

Chimia 46 (1992) 26-32
© Schweiz. Chemiker-Verband; ISSN 0009-4293

Ecole d'Ingénieurs de Fribourg: section de chimie* Ingenieurschule Freiburg: Abteilung Chemie*

Création de la section

En septembre 1974, l'Ecole d'Ingénieurs de Fribourg a ouvert une section de chimie. La décision concernant l'ouverture de cette nouvelle section a été prise par le Conseil d'Etat du canton de Fribourg pour répondre à un double besoin. Il s'agissait d'abord de tenir compte du désir exprimé par les associations cantonales et régionales de laborants, dont les effectifs avaient augmenté de façon rapide les années précédentes, qui étaient soucieuses pour l'avenir de leurs membres suffisamment doués pour entreprendre des études complémentaires. D'autre part, le développement réjouissant du secteur de l'industrie dans le canton et dans le reste de la Suisse romande exigeait des possibilités nouvelles de formation de chimistes ETS.

Locaux provisoires

On envisagea, tout d'abord, la construction d'un bâtiment spécialement réservé à la section de chimie. Cependant, l'exécution de cette nouvelle construction a été différée lors de la libération des anciens locaux de l'institut de chimie de l'Université. La section de chimie de l'Ecole d'Ingénieurs a donc été installée provisoirement dans les anciens laboratoires de chimie de l'Université.

Premiers diplômés

Les premiers diplômés de chimistes ETS ont été décernés lors de la cérémonie de clôture de l'année scolaire 1977. Depuis nous avons remis, en moyenne, dix à

quinze diplômés par année. Les entrées se situent entre quinze et vingt élèves par année. Un programme d'études répondant aux exigences actuelles a pu être mis sur pied et les laboratoires ont reçu un équipement de base important et moderne, grâce aux moyens financiers mis généreusement à notre disposition par les industries, les responsables de l'OFIAMT et par les autorités cantonales.

Nécessité de nouveaux locaux

Depuis cette époque, quinze années se sont écoulées. Les contacts avec l'industrie se sont établis entre la section de chimie et la plupart des industries suisses et particulièrement celles du canton.

Malheureusement, la section de chimie se trouve toujours logée dans les vieux laboratoires de l'université. Force est de constater que les laboratoires ne correspondent plus du tout aux exigences actuelles d'une formation de chimiste ETS.

Nouveau bâtiment

Le 8 décembre 1981 débutaient les planifications du nouveau bâtiment. Les sections et la direction ont alors établi le premier programme de construction. Le 1 mars 1983, le Grand Conseil a adopté un crédit pour une étude de faisabilité et une estimation des besoins en locaux. Le rapport en découlant fut adressé au Grand Conseil le 10 avril 1984. La commune de Fribourg exigeait l'intégration de la nouvelle école dans le plan d'aménagement global du Plateau de Pérolles et, par conséquent, l'organisation d'un concours de projets.

Ce concours, ouvert en décembre 1984, portait sur les trois objets principaux à réaliser sur le Plateau de Pérolles: un nouveau bâtiment pour l'Ecole d'Ingénieurs, projeté par l'Etat, un centre d'exposition, de culture et de loisirs, projeté par la Ville et un parking, projeté en commun avec les deux collectivités.

Le concours se déroule en deux phases; la première se termina en mai 1985 et permit au jury de sélectionner sept projets, dont les auteurs furent invités à participer à la deuxième phase. En mars 1986 six concurrents remirent au jury leur projet définitif.

Le 2 mai 1986 le jury attribua le premier prix du concours au bureau d'architectes *Herren et Damschen*, à Berne. Pour assurer la coordination de leur projet, on créa une commission de planification, dans laquelle le canton était représenté par la délégation du Conseil d'Etat pour les affaires économiques. A la suite des travaux de cette commission, le mandat d'exécution fut confié au bureau d'architectes *Herren et Damschen*.

