

Der neue Studienplan der ETH Zürich in Chemie-Ingenieur-Wesen

Von J. R. BOURNE

Technisch-Chemisches Laboratorium der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

1. Einleitung

Der Chemie-Ingenieur arbeitet in der Industrie hauptsächlich auf den Gebieten Entwicklung, Entwurf und Betrieb und hat Verbindungen einerseits zur Chemie, andererseits zu verschiedenen Tätigkeitsgebieten des Ingenieurs. Seine Ausbildung muß somit vielseitig sein, damit sie ihm ermöglicht, in Teams mit anderen Spezialisten zusammenzuarbeiten, wie das für Chemie-Ingenieure normal ist.

Die Notwendigkeit einer neuen Art von Ausbildung, die sich von derjenigen eines Chemikers und eines Ingenieurs unterscheidet, kann durch die Entwicklungsgeschichte eines neuen chemischen Produktes illustriert werden. Sie beginnt normalerweise mit der Entdeckung und Synthese der neuen Verbindungen in den Forschungslaboratorien einer chemischen Firma. Die nächste Stufe, die Produkt- und Prozeßentwicklung, enthält detaillierte Studien der Produkteigenschaften (physikalische, chemische, medizinische usw.) und eine Vorstudie des Prozesses und der Anlage, die für die Herstellung verwendet werden soll; dieser letztere Teil befaßt sich mit ökonomischen Berechnungen des vorgeschlagenen Produktionsverfahrens. Der Maßstab ist hier erheblich vergrößert, und die Apparaturen sehen nicht mehr wie Laboratoriumsapparaturen aus. Natürlich ist die chemische Grundreaktion die gleiche wie im Laboratorium, aber die Methoden und Techniken zur Vorbereitung der Edukte, zur Führung der Reaktionen und zur Trennung der Produkte sind nicht dieselben im industriellen Maßstab.

Die dritte Stufe beginnt mit der Festlegung der chemischen Synthesewege und der endgültigen Produkteigenschaften und überschneidet sich etwas mit der zweiten Stufe, führt aber zur detaillierteren Festlegung des Verfahrens sowie der Wege und Methoden, die für eine Produktion im technischen Maßstab geeignet sind: es ist dies die Entwurfsstufe. Eine schematische Darstellung eines Verfahrens spielt hier eine wichtige Rolle, und das Fließbild ist ein gutes Mittel, um einen Prozeß zusammenzufassen.

Es folgen dann in der vierten Stufe die notwendigen Berechnungen des Ingenieurs inklusive Konstruktion. Vielfach werden Anlageteile fertig von speziellen Apparatebauern gekauft, aber die Integration dieser Teile zu einer ganzen Produktionsanlage wird natürlich durch die chemische Firma selber durchgeführt.

In der fünften Stufe schließlich wird die ganze Anlage in Betrieb genommen; große Beachtung muß hierbei auch den Personalfragen sowie der Sicherheit, der Wirt-

schaftlichkeit und der Qualität der auf den Markt gelangenden Produkte geschenkt werden.

Der Prozeß hat einen langen Weg von der Originalkonzeption im Laboratorium bis hierher hinter sich. Natürlich tragen viele Personen mit ihren speziellen Kenntnissen und Erfahrungen zum Erfolg bei, vielfach durch Teamwork. Der Forschungschemiker spielt eine wichtige Rolle in Stufe 1 und auch in Stufe 2; trotzdem arbeitet er hauptsächlich in der Forschung, für die er bis zum Doktorat speziell ausgebildet wurde, und sammelt Erfahrungen auf dem Gebiet der Laboratoriumsmethoden und -technik. Ingenieure sind speziell für Stufe 4 erforderlich, wo Entwurf und Konstruktion von Gebäuden, zahlreichen mechanischen und elektrischen Apparaten und der Anlage selber das zentrale Problem darstellen. Normalerweise hat ein Ingenieur wenig Praxis oder theoretische Kenntnisse in Chemie.

