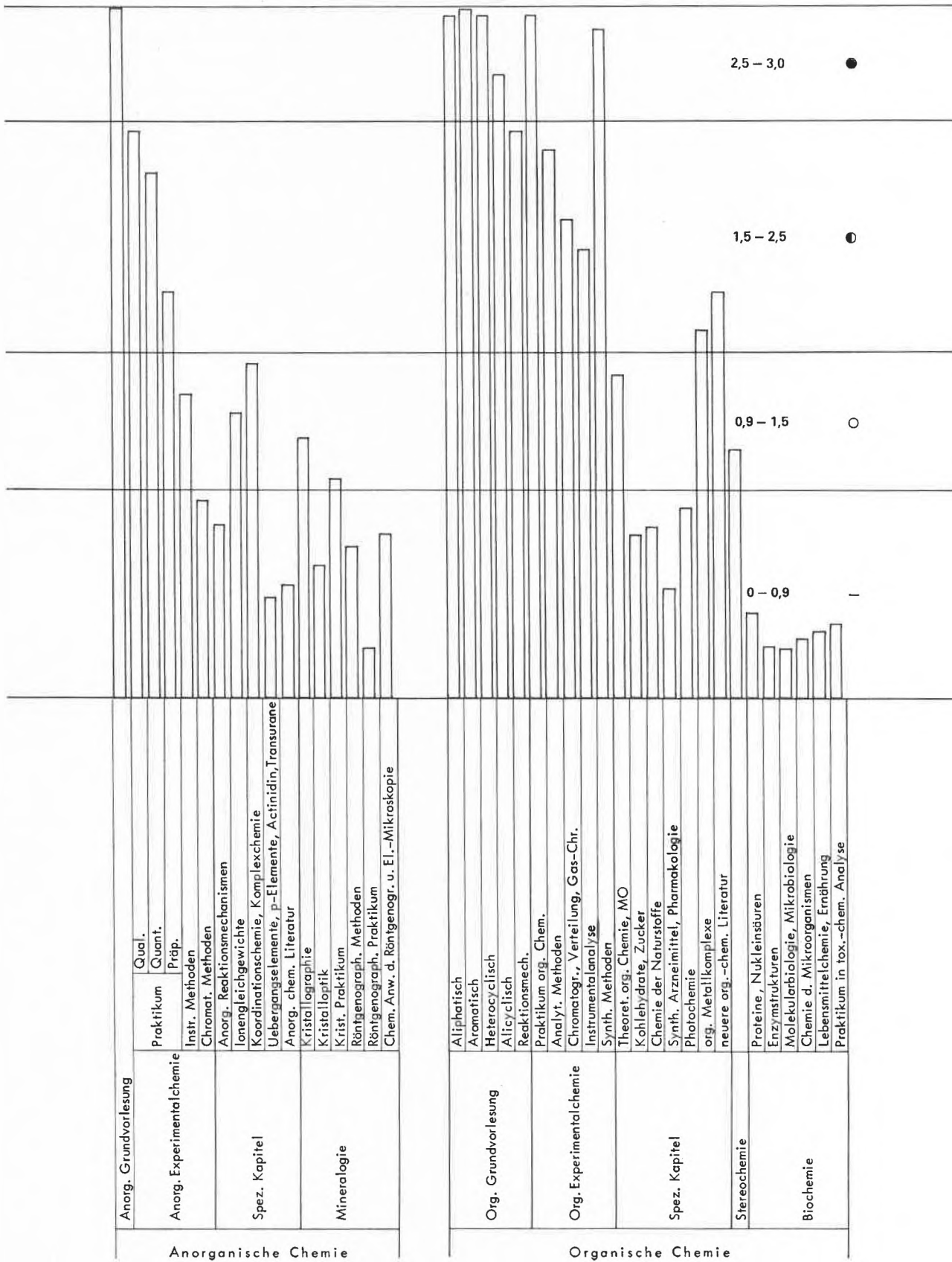


Abb.2

		Alle Richtungen	Forschung	Entwicklung	Betrieb	ZFA	Analyt. Abt.	Patentabt.	Literaturabt.
Anorg. Grundvorlesung									
Anorg. Experimentalchemie	Praktikum								
	Instr. Methoden								
Spez. Kapitel	Ionengleichgewicht								
Org. Grundvorlesung	(aliph., arom., heterocycl., alicycl., Reaktionsmechanismen)								
Org. Experimentalchemie	Praktikum org. Chem.								
	Analyt. Methoden								
	Chromatographie								
	Instrumentalanalyse								
	Synth. Methoden								
Spez. Kapitel	Theoret. org. Chemie								
Grundvorlesung in anorg. Technologie									
GE der chem. Verfahrenstechnik									
Techn.-chem. Praktikum									
Werkstoffe									
Prozessentwicklung									
Grundvorlesung in org.-chem. Technologie									
Org.-techn. Praktikum									
Org.-chem. Prozesse									
Makromolekular Chemie									
Textilchemie									
Textilchem. Praktikum									
Chemie der Farbstoffe									
Färberei-Praktikum									
Grundvorlesung in physikalischer Chemie									
Physikal.-chem. Praktikum									
Kinetik									
Thermodynamik									
Mathematik	Diff.-Gl. u. Integrale								
	Wahrscheinlichkeitsrechn. u. Statistik								
Physik	Grundvorlesung								
	Physikal. Praktikum								
Informationsverarbeitung, Dokumentation									
Grundbegriffe des Patentrechtes									

2. Bedarfsstrukturen

(Untersuchungen von Dr. A. KREBSER)

Im Anschluß an diese qualitative Betrachtung über die Fachausbildung, wie sie aus dieser Analyse hervorgeht, möchten wir noch auf einige quantitative Unterlagen über die Chemiker-Bedarfsstrukturen gemäß den Unterlagen von Herrn Dr. A. KREBSER kurz eingehen. Es ist sicher nicht zu übersehen, daß das Wissen um die Ausbildung und den Nachwuchsbedarf auf dem Gebiete der Chemie auch auf den zahlenmäßigen Nachwuchs Einfluß ausübt. Betrachtet man die Entwicklung der Studienanfänger an allen schweizerischen Hochschulen, so zeigt sich, daß die Zahl der Studierenden jährlich um etwa 10 bis 12% zunimmt. Diese Zuwachsrate trifft auch auf die Chemiestudierenden zu (Tabelle 1).