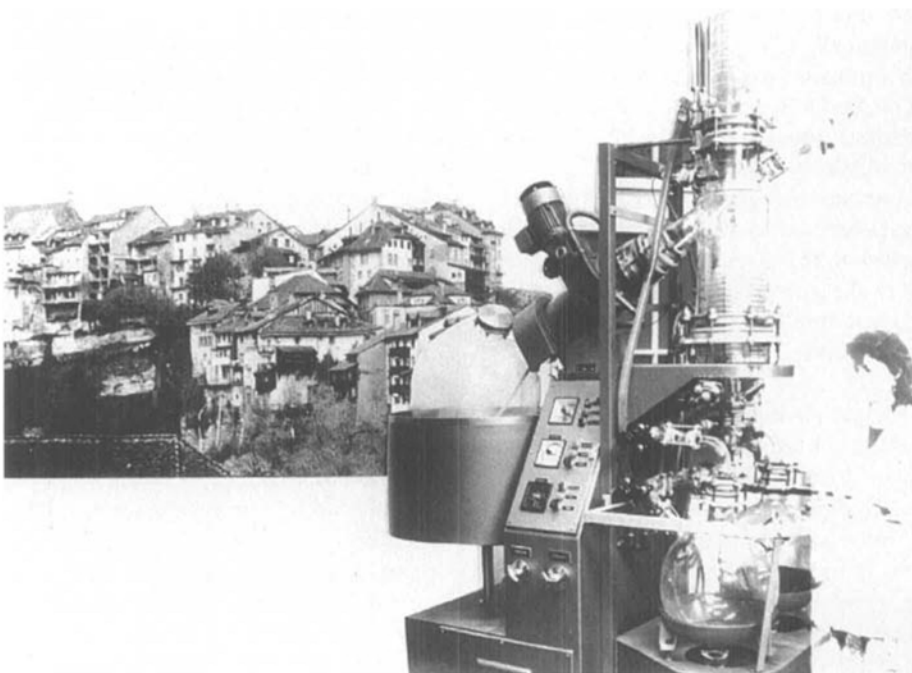


Fig. 1. Formation de chimistes: nouveaux horizons fribourgeois

*Correspondence/Korrespondenz:
Prof. J. Portmann (Abteilungsvorstand)
Ecole d'Ingénieurs de Fribourg
4, rue du musée
CH-1700 Fribourg

Le 7 décembre 1987, le Conseil d'Etat a constitué une commission de bâtisseurs pour la construction d'un nouveau bâtiment pour l'Ecole d'Ingénieurs. Sous l'égide de cette commission, les travaux des architectes, qui avaient abouti au dépôt en novembre 1987 d'un plan de quartier, se sont poursuivis par l'établissement d'un projet de construction détaillé.

Par décret du 26 mai 1988, le Grand Conseil a autorisé le Conseil d'Etat à acquiescer, sur le Plateau de Pérolles, deux terrains nécessaires à la réalisation du projet. L'un appartenait aux entreprises électriques fribourgeoises et l'autre aux chemins de fer fribourgeois. Le 4 juin 1989 le projet a été soumis à la votation populaire avec le résultat réjouissant de 75% de OUI contre 25% de NON. En août 1991, nous annonçons le début des travaux de construction. La fin de ceux-ci est prévue pour le printemps 1996. Une des conditions du succès de la votation fut la requête de la partie alémanique du canton, pour que l'Ecole d'Ingénieurs devienne bilingue. Depuis cette date nous enseignons, à la section de chimie, dans les deux langues; français et allemand.

Cours de mathématiques

Cours de mathématiques fondamentales

Le cours de mathématiques fondamentales sert, dans un premier temps, à améliorer chez l'étudiant la maîtrise de l'outil de base des mathématiques élémentaires et, une fois cette étape franchie, à le familiariser avec de nouvelles notions et techniques qui lui seront nécessaires dans les autres cours qui font un usage abondant des mathématiques.

La première partie consiste donc en un rappel de notions déjà apprises en classes secondaires (mais qui, quelquefois, sont devenues nébuleuses durant l'apprentissage), à savoir:

- manipulation d'expressions algébriques (addition, multiplication, division, exponentiation, extraction de racines);
- identités remarquables et factorisation d'expressions algébriques;
- équations des premier et second degrés.