Wie sollen nun die Erfordernisse von Entwicklung, Entwurf und Produktion erfüllt werden? Eine Antwort würde in der Schaffung von gemischten Teams von Chemikern und Ingenieuren (speziell Maschinenbau) bestehen, aber die Erfahrung zeigt hier einige Schwierigkeiten aufgrund von Unterschieden in technischer Sprache und Überblick. Eine andere Antwort, die in manchen Ländern während der letzten dreißig Jahre Erfolg brachte, ist der Versuch einer Synthese: das Resultat ist der Chemie-Ingenieur. Sein Beitrag stammt aus seinen Grundkenntnissen und der daraus folgenden Erfahrung in der Führung chemischer Prozesse im technischen Maßstab. Da physikalische Phänomene zusammen mit ökonomischen Faktoren und der Chemie eines Prozesses eine wichtige Rolle spielen, geht das Ausbildungsprogramm für Chemie-Ingenieure von Grundkenntnissen in Chemie, Physik und Mathematik aus und mißt allen drei Gebieten ungefähr gleiches Gewicht bei. Entsprechend den speziellen Erfordernissen der schweizerischen chemischen Industrie wird an der Abteilung IV der ETH Zürich mehr Aufmerksamkeit den Faktoren Entwicklung und Optimierung chemischer Prozesse gewidmet. Dies bedeutet aber nicht, daß die Spezialfirmen des Apparatebaues kein Interesse an Chemie-Ingenieuren hätten; das Gegenteil ist der Fall, indem der Chemie-Ingenieur eine wertvolle Verbindung vom Ingenieur-Entwurf zum chemischen Prozeß darstellt.

Bevor wir nun das Ausbildungsprogramm im Detail betrachten, möchte ich die Definition von Chemie-Ingenieur-Wesen kurz erklären: Hier ist die große Breite dieses Gebietes ersichtlich, die mit derjenigen der industriellen Chemie-Ingenieur-Wesen-Praxis überein-

Chemie-Ingenieur-Wesen

ist dasjenige Tätigkeitsgebiet, in welchem Chemie und Physik verwendet werden, um einen Stoff in Zusammensetzung, Energieinhalt oder physikalischem Zustand zu ändern.

Chemie-Ingenieur-Wesen befaßt sich mit:

1. Entwurf und Entwicklung sowie Verbesserung von Prozessen.
2. Wirtschaftlicher Entwicklung, Bau und Betrieb von Anlagen für diese Prozesse.
3. Anwendung der erzeugten Produkte.
4. Lehre und Forschung in diesen Gebieten.

Dieses Ziel wird innerhalb vorgegebener sozialer, wirtschaftlicher und technologischer Voraussetzungen erreicht durch die Anwendung bewährter Verfahren und Berechnungsmethoden, basierend auf der Kenntnis von Energie-, Stoff- und Impulsaustausch sowie physikalischer und chemischer Umwandlungen.

Abb. 1. Chemie-Ingenieur-Wesen

stimmt. Man fühlt in diesen Gebieten auch das Suchen nach allgemeinen Prinzipien und Methoden; all dies ist unter dem Begriff Chemie-Ingenieur-Wissenschaft zusammengefaßt.

Wenn ein neuer Studienplan entsteht, der auf diesen Ideen basiert, muß man die gegebene wirtschaftliche und technologische Umgebung betrachten – in unserem Fall die Natur der schweizerischen Prozeßindustrie, speziell der chemischen Industrie.

