

# EI — INFO — IS

Ecoles d'ingénieurs

Information

Ingenieurschulen

*Chimia 49 (1995) 508–510*  
 © Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
 ISSN 0009–4293

## ‘Nachdiplomstudium in chemischer Verfahrensentwicklung und Produktion’, ein Projekt der Ingenieurschule Freiburg

Kurt Käser\*

Die Ingenieurschule Freiburg (ISF) hat sich entschlossen, auf Beginn des Sommersemesters 1997 ein Nachdiplomstudium (NDS) in Chemie anzubieten. Nach reiflichen Abklärungen der industriellen Bedürfnisse und der Möglichkeiten unserer Schule wurde als Thema eine Spezialausbildung für künftige Verfahrensentwicklungs- und Produktionschemiker gewählt. Dank der Arbeit einer Projektgruppe, bestehend aus einigen Beratern der chemischen Industrie und zweier Dozenten der ISF, konnten in kurzer Zeit die Rahmenbedingungen einer derartigen praxisbezogenen Zusatzausbildung festgelegt werden:

Unter der Bezeichnung ‘Nachdiplomstudium in chemischer Verfahrensentwicklung und Produktion’ bietet die ISF eine einjährige Zusatzausbildung im Tagesschulunterricht an. Das NDS wendet sich vor allem an die Absolventen des Chemiestudiums an Höheren Technischen Lehranstalten (HTL) und Universitäten der Schweiz, die ihren künftigen Arbeitsplatz in der Verfahrensentwicklung und Produktion sehen. Mit einer Vertiefung des Basiswissens in Technischer Chemie und

Verfahrenstechnik durch Dozenten unserer Schule, der Vermittlung von neuem Wissen in Spezialvorlesungen durch Fachleute der Industrie und durch eigenes Verarbeiten und Einüben des Gelernten an konkreten Projekten soll den Studierenden der Übertritt aus der heilen Welt der Schulchemie in die reale Praxis der industriellen Produktion erleichtert werden. Die firmeninterne Ausbildung von Studienabsolventen zur Industriefähigkeit könnte dadurch in den Grossindustrien vereinfacht und verkürzt werden. Die kleinen und mittleren Betriebe, die sich eine derartige interne Zusatzausbildung nicht leisten können, könnten schon praxisorientiert vorgebildete junge Chemiker und Chemikerinnen anwerben. Mit diesem Nachdiplomstudium, so hoffen wir, wird sich auch die Attraktivität und damit der Marktwert der Stellensuchenden entscheidend erhöhen.

### Dauer und Struktur des NDS:

Die Ausbildung dauert 1 Jahr im Tagesschulunterricht während 36 Unterrichtswochen. Unterrichtssprache ist deutsch, französisch und englisch. Während dreier Halbtage wöchentlich wird in Vorlesungen unterrichtet. Ein Halbtage pro Woche ist der Kommunikationsförderung (Seminarien, Kolloquien und Audits) reserviert. Zwei ganze, aufeinanderfolgende Wochentage sind der praktischen Arbeit gewidmet. Die Studierenden verarbeiten und vertiefen die im Theorieunterricht gewonnenen Erkenntnisse durch

Anwendung in Übungen, in Basis-Experimenten und in einer studiumsbegleitenden Projektarbeit. Die letzten fünf Unterrichtswochen des NDS-Jahres sind ganz der Fertigstellung der Projektarbeit gewidmet. Nach einer abschliessenden Prüfungswoche erhalten die erfolgreichen Absolventen ein Zertifikat.

### Grundgedanke des Lehrplankonzeptes:

Ein NDS in chemischer Verfahrensentwicklung und Produktion muss den Studierenden die nötigen fachlichen und methodischen Fähigkeiten vermitteln, welche ihnen gestatten, die sehr vielseitigen Probleme der industriellen chemischen Produktion zu erkennen und zu lösen. Grosses Gewicht wird der ganzheitlichen Betrachtungsweise der Produktionsprozesse beigemessen, damit die Studierenden zum konzeptionellen und vernetzten Denken und Handeln geführt werden. Da aber das Wissen ohne die Fähigkeit, Konzepte umzusetzen und Erkenntnisse weiterzugeben, nicht genügt, werden Grundlagen in Projekt-Management, Entscheidungsfindung und Kommunikation vermittelt und geübt. Der Lehrplan ist zeitlich nach der Ausführung einer