La seconde partie du cours qui, partiellement, doit être menée de front avec la première pour des raisons de nécessité (les professeurs de branches professionnelles doivent pouvoir disposer de certaines notions nouvelles dans leurs cours), contient les matières suivantes:

- la notion de logarithme (nécessaire tout au début du cours de chimie pour les calculs de pH et pK);
- la notion de fonction (indispensable

Tab. 1. Plan d'études: Cours théoriques

Branches	H1	E2	H3	E4	H5	E6
Sociologie	1	1	-	-	-	-
Législation	-	-	-	2	-	-
Langue française	2	2	2	2	-	-
Langue allemande	2	2	2	2	-	-
Langue anglaise	2	2	2	2	-	-
Mathématiques fondamentales	6	4	-	-	-	-
Géométrie et trigonométrie	5	3	-	-	-	-
Calcul différentiel et intégral	2	4	3	3	-	-
Statistique	-	-	-	2	2	-
Physique	5	5	4	-	-	-
Informatique de base	2	2	2	1	-	-
Chimie générale et inorganique	6	6	-	-	-	-
Chimie analytique	2	2	3	2	-	-
Chimie organique	-	-	5	5	4	2
Chimie physique	-	-	4	4	4	4
Electronique	-	-	-	-	4	4
Réglage	-	-	-	-	2	2
Génie chimique	-	-	4	4	-	-
Chimie technique	-	-	-	-	4	6

(H = hivers et E = été)

Tab. 2. Plan d'études: Laboratoires

Branches	H1	E2	H3	E4	H5	E6
Instrumentation	1	1	1	1	-	-
Chimie inorganique et analytique	6	6	5.5	5.5	-	-
Informatique de base	1	1	1.5	1.5	-	-
Physique	-	-	-	4	-	-
Chimie organique	-	-	-	-	10	10
Chimie physique et Automation	-	-	-	-	6	6
Electronique	-	-	-	-	2	2
Génie chimique	-	-	-	-	6	6

pour la modélisation des phénomènes chimiques et physique); le spectre des fonctions étudiées correspond, *grosso modo*, à celui d'une maturité scientifique;

- approfondissement des méthodes de résolution d'équations: résolution de systèmes linéaires, équations logarithmiques et exponentielles, algorithmes numériques de recherche de racines;
- résolution d'inéquations et des systèmes d'inéquations avec pour application une initiation aux méthodes d'optimisation linéaire (méthode du simplexe);
- manipulation de nombres complexes;
- initiation au calcul matriciel avec pour application la résolution du problème d'ajustement de courbes au moyen de la méthode des moindres carrés;

- introduction au calcul des probabilités, en tant que préliminaire au cours de statistique donné en deuxième année.

Cours de statistique

Le cours de statistique a pour but de familiariser le futur ingénieur avec les théories sous-jacentes aux techniques d'estimation, de test et de prévision utilisées dans les laboratoires et dans l'industrie.

Ce cours débute par une introduction à la statistique descriptive: histogramme, stem-and-leaf, diagrammes cumulatifs, évaluation de moyennes et variances empiriques.

L'étude générale des variables aléatoires familiarise l'étudiant avec les distributions fondamentales: loi binomiale, loi de

Poisson, distribution gaussienne entre autres.

Un chapitre sur l'inférence statistique initie l'étudiant à l'estimation de paramètres (estimation ponctuelle et par intervalle de confiance) ainsi qu'à la technique des tests de signification.

Le cours se termine par une introduction aux techniques de la planification des expériences par le biais de l'analyse de la variance.

Differential- und Integral-Rechnung

Logische Fortsetzung des Grundkurses in Mathematik ist eine solide Einführung in die Technik der Differential- und Integral-Rechnung. Hauptziel dieser Ausbildung ist das Erfahren und Verstehen der Definitionen und Eigenschaften der analytischen Rechnungsarten, sowie das Erlernen und das Trainieren ihrer Anwendung in Geometrie, Physik und Chemie. Der Kurs behandelt (in chronologischer Reihe) die folgenden Gebiete:

Differential-Rechnung von Funktionen einer einzigen Variablen

Definition der Ableitung und deren Berechnung für algebraische, exponentielle, logarithmische, trigonometrische, zyklometrische und hyperbolische Funktionen, ebenso wie die Ableitung impliziter oder parametrischer Funktionen.