Tabelle 1

Jahr	Studienanfänger in Chemie an allen Hochschulen		Gesamt
	Schweizer	Ausländer	
1965/66	217	85 = 28%	302
1966/67	234	92 = 28%	326
1967/68	224	70 = 24%	294
1968/69	265	86 = 24%	351

Mit 350 Eintritten im Jahr 1968/69 ist die heutige Aufnahmekapazität der Chemie-Institute unserer Hochschulen bereits annähernd erreicht. Bis 1975 werden sukzessive durch Ausbau weitere 210 Arbeitsplätze geschaffen werden. Damit wird sich aber die Zahl der Absolventen in Chemie bis 1978 kaum wesentlich ändern. Aussagekräftiger bezüglich Chemieabsolventen ist die Zahl der Doktorpromotionen (Tabelle 2).

Tabelle 2. Gesamte Doktorpromotionen in der Chemie 1958 bis 1968

Jahr	Schweizer	Ausländer	Gesamt
1958	72	32	104
1959	76	28	104
1960	78	35	113
1961	59	21	80
1962	60	31	91
1963	66	30	96
1964	95	44	139
1965	78	41	119
1966	64	26	90
1967	88	34	122
1968	76	23	99
1958-1968	812	345	1157

Daraus geht hervor, daß in den letzten zehn Jahren jährlich durchschnittlich 100 Chemiker doktorierten. Davon waren etwa 29% Ausländer. Da der Studienabschluß bei uns mehrheitlich mit dem Doktorat erfolgt – nur etwa 30 bis 40 schließen pro Jahr mit dem Diplom oder Lizentiat ab und zählen zum größten Teil zu den

Ausländern, die auch wieder in das Ausland zurückkehren –, war das Angebot an Hochschulchemikern bisher bemerkenswert konstant. Die Statistik ergibt, daß 1960 rund 3200 Chemiker in der Schweiz tätig waren mit einem Anteil von 50% Ausländern. 1969 ergab die Erhebung einen Bestand von etwa 4400 Chemikern, für 1974 lautet die Bedarfsprognose auf 6000 und 1979 sogar auf 7700 Chemiker. Dies bedeutet, daß für die nächste Zukunft ein Bedarf von 450 bis 470 Chemieabsolventen pro Jahr besteht. Diese Zahlen belegen den enormen Nachwuchsbedarf. Wenn man bedenkt, daß gegenwärtig jährlich nur etwa 100 Chemiker in der Schweiz promovieren, wird die ernste Besorgnis der chemischen Industrie bezüglich Chemikernachwuchs sehr verständlich. In den letzten Jahren mußte der Bedarf zu etwa zwei Drittel mit Ausländern gedeckt werden.