2. Der neue Studienplan

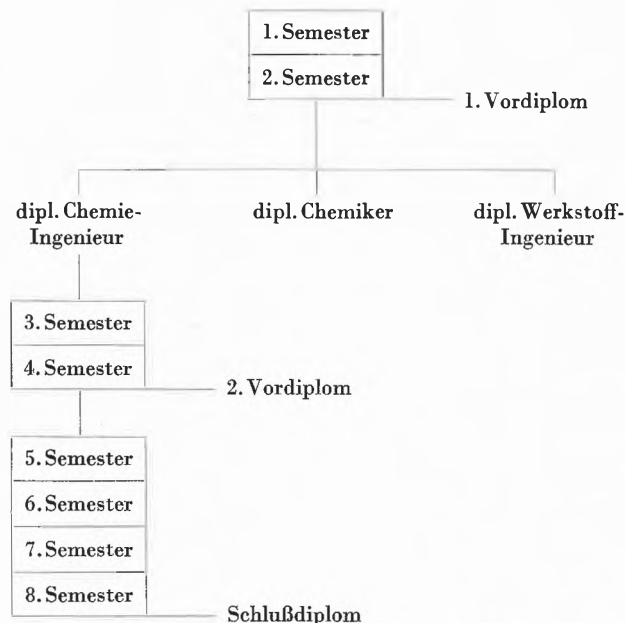


Abb. 2. Zukünftige Struktur des Unterrichtes an der Abteilung IV der ETH Zürich

Hier sehen wir den allgemeinen Aufbau des neuen Planes, mit Trennung und Intensivierung der Studien nach dem 1. Vordiplom. Es ist vorgesehen, daß alle

Studierenden, die in die Abteilung IV eintreten, die gleiche Ausbildung bis zum 1. Vordiplom erhalten; das Schwergewicht wird auf die drei Grundfächer Allgemeine Chemie, Physik und Mathematik gelegt. Diese zwei ersten Semester werden auch ein Chemiepraktikum sowie eine Ringvorlesung «Orientierung über Chemiestudium» enthalten; letztere wird von Dozenten der Abteilung IV und Referenten aus der Industrie gehalten und soll die verschiedenen Aspekte der Chemie beschreiben, ebenso auch Informationen über die drei Studienrichtungen Chemie, Chemie-Ingenieur-Wesen und Metallurgie/Werkstoffe geben. Dies ist sehr wichtig, weil sich der Student nach dem 1. Vordiplom für eine dieser drei Richtungen entscheiden muß. Die Ringvorlesung beginnt mit dem Wintersemester 1969/70 und wird vom Verband der Chemie-Studierenden sehr begrüßt; wir alle hoffen, daß sie den Studenten wirklich die nötigen Informationen für die Wahl der Studienrichtung liefern werden.

| | |
|---|--|
| 1. Vordiplom (Ende 2. Semester) | 1. Mathematik 2. Physik 3. Allgemeine Chemie |
| 2. Vordiplom (Ende 4. Semester) | 1. Mathematik und Statistik 2. Chemie-Ingenieur-Wesen 3. Physikalische Chemie 4. Organische Chemie |
| Schlußdiplom Praktische Prüfung (8. Semester) | Diplomarbeit |
| Theoretische Prüfung (Ende 8. Semester) | 1. Chemische Reaktionstechnik und Chemie (× 2) 2. Trennverfahren und Austauschvorgänge (× 2) 3. Wahlfächer (× 2) 4. Planung und Prozeßentwicklung 5. Regelungs- und Meßtechnik |

Abb. 3. Struktur der Studienrichtung Chemie-Ingenieur-Wesen an der Abteilung IV der ETH Zürich

Das 2. Vordiplom enthält Organische und Physikalische Chemie. Es sind dies die gleichen Vorlesungen wie für die Chemiker. Dazu kommen noch einige Vorlesungen in Mathematik und Statistik zusammen mit einer Einführung in Chemie-Ingenieur-Wesen. Der Student erhält einen breiten Überblick über Organische Chemie, hauptsächlich in den Richtungen Strukturlehre, Reaktionslehre und Stofflehre, unterstützt durch ein Praktikum für die letzten zwei Gebiete. Die Physikalische Chemie geht zur Hauptsache in die Richtungen Chemische Thermodynamik (inkl. elektrolytische Systeme), Einführung in statistische Mechanik und Reaktionskinetik; auch hier ist ein Praktikum mit eingeschlossen. Die zusätzlichen Stunden in Mathematik (speziell Differentialgleichungen) sowie Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik geben eine gute Basis für gewisse Gebiete des Chemie-Ingenieur-Wesens und werden auch zusammen mit der Auswertung von Daten aus dem

