

- Multicomponent Systems, Chem. Eng. Comm. 3, 201 (1979).
- 7 J. Luder und A. Buck: Partialkondensation eines Kohlendioxid-Ammoniak-Wasser Gasgemisches. 1. Teil. *Chimia* 35, 352 (1981).
 - 8 S.M. Lemkowitz: Phase and Corrosion Studies of the Ammonia-Carbon-Dioxide-Water System at the Conditions of the Hot Gas Recirculation Process for the Synthesis of Urea. Diss. TH Delft, 1975.
 - 9 P. Grassmann: Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik. 2. Auflage, Verlag Sauerländer Aarau und Frankfurt a.M., 1970.
 - 10 U.R. Wenger: Reaktions- und verfahrenstechnische Studien über die Harnstoffsynthese. Dissertation ETH Zürich, Nr. 3958, 1968.
 - 11 R.B. Bird, W.E. Stewart und E.N. Lightfoot: Transport Phenomena. John Wiley + Sons, New York, 1960.
 - 12 R.C. Reid und T.K. Sherwood: The Properties of Gases and Liquids, 2. Auflage, McGraw-Hill, New York, 1966.
 - 13 W. Durisch: Experimentelle und thermodynamische Untersuchung des Siedegleichgewichts des Systems $\text{CO}_2/\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ unter Harnstoffsynthese-Bedingungen. Dissertation ETH Zürich, Nr. 6238, 1978.
 - 14 T.H. Chilton und A.P. Colburn: Mass transfer (absorption) Coefficients. *Industr. Engng. Chem.* 26, 1183 (1934).
 - 15 VDI-Wärmeatlas VDI-Verlag, Düsseldorf, 1974.
 - 16 H. Kraussold: Der konvektive Wärmeübergang, *Technik* 3, 205 und 257 (1948).
 - 17 F. Din: Thermodynamic Function of Gases, Volume 1, Butterworth London, 1956.
 - 18 C.R. Wilke: Diffusional Properties of Multicomponent Gases, *Chemical Engineering Progress* 46, 95 (1950).
 - 19 G. Sarukhanian: Wärmeübergang bei Verdampfung, *Chemie-Ing.-Technik* 25, 477 (1953).

Nachrichten aus Wissenschaft und Technik

Schweizerisches Komitee für Chemie, Kommission für Unterrichtsfragen Comité Suisse de la Chimie, Commission pour l'enseignement

Arbeitsbericht über die Chemie an den Schweizerischen Hochschulen

Abstract

«Chemistry curricula and teaching methods at Swiss universities are critically compared and discussed. A statistic has been established of the enrollment in chemistry and the number of degrees conferred. Some recommendations are made for the future development of chemical education at the university level in Switzerland.»

A. Einleitung

Der Anlass zur vorliegenden Untersuchung liegt in folgenden, in der ganzen Schweiz, zum Teil auch weltweit festgestellten Entwicklungen der letzten Jahre:

- Ein Absinken, oder zumindest eine Stagnation in der Zahl der Studienanfänger in der Chemie.
- Eine Verlagerung des Interesses naturwissenschaftlich und technologisch motivierter Studienanfänger in Richtung Biochemie und Biologie einerseits, Elektronik und Informatik andererseits.
- Der Eindruck, dass sich das Verhältnis der Chemie zu anderen Wissenschaften und ihren Anwendungen in raschem Wandel befindet. Besondere Aufmerksamkeit erheischt einerseits die Entwicklung der Molekularbiologie und der Biotechnologie, andererseits sind entsprechende Fortschritte auch in den Materialwissenschaften zu verzeichnen (Metallurgie, Keramik, Polymere, Fasern, Optik und Elektronik mit molekularen Aggregaten).
- Die Befürchtung, dass die Chemie dabei ist, ihre Rolle als zentrale Grundlagenwissenschaft zu verlieren und lediglich zur Hilfswissenschaft für andere Gebiete zu werden.
- Das Bewusstsein, dass die Schweiz ihre Führungsposition, welche sie in gewissen Sparten der Chemie erarbeitet hat, unbedingt erhalten muss.

Dementsprechend setzte sich die Kommission folgende Ziele:

- Überprüfung der Grundausbildung in Chemie an den verschiedenen schweizerischen Hochschulen bezüglich Inhalt und didaktischem Aufbau. Vergleich der bestehenden Verhältnisse mit den «Empfehlungen zum Grundstudium in Chemie» der Studienplan-Kommission der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft von 1970 (*Chimia* 24, 160 (1970)). Ausarbeitung von eventuellen zu-

sätzlichen Empfehlungen zur Anpassung der Lehrpläne an die neuesten Erfordernisse. An der Institution des Diploms als Abschluss nach einer Grundausbildung von 4 bis 5 Jahren sollte festgehalten werden.

- Kritische Betrachtung der Studentenstatistiken* in Chemie an den verschiedenen schweizerischen Hochschulen in den letzten 10 Jahren. Diskussion möglicher Massnahmen zur Nachwuchsförderung. Diesbezüglich sollte auch die Bedeutung des Mittelschulunterrichts erörtert werden.
- Behandlung weiterer aktueller Fragen, insbesondere betreffend die Koordination der Ausbildung von Chemikern und von Biochemikern.
- Kenntnisnahme und Diskussion des Berufsbildes des Chemikers aus Sicht der Industrie.

B. Vergleichende Darstellung der Ausbildung zum Diplom in Chemie an den Schweizerischen Universitäten/Hochschulen

Allgemeine Legende:

ALC:	Allgemeine Chemie
AC:	Anorganische Chemie
OC:	Organische Chemie
PC:	Physikalische Chemie
BC:	Biochemie
An:	Analytik
M:	Mathematik

* Die Bezeichnungen «Studenten», «Doktoranden», «Dozenten», «Chemiker», etc. werden als Sammelbegriffe verwendet und betreffen sowohl (angehende) Chemikerinnen wie Chemiker.

PH:	Physik	- Vorlesungsinhalte werden explizit nur dort angegeben, wo Besonderheiten anzudeuten sind.
K:	Kristallographie	- Die Diplomlehrgänge in <i>Biochemie</i> werden hier <i>nicht</i> aufgeführt, es sei denn, dass sie mit der Grundausbildung in Chemie zusammenfallen (Fall Bern).
B:	Biologie	- Als Beispiel eines interdisziplinären Ausbildungsganges wird die chemisch-physikalische Teilstudienrichtung B2 der Abt. X der ETHZ betrachtet (*).
NF:	Nebenfach	- Weitere Bemerkungen, insbesondere betreffend die Ausbildung zum <i>Chemieingenieur</i> , s.S. 332
V:	Vorlesung	
U:	Übungen/Repetitorien	
(V + U):	Vorlesung inklusive Übungen	
P:	Praktikum	

1. Semester

Angaben in Wochenstunden während des ganzen Semesters

	Allgemeine Chemie	Praktikum in Allgemeiner Chemie	Mathematik	Physik	Kristallographie	Biologie
Genève	6V + 1U	12	3V + 3U ^{b)}	4V + 1U + 4P		2V ^{f)}
Lausanne	} ALC 5V + ^{a)} An 2V	10	4V + 2U 2V + 2U ^{c)}	2V + 2U	2V + 1U	2V
EPFL						
Neuchâtel	PC: 2V + 1U AC: (2 + 1) V OC: 2V + 1U	16	4V + 2U	4V + 1U		
Fribourg	4V + 1U OC: 3½V + ½U	15	3V + 2U	5V + 2U		
Bern	4 (V + U)	12	4V + 2U	4V + 1U		
Basel	4V + 2U	16	5V + 1U	4V + 2U		
Zürich	4 (V + U)	9	5(V + U)	7(V + U) + 2,5P		
ETHZ Abt. IV	4V + 3U	10	6V + 2U (2V + 1U) ^{c)}	4V + 2U		
(*) ETHZ Abt. X Richtung B2	4V + 2U	10	6V + 2U ^{d)} 4V + 2U ^{e)}	4V + 2U		

a) Chimie générale, analytique générale. b) Inklusive Statistik. c) Einsatz von Rechenanlagen. d) Analysis. e) Lineare Algebra. f) Fakultativ

2. Semester

	Allgemeine Chemie	Praktikum in Allgemeiner Chemie	Mathematik	Physik	Kristallographie	Biologie	Fächer der 1.VP
Genève	4V + PC: 3V + 1U	12	3V + 3U ^{c)}	4V + 1U + 4P		2V(F)	ALC, M, PH
Lausanne	} AC: 2V OC: 5V + 1U	12	4V + 4U	4V + 2U		2V	ALC(AC ^{a)} ; OC M ^{a)} , PH ^{a)} K oder B(UNI) K und B (EPFL)
EPFL							
Neuchâtel	PC: 2V + 1U AC: (2 + 1) V OC: 2V + 1U	16	4V + 2U	4V + 1U			PC, AC, OC, M
Fribourg	3V + 1U ^{b)} AAn: 5V + 1U	12	2V + 2U	5V + 2U			ALC, M, PH, OC
Bern	4 (V + U)	8	4V + 2U	4V + 1U + 4P			ALC, M, PH
Basel	4V + 2U	12	5V + 1U	4V + 2U			ALC, M, PH
Zürich	4 (V + U)	9	4(V + U)	5(V + U) + 2,5P			ALC, M, PH
ETHZ Abt. IV	4V + 2U	10	10(V + U) ^{d)}	4V + 2U			ALC, M ^{d)} , PH

(*) ETHZ Abt. X Richtung B2	4V + 2U	6V + 2U ^{e)} 6V + 2U ^{e)}	4V + 2U	ALC, Me.D PH
--------------------------------	---------	--	---------	-----------------

a) Schriftlich und mündlich. b) Zusätzl.: Repetitorium in organ. Chemie. c) Inkl. Statistik. d) Inkl. lineare Algebra + Einsatz von Rechenanlagen. e) Analysis. f) Lineare Algebra.