Wir glauben, mit den dargelegten Untersuchungen geeignete Unterlagen geschaffen zu haben, um auf die eingangs erwähnten Fragen aus Dozenten- und Studentenkreisen verlässliche Antworten geben zu können. Mit den Bedarfszahlen haben wir gleichzeitig gezeigt, daß denkbar günstige Aussichten für die Berufsausübung des Chemikers in der Schweiz vorhanden sind. Es ist weit mehr das Problem: Wie kann der dringend benötigte Nachwuchs herangebildet werden, insbesondere wenn man berücksichtigt, was im Bericht LABHARDT 1964 über die Überbelastung der Dozenten, Mangel an Mitarbeitern und Assistenten sowie die unbefriedigenden räumlichen Verhältnisse an den Hochschulen gesagt wurde.

3. Gedanken zur Berufsausbildung

Der akademische Nachwuchs kann in der Schweiz nicht reglementiert und durch Beschränkung der Studentenzahl in einzelnen Gebieten gesteuert werden. Trotzdem sollte im nationalen Interesse die Mobilisation der akademisch Bildungsfähigen erfolgen und die für unser Land besonders wichtigen akademischen Berufsrichtungen herauskristallisiert werden. Eine Möglichkeit in dieser Richtung sehen wir in einer Aktion, welche von Hochschule, Industrie und Bund gemeinsam unternommen werden müßte und in großen Zügen u. a. folgende Schritte erfordern würde:

- Erfassung der in der Schweiz tätigen Chemiker nach Berufsaktivität.
- Erstellen von Bedarfszahlen und Trends.
- Ausrichtung der Ausbildung nach dem Baukastenprinzip.
- Erstellen von Berufsbildern bezüglich Berufsanforderungen, Bildungsweg, Berufsaktivität, Existenzaussichten.
- Propädeutische Ausbildungsstufen.
- Vademecum über Voraussetzungen, Werdegang und Zukunft des Chemikers.

- Terminierte Zeit für die Dissertation.
- Postdoc-Studien mit Abschlußausweis analog FMH in der Medizin.

Die Chemieausbildung nach dem Baukastenprinzip würde ungefähr folgende Gestalt zeigen:

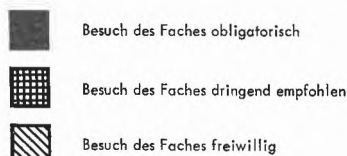
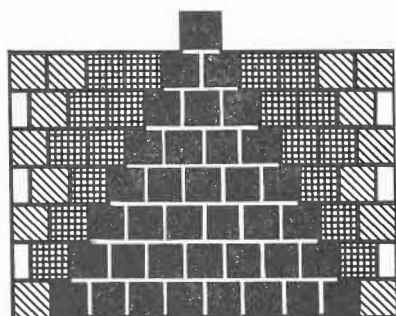