Praktikum und mit der Anwendung von Analog- und Digitalrechnern gebraucht. Statistische und angewandte mathematische Methoden im allgemeinen spielen eine immer wichtigere Rolle in der modernen chemischen Industrie, und der Student muß während seiner Ausbildung in ihre Anwendungen eingeführt werden. Eine Einführung in *Chemie-Ingenieur-Wesen* erfolgt anhand von Fließbildern vorhandener Prozesse und deren anschließende Analyse in bezug auf Stoffbilanzen, Thermodynamik, Energiebilanzen und eines kurzen Überblickes über Trennverfahren, chemische Kinetik und Reaktionstechnik sowie wirtschaftliche und allgemeine Faktoren. Dies hat auch die Vertiefung in die angewandte chemische Thermodynamik und thermische Verfahrenstechnik (Trennverfahren) zur Folge.

Die letzten zwei Studienjahre (5. bis 8. Semester) bestehen aus drei Teilen:

1. Obligatorische Fächer inkl. Praktika, für welche Laboratorien und eine verfahrenstechnische Versuchshalle zur Verfügung stehen. Manche Probleme können nur befriedigend gelöst werden, wenn Digital- oder Analogrechner benützt werden; diesbezügliche Anwendungen von Computern werden in diesen Semestern erläutert.
2. Wahlfächer.
3. Diplomarbeit im 8. Semester; diese ist bereits wohl bekannt und vermittelt Erfahrung in der Integrierung von theoretischem und praktischem Wissen zur Lösung eines spezifischen Problems. Es ist zu erwähnen, daß einige dieser Diplomarbeiten auch außerhalb der ETH in der Industrie an Apparaturen und Einrichtungen ausgeführt werden können, welche die ETH nicht besitzt.

Die *obligatorischen Fächer* des Schlußdiplomes sollen nun noch näher erklärt werden. *Regelungs- und Meßtechnik* sollen den Studenten eine Einführung in einfache Kontrollsysteme geben und sie zum Denken über die dynamischen Operationen von Anlagen veranlassen. Die Methoden für industrielle Messungen, z.B. Bestimmung von Durchflußgeschwindigkeit, Temperatur, Wärme, Dichte und Konzentration, werden beschrieben und in einem kurzen Praktikum gelehrt. Die Abschätzung von Messungen unter dynamischen Bedingungen und mit statistischen Fehlern ist einbezogen.

Planung und Prozeßentwicklung fallen unter den Gesichtspunkt Systems Engineering, in welchem ein industrieller Herstellungsprozeß als Summe technischer, ökonomischer und sozialer Faktoren behandelt wird. Jeder dieser Faktoren ist nicht nur Gegenstand einer Analyse (die der meist angewandte Gesichtspunkt in den Studien ist, z. B. in Thermodynamik, Kinetik usw.), sondern auch einer anschließenden Synthese, um ein komplexes System – die Anlage – mit aufeinander einwirkenden Komponenten zu erhalten, das optimal funktioniert. Die Auswahl eines Prozesses aus einer Anzahl möglicher Alternativen ist ein wichtiges Beispiel. Es

wäre falsch, anzunehmen, daß Systems Engineering die Art des Chemie-Ingenieurs fundamental geändert hat, da er sich schon immer mit der Synthese und der Ausführung seiner Anlage befaßte; nun aber bietet Systems Engineering einen formalen Mechanismus dafür und offeriert auch einige spezifische Techniken, z. B. Methoden zur Bestimmung der optimalen ökonomischen Arbeitsbedingungen für einen Prozeß. Der Student muß seine Funktion in der Industrie in einem weiten Zusammenhang sehen, mit einer Rangordnung der grundlegenden chemischen Reaktionen zum chemischen Reaktor, zum integrierten Prozeß und seiner Anlage für die Vorbereitung der Reaktanten sowie Trennung und Reinigung der Produkte, zu den Beziehungen dieses Prozesses zu anderen Prozessen, zur Umgebung (Verunreinigungsgefahr, Sicherheit usw.) und natürlich zu den ökonomischen Faktoren und der Struktur der Firma sowie zur jeweiligen Marktlage. Fallstudien sind hier im Unterricht sehr wertvoll.