Geometrische Anwendungen der Ableitung wie Tangente, Normale, Krümmung und Krümmungskreis. Mittelwertsatz, Regel von L'Hôpital, Potenzreihenentwicklung von Funktionen nach Taylor und McLaurin.

Unbestimmte Integration

Definition der Integration, grundlegenden Integrationsregeln und fundamentale Integrale.

Einführung in diverse Integrationsmethoden wie Substitution, partielle Integration, trigonometrische Substitution, Partialbruchzerlegung und Integration durch Reihenentwicklung.

Differential-Rechnung von Funktionen mehrerer Variablen

Einführung der partiellen Ableitungen und der totalen Differentiale und Ableitungen.

Anwendungen im Gebiete der Vektorgeometrie (Ableiten von Vektoren, Krümmung und Torsion von Raumkurven, Gradient, Divergenz und Rotation von Feldern).

Bestimmte Integration

Einführung des bestimmten Integrale als Flächenbestimmungskalkül. Geometrische Anwendungen wie Fläche unter

einer Kurve, Volumen und Oberfläche eines Rotationskörpers, Bogenlänge einer Kurve, Schwerpunktslage und Trägheitsmomentberechnungen an Volumen, Flächen und Linien.

Differential-Gleichungen

Einführung in die Wesensart gewöhnlicher Differentialgleichungen. Integrationsmethoden für Gleichungen erster Ordnung mit separierbaren Variablen, homogener Gleichungen, linearer Gleichungen von homogener und inhomogener Art, Gleichungen totaler Differentiale, Methode des integrierenden Faktors.

Lösungsmethoden für lineare Gleichungen höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten.

Einführung in die Laplace-Transformation

Zwecks Vorbereitung für die Kurse in Reaktionstechnik, Elektronik, Regeltechnik und Automatisierung wird eine kurze Einführung in die Anwendung der Laplace-Transformation geboten. Schwerpunkte hierin sind die Transformation von Signalfunktionen, die Rücktransformation, sowie das Lösen von Differentialgleichungen mit Laplace-Transformation.

Cours de physique

Le but du cours de physique est d'amener l'étudiant à une compréhension des phénomènes physiques fondamentaux et de leur modélisation mathématique. Il met l'accent sur le rôle primordial de l'expérimentation dans les sciences naturelles, à la fois pour découvrir les lois et pour mettre à l'épreuve les théories développées.

Il est découpé en quatre volets qui sont la mécanique, l'électrodynamique, l'étude des phénomènes ondulatoires et une introduction aux bases de la mécanique quantique. La thermodynamique n'y est pas traitée, vu qu'elle fait l'objet d'un cours séparé.

Les grandes lignes du chapitre traitant de la mécanique sont:

- cinématique élémentaire (sans recours au calcul différentiel et intégral);
- dynamique du point matériel: étude des lois fondamentales de la dynamique (lois de Newton);
- dynamique du solide rigide (nécessaire pour l'interprétation des spectres de rotation);
- lois de conservation (masse, quantité de mouvement, énergie);
- statique et dynamique des fluides;
- loi de la gravitation universelle (introduction de la notion de champ et de potentiel).

En électrodynamique, les thèmes essentiels sont:

- électrostatique;
- courants et champs stationnaires (lois d'Ohm et de Kirchhoff en régime continu, interactions en présence du champ magnétique-spectrographe de masse, etc.);
- courants et champs variables (loi d'induction, lois d'Ohm et de Kirchhoff en régime alternatif, propriétés magnétiques de la matière).

Le chapitre traitant des phénomènes ondulatoires aborde les thèmes suivants:

- étude des oscillations (donne l'occasion de revoir la cinématique et la dynamique avec les outils de l'analyse mathématique qui ont été introduits entre-temps), étude du phénomène fondamental de la résonance;
- traitement des phénomènes liés aux ondes: génération, propagation, réflexion, interférence et diffraction.