### studiumsbegleitenden Projektarbeit

konzipiert, die sich wie ein roter Faden durch das Ausbildungsjahr hindurchzieht. Als Dreier-Team haben die NDS-Absolventen eine ganzheitliche, komplexe Verfahrensentwicklungsaufgabe von der Laborsynthese bis zur Produktionsreife zu bearbeiten und zu lösen. Nach einer Einstiegsphase, die zur Problemerkennung dient, ist der Produktionsprozess zuerst im Labormassstab zu studieren und auf technische Machbarkeit zu trimmen. Ein ‘scale-up’ über den Kilo-Ansatz und über Versuche im Pilot-Labor unter industriellen Bedingungen ergibt die nötigen Erkenntnisse, die zum Konzept einer vollständigen Betriebsvorschrift für eine Produktionsanlage führt (Fig. 1).

Die praktischen Arbeiten am Projekt finden in den neuen Laboratorien für Chemie-Ingenieur-Technik der Abteilung Chemie der Ingenieurschule Freiburg statt. Der Laborkomplex beinhaltet unter anderem ein

\*Korrespondenz: Dr. K. Käser  
 Professor für Technische Chemie  
 Ingenieurschule Freiburg  
 Bd. de Pérolles 80  
 CH–1705 Freiburg

Zeitlicher Ablauf der studiumsbegleitenden Projektarbeit ('fil rouge')

Projekt-Sequenz	Elementarschritt der Projektlösung	Theorie-Grundlagen (Tools)
Vorbereitungsphase	Projekt-Aufgabenstellung Ablaufplanung	Projekt-Management Entscheidungsfindung Modellierung Kommunikation
Laborvorschrift	Stoffdaten sammeln (chemische, thermodynamische, toxikologische und ökologische) Studium der Reaktion Massenbilanzen (Aufbereitung, Recycling, Umwelt) Laboroptimierung  Kostenabschätzung Wirtschaftlichkeit	Stoffdaten-Banken Thermoanalytik Dokumentierung  Stöchiometrie, Technische Chemie Statistische Versuchsplanung Faktorenplan, on-line Analytik Investitions- und Betriebskostenrechnung
Technische Machbarkeit	Thermische Prozess-Sicherheit (statisch und dynamisch) Risikoabschätzung  Energie- und Material-Transportwege Arbeitsvorschrift für Kilo-Versuch	ESCIS-Heft Nr. 8 Reaktionskalorimetrie Störfall- und Luftreinhalte-Verordnung Umweltverträglichkeitsprüfung etc. Bilanzierungen Dokumentierung
Kilo-Labor (5–20 l)	Verfahrenstechnische Parameter Aufarbeitung, Recycling, Entsorgung Stabilität des Verfahrens Feinoptimierung Energiebilanzen Betriebsvorschrift für Pilot-Versuch	Verfahrenstechnik Technische Chemie  Optimierungstechnik PINCH Dokumentation
Pilot-Labor (50–200 l)	Flow-sheet, R&I-Schema, Basic Design Prozess-Ablaufplan Risiko-Analyse Supply Chain Prozess-Verbesserung Technische Arbeitssicherheit Arbeitshygiene, Unfallverhütung Störfall-Interventionsplan Mensch und Gesellschaft Betriebsvorschrift für Produktion	Projektierung von Anlagen Prozess-Leittechnik Technische Chemie, Reaktionstechnik HAZOP, ESCIS-Heft Nr. 4  Reaktionstechnik Sicherheit im Betrieb  Berufsethik (SATW-Heft Nr. 16) Dokumentation
Produktionsanlage (ab 500 l)		