Die *Trennverfahren oder Einheitsoperationen* beziehen sich auf die Methoden zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen, z. B. Destillation, Kristallisation und Flüssig-Flüssig-Extraktion; Trennung von Gasgemischen, z. B. Absorption und Adsorption; Trennung von Flüssig-Flüssig- und Flüssig-Fest-Gemischen, z. B. Sedimentation, Filtration, Zentrifugation usw. Es besteht keine Notwendigkeit, die Wichtigkeit dieser und gleicher Techniken zur Entwicklung und Behandlung eines chemischen Prozesses hervorzuheben; sie finden verbreitete Anwendung in der Trennung von Zwischen- und Endprodukten.

Austauschvorgänge beziehen sich auf die physikalischen Phänomene von Hydrodynamik, Wärmeaustausch und Diffusion. Die Einflüsse dieser Arten von Phänomenen sind in folgenden Beispielen enthalten: Mischen und Reaktionen in Rührkesseln; Dispergieren und Coaleszenz; Diffusion und Wärmeeffekte in heterogenen Katalysatorpartikeln; Grundlagen von verbreiteten Trennprozessen, z. B. Ionenaustausch, Dialyse, Osmose usw.

Die *Reaktionstechnik* verwendet die Kenntnisse von Reaktionsthermodynamik, Mechanismus und Kinetik, zusammen mit physikalischen, Ingenieur- und ökonomischen Faktoren zur Entwicklung, Betrieb und Optimierung von chemischen Reaktoren. Es wird nötig sein, kontinuierliche und diskontinuierliche Reaktionsschemata, Auswahl von Reaktortypen, Vergrößerungsphänomene, z. B. Wärmetransport und Mischeffekte, Kontrolle der Reaktionsselektivität in komplexen Systemen sowie Katalyse und Reaktoren für heterogene Reaktionen in nicht-stationären Reaktorsystemen und Fragen der Reaktorstabilität zu diskutieren. Wie immer im Chemie-Ingenieur-Wesen, müssen detailliert quantitative Dinge, wie Umsatz, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit, betrachtet werden. Die Behandlung einiger industrieller Prozesse sowie die Lösung diesbezüglicher Probleme durch die Studierenden ist hier eingeschlossen.

Jeder Student muß im 5., 6. und 7. Semester aus einem breiten Angebot mindestens 4 Stunden Wahlfächer pro Woche belegen. Diese vorgesehene Freiheit in der Wahl wurde von den gegenwärtigen Studierenden und vom Verband der Chemie-Studierenden sehr begrüßt. Die Wahlfächer können die Durchschnittsnote im Schlußdiplom mit etwa 20% beeinflussen. Daher kann der Student wirklich seine Studienrichtung wählen und seinen eigenen Fortschritt beeinflussen. Die Wahlfächer enthalten verschiedene Gebiete der Chemie, wie z.B. mehr Organische Chemie, Instrumentalanalyse, Katalyse, Elektrochemie usw.; der Mathematik, wie z.B. Statistik, und Angewandte Mathematik; der Werkstofflehre und Korrosion; des Chemie-Ingenieur-Wesens; der Volkswirtschaftslehre und des Wirtschaftsrechtes, z.B. Patentrecht; und vieler anderer Gebiete, z.B. Abluft- und Abwasserreinigung. Weitere Gebiete werden folgen. Die Dozenten bieten den Studenten ihre Hilfe bei der Auswahl der Wahlfächer an.