3. Semester

	Anorg. Chem.	Org. Chem.	Phys. Chem.	Praktika			andere Vorlesungen/Kurse
				AC	OC	PC	
Genève	2V	4V	4V + 1U		10	10	M: 2V + 2U BC: 2V (K: 2V fakultativ)
Lausanne	2V 1V An	2V + 2V An	2V + 1U (Thermo.)		16		Industr.Chem.: 2V Statistik: 1V Elektrizität: 2V Physik: 3V + 2U
EPFL							
Neuchâtel	2V + 1V An 1U	3V ^{a)} + 1U	2V + 1U		9	6	PH: 1V + 1U + 4P
Fribourg		2V(Stereoch.) 2V(Instr. An)	3V + 2U		20		K: 3V + 2P
Bern	3V	3V	2V	10	10		PH: 3V + 1U K: 1V + 1U
Basel	2V	4V	4V		20		
Zürich	3 (V + U) 3 (V + U) An	4 (V + U)	3 (V + U)		18		
ETHZ Abt. IV	4 (V + U)	4 (V + U)	3V + 1 U		20		Chemische Bindung H (V + U)
(*) ETHZ Abt. X Richtung B2	4 (V + U)	4 (V + U)	3V + 1U				PH: 4V + 2U + 4P M: 8 (V + U) ^{b)} K: 3V + 2U

a) Inkl. Naturstoffe. b) Unterteilt in Numerik und Programmieren, und Methoden der mathemat. Physik.

4. Semester

	Anorg. Chem.	Org. Chem.	Phys. Chem.	Praktika			andere Vorlesungen/Kurse	2 VP.
				AC	OC	PC		
Genève	2V	4V	3V + 2U		20		M: 2V + 2U BC: 2V (K: 2V fakultativ)	AC, OC, PC
Lausanne	2V 1V An	2V	2V + 1U (Thermo.) + 5V (Spectro.)	4 An		16	UNI + EPFL: Ind. Hygiene: 1V	(AC + An) (OC + An)
EPFL					4Gén. chim.			EPFL: Génie chim. 2V + 1U
Neuchâtel	2V + 2V An	3V ^{a)} + 1U	2V + 1U		9	6	PH: 4P	(AC + An) OC ^{a)} PC, PH
Fribourg	4 V	2V (Synthese) 2V (Mechan.)	3V + 2U		20		Kristallchemie: 1V Röntgenanalyse: 1V	
Bern	2V	3V	4V		20		BC: 3V Mineralogie: 1V	
Basel	4V	3V	4V		20		Instr. An: 4V	
Zürich	3 (V + U)	4 (V + U)	2V (Kinetik) 2V Statistik 1U		18			
ETHZ Abt. IV	5 (V + U)	5 (V + U)	4V + 1U		20			
(*) ETHZ Abt. X Richtung B2	5 (V + U)	5 (V + U)	4V + 1U		16		PH: 4 (V + U) M: 7 (V + U) ^{b)} K: 3(V + U) ^{c)} + 4P	

a) Inkl. Naturstoffe. b) siehe 3. Semester c) Kristallchemie.

5. Semester

	Anorg. Chem.	Org. Chem.	Phys. Chem.	Praktika			andere Vorlesungen/Kurse	2 VP.
				AC	OC	PC		
Genève	2V + 2V An + 1U	4V	3V + 1U	15 (inkl. An)	5		Angew. Chem.: 3(V+U)	
Lausanne	2V	} 4V	2V + 1U (Kinetik)	12			Biochem.: 2V	
EPFL	2V		2V + 1U (Elektro.)			8		
Neuchâtel	1U	2V + 2V An + 1U An	2V	10		10	Ind.Chem.: 1V Technologie: 2V BC: 2V	
Fribourg	Wahl-V	Wahl-V	3V + 2U + Wahl-V			20	Gesteine + Erze: 1V Röntgenanalyse: 2V	
Bern	2V	2V	4V	10	10		BC: 3V	AC, OC, PC, BC, K, PH
Basel	2V	4V	3V		20		Instr. An: 4V	AC, OC, PC
Zürich	2 (V + U)	4 (V + U)	3V			18	NF: 4 (V + U)	
ETHZ Abt. IV	2 (V + U)	5 (V + U)	4V + 1U			20	Instr. An: 3 (V+U)	AC, OC, PC
(*) ETHZ Abt. X Richtung B2	2 (V + U)	5 (V + U)	4V + 1U 4(V + U)	16 ^{a)}	16 ^{a)}		Wahl-Vorlesung nach besonderem Programm	ACod, OC, PC PH, Wahlf.

a) P in AC oder OC b) Chemische Bindung

6. Semester

	Anorg. Chem.	Org. Chem.	Phys. Chem.	Praktika			andere Vorlesungen/Kurse	2 VP., bzw. 3 VP
				AC	OC	PC		
Genève	2V + 2V An + 1U	4V	3V + 1U			20	Angew. Chem.: 3(V+U)	AC + An, OC, PC, Bibliogr. Licence
Lausanne	2V (Metalle)	} 2V (NMR) ^{a)} 2V (Katalyse)				20	Oekotoxikolog.: 2V ^{a)} Wahl-V: 4V ^{a)}	
EPFL	2V		2V + 1U 2V + 1U (Radio- chim.)			16	Génie Chim.: 2V + 1U An: 2V + 1U	
Neuchâtel		2V + 1U An 2V	2V			20 An		
Fribourg	Wahl-V	2V (Synthese) 2V (Mech.) + Wahl-V	3V + 2U + Wahl-V			15		AC, OC, PC
Bern	Lehrveranstaltungen nach Wahl — Biochemie trennt sich von der Chemie							
Basel	2V	3V	4V			20		
Zürich	5 (V + U) Mech./Strukt.	4 (V + U)	4 (V + U)	9		9	NF: 4 (V + U)	AC, OC, PC
ETHZ Abt. IV	Lehrveranstaltungen nach Wahl							
(*) ETHZ Abt. X Richtung B2	Lehrveranstaltungen nach Wahl							

a) Nur an der Uni L.

Vergleich der Vordiplomprüfungen

	Nach Sem.	Fächer	Nach Sem.	Fächer	Nach Sem.	Fächer
Genève	2.	ALC, M, PH	4.	AC, PC, PC	6.	An, OC, PC + Bibliographie Licence
Lausanne	2.	} ALC ^{a)} , M, PH K oder B	4.	AC + An OC + An PC		
EPFL						
Neuchâtel	2.	PC, AC, DC, M	4.	AC + An, OC, PC, PH	6.	OC + An, PC Technologie
Fribourg	2.	ALC, M, PH, OC			6.	AC, OC, PC, K
Bern	2.	ALC, M, PH			5.	AC, OC, PC, BC, K, PH
Basel	2.	ALC, M, PH			5.	AC, OC, PC
Zürich	2.	ALC, M, PH			6.	AC, OC, PC
ETHZ Abt. IV	2.	ALC, M ^{b)} , PH			5.	AC, OC, PC
ETHZ Abt. X (* Richting B2)	2.	ALC, M ^{b)} , PH	4.	AC oder OC, PC PH, Wahlfach		

a) In getrennte Teilprüfungen unterteilt b) Getrennte Prüfungen in Analysis & linearer Algebra

Diplomarbeit und Diplomprüfung

	Ausführung und Dauer der Diplomarbeit	Fächer der Diplomprüfung
Genève	Diplomarbeit in einem chem. Fach, 1 Semester (9. Sem.)	Chemische Wahlfächer 8V, Schwergewicht AC, An, Oc, Pc; 2 2 Bibliographien
Lausanne	Diplomarbeit in einem chem. Fach, 12 Wochen	AC, OC, PC, 1 Wahlfach (z.B. BC)
EPFL	Diplomarbeit in einem chem. oder ingenieurchem. Fach, 12 Wochen	4 chemische Fächer 2 ingenieurchemische Fächer 1 Wahlfach
Neuchâtel	Diplomarbeit in OC Diplomarbeit in AC oder PC je 12 Wochen	2 chemische Fächer BC industrielle Chemie
Fribourg	Diplomarbeit in chem. Hauptfach Diplomarbeit in (chem.) Nebenfach } je 8 Wochen	chemisches Hauptfach (chemisches Nebenfach)
Bern	Diplomarbeit in einem chem. Fach, 6 - 9 Monate (8./9. Semester)	Diplomfach ein weiteres chem. Fach
Basel	Diplomarbeit in einem chem. Fach, 12 Wochen	AC, OC, PC
Zürich	Diplomarbeit in einem chem. Fach, 6 - 9 Monate (ca. 9. Semester)	Diplomfach 1 kleines Nebenfach (frei wählbar)
ETHZ Abt. IV	Diplomarbeit in einem chem. Fach, 13 Wochen (8. Semester)	2 chem. «Kernfächer» 2 chem. Wahlfächer
ETHZ Abt. X (* Richting B2)	Diplomarbeit in PC oder AC oder K, 1 Semester	AC oder OC oder K, 2 Fächer aus dem Gebiete der Physik oder angewandten Physik und der molekularen Wissenschaften

Bemerkungen

An der Abteilung IV der ETHZ besteht die Möglichkeit, das Diplom eines *Chemieingenieurs* zu erlangen. Der Normalstudienplan für Chemiker und Chemieingenieure ist in den ersten beiden Semestern gleich. Ab drittem Semester trennen sich die Ausbildungsrichtungen; die Studienpläne unterscheiden sich nahezu vollständig. Ziel der Chemieingenieur-Ausbildung ist es, die Studenten mit den Methoden zur Durchführung chemischer Reaktionen im technischen Maßstab vertraut zu machen. Vor allem die Kenntnisse über die thermodynamischen, kinetischen und mechanischen Aspekte chemischer Reaktionen und physikalischer Vorgänge sollen sie befähigen, bei der Entwicklung, dem Bau und dem Betrieb vollständiger industrieller Anlagen und bei der Lösung ökologischer Probleme mitzuhelfen.