Finalement, l'introduction à la mécanique quantique a pour sujets:

- bases expérimentales ayant entraîné une remise en question des théories classiques (effet photoélectrique, radioactivité, expérience de Franck-Hertz, etc.);
- développement du formalisme de base: notions de fonction d'onde et d'amplitude de probabilité qui débouchent naturellement sur la notion d'orbitale;
- application du formalisme à des cas simples: particule confinée dans divers puits de potentiel, le confinement entraînant l'apparition naturelle de la notion de quantification de l'énergie et des états de la particule;
- relations de Heisenberg et leurs conséquences sur la structure et les dimensions possibles de l'atome.

Au laboratoire de physique, les étudiants ont, après la fin du cours théorique, l'occasion d'utiliser eux-mêmes les techniques qui ont été mises en œuvre pour découvrir les lois fondamentales: techniques de mesure, évaluation des résultats, calcul d'erreur, confrontation avec la théorie.

Chimie générale, inorganique et analytique

Lorsque nos élèves arrivent en première année, leurs connaissances en chimie générale et analytique sont saines et simples, mais pas suffisamment solides et complètes pour aborder sereinement les problèmes qu'ils devront résoudre dans les branches particulières que sont la chi-

mie physique, organique et le génie chimique. Le but du cours de première année est de combler cette lacune par une étude plus approfondie des théories se rapportant à la constitution de la matière, aux différents états de la matière, aux processus chimiques et physiques que sont l'oxydo-réduction, les équilibres, la thermodynamique et la cinétique. Le but premier à atteindre est la compréhension des phénomènes que l'étudiant quantifiera plus tard, avec l'outil mathématique reçu durant sa première année. L'étude du tableau périodique et des éléments chimiques, faite sous forme d'exposés présentés par les élèves, doit parfaire leurs connaissances des réactivités et propriétés des éléments. Ces exposés sont la première occasion qui leur est donnée de s'exprimer devant un groupe de personnes. Il ne suffit pas, en effet, d'acquérir une science personnelle, mais il est d'une importance primordiale de savoir transmettre clairement à d'autres des notions apprises dans la solitude d'un bureau. Leur avenir professionnel les obligera certainement à transmettre des ordres ou des idées, et ceci doit pouvoir être fait dans un esprit de clarté et de rigueur scientifique.

Au cours de chimie analytique, soutenu par un laboratoire de huit heures par semaine, l'élève doit se familiariser avec les problèmes liés à la chimie des solutions. Les études tant algébriques que graphiques des interactions des particules dans le milieu remarquable qu'est l'eau doit favoriser une meilleure approche des méthodes d'analyse instrumentale. Le soutien informatique moderne fait évidemment partie de cette approche. L'élève doit quitter son esprit de 'cuisinier de la chimie' pour devenir pas à pas un créateur, un chercheur et un analyste compétent.

Ces deux cours de base sont complétés par une sérieuse introduction aux problèmes écologiques de notre temps. L'ouvrier doit nettoyer sa place de travail, le chimiste doit protéger son environnement. Des travaux pratiques en laboratoire et sur le terrain doivent familiariser l'élève à ces problèmes.

En deuxième année, l'accent est porté sur la théorie et la pratique instrumentale analytique. Les statistiques nous montrent que près de 35% des chimistes ETS sont occupés par l'analytique. Dès lors, une connaissance approfondie des appareils modernes liés à l'informatique est nécessaire. Tout au long de l'année, au cours de la journée de travaux pratiques, le futur chimiste ETS peut se familiariser avec les méthodes modernes d'analyses et appliquer à la pratique les notions théoriques reçues au cours. Des expériences variées, tirées de la chimie alimentaire, pharmaceutique et industrielle, lui font découvrir



Fig. 2. Laboratoire de 2ème année, micro HPLC

les méthodes dites de séparation (GC, HPLC, ILC, etc.), les méthodes optiques (UV/VIS, fluorescence, AA, rayons X, etc.) et électrochimiques (potentiométrie, polarographie, coulométrie, conductométrie, etc.). Chaque expérience fait l'objet d'un rapport détaillé. Si au cours de la troisième année, d'autres branches de formation occupent tout son temps, l'étudiant peut, s'il le désire, retrouver l'analytique dans le cadre d'un travail de diplôme. Il a ainsi, la possibilité d'approfondir un problème précis, souvent en relation avec les souhaits de l'industrie chimique du canton ou de Suisse romande.