Verteilung der Fächer

| | | | | |
|--------------------------|------|---|-------------------|-----|
| Mathematik und Statistik | 16% | } | Einführung | 4% |
| Physik | 7% | | Trennverfahren | 5% |
| Chemie | 27% | | Austauschvorgänge | 4% |
| Chemie-Ingenieur-Wesen | 37% | | Reaktionstechnik | 7% |
| Meß- und Regeltechnik | 3,5% | | Planung | 4% |
| Wahlfächer | 6,5% | | Konstruktion | 2% |
| Allgemeine Fächer | 3% | | Diplomarbeit | 11% |
| | 100% | | 37% | |

Verteilung von Vorlesungen, Übungen und Praktika

| | |
|--------------|------|
| V | 38% |
| U + K | 20% |
| P | 29% |
| Diplomarbeit | 13% |
| | 100% |

Abb. 4. Verteilung der Fächer

Abb. 4 zeigt die Verteilung der Zeit auf die verschiedenen Fächer und auch auf die verschiedenen Lehrmethoden: Eine normale Studienwoche besteht aus 30 bis 32 Pflichtstunden; der Rest ist frei für private Studien, z.B. in der Bibliothek, Lösung von Übungsaufgaben, usw. Die Verteilung von Vorlesungen, Übungen und Praktika steht in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der ETH-Subkommission für Studiengestaltung, wo 48 Stunden pro Woche als normale Belastung für einen Studenten betrachtet werden, plus 2 Stunden pro Woche für Freifächer aus der Philosophischen und Staatswissenschaftlichen Unterabteilung.

Die Verteilung der Zeit auf die verschiedenen Lehrmethoden hat auch andere Konsequenzen. Sie zeigt auch die Gewichtsverteilung zwischen theoretischen Studien und praktischen Arbeiten im Laboratorium sowie das Gewicht, das passiven Studien in den Vorlesungen und aktiven Arbeiten in den Übungen, Kolloquien und Praktika zugeordnet wird. In allen Fächern wird Gewicht auf Praktika, Kolloquien und Übungen

gelegt, welche den Studenten in der Anwendung der in den Vorlesungen gehörten allgemeinen Prinzipien und Methoden helfen und zum besseren Verständnis dienen. Es sind dies wichtige Faktoren zur Erreichung eines Gleichgewichtes in einem Studienplan; das Ergebnis ist, daß der Student einen weiten Bereich von Methoden zur Lösung eines aktuellen Problems auf selbständige Art verwenden kann.

3. Allgemeines

Alle Details dieses neuen Studienplanes wurden durch die Arbeitsgruppe für Studienplanreform der Abteilung IV, welche Vertreter der vier großen Laboratorien, der Assistenten und der Studenten umfaßt, diskutiert und koordiniert. Auch die SIA-Kommission zur Ausbildung von Verfahreningenieuren und verschiedene Firmen der schweizerischen chemischen Industrie beurteilten den Plan. Natürlich wird es einige Jahre dauern, bis die ersten nach diesem Programm ausgebildeten Leute in die Industrie eintreten können. Sie werden als *diplomierte Chemie-Ingenieure* bezeichnet.

Zwei grundlegende Kriterien zur Beurteilung dieses neuen Studienplanes sind:

- Ausbildung: Ist dies eine gute wissenschaftliche Disziplin?
- Funktion: Genügt der Studienplan den praktischen industriellen Anforderungen?

Zu Punkt a) ist zu sagen, daß Chemie-Ingenieur-Wesen auf Chemie, Physik und Mathematik basiert, daß der Studienplan dann einer logischen Steigerung der Kenntnisse vom 1. und 2. Vordiplom bis zum Schlußdiplom folgt und daß dieses Gebiet im wesentlichen eine Methodenlehre ist, d.h. es besteht aus gewissen verallgemeinerten Konzepten und Methoden, die breite Anwendungsgebiete aufweisen und nicht auf spezifische Technologien oder spezifische Tatsachen beschränkt sind, die in jedem Fall in 10 bis 15 Jahren veralten. Dies hat praktische Vorteile im Unterricht, indem das Gewicht auf die Anwendung allgemeiner Prinzipien und auf das Gemeinsame der Techniken in den verschiedenen Industriezweigen gelegt wird (z.B. Fluidisation und biochemisches Ingenieur-Wesen). Der Student darf nicht vergessen, daß zur Lösung eines spezifischen praktischen Problems kreatives Vorstellungsvermögen und gute Kenntnisse der spezifischen Technologien zusätzlich zu den allgemeinen Prinzipien notwendig sind. Daher werden praktische Beispiele und Fallstudien in den Unterricht einbezogen, zusammen mit Gelegenheiten zur Lösung von Problemen z.B. in der Diplomarbeit. Weitere Ausbildung und Forschung im Chemie-Ingenieur-Wesen für das Doktorat sind ebenfalls für viele dieser Studenten vorgesehen, da dadurch ihre berufliche Ausbildung vervollständigt und gleichzeitig der Unterricht an der Hochschule bereichert wird. Die Kapazität und der Funktionsbereich, den die Leute später in der Industrie ausfüllen