Die Probleme des Chemieingenieurstudiums wurden von der Kommission nicht diskutiert.

Der Bildungsgang des Ingenieur-Chemikers in Lausanne beinhaltet ein allgemein umfassendes Studium in Chemie, wobei die Ausbildung in den Grundkenntnissen des Génie Chimique mit ca. 25% beteiligt ist. Das Studium bis zum Diplom dauert 8 Semester plus 12 Wochen Diplomarbeit. Ziel der Ausbildung ist ein angewandter Chemiker, nicht ein Spezialist des «chemical engineering». Er kann eine Forschungsarbeit auf allen Gebieten der Chemie weiterführen. An der Universität Genf besteht die Möglichkeit, das Diplom als Chemieingenieur zu erwerben. Das Studium dauert 9 Semester, von denen die ersten 6 identisch sind mit demjenigen der Diplomchemiker.

Weitere Spezialrichtungen, wie beispielsweise diejenige der *Werk-*

stoffkunde, oder die Ausbildung zum *Lebensmittelchemiker*, wurden von der Kommission nicht eingehend behandelt.

C. a) Stellungnahmen zu den «Empfehlungen von 1970» und zu weiteren Fragen der Diplomausbildung

Es wird hier auf die in *Chimia* 24, 160 (1970) formulierten 16 Punkte verwiesen. Die Numerierung der nachfolgenden Bemerkungen stimmt damit überein.

Studiendauer und Zeitaufwand:

1. Die angestrebte begrenzte Studiendauer bis zum Diplom von 8 bis 9 Semestern ist unbestritten. Sie wird an einigen Hochschulen genauer eingehalten (Uni Fribourg, ETHZ) als an anderen (Uni Zürich), an welchen 10 Semester und sogar mehr fast zur Regel geworden sind.

2. Die Einteilung des Grundstudiums in eine 5 bis 6 semestrig allgemeine Elementar- und mittlere Ausbildung und in eine 2 bis 3 semestrig, spezialisierte vertiefende Ausbildung wird grundsätzlich als zweckmässig betrachtet. Die Spezialisierung vor dem Diplom sollte jedoch nicht zu ausgeprägt sein und nicht vor dem 6. Semester einsetzen. Diesbezüglich gibt es zwischen den Hochschulen deutliche Unterschiede (siehe Tabelle betr. Diplomarbeit und Diplomprüfung, Seite 12). Die Erteilung des Diploms für das Fach Chemie und nicht für eine Spezialrichtung innerhalb der Chemie ist unbestritten. Eine Ausnahme dazu bildet die Studienrichtung Biochemie (siehe auch Abschnitt C.d), Seite 00).

3. An allen schweizerischen Hochschulen sind mindestens zwei, an einigen sogar drei (Uni Genève, Neuchâtel) Vordiplomprüfungen abzulegen (siehe Teil B., Tabelle über Vorprüfungen, Seite 11). Diese Vorprüfungen haben nur innerhalb der betreffenden Hochschule unmittelbare Gültigkeit und besitzen gegen aussen keinen abschliessenden Wert. Die Gestaltung der Vorprüfungen ist unter den Hochschulen der Schweiz so wenig einheitlich, dass eine gegenseitige Anerkennung nicht garantiert werden kann.

Hingegen ist die Gleichwertigkeit der Diplome de facto gewährleistet. An den westschweizerischen Hochschulen besteht diesbezüglich eine Konvention auf gegenseitige de iure Anerkennung der Diplome. Eine Besonderheit bildet die Licence en Chimie der Universität Genf, welche nach 6 Semestern erworben werden kann und abschliessenden Charakter besitzt.

4. Die Gesamtbeanspruchung der Studenten von 50 bis 55 Wochenstunden wird nicht in Frage gestellt und weiterhin empfohlen.

5./6. Die obligatorische Präsenzstundenzeit von ca. 12 Wochenstunden Vorlesungen und Übungen und 18 Wochenstunden Praktika erscheint als ausgewogen. Es wird dabei auf die tatsächliche grosse Belastung der Stundenpläne in den unteren Semestern hingewiesen, insbesondere bezüglich Vorlesungen (Uni Lausanne, EPFL). Das Angebot von zu viel Stoff, ohne dessen gleichzeitige Verarbeitung, ist didaktisch fragwürdig. Es erschwert dem Studenten auch die Unterscheidung zwischen Wesentlichem und Unwesentlichem.

Aufbau des Grundstudiums:

7. Die Empfehlung, dass etwa 70% der Stundenzahl der Vorlesungen und Übungen, und mindestens 90% der Praktika rein chemischen Fächern vorbehalten sei, wird grössenordnungsmässig im allgemeinen befolgt.

Dabei wird aber festgestellt, dass an verschiedenen Hochschulen Nebenfächer wie Mathematik und Physik einen stark selektionierenden Einfluss haben (siehe auch Ziffer 11).

8. Eine zweisemestrig allgemeine Chemievorlesung, welche die elementaren Prinzipien der gesamten Chemie berücksichtigen will, sollte im Idealfall (in willkürlicher Reihenfolge) die einfachsten Grundlagen folgender Kapitel beinhalten: A. Periodisches System, B. Wässrige Lösungen, C. Molekülstruktur und Stereochemie, D. Kristalline Festkörper, E. Organische Reaktionen, F. Biochemische Grundlagen, G. Radiochemie, H. Elementare Theorie der chemischen Bindung, I. Thermodynamik, K. Chemische Kinetik. Ein so umfassendes Programm wird im ersten Jahr wohl an keiner schweizerischen Hochschule angeboten. An allen Hochschulen, ausser einer (Neuchâtel) wird zwar im ersten Jahr eine Vorlesung über allge-

meine Chemie (Chimie générale) gelesen, wobei aber mit einigen Ausnahmen (z.B. Zürich) der Akzent vorwiegend auf anorganische, analytische und elementare physikalische Chemie gesetzt wird.

Das Vermitteln einer wirklich umfassenden und ausgewogenen allgemeinen Chemie scheitert häufig in unseren Hochschulen an personellen und organisatorischen Problemen. Die administrativ zementierte Dreiteilung in AC, OC und PC macht sich vom ersten Semester an bemerkbar. Von Biochemie ist im ersten Jahr kaum die Rede (siehe auch Ziffer 10 und Abschnitt C.d), Seite 00).

Die Kommission ist einhellig der Ansicht, dass, im Gegensatz zu den Empfehlungen von 1970, im Praktikum in allgemeiner Chemie der Schwerpunkt *sowohl* auf das Stoffliche *als auch* auf das Methodische zu legen ist.

9. Die parallele Führung der Ausbildung in AC, OC und PC in den mittleren Semestern ist an allen Hochschulen in befriedigender Weise gewährleistet. Eine perfekte Koordinierung der Praktika mit den Vorlesungen kann aus technischen Gründen wohl kaum verwirklicht werden.

Andererseits ist festzustellen, dass die Absprache zwischen den Dozenten der verschiedenen Richtungen zwecks Koordinierung der Lehre durch örtliche Trennung (Uni Lausanne - EPFL), und auch oft durch administrative Schranken (allzu ausgeprägte Selbständigkeit einzelner Institute) erschwert wird.

10. Seit 1970 ist an mehreren schweizerischen Hochschulen ein Diplomlehrgang in Biochemie eingeführt worden. Die Frage, wieviel Biochemie der Diplomlehrgang für Chemie enthalten sollte, ist andererseits noch ungenügend abgeklärt. Die Empfehlung, dass auch eine Einführung in Biochemie zum Grundstudium in Chemie gehört, ist an den meisten Hochschulen nicht erfüllt, bestenfalls in Form einer Wahlvorlesung unter anderen Auswahlmöglichkeiten. Die Beziehung zwischen dem Diplomlehrgang in Chemie und dem Diplomlehrgang in Biochemie wird in Abschnitt C.d) eingehend behandelt. Nur an der Universität Bern besteht eine gemeinsame, fünfsemestrig Ausbildung für Chemiker und Biochemiker chemischer Richtung (siehe auch Teil B., Tabelle, Seiten 5-10). In Genf ist die Ausbildung im ersten Jahr identisch, wonach bis zum Lizentiat (6 Semester) eine progressive Spezialisierung eintritt.

11. Die Notwendigkeit einer angemessenen Ausbildung in Mathematik und Physik ist unbestritten. Dessen Umfang sei in der Grössenordnung von je 5 Semesterwochenstunden Vorlesungen und Übungen während zwei Semestern, mit einem zusätzlichen kleinen Physikpraktikum. Der Unterricht sollte möglichst chemieorientiert sein. Die Bedürfnisse des Chemikers an Kenntnissen der Informatik sollten berücksichtigt werden.

Es sollte die Möglichkeit bestehen, als geprüftes Wahlfach zusätzliche Vorlesungen in Mathematik und Physik zu belegen.

Die Entscheidung, wieviel Mathematik und Physik in der Grundausbildung in Chemie gehört, ist Angelegenheit der Chemiker und kann nicht durch fachfremde Instanzen vorgeschrieben werden.

Prüfungen

12./13. Teil B., Tabelle Seite 11 gibt eine Übersicht über die Staffe- lung und den Inhalt der Vorprüfungen.

Die Empfehlung, eine kontinuierliche Leistungskontrolle durch Semesterprüfungen zu gewährleisten, ist nicht verwirklicht worden (Ausnahme: Bern). An zwei Hochschulen bestehen drei Vorprüfungen (Genève, Neuchâtel), an den anderen deren zwei.

Die Prüfungsmodalitäten sind unter den verschiedenen Hochschulen sehr unterschiedlich. Sie entsprechen sozusagen einem lokalen Kompromiss zwischen dem «amerikanischen» Extrem einerseits (häufige Prüfungen, schriftlich, Lösung von konkreten Aufgaben) und dem «Humboldtschen» Extrem andererseits (seltene Prüfungen, mündlich, Aneignung einer Übersicht). Demnach ergibt sich eine Palette von Variationen, wobei eine ausgewogene Kombination von schriftlichen und mündlichen Prüfungen wahrscheinlich pädagogisch optimal ist.