**Labor für industrielle Produktion,** (zurzeit im Aufbau), in dem sich ein chemischer Universal-Reaktor von technischer Grösse (CURT 630 l) in Stahl-Email-Ausführung mit einer polyvalenten Zusatzausrüstung befindet. Diese Produktionsanlage wird durch eines der modernsten industriellen Prozessleitsysteme, FOCLAN, gesteuert und überwacht. Diese für eine Schule grosse Anlage wird zusätzlich durch eine Serie kleinerer, meist handbetriebener Reaktoren industrieller Machart von 150 l bis 25 l und von Glasreaktoren von 10 l und kleiner unterstützt. Zusätzlich stehen diverse Hilfsanlagen, vor allem zum Lösen von Trennproblemen zur Verfügung (*Sulzer-Rektifikati-*

*onskolonnen, Buss-Dünnschichtverdampfer, Kühni-Gegenstrom-Extraktor, Membran-Filterpresse, Zentrifuge etc.*).

**Beginn des NDS:**

Das erste Ausbildungsjahr des NDS in chemischer Verfahrensentwicklung und Produktion wird voraussichtlich um Ostern 1997 beginnen. Zum Studium provisorisch zugelassen werden maximal 15 Studierende mit Diplom in Chemie HTL/UNI/ETH bzw. in Maschinenbau mit Fachrichtung Verfahrenstechnik sowie, nach Absprache mit zusätzlichen Auflagen, Absolventen mit äquivalenter Ausbildung aus verwandten Fachrichtungen, wie Pharmazeuten, Biochemiker etc.).

Über die definitive Zulassung befindet sich nach Ablauf der ersten sechs Wochen ein Examinatoren-Kollegium. Ein genereller, rechtlicher Anspruch auf einen Studienplatz besteht jedoch nicht.

**Mitarbeit der chemischen Industrie:**

Ein solcherart praxisbezogenes NDS bedarf der Mithilfe von Spezialisten der chemischen Industrie. Die Ingenieurschule Freiburg sucht daher Fachkräfte der Praxis, die die Fähigkeit und das Interesse haben, in Blockunterricht während wohldefinierter Zeiten im Ausbildungsprogramm Spezialfächer zu unterrichten (*Fig. 2*). Auch suchen wir Industrien, die gewillt sind, in Partnerschaft eine Projektar-

## Theoretische Kurse/Übersicht der Lerninhalte (527 Lektionen)

31 Unterrichtswochen à 17 Lektionen und 2 Lektionen pro Woche für Seminare, Kolloquien und Audits

## Mechanische Operationen (40 Lektionen)

Fördern von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen  
Herstellung, Einsatz, Lagerung, Sicherheit und Umgang mit Gasen  
Mischen von Feststoffen, Zerkleinerung  
Rührtechnik

## Destillieren und Rektifizieren (50 Lektionen)

Grundlagen (Dampfdruck, Siedegleichgewicht, Trennwirkung, Rückfluss *etc.*)  
Destillations- und Rektifikationsverfahren, Azeotrop-Rektifikation,  
Lösungsmittel-Regeneration  
Verdampfer, Wärmebedarf, Brüdenverdichtung  
Anlagen, Dimensionierung, Steuer- und Regelkonzepte

## Extraktion (20 Lektionen)

Grundlagen, Apparate, Gleichstrom, Gegenstrom, Kreuzstrom, Lösungsmittelauswahl,  
Dimensionierung

## Filtration, Kristallisation und Trocknung (20 Lektionen)

Druckfilter, -Nutschen, Zentrifugen, Membranfiltration  
Kristallisationsarten, Anlagen  
Technologie der Trocknung

## Energien und Energietransfer (50 Lektionen)

Wärme- und Kälteträger, Wärme- und Kälteproduktion  
Heiz- und Kühlsysteme  
Wärmeübertragung, Wärmetauscher, Kondensatoren

## Lagerbewirtschaftung (10 Lektionen)

Lagern und Transport gefährlicher Stoffe

## Umweltschutz (17 Lektionen)

Beurteilung und Behandlung von Abluft, Abwasser und Abfällen  
Umweltverträglichkeitsprüfung  
Ökotoxikologische Daten

## Reaktionstechnik (60 Lektionen)

Diskontinuierlicher, semikontinuierlicher und kontinuierlicher Batch-Reaktor,  
-Kaskade und Reaktionsrohr, Spezialreaktoren  
isotherme, adiabatische, isoperibolische Reaktionsführung  
Reaktionsmodellierung und -optimierung