können, werden ebenfalls erweitert. Das Resultat dieser Ausbildung ist ein Chemie-Ingenieur, der eine Großzahl von wichtigen Methoden beherrscht, welche einen weiten Anwendungsbereich in der chemischen Industrie haben.

Die Antwort auf die funktionelle Frage b) kommt einerseits aus der Betrachtung der studierten Fachgebiete, andererseits aus der Struktur und den Erfordernissen der Prozeßindustrie (inkl. chemische Industrie). Die Struktur hat normalerweise folgende Form:

1. *Forschung*

z. B. Entdeckung und Synthese neuer Produkte. Dies ist speziell das Gebiet des Forschungskemikers, Biochemikers, Mikrobiologen usw.

2. *Entwicklung*

- Produktentwicklung: Entdeckung der Eigenschaften neuer Produkte und ihre Anwendung und Entwicklung.
- Prozeßentwicklung: Konzeption des Herstellungsprozesses im technischen Maßstab und Vergrößerung von Laborforschung.
- Anlagenentwicklung: Entwicklung neuer und spezialisierter Apparaturen.

Diese ganze Phase wird getragen von Teams von Spezialisten, in welchen Chemiker und Chemie-Ingenieure eine wichtige Rolle spielen. Der Chemie-Ingenieur wird dabei in der Industrie mit dem Chemiker vor allem auf dem Gebiet der Prozeßentwicklung und Optimierung zusammenarbeiten.

3. *Anlagenentwurf*

- Prozeßentwurf: Übertragung von Forschungsergebnissen und Prozeßentwicklung zu einem Vor-

schlag für einen Prozeß inkl. Fließbilder, Grunddimensionen oder Prozeßspezifikationen, aber ohne detaillierten Entwurf, für die hauptsächlichsten Teile der Anlage.

- Anlagenentwurf: detaillierte Bestimmung jedes einzelnen Teiles der Anlage, z. B. mechanische und elektrische Details, Lagertanks, Rohrleitungen, Instrumente usw.

Dies ist das Gebiet des Chemie-Ingenieurs, des Maschinen-Ingenieurs sowie des Elektro-Ingenieurs.

4. *Produktion*

- Produktionsleitung: gesamte Verantwortung für die Produktion (Qualitätskontrolle, Personal usw.).
- Entwicklung: technische Aspekte der Produktion, z. B. Optimierung und Wirtschaftlichkeit.

Diese Funktionen werden von Chemikern und Chemie-Ingenieuren ausgeübt.

5. *Spezielle Dienste*

Einige Chemie-Ingenieure arbeiten auch in der Patentabteilung, für die Sicherheit, im Computer-Zentrum, im technischen Dienst für die Kundenberatung und Produktanwendung, usw.

Es besteht kein Zweifel, daß die schweizerische chemische Industrie in ihrem Wachstum und dem vielgestaltigen internationalen Markt wünscht, eine bestimmte Anzahl von Chemie-Ingenieuren einzustellen, welche die oben beschriebenen Funktionen erfüllen. Es ist zu hoffen, daß die Bedürfnisse der Industrie für eine größere Zahl von Chemie-Ingenieuren und die Möglichkeiten zum Studium dieser Richtung an der ETH auch an den Mittelschulen bekanntgemacht werden.