Gebunden durch Fakultäts- oder Abteilungsreglemente kann die Chemie in dieser Angelegenheit wohl kaum einen Alleingang machen. Eine Straffung des Studiums durch häufige Leistungskontrollen wird rasch als «Verschulung» kritisiert und wird zum Hoch-

schulpolitikum. Wenn man jedoch der Chemie allzulange Studienzeiten vorwirft, so gibt es bezüglich dieses Problems nur begrenzte Möglichkeiten: a) Straffung, unter gleichzeitiger Eliminierung von Nebensächlichem; b) Abbau der Substanz und Einbusse an Qualität; c) sich mit dem (zu) langen Studium abfinden. — Die Philosophie der Empfehlungen von 1970 liegt eindeutig bei a).

Es wird festgestellt, dass die Fächer Physik, in weniger ausgeprägtem Masse auch Mathematik, an einigen Hochschulen in der 1. Vorprüfung stark selektionierend wirken. Die Frage wird aufgeworfen, ob nicht eher die Prüfungen in den chemischen Fächern über Eignung oder Nichteignung eines angehenden Chemikers entscheiden sollten. Dies würde bedingen, dass man entweder a) die Prüfung in Allgemeiner Chemie in der 1. Vorprüfung verschärft; oder b) die 1. Vorprüfung betreffend Anforderungen entlastet, dafür der 2. Vorprüfung eine entscheidende selektionierende Rolle zuweist. Diese Frage kann nicht eindeutig und abschliessend beantwortet werden. Es sei hier jedoch festgehalten, dass — wenn auch nicht explizit vermerkt — die Grundidee der Empfehlungen von 1970 einer möglichst *frühen*, in den unteren Semestern einsetzenden, *Selektion* entspricht.

14. Der Spezialisierungsgrad in den Diplomprüfungen ist unter den verschiedenen Hochschulen sehr unterschiedlich (siehe Ziffer 2., sowie Teil B, Tabelle Seite 00). In Genf besteht ein Wahlfachsystem, welches mehrere Hauptrichtungen betrifft. An zwei Universitäten werden, mit eventuellen Zusatzfächern, alle drei Hauptrichtungen (AC, OC, PC) geprüft (Lausanne, Basel), an anderen zwei (Neuchâtel, Fribourg, Bern, ETHZ), oder aber nur die Richtung, in welcher die Diplomarbeit ausgeführt wird (Zürich). Der Inhalt der Diplomprüfung kann aber nicht losgelöst vom Inhalt der 2. Vorprüfung beurteilt werden. Der gesamte Stoff, über den geprüft wird, ist wahrscheinlich an allen Hochschulen vergleichbar. Nichtsdestoweniger sind die obenerwähnten Unterschiede zu vermerken und zu überdenken.

15./16. Der Ausbau der Hochschulen seit 1970 hat sowohl in personeller Hinsicht (Stellen für Assistenten zur Anleitung und Betreuung von Studenten in Übungen und Praktika), als auch in räumlicher Hinsicht (Laboratorien, Hörsäle, Seminar- und Arbeitsräume) willkommene Verbesserungen gebracht. Der Ausbildung in Chemie an den Schweizerischen Hochschulen steht gegenwärtig eine gute Infrastruktur zur Verfügung. Die Aufrechterhaltung dieses Zustandes erfordert aber von Seiten der Chemiedozenten und der Hochschulbehörden eine nicht nachlassende Anstrengung.

C. b) Stellungnahme zu Fragen der Doktorandenausbildung

Der Doktorgrad ist der einzige akademische Grad, der weltweit anerkannt wird. Die Qualität der Ausbildung zum Doktoranden ist andererseits ein direktes Mass für die Qualität der betreffenden Hochschule im betreffenden Land. Die Chemie ist eine Grundlagenwissenschaft und kann sich nur durch Grundlagenforschung erhalten und weiterentwickeln. In der Ausbildung des Chemikers ist eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Forschung nur im Rahmen einer Doktordissertation möglich. Chemiker, die anschliessend in der Industrie oder in anderen Zweigen der Wirtschaft und Verwaltung Kaderfunktionen übernehmen, können nur dann mit der notwendigen Kompetenz wissenschaftliche Impulse geben, wenn sie die mit einer Dissertation verbundenen Forschungserfahrung und fachliche Reife besitzen. Ausnahmen bestätigen die Regel.

Während des Doktorierens verbindet sich mit der eigentlichen Forschungsarbeit eine Reihe von zusätzlichen Tätigkeiten: Teilnahme an wöchentlichen Seminaren, Halten von Vorträgen, Teilnahme an Tagungen. Solchen Aktivitäten kommt grosse Bedeutung zu. Sie erweitern den Horizont des Kandidaten und schärfen sein fachliches Urteil. Das Studium zum Diplom in Chemie vermittelt die Grundausbildung, dasjenige zum Doktorand eine Spezialausbildung. Diese Spezialausbildung darf aber keinesfalls einfach auf die Behandlung des Dissertationsthemas zusammenschrumpfen. Es ist vielmehr, innerhalb der Spezialrichtung, weiterhin für eine möglichst breite Ausbildung zu sorgen. Dazu genügen die oben erwähnten Tätigkeiten nur bedingt. Die Berechtigung eines klar umschriebenen und selektionierenden *Postdiplomstudiums* (vergleichbar mit dem

an den amerikanischen Hochschulen) lässt sich nicht leugnen. Ein solches Postdiplomstudium gibt es jedoch an keiner schweizerischen Hochschule. Ansätze dazu finden sich heute in der Westschweiz im «3ème Cycle» und an der Universität Basel, wo ein entsprechender Leistungsnachweis zu erbringen ist. An anderen Hochschulen bestehen entsprechende institutsinterne Regelungen. Diese Situation kann nicht als optimal angesehen werden.

An allen Hochschulen wird eine Dissertation nicht nur durch den Leiter der Doktorarbeit («Doktorvater», Referent), sondern noch durch andere Fachleute (Korreferent, externe Experten, Fakultätsmitglieder) beurteilt. Die Anzahl und Wahl dieser Fachleute ist jedoch von Hochschule zu Hochschule recht unterschiedlich. Die Modalitäten der Doktorprüfung sind gesamtschweizerisch ebenfalls nicht einheitlich.

Die Dauer der Doktoratszeit sollte im Normalfall etwa 3 Jahre betragen. Erfüllt der Kandidat daneben Assistentenpflichten in der Lehre (Übungsassistent, Lehrassistent), welche während der Semester bis zu etwa 50% der gesamten Arbeitszeit beanspruchen können, ist mit einer entsprechenden Verlängerung zu rechnen. Andererseits ist festzuhalten, dass der Lehrbetrieb in den unteren Semestern nur unter dem Einsatz dieser Assistenten befriedigend funktioniert. Zudem ist für den einzelnen Doktoranden diese zeitlich begrenzte Assistententätigkeit eine wertvolle zusätzliche didaktische und organisatorische Erfahrung.

In den unteren Semestern bis zum Diplom besteht eine begrenzte Möglichkeit, ein Stipendium zu erhalten. Dagegen beziehen Doktoranden in der Regel ein reguläres Einkommen. Die Form und der Betrag dieses Einkommens sind jedoch sehr unterschiedlich. Es stellt sich die Frage, ob hier nicht eine gewisse Vereinheitlichung anzustreben wäre.

C. c) Stellungnahme zu organisatorischen und strukturellen Fragen

An den meisten Schweizerischen Hochschulen entsprechen den Teilrichtungen Anorganische, Organische und Physikalische Chemie administrativ getrennte Institute. Diese Trennung hat, von den bearbeiteten Verbindungen und den gebrauchten Methoden her, eine gewisse Berechtigung. Andererseits erschwert eine solche Organisation die Koordination, welche vor allem in der Lehre, aber auch in einer fruchtbaren Forschung, unabdingbar ist.

Wesentliche Fortschritte der Chemie sind in den letzten Jahrzehnten in Richtungen erzielt worden, welche, aus der traditionellen Sicht heraus betrachtet, als «interdisziplinär» zu bezeichnen sind. Dies ruft immer wieder die Tatsache in Erinnerung, dass die Chemie als *eine* einheitliche Wissenschaft angesehen werden muss.

Molekulares Denken und chemische Methoden sind auch dabei, mit grosser Geschwindigkeit in andere Wissensgebiete einzudringen, wobei die Entwicklung der Biochemie und der Molekularbiologie heute besonders spektakulär ist. Die gleichzeitigen Fortschritte in den Materialwissenschaften, das Entwerfen und Synthetisieren neuer Stoffe für Elektronik und Optik, sowie für Werkstoffe extremer Belastbarkeit, sollten ebenfalls unsere volle Aufmerksamkeit bekommen.

Dieser Siegeszug der Chemie in andere Gebiete ist, unerwarteterweise, mit einer Identitätskrise der traditionellen Chemie verbunden. Hat die Chemie ihre Rolle als Grundlagenwissenschaft ausgespielt und ist sie heute nur noch eine Hilfswissenschaft? Sie wird dann zu einer solchen werden, wenn die Chemiker selbst es unterlassen, sich für die in den anderen Wissensgebieten auftretenden molekularen Probleme zu interessieren. Es ist ein Prozess der Erweiterung der Chemie erforderlich. Diese Erweiterung ist jedoch unmöglich, wenn sich die Chemie als zersplittertes Nebeneinander von Teilgebieten weiterentwickelt. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass die Struktur und die Organisation der Lehre und Forschung an den Schweizerischen Hochschulen diesen notwendigen Erweiterungsprozess in den kommenden Jahren nicht erschweren, sondern begünstigen.