Chimie organique

L'enseignement de la chimie organique théorique est donné pendant les deux dernières années d'étude à raison de quatre heures par semaine pendant trois semestres et deux heures pendant un semestre. Après une solide formation en chimie descriptive, l'étudiant est à même de comprendre les structures complexes de la chaîne carbonée, la stéréochimie, les fonctions les plus répandues, les nomenclatures systématiques et usuelles ainsi que les dangers principaux des réactifs organiques. Dans un second temps, il apprend la réactivité des diverses fonctions, les mécanismes principaux par lesquels elles s'intertransforment et les divers modes de formation de la chaîne carbonée avec un accent particulier sur la chimie du carbone.

L'acquisition des connaissances est

continuellement assistée par des séries d'exercices hebdomadaires et des travaux écrits. L'étudiant est donc en permanence au courant de son niveau, niveau qui doit lui permettre en fin de parcours de suivre la littérature et d'entretenir et améliorer sa culture dans le domaine organique.

Durant une heure par semaine pendant deux semestres, un cours d'analyse spectrale est donné qui permet à l'étudiant de déterminer une structure simple à l'aide des trois spectres IR, RMN et MS. Il applique et développe son acquis théorique de la spectroscopie lors des travaux pratiques qui ont lieu pendant la dernière année à raison de un jour et demi par semaine. Les projets de semestre sont principalement des travaux de synthèse. L'étudiant a l'occasion de rencontrer divers problèmes classiques tels que la recherche de littérature, l'analyse des risques, la détermination de structure, l'application de nouveaux procédés à des substances classiques ou de procédés classiques à des substrats nouveaux.

Le choix des sujets est souvent en rapport avec la recherche appliquée en cours dans notre laboratoire: synthèse de substances à propriétés physiologiques intéressantes, polymères divers, développement de nouvelles méthodes d'oxydation.

Avec cette formation, un étudiant qui a du goût pour la branche est capable, en cinq semaines, de mener à bien un projet de diplôme intéressant et dont les résultats peuvent être exploités valablement. Plusieurs projets réalisés dans l'industrie l'ont amplement démontré.



Fig. 3. Synthèse d'un ferrocène

Automation chimique

Il y a une année, la section de chimie de notre école créait une nouvelle branche: l'automation chimique.

Celle-ci couvre aujourd'hui deux aspects différents:

- montrer à l'étudiant comment utiliser au mieux les moyens mis à disposition dans les commandes de processus, les analyses par ordinateur, l'informatique, ...
- construire une suite de laboratoires semi-automatiques et automatiques qui devront permettre au futur ingénieur de s'adapter au monde informatique, qui a pris actuellement une réelle importance dans les laboratoires de chimie analytique, de génie chimique et de chimie physique.

Cours théoriques et pratiques avec les élèves

Les branches théoriques telles que l'informatique, l'électronique et le réglage ainsi que leurs laboratoires sont en phase d'être restructurés afin de les englober dans cette 'nouvelle' branche appelée automation chimique. Son enseignement comporte les heures suivantes:

	Branche	Th.	Labo
1ère	Info	2	1
2ème	Info	1,5	1,5
3ème	Réglage	2	3
	Electronique	4	2
		9,5	7,5

Les cours d'informatique revêtent deux buts principaux:

- Les étudiants apprennent à utiliser les programmes de base (traitement de texte, tableur, dessin de molécules, l'intégration des données en vue de créer un document complet (PAO 'chimique')). A partir de cette année, tous les cours d'informatique utilisent Windows®. Les élèves effectuent le même apprentissage avec des programmes plus sophistiqués tels que les éditeurs mathématiques, les systèmes de capture de données et de traitements numériques, la recherche de littérature (ETHICS®, SIBIL®). Dans un futur proche, la section se connectera à une banque de données chimiques.
- Nous leur apprenons également une programmation de base (langage Turbo Pascal® sous Windows®). Dans le cadre de cette programmation, nous travaillons sur le traitement mathématique numérique. Nous voyons par exemple la résolution d'équations du second degré, l'intégration, la dérivation, la résolution d'équations linéaires, recherche des zéros d'une équation, l'inversion de matrices, ... D'un point de vue chimique, nous traitons les réactions en solution, les modèles atomiques, ...

A la fin de la deuxième année, les étudiants doivent être capables d'utiliser parfaitement les logiciels spécifiques à la commande et à la capture de données en analytique, d'effectuer le traitement des données et d'écrire le rapport correspondant. Ils doivent comprendre comment les

logiciels traitent les données afin d'obtenir les résultats.

Durant la troisième année, les étudiants sont confrontés à la commande de processus. Actuellement, nous possédons un réacteur automatique de 1 l pour lequel ils peuvent modifier le programme de commande afin d'en apprendre le principe de base. Il est possible de modifier le réacteur en fonction de l'application. Nous avons aussi un automate programmable (Combilab®) sur lequel ils peuvent créer un système spécifique.

Egalement en troisième année, les étudiants réalisent des captures automatiques à l'aide des différents systèmes d'analyse qu'ils ont personnellement construits. Occasionnellement, nous leur demandons d'écrire un programme pour la capture des données et ceci avant leur expérience chimique.

Les cours d'électronique leur montrent le fonctionnement de l'installation depuis le capteur jusqu'à l'actuateur. Ils apprennent à construire des interfaces simples afin de, e.g., lire un signal. Nous traitons, en particulier, la conversion analogique/numérique et numérique/analogique, les amplificateurs opérationnels et leurs applications au niveau du capteur, les filtres, l'introduction à l'électronique digitale.

Le cours de réglage leur enseigne comment créer une installation comportant une régulation automatique analogique, la paramétrer, en tester la stabilité à l'aide d'analyse temporelle, fréquentielle ou dans le plan complexe. Nous leur indiquons les différents types de régulateurs (P, PI, PID, AR). Ils doivent également être capables de dimensionner un régulateur. Finalement, nous effectuons une brève incursion dans les modèles numériques.

Laboratoires

Les différents projets en cours sont la création d'une bibliothèque informatisée, d'une base de données pour la gestion des produits chimiques (avec utilisation des codes barres et des balances électroniques), d'une suite de réacteurs automatiques ainsi que d'un logiciel permettant la commande et la visualisation d'un processus chimique. Nous installerons un réseau informatique relié au réseau principal de l'école et à l'Université. Nous étudions la mise en service d'un réacteur automatique de 50 l pour le génie chimique.

Le but de notre section de chimie est de posséder un ensemble de réacteurs contrôlables par ordinateurs: un réacteur automatique de 1 l (terminé), 3 réacteurs de 1 l en cascade ainsi qu'un mini-réacteur industriel de 5 l. Cette dernière installation serait la 'petite sœur' du réacteur de 50 l.

Elle permettrait aux étudiants d'effectuer de petits essais avant de passer au réacteur de 50 l. Tous les instruments d'analytique devraient posséder un système de commande et de capture de données par ordinateur. Les différents ordinateurs (un par système d'analyse) seraient reliés entre eux. Nous utiliserons une station de travail SUN® sous UNIX® (processeur RISC) pour le traitement et l'analyse des données.

Physikalische Chemie

Die theoretische Ausbildung umfasst vier Grundvorlesungen: klassische Thermodynamik mit einer kurzen Einführung in die statistische Thermodynamik, Mechanistik und Kinetik, Elektrochemie und Spektroskopie. Das Ziel dieser Vorlesungen ist eine solide Grundlage der Energetik und Kinetik der chemischen und physikalischen Prozesse. Die Kurse sind stark auf die Praxis ausgerichtet und werden durch viele Experimente im Laboratorium vertieft. Sie bilden das Fundament der Energiebilanzen der Technischen Chemie, der Trennmethoden, sowie der Reaktionstechnik. Im experimentellen Teil wird die Automation der physikalischen Messmethoden eingebaut.