## Prozess-Leittechnik (50 Lektionen)

MSR Pflichtenheft und -Planung, MSR-Schema  
FOCLAN-Benutzung, Programmierung, Konfigurierung  
Prinzipien der Regeltechnik und Automation

## Projektierung von Anlagen (50 Lektionen)

Verfahrensbeschreibung, Kostenschätzung, Kreditantrag  
Anlagen-Layout, Sicherheitskonzept, Personalbedarf  
Projektentwicklung, Anlagenaufbau, Administration, Kosten und Termine  
Flow-sheet, R&I-Schema, Isometrien  
Rohrleitungen und Armaturen, Anlagenelemente, Werkstoffe  
Bewilligungsverfahren, Abnahmen und Inbetriebnahmen

## Sicherheit im Betrieb (60 Lektionen)

Sicherheit und Umweltschutz im Labor, Gebäude und Betrieb  
Personenschutz, Augen-, Atem-, Haut- und Gehörschutz  
Ex-Schutz, Elektrostatische Aufladung, Brandschutz  
Unfallverhütung, Alarmpläne, Störfall-Intervention, Erste Hilfe  
'Good Housekeeping'  
Risiko-Analyse (HAZOP)

## Gesetze, Reglemente, Weisungen, Richtlinien, Normen, Qualitätssicherung (25 Lektionen)

Arbeitsgesetz BIGA, Gesetze betreffend Gewässerschutz, Gift, Betäubungsmittel  
Luftreinhalte- und Störfall-Verordnung, Dampf- und Druckbehälter-Verordnung  
Strahlenschutz  
SUVA (Konzept)  
Normierung (VSM, DIN, ISO *etc.*)  
Qualitätssicherung (Good Laboratory Practise, Good Manufacturing Practise, Total Quality Management)

## Dokumentierung (20 Lektionen)

Verfahrensbeschreibung, Validierungsplan und -protokolle,  
Dokumentation über Sicherheit, Qualität, Anlage, Charge, Produktion, Personal *etc.*  
Betriebsvorschrift, Betriebsanalysenvorschrift  
Flow-sheets für Massen-, Energie- und Kostenfluss  
Bilanzierung von Massen, Energien und Kosten

## Betriebswirtschaftliche Aspekte (17 Lektionen)

Budgeterstellung, Kosten-Nutzen-Analyse, Herstellungskosten-Kalkulation,  
Erfolgsrechnung

## Zwischenmenschliche Aspekte (25 Lektionen)

Personalführung, Verantwortung und Haftpflicht des Produktionschemikers  
Berufliche Ethik  
Projekt-Management, Entscheidungsfindung  
Kommunikations- und Präsentationstechnik

beit zu stellen und zu leiten. Während der Unterrichtszeit sollten die Industriedozenten und Projektleiter von ihren Firmen zur Verfügung gestellt werden.

**Kontaktadresse:**

Interessenten als künftige NDS-Absolventen, als Industriedozenten oder als Projektpaten wenden sich an den Autor dieser Schrift:

Dr. Kurt Käser, Professor für Technische Chemie, Kennwort 'NDS'  
Ingenieurschule Freiburg,  
Bd. de Pérolles 80, CH-1705 Freiburg,  
Tel.: 037 89 67 04, FAX: 037 89 66 00,  
e-Mail: kaeser@eif.ch

Die Organisatoren des NDS, die Dozenten der Chemieabteilung und die Direktion der Ingenieurschule Freiburg sind überzeugt, mit der Schaffung eines Zusatzstudiums für zukünftige Verfahrensentwicklungs- und Produktionsingenieure die Studienzeit nicht sinnlos zu verlängern; vielmehr bieten wir eine echte Spezialisierungsmöglichkeit an, die nicht auf Kosten der allgemeinen Ausbildung des Grundstudiums geht. Damit ist unser Angebot sowohl für den Studiumsabsolventen als Stellensuchenden, wie auch für die Mitarbeiter suchende Industrie eine interessante Option, die zudem Freiburg als Studienort in Chemie unterstreicht und der Ingenieurschule Freiburg in Richtung Fachhochschule weiterhilft.