Die Kommission ist sich bewusst, dass strukturelle und hochschulorganisatorische Änderungen weder in Eile vorgenommen werden können, noch sollen. Auf die Vor-, aber auch die Nachteile der amerikanischen Departementsstruktur, als Gegensatz zur schweize-

rischen Institutsstruktur, sei lediglich als Beispiel hingewiesen. Nichtsdestoweniger sollte in der zukünftigen Entwicklung der Chemie an den schweizerischen Hochschulen jede unnötige administrative Trennung von Teilgebieten vermieden werden, und wo sich fruchtbare Zusammenarbeit anzubahnen verspricht, sind viel eher Zusammenschlüsse zu begünstigen. Den zentrifugalen Tendenzen in der Chemie ist in diesem Sinne entgegenzuwirken. Nur so kann die Dynamik der Chemie erhalten bleiben.

C. d) Die Beziehung zwischen der Ausbildung in Chemie und der Ausbildung in Biochemie (Ergebnis einer Aussprache mit Vertretern der Biochemie)

1. Gemeinsame Eingangsphase: Ist sie überhaupt wünschbar?

Eine gemeinsame Eingangsphase Chemie-Biochemie besteht gegenwärtig an einigen Schweizerischen Hochschulen vollumfänglich (Bern: Ohne propädeutische Biologie), oder ansatzweise (Genf: Biologie für Chemiker freiwillig. Basel: Ähnliche Eingangsphase für Chemie und «Biologie II»).

Im allgemeinen wird festgestellt, dass die Meinungen der Studierenden betreffend ihre Studienrichtung im 1. Studienjahr gemacht sind. Demzufolge wird die Einführung eines gemeinsamen propädeutischen Jahres («Berufswahljahr») als wenig sinnvoll erachtet. Es birgt die Gefahr unnötiger Studienzweckverlängerung in sich. Eine zu umfassende gemeinsame Ausbildung kann auch zur Zwangsjacke werden.

Andererseits sollte man einem angehenden Chemiker in einem unteren Semester (nicht notwendigerweise im 1. oder 2.) die Möglichkeit geben, biologischen Interessen nachzugehen. Diese Biologieausbildung soll als ein vollwertiger Bestandteil des Diplomstudiums in Chemie Anerkennung finden können.

Allgemein sind, innerhalb der Diplombildung in Chemie, mehr Wahlmöglichkeiten bezüglich Schwerpunkten wünschenswert wie bis anhin.

Es wird empfohlen, in vermehrter Masse biologische Fragestellungen in die eigentliche Chemieausbildung einzubeziehen. Ein Kurs in Allgemeiner Chemie könnte beispielsweise auch einen Ausblick auf die Elemente der Biochemie vermitteln.

Die propädeutische Biologie für Biochemiker und Chemiker sollte genetisch-molekularbiologisch orientiert sein und nicht deskriptiv-taxonomisch. Es sei darauf hingewiesen, dass die meisten Mittelschulabsolventen einen recht umfangreichen Unterricht in beschreibender Biologie bereits erhalten haben; solches auf der Hochschulstufe zu wiederholen ist für angehende Chemiker bzw. Biochemiker wenig sinnvoll.

2. Allgemeine Ausbildung der Chemiker in Biochemie

Eine isolierte Biochemievorlesung für alle Chemiker im 5. oder 6. Semester, entsprechend den Empfehlungen von 1970, scheint im allgemeinen (Ausnahme: Lausanne) wenig erfolgversprechend. Eine Biochemieausbildung für Diplomchemiker sollte wenn möglich auf einer propädeutischen molekular-genetisch orientierten Biologievorlesung aufbauen und von einem Praktikum begleitet sein. Trotz der unterschiedlichen Zielsetzung und Denkweise der Chemie und der Biochemie ist es vom didaktischen Standpunkt her nicht auszuschliessen, Elemente der Biochemie in Vorlesungen über organische Chemie einzubeziehen. Dies setzt aber eine optimale Koordination zwischen den Dozenten dieser Gebiete voraus. Die Ausbildung in chemischer Synthese sollte durch biochemisch-biotechnologische Methoden (Verwendung von Enzymen, Bio-transformationen) ergänzt werden.

3. Ausbildung der Biochemiker in Chemie

Die Notwendigkeit einer soliden und umfassenden Ausbildung der Diplom-Biochemiker in Chemie ist unumstritten. Der Umfang dieser Ausbildung sei in folgender Größenordnung:

In Allgemeiner Chemie: Wie für Diplomchemiker.
In Anorganischer Chemie: Schwerpunkt in Koordinationschemie und Analytik.

In Organischer Chemie: Wie für Diplomchemiker.
In Physikalischer Chemie: Spezieller Kurs, oder Teil des Pensums für Diplomchemiker.

Dies entspricht total etwa 4-5 gemeinsamen Semestern für Biochemiker und Chemiker.

C. e) Das Berufsbild des Chemikers aus der Sicht der Industrie (Ergebnis einer Aussprache mit Vertretern der Industrie)

1. Attraktivität der Chemie und Nachwuchsprobleme

Der Nachwuchsmangel in Chemie ist aus industrieller Sicht nicht primär ein Problem absoluter Gesamtzahlen; vielmehr ist ein Rückgang in der Zahl überdurchschnittlich motivierter und fähiger Chemieabsolventen zu befürchten und damit ein Absinken des Gesamtniveaus.

Es gibt verschiedene Einflüsse, die sich auf die Studentenzahlen auswirken:

- Studienbedingte Faktoren,
- umweltbedingte und soziologische Faktoren.

Allzulange Studienzeiten sind zu vermeiden. Die Norm sollte sein: Diplom 4-5 Jahre, Doktorat 2-3 Jahre, Postdoktorat 1-2 Jahre. Der mathematisch-physikalische Einstieg ins Hochschulstudium der Chemie ist notwendig, sollte aber nicht abschreckend wirken. Das Chemiestudium muss auf jeden Fall anspruchsvoll bleiben und nach wissenschaftlichen Kriterien aufgebaut sein.

Das Ansehen der Chemie in der breiten Öffentlichkeit wirkt sich direkt auf den Nachwuchs aus. Eine systematische und koordinierte langfristige Aufklärung von Seiten der Industrie, der Hochschule und der Mittelschule ist hier notwendig. Die Chemie ist keine «Service-Wissenschaft». Sie besitzt beispielsweise die Fähigkeit, die Biologie zu durchdringen. Die zentrale Rolle der Chemie soll verständlich gemacht werden. Es ist auch zu wenig bekannt, wie breitgefächert sie ist; das Spektrum reicht von der Molekularbiologie bis hin zur modernen Werkstoffkunde.

2. Moderne Anforderungen an den Industriechemiker in Forschung und Entwicklung

Auf allen Ebenen sollte der Akzent auf die Korrelation zwischen chemischer Struktur und Funktion gelegt werden. Entscheidend ist auch die Fähigkeit zu synthetisieren. Gleichzeitig sollte beispielsweise der angehende pharmazeutisch orientierte Chemiker mehr mit Biologie und Biochemie in Kontakt kommen. Der in dieser Richtung tätige Industriechemiker ist aber nicht einfach Auftragsempfänger der Biologen; im Gegenteil, der Chemiker steht meistens im Zentrum eines Projektes. Dies bedingt ein solides Fundament von theoretischem und praktischem Fachwissen verbunden mit der Fähigkeit, interdisziplinär zu denken und nachzulernen. Auch die physikalische Chemie sollte sich nach solchen Gesichtspunkten ausrichten und vermehrt auf Fragen wie die Wechselwirkung zwischen Makromolekülen und die dynamischen Konformationsprobleme eingehen.

Der Chemiker muss darauf achten, Randgebiete, welche sich in einer dynamischen Entwicklung befinden, nicht einfach wegzustossen. Ein weiteres Beispiel dafür ist die moderne Werkstoffkunde, welche dem Chemiker auch grenzenlose Möglichkeiten bietet. Hier sind die Beziehungen zwischen Struktur und physikalischen Eigenschaften massgebend, seien sie elektronischer, optischer oder mechanischer Natur. Es wird die Frage aufgeworfen, ob es vorteilhaft sei, die Werkstoffkunde in der Ausbildung von der Chemie administrativ ganz zu trennen, wie dies an der ETHZ der Fall ist.

3. Gedanken zum Ausbildungskonzept des Diplomlehrgangs

Das Ausbildungsziel, welches im Erwerb eines soliden Fundamentes chemischer Kenntnisse besteht, verbunden mit der Fähigkeit zur interdisziplinären Mitarbeit, ist nicht leicht zu verwirklichen. Wie umfangreich soll die für alle Chemiker gemeinsame Ausbildung sein? Wie weit unter der Stufe des Diploms darf die Spezialisierungsgrenze liegen? Bis wohin darf man den Umfang der rein chemischen Ausbildung auf Kosten bestimmter Nebenfächer (Biologie-

Biochemie; Physik-Kristallographie) einschränken? Das «Baukastenprinzip», beispielsweise des amerikanischen Hochschulsystems, bietet, im Gegensatz zu unseren umfangreicheren Lehrheiten, eine zusätzliche Flexibilität in der Berücksichtigung individueller Neigungen. Die Vorteile sind nicht unumstritten. Zu einigen besonderen Aspekten:

- Praktika, besonders in den höheren Semestern, sollen handwerkliches Können vermitteln, verbunden mit der Möglichkeit, eigene Erfahrungen zu sammeln und unkonventionelle Lösungen zu suchen.
- Die Frage wird erörtert, ob die Absolvierung eines Industriepraktikums vor dem Diplom, wie dies beispielsweise von angehenden Maschineningenieuren verlangt wird, von Vorteil wäre. Ein solches Programm besteht im Rahmen der Ausbildung in génie chimique auf freiwilliger Basis an der EPFL.
- Immer mehr sind die Chemiker auf technologisch anspruchsvolle Messapparaturen angewiesen, bei welchen beispielsweise Mikroprozessoren eine grosse Rolle spielen. Die Chemiker sollten eine Übersicht erhalten über die Verwendbarkeit von Mikroprozessoren bei Gewinnung von Messdaten. Sie sollten auch die Möglichkeiten der EDV für die Verwertung und Deutung solcher Daten kennen, sowie für die Verarbeitung von allgemeiner chemischer Information und die Planung von Experimenten und Synthesen. In dieser und in der obenerwähnten Hinsicht unterscheiden sich die Möglichkeiten und der Spezialisierungsgrad der Arbeit in grossen und in kleineren industriellen Betrieben.
- Viele Industriechemiker kommen in eine Stellung, in welcher sie Personal führen müssen. Solche Führungsprobleme sind jedoch nicht auf die Chemie als solche beschränkt und können somit nicht Gegenstand der Fachausbildung sein.