Abb. 5

Das Studium wäre zusammengesetzt aus drei Kategorien von Fächern. Diese Kategorien würden dem entsprechen, was bei der statistischen Erhebung hervorging, nämlich Pflichtfächer, dringend empfohlene Fächer und Freifächer. In den ersten Semestern würden die obligatorischen Fächer praktisch den ganzen Studienplan ausfüllen. In den oberen Semestern würde der Anteil der Pflichtfächer immer kleiner, dafür wäre immer mehr Zeit zur Verfügung für die für bestimmte Berufsrichtungen empfohlenen Fächer und für die Freifächer. Die Studienpläne für das Chemiestudium an der ETH gehen zum Teil bereits in dieser Richtung. Dieses Prinzip und die Aufstellung von Bildungsleitlinien, analog den propädeutischen Stufen der Mediziner, würde eine wesentlich größere Flexibilität bezüglich Ausbildung und Erfassung der unterschiedlichen Begabung der Studierenden ermöglichen. So gibt es z. B. heute, trotz zunehmendem Bedarf, noch keine Möglichkeit, Chemikern für die Literatur- oder Patentabteilungen die zweckmäßigste Ausbildung zu vermitteln. Was zwar nicht erstaunlich ist, wenn man bedenkt, daß es keine eigentliche Ausbildungsrichtung für den Analytiker gibt. Ähnlich ist es mit Chemikern für die im Bereich der Computer gelegenen Aufgaben. Das abteilungsmäßige Denken, das Grundausbildungen fixiert, die im allgemeinen bald revisionsbedürftig werden, würde dadurch umgangen. Ferner bestünde eher die Möglichkeit des Hochschulwechsels auf verschiedenen propädeutischen Stufen, ohne Gleichschaltung der Hochschulen. In erster Linie würde aber eine bessere Entfaltungsmöglichkeit entstehen, die den unterschiedlichen Begabungen und Interessen angepaßt wäre, ohne daß dabei eine solide Basis verloren-

gehen würde. Wie aus den statistischen Untersuchungen hervorgeht, sind nicht für alle Richtungen der beruflichen Tätigkeit die gleichen Fächer von entscheidender Bedeutung. Durch die Möglichkeit einer frühzeitigen Betonung gewisser Bildungselemente und die Wahlmöglichkeit durch den Studenten und damit Berücksichtigung seiner Interessen würde die Ausbildung gefördert und die Möglichkeit für den Übertritt in die Industrie mit Diplomabschluß oder Aufbaustudium in anderer Richtung verbessert. Es ist unbestritten, daß die Doktorarbeit eine wertvolle zusätzliche Ausbildungsphase darstellt, sie ist aber für die erfolgreiche Tätigkeit des Chemikers keine *conditio sine qua non*. Das Doktorat ist aber zum Standesbegriff geworden, und diese sozialpsychologischen Faktoren sind nicht zu übersehen. Das führt dazu, daß heute auch an Forschungsarbeit nicht interessierte und entsprechend auch nicht qualifizierte Studenten eine Dissertation von 5 bis 7 Semestern ausführen müssen, wenn sie nicht mit dem Odium der mangelnden Qualifikation behaftet die Hochschule als Diplomchemiker oder Lizentiats verlassen wollen. Beobachtungen an der ETH haben gezeigt, daß nur 5 bis maximal 20% der Absolventen sich wirklich als Forscher auszeichnen. Somit sind etwa 80% der Forschungslaboratorien an Hochschulen mit zwar qualifizierten, aber nicht an der Forschung interessierten bzw. dafür prädestinierten Doktoranden belegt. Wäre es unter diesen Umständen nicht sinnvoller, einen ähnlichen Weg wie den der Mediziner zu beschreiten? Wir möchten deshalb folgende Gedanken zur Diskussion stellen:

1. Im Prinzip soll der Abschluß mit dem Doktorat empfohlen werden.
2. Die Dissertation soll terminiert werden auf 3 Semester inkl. Diplomarbeit. – Damit würde der für alle Absolventen sehr wünschenswerte zusätzliche Ausbildungsteil vermittelt. Der nicht an der Forschung interessierte Chemiker würde dann durchschnittlich um zwei Jahre früher als jetzt in das Berufsleben eintreten.
3. Für den an der Forschung oder einer Hochschullaufbahn interessierten Absolventen wäre an das Doktorat ein Postdoc-Studium mit entsprechender wissenschaftlicher Tätigkeit anzuschließen und könnte zwei bis mehr Jahre umfassen. Diese zusätzliche Ausbildung wäre mit einem Abschlußausweis zu krönen. In Analogie zum FMH der Medizin könnte z. B. der FCH in einem speziellen Gebiet der Chemie verliehen werden.

Wieviel von diesen Gedanken realisierbar wäre, vermögen wir nicht zu beurteilen. Wir sind aber überzeugt, daß ein guter Studienführer, propädeutische Stufen, Ausbildungsprogramm nach dem Baukastenprinzip und damit größere Freiheit in der Ausbildung nach Begabung, terminierte Doktorarbeit von 3 Semestern inkl. Diplom und Postdoc-Studium mit Abschlußausweis Möglichkeiten zur Lösung von Ausbildungsproblemen in der Chemie darstellen.