Das Doktorat

Aus industrieller Sicht wird das Doktorat als eine für viele Aufgaben unerlässliche Zusatzausbildung betrachtet. Die Doktoratszeit darf aber nicht zu lange sein (siehe Ziffer C. e) 1.). Andererseits sollte es durch eine formelle Ausbildung im Spezialgebiet, eventuell in benachbarten Gebieten, ergänzt werden.

Die Kommission weist darauf hin, dass die Forschung an den Hochschulen ihre internationale Konkurrenzfähigkeit unbedingt erhalten müsse. Dabei spielt die Tätigkeit der Doktoranden eine wichtige Rolle. Der Einsatz von Doktoranden als Assistenten ist für den Lehrbetrieb in den unteren Semestern auch wichtig (siehe auch Abschnitt C.b)). Eine Zusatzausbildung kann zu einer Studienverlängerung führen.

D. Auswertung der Studentenstatistiken an den Schweizerischen Hochschulen für die Periode 1972-1982

Etabli par J.-C. Bünzli, Université de Lausanne, en mai 1983

Sommaire

1. Note liminaire
2. Inscriptions en première année
3. Diplômes délivrés
4. Thèses
5. Répartition par Haute Ecole
6. Conclusions

1. Note liminaire

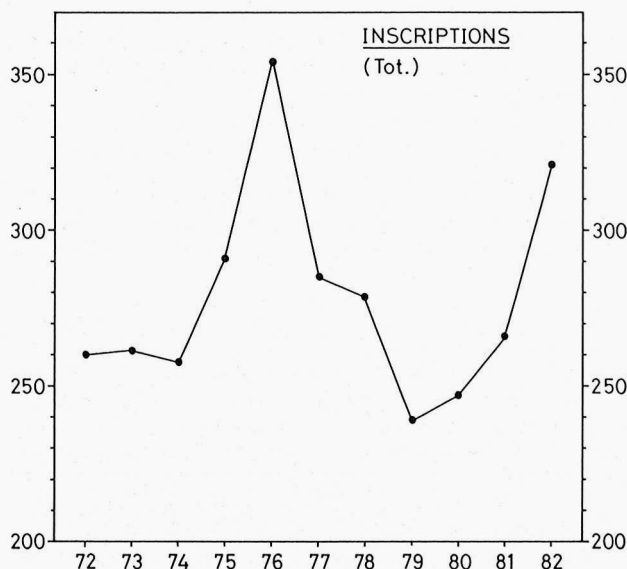
Les données statistiques utilisées pour la rédaction du présent rapport ont été fournies par les représentants de chaque Haute Ecole sur des formulaires ad hoc établis par la Commission. Malgré cette précaution, ces données ne sont pas toujours directement comparables, en raison des grandes diversités existant entre les plans d'études des Hautes Ecoles. Ceux-ci ont d'ailleurs connus de fréquents remaniements au cours de la période considérée, comme par exemple la création, ou la suppression, de certaines directions d'études. De plus, les données pour la Section X de l'ETHZ sont fractionnaires et, par ailleurs, difficilement intégrables dans les statistiques. Pour obtenir une vue complète de la situation exacte de la chimie,

les statistiques auraient dû inclure d'autres sciences apparentées, telles que la pharmacie et la biologie; l'effort pour récolter les informations y afférentes dépassait cependant nettement les possibilités de la Commission, qui a décidé de s'en tenir aux statistiques concernant les étudiants en chimie et, partiellement, en biochimie.

Il ressort de ce qui précède que les chiffres présentés ci-dessous ne doivent pas être considérés comme absolus, d'autant plus que dans certains paragraphes des regroupements ont été faits, qui procèdent forcément d'une certaine subjectivité. Néanmoins, nous sommes convaincus que les tendances générales indiquées par les diagrammes représentent une base de discussion tout-à-fait sérieuse.

2. Inscriptions en première année

Les données concernent les étudiants effectivement inscrits, c'est-à-dire ceux qui ont commencé les travaux pratiques du premier semestre, et non les préinscriptions. La tendance générale exprimée dans la Figure 1 est d'aspect sinusoidal. On note une forte augmentation entre 1974 et 1976, suivie d'une forte diminution jusqu'en 1979-1980, années pour lesquelles le nombre total d'inscriptions est inférieur à celui de la période 1972-1974. Il est à remarquer que la moitié de l'augmentation entre 1974 et 1976 provient de l'ETHZ. Une reprise très nette du nombre total d'inscriptions est enregistrée pour 1981 et 1982.



3. Diplômes délivrés

Les données relatives aux diplômes décernés sont visualisées dans la Figure 2. Elles ont été ventilées en quatre groupes: chimistes, biochimistes, ingénieurs-chimistes et ingénieurs en matériaux. Les fluctuations annuelles du nombre total de diplômes sont assez grandes. Il est intéressant de remarquer qu'elles sont avant tout dues aux fluctuations du nombre de diplômes en chimie. En effet, entre 1975 et 1981, période pour laquelle les données sont comparables, le nombre de diplômes en biochimie reste pratiquement constant. Pour les institutions qui délivrent les deux types de diplômes (GE, FR, BE, ZH, ETHZ), le rapport entre chimistes et biochimistes se situe en moyenne aux environs de 2,5:1. Seule l'Université de Genève est nettement en-dessous de cette moyenne, avec un rapport de 1,7:1. Un autre point remarquable est la diminution régulière du nombre de diplômes d'ingénieurs-chimistes, qui passent de 60 en 1972 à 30 en 1981, diminution que ne compensent que très partiellement les diplômes d'ingénieurs en matériaux; ceux-ci ont passé de quelques unités au début de la période considérée à une moyenne d'une douzaine par an entre 1979 et 1981. La répartition du nombre

Fig. 2:

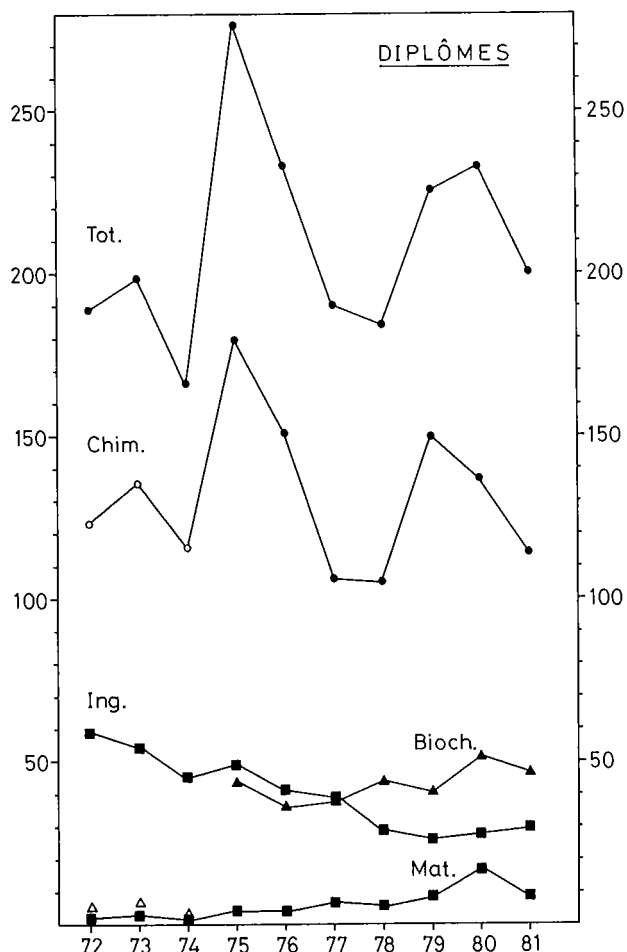
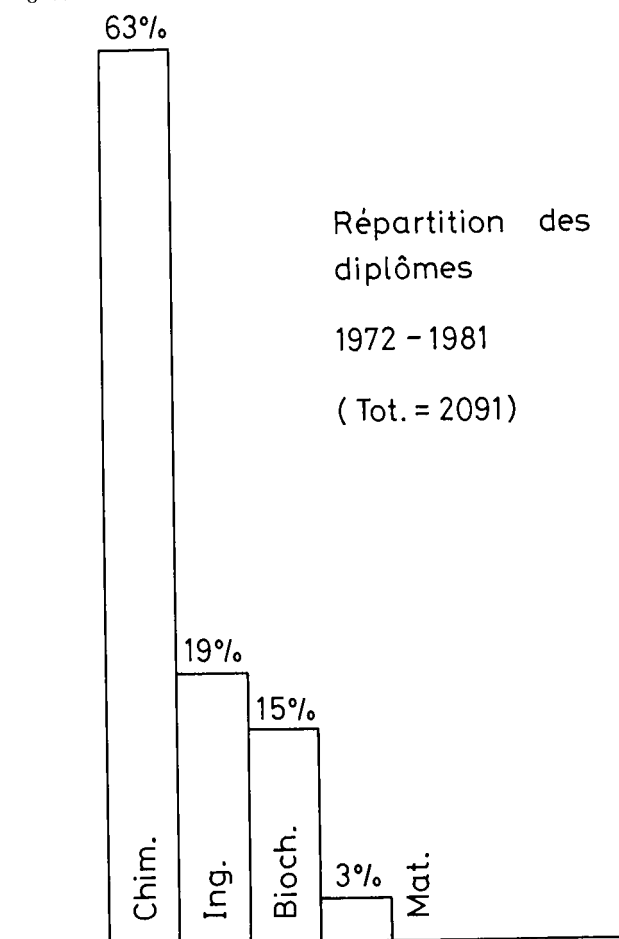


Fig. 3:



total de diplômes entre les quatre directions retenues est schématisée dans la Figure 3.

Le fait le plus marquant est que la courbe du nombre total des diplômes délivrés ne semble pas suivre celle des inscriptions. La durée moyenne des études, de l'inscription au diplôme, est de cinq ans à Genève, Neuchâtel, Berne et Zurich, et de 4 à 4,5 ans dans les autres institutions. D'après la courbe des inscriptions, on s'attend donc à un maximum du nombre de diplômes délivrés vers 1980-1981, ce qui est effectivement le cas. Cependant, ce maximum est beaucoup plus atténué que ne le laisse prévoir la courbe des inscriptions.

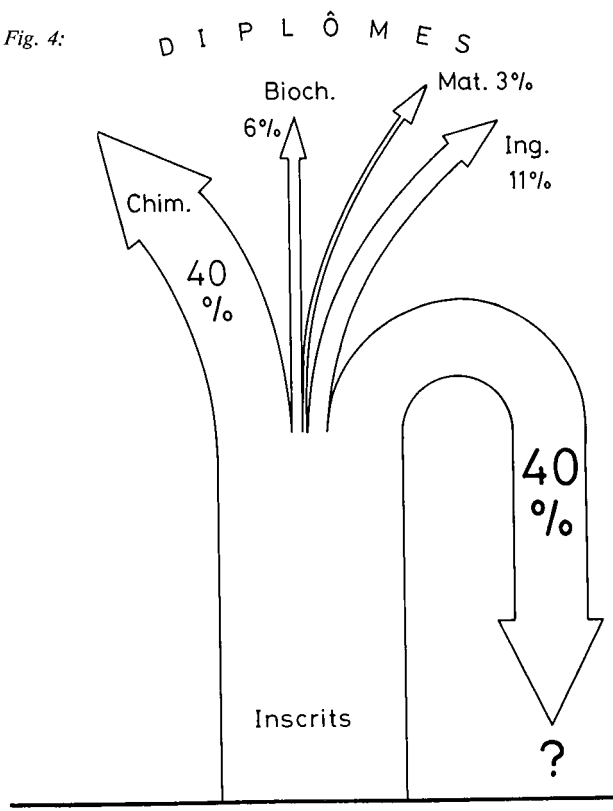
Ceci nous amène à discuter le sort moyen des étudiants qui s'inscrivent en chimie. Les données de la Figure 4 ont été obtenues en comparant le nombre d'étudiants inscrits entre 1972 et 1976 avec le nombre de diplômés entre 1977 et 1981, ce qui suppose un temps d'étude de cinq ans. Un même calcul avec les données de 1972 à 1977 pour les inscriptions et de 1976 à 1981 pour les diplômes (délai de quatre ans) donne exactement les mêmes résultats.

Cette évaluation fait apparaître un taux d'échec de 40%, taux qui semble normal au vu de la politique d'inscription extrêmement libérale pratiquée par les Hautes Ecoles suisses. Les deux-tiers des diplômes délivrés sont des diplômes de chimiste, chiffre en accord avec le pourcentage de la Figure 3 (63%).

4. Thèses

Le nombre total de thèses délivrées par les Hautes Ecoles entre 1972 et 1981 est de 1650 (sans les thèses effectuées à la Section X de l'ETHZ). En raison de la nature particulière de ces études, il ne nous a pas paru utile d'en dresser une statistique annuelle. Par contre leur répartition présente un certain intérêt:

Fig. 4:

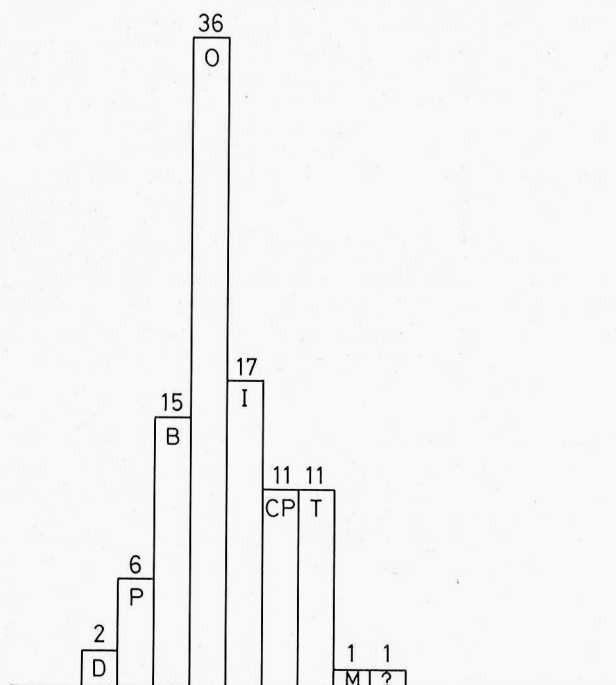


Thèses en chimie	74% (1'225)
Thèses en biochimie	8% (128)
Thèses en technologie	17% (277)
Thèses en sciences des matériaux	2% (25)

Le caractère relativement restreint des statistiques récoltées par la Commission et le fait qu'un nombre non négligeable de diplômés en chimie effectuent des thèses dans des domaines proches de la chimie, comme la pharmacie ou les denrées alimentaires, nous ont incité à examiner la répartition des thèses dont les titres sont publiés dans le périodique *Chimia* (Figure 5).

Fig. 5:

REPARTITION DES THESES DE CHIMIE (%) ENTRE
1972 ET 1981 (D'après *Chimia*; total: 1783)



Cette statistique englobe plus de thèses que ci-dessus (1783 contre 1650) et indique effectivement un poids plus grand des disciplines apparentées à la biochimie: 15% contre 8% dans la statistique précédente.

5. Répartition par Haute Ecole

La Figure 6 donne les histogrammes des répartitions géographiques, en pourcents, du nombre d'élèves inscrits en chimie, entre 1972 et 1982, et du nombre de diplômés et de thèses délivrés (1972-1981). Pour le canton de Vaud, les données relatives à l'UNIL et à l'EPFL ont été groupées, car les instituts de chimie de ces Institutions sont complémentaires.

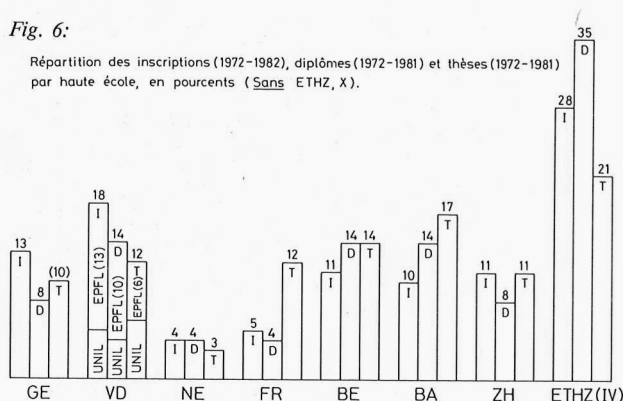
6. Conclusions

Les données statistiques de la période 1972-1982 exposées dans le présent rapport permettent de dégager les tendances suivantes:

1. Le nombre d'inscriptions en première année subit de grandes fluctuations dont il est difficile de trouver l'origine. Actuellement ce nombre augmente et se situe aux environs du maximum enregistré en 1976.
2. Le taux d'échec global se situe à 40%. Au niveau de la répartition des diplômés entre les diverses branches de la chimie, on constate une légère diminution de l'attrait des branches techniques.
3. L'intérêt pour une formation de troisième cycle reste grand puisque l'on compte environ quatre thèses pour cinq diplômés délivrés.

Fig. 6:

Répartition des inscriptions (1972-1982), diplômes (1972-1981) et thèses (1972-1981) par haute école, en pourcents (Sans ETHZ, X).



Il semble qu'un nombre assez grand de diplômés en chimie effectuent leur travail de thèse dans des branches telles que la biochimie, les denrées alimentaires ou la pharmacie. Cette constatation montre qu'il serait important de mieux intégrer les branches biochimiques dans les plans d'étude de chimie.

6. Schlussfolgerungen

Die statistischen Daten für die Periode 1972-1982, welche diesem Bericht zugrundeliegen, erlauben folgende Tendenzen zu erkennen:

1. Die Anzahl Einschreibungen im ersten Jahr sind grossen Schwankungen unterworfen; die Ursache dieser Schwankungen ist schwer auszumachen. Gegenwärtig nimmt die Zahl der Studienanfänger eher zu, und erreicht wieder den relativen Maximalwert von 1976.
 2. Die totale Zahl von Studienanfängern, welche ihr Studium nicht abschliessen, liegt bei 40%. Betrachtet man die Verteilung der Diplome unter den verschiedenen chemischen Studienrichtungen, stellt man einen leichten Rückgang des Interesses für die technischen Fächer fest.
 3. Das Interesse für ein Postdiplomstudium bleibt gross, zählt man doch vier Dissertationen für fünf Diplome.
- Es scheint, dass eine ziemlich grosse Zahl von Diplomchemikern ihre Dissertation in Richtung Biochemie, Lebensmittelchemie oder Pharmazie ausführen. Diese Feststellung legt eine bessere Integration von biochemischen Fächern im Ausbildungsgang der Chemiker nahe.

E. Allgemeine Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Grundstudium zum Diplom

1. Die Einführung eines Diplomabschlusses nach einem Grundstudium in Chemie hat sich an allen schweizerischen Hochschulen bewährt.
2. Die diesbezüglichen allgemeinen Empfehlungen von 1970 bezüglich Studiendauer, Studiengestaltung und Studienaufbau können, vorbehaltlich nachfolgender Modifizierungen oder Ergänzungen, weiterhin als richtig angesehen werden.
3. An der Idee einer einführenden Vorlesung in allgemeiner Chemie, welche in möglichst umfassender Weise die elementaren Prinzipien der gesamten Chemie vermittelt, soll festgehalten werden.
4. Es sollen nicht weniger als zwei Vordiplomprüfungen (nach dem 2. und nach dem 5./6. Semester) abgehalten werden. Eine ausgewogene Kombination von schriftlichen und mündlichen Prüfungen, im Sinne einer möglichst kontinuierlichen Erfolgskontrolle, ist anzustreben.
5. Die Freizügigkeit zwischen den schweizerischen Hochschulen vor dem Diplom sollte verbessert werden. Dies liesse sich durch Harmonisierung der Prüfungen im 2. Vordiplom erreichen.
6. Im Sinne einer Öffnung der Chemie nach aussen soll während des Grundstudiums aber unter Wahrung einer vertieften Ausbildung in den traditionellen Teilgebieten der Anorganischen, Organischen und der Physikalischen Chemie den Studenten die Möglichkeit der Belegung eines prüfungspflichtigen Wahlfaches (Nebenfaches) in wahlweise

- a) biologisch-biochemischer,
- b) mathematisch-physikalischer,
- c) kristallographisch-erdwissenschaftlicher
- d) oder anderer, dem Grundstudium in Chemie angepasster Richtung bzw. Kombination ermöglicht werden.

Der dazu notwendige Umfang an Vorlesungen und Übungen soll eine Gesamtbelastung von ca. 16 Semesterwochenstunden (verteilt über mehrere Semester, total ca. 200 Stunden) nicht überschreiten. Der angehende Chemiker soll dabei die Kenntnisse erhalten, die es ihm erlauben, sich mit Vertretern eines anderen Fachgebietes wissenschaftlich zu verständigen.

- 7. Der Unterricht in Chemie an allen Stufen sollte eine zielgerechte Information über die Anwendung von Mikroprozessoren und elektronischer Datenverarbeitung vermitteln.
- 8. Die Verwirklichung der Punkte 6. und 7. lassen sich nur durch entsprechende Straffung der bisherigen Lehrinhalte erreichen.
- 9. Der Spezialisierungsgrad innerhalb der Chemie vor dem Diplom soll nicht allzu gross sein. Eine massvolle Spezialisierung in Richtung Anorganischer, oder Organischer, oder Physikalischer Chemie darf frühestens im 6. Semester einsetzen.
- 10. Eine Gesamtstudiendauer von 10 Semestern und mehr bis zum Diplom ist als zu hoch anzusehen. Wo allzulange Studienzeiten auftreten, ist es die Pflicht der Chemiedozenten und der Studienberater, den Gründen dafür nachzugehen und diese zu beheben.
- 11. Die Attraktivität des Chemiestudiums hängt mehr denn je auch von einer technisch hochstehenden Infrastruktur ab, die es unter allen Umständen zu erhalten gilt.

Die Doktorandenausbildung.

- 12. Die Ausarbeitung einer Dissertation sollte grössenordnungsmässig 3 Jahre in Anspruch nehmen. Wenn der Kandidat zusätzliche Aufgaben als Assistent in der Lehre übernimmt, verlängert sich die Doktorandenzeit dementsprechend.
- 13. Die Doktorandenausbildung sollte innerhalb der gewählten Spezialisierung eine gewisse Breite umfassen. Dazu ist die Einführung eines klar umschriebenen Postdiplomstudiums zu prüfen, welches bei der Bewertung des Doktorates mitberücksichtigt würde.
- Organisatorische Belange.
- 14. Sowohl in der Lehre wie auch in der Forschung ist eine enge und effiziente Koordinierung zwischen den verschiedenen Teilgebieten der Chemie unerlässlich. Die organisatorischen und administrativen Hochschulstrukturen sollen dies begünstigen. Eine institutionalisierte Zusammenarbeit zwischen den Teilgebieten ist mit Nachdruck zu fördern.
- Weitere Empfehlungen.
- 15. Das Bild, welches sich die Öffentlichkeit von der Chemie macht, ist oft einseitig und verzerrt. Eine langfristige, systematische Öffentlichkeitsarbeit ist hier notwendig. Diese Aufklärung über die Rolle der Chemie muss auf der Sekundar- und Mittelschulstufe beginnen und durch die Hochschulen und die Industrie weitergetragen werden.
- 16. Die Ausbildung eines Mittelschullehrers für Chemie soll sich nicht von derjenigen eines Hochschulchemikers unterscheiden, mit Ausnahme von zusätzlichen Vorlesungen und Übungen über Methodik und Didaktik in angemessenem Rahmen. Es ist zu vermeiden, dass der Chemieunterricht an Mittelschulen durch anderweitig geschulte, fachfremde Lehrkräfte erteilt werde.

E. Conclusions générales et recommandations

Les études de base jusqu'au diplôme.

- 1. L'introduction de plans d'études conduisant à un diplôme de chimiste a fait ses preuves dans toutes les Hautes Ecoles suisses.
- 2. Les recommandations générales de 1970 sur la durée, la structure et l'organisation des études sont toujours applicables, sous réserve des compléments suivants.
- 3. L'idée d'un cours introductif de chimie générale, traitant des principes élémentaires de la chimie d'une manière aussi large que possible, doit être maintenue.
- 4. Le plan d'études devrait prévoir au moins deux examens propédeutiques, après le 2ème et après le 5ème ou le 6ème semestre. Il est recommandé de combiner les examens oraux et écrits d'une manière

équilibrée, en vue d'un contrôle continu des progrès effectués.

5. La possibilité de transfert entre les Hautes Ecoles suisses avant le diplôme devrait être améliorée. Cela pourrait être réalisé par une harmonisation au niveau du 2ème examen propédeutique.

6. Une formation approfondie dans les branches traditionnelles de la chimie inorganique, organique et physique doit être maintenue. Néanmoins, il est recommandé de donner aux étudiants la possibilité de suivre des cours avec examen dans une branche annexe, en vue de leur donner une indispensable ouverture vers l'extérieur. Directions proposées:

- a) biologie-biochimie,
- b) mathématique-physique,
- c) cristallographie-sciences de la terre,
- d) autres, compatibles avec la formation de base en chimie.

Le volume de cours et d'exercices requis ne devrait pas dépasser 16 heures hebdomadaires, réparties sur plusieurs semestres, soit au total env. 200 heures. Le chimiste devrait ainsi acquérir les connaissances lui permettant de communiquer scientifiquement avec les représentants d'une autre branche.

7. Une information adéquate sur l'utilisation des microprocesseurs et des ordinateurs en chimie devrait être dispensée à tous les niveaux de l'enseignement.

8. La réalisation des recommandations 6. et 7. nécessite une rationalisation du contenu actuel des études.

9. La spécialisation dans les branches chimiques, inorganique, organique et physico-chimique, ne doit pas être trop poussée avant le diplôme. Elle ne devrait débiter qu'au 6ème semestre au plus tôt.

10. Une durée d'études de 10 semestres ou plus jusqu'au diplôme est trop longue. Si la durée des études a tendance à s'allonger, il est du devoir des enseignants et des conseillers d'études d'en trouver les causes et de les éliminer.

11. L'attrait de la chimie dépend plus que jamais d'une infrastructure de haute qualité, qu'il s'agit de maintenir à tout prix.

La formation des doctorants.

12. L'élaboration d'une thèse devrait durer environ 3 ans. Si le candidat assume des tâches supplémentaires, par exemple comme assistant dans l'enseignement, cette durée s'allonge proportionnellement.

13. A l'intérieur de la spécialité choisie, la formation des doctorants devrait offrir une certaine ouverture. A cet effet, on devrait examiner l'introduction d'un plan d'études de 3ème cycle dont le résultat serait pris en considération dans l'évaluation du doctorat.

14. Une coordination entre les différents domaines de la chimie est essentielle, tant dans l'enseignement que dans la recherche. Les Hautes Ecoles devraient la favoriser résolument en adaptant leurs structures administratives à ce besoin.

Autres recommandations.

15. L'image que se fait l'opinion publique de la chimie est souvent unilatérale et fautive. Un travail systématique d'information sur le rôle de la chimie est nécessaire. Il doit débiter au niveau secondaire et gymnasial et être poursuivi par les Hautes Ecoles et l'industrie.

16. La formation d'un maître de chimie de gymnase doit être identique à celle d'un chimiste universitaire, à l'exception de certains cours et exercices supplémentaires de méthodique et de didactique. Il faut éviter que l'enseignement en chimie dans les gymnases soit donné par des enseignants formés principalement dans des domaines autres que la chimie.

An der Kommissionsarbeit haben aktiv mitgewirkt:

Vorsitz: Prof. G. Wagnière (Zürich). *Mitglieder:* Prof. J. Ammeter (Zürich), Prof. H. Balli (Basel), Prof. A. Buchs (Genève), Prof. J.C. Bünzli (Lausanne), Prof. G. Geier (Zürich), Prof. H.U. Güdel (Bern), Prof. W. Haerdi (Genève), Prof. E. Haselbach (Fribourg), Prof. Ph. Javet (Lausanne), Prof. P. Müller (Genève), Prof. J.F. Oth (Zürich), Prof. E. Rickli (Bern), Prof. W. Richarz (Zürich), Prof. P. Schiess (Basel), Prof. U.P. Schlunegger (Bern), Prof. R. Tabacchi (Neuchâtel), Prof. H. Wyler (Lausanne), Prof. P. Zahler (Bern), Prof. A. von Zelewsky (Fribourg), Prof. A. Zuberbühler (Basel). Vertreter der Mittelschulen: Herr A. Arni (Bern), Dr. D. Zäch (Zürich).