Technische Chemie

Im Gegensatz zur Ausbildung von Chemikern an den Universitäten erhält der Absolvent der Ingenieurschulen in der Chemie-Abteilung eine Einführung in Technische Chemie. In Freiburg beginnt dieser Teil anfangs drittes Semester mit der Verfahrenstechnik und wird im fünften und sechsten Semester mit Reaktionstechnik, thermischen Trennverfahren und Labor in Verfahrenstechnik ergänzt. Der Inhalt der Kurse erfährt von Jahr zu Jahr eine gewisse Aktualisierung und beinhaltet in etwa die folgenden Themen:

Verfahrenstechnik

Unter dieser Kursbezeichnung wird dem Studenten eine grosse Palette von wichtigen Grundoperationen der Technischen Chemie vorgestellt. Beginnend mit mechanischen Trennverfahren wie Sedimentation, Filtration, Sieben, Sedimentieren und Klassieren, wird nach einem Kapitel über das Fördern und Messen von Flüssigkeiten und Gasen auf die Lehre der Technischen Wärme eingegangen. Dabei kommen die Eigenschaften, die Erzeugung und Verwendung des Wasserdampfes, die Wärmeerzeugung mit fossilen Brennstoffen sowie mit Elektrizität und die Kälteerzeugung eingehend zur Spra-

che. Ein grosses Gewicht wird der Beschreibung der Wärmetransport-Mechanismen gewidmet.

Reaktionstechnik

Aufbauend auf den Einführungen in Kinetik und Thermodynamik der Physikalischen Chemie wird eine Theorie des Verhaltens von Reaktionsgemischen in Reaktoren technischer Grösse vermittelt. Schwerpunkt ist die diskontinuierliche Reaktion im Batch-Reaktor. Es kommen die isotherme, sowie die adiabatische, als auch die isoperibolische Reaktionsführung zur mathematischen Beschreibung. Dabei wird auch die Gelegenheit genutzt, über die thermische Sicherheit exothermer Reaktionen zu sprechen (adiabatischer Temperaturanstieg, Edukt-Akkumulation, TMR 'time to maximal rate'). Auch die semi-kontinuierliche und die kontinuierliche Reaktionsführung werden eingehend vorgestellt. Der Kurs wird mit einer Betrachtung der Eigenschaften des Rohrreaktors abgeschlossen.

Thermische Trennverfahren

Die in der Physikalischen Chemie vorgestellten Eigenschaften der Phasengleichgewichte und deren Konsequenz auf die thermische Stofftrennung werden als technische Prozesse diskutiert. Hauptthemen sind dabei die kontinuierliche und die absatzweise Destillation und Rektifikation von Zwei- und Mehrkomponenten-Gemischen. Neben der *Fenske*- und der *McCabe/Thiele*-Theorie wird auch kurz auf die Zweifilm-Theorie des Stoffaustausches eingegangen.

Implizit werden mit der Vorstellung der obengenannten Grundoperationen der Technischen Chemie noch etliche *Methoden und Theorien der Mathematik und der Physik* unterrichtet. So wird mit der Dimensionsanalyse die Reduktion eines Parameterfeldes in einen kleineren Satz dimensionsloser Kennzahlen gelehrt; Konsequenzen finden sich in der Sedimentationstheorie, der Berechnung der Rohrreibung, wie auch beim Wärmeübergang wieder. Als Optimierungsmethode wird die Versuchsplanung nach *Box, Wilson* vorgestellt. In Wärmelehre, Hydraulik und Reaktionstechnik wird grosses Augenmerk auf die saubere Bilanzierung von Materie und Wärme gelegt; die resultierenden Differentialgleichungen werden analytisch, numerisch oder *via Laplace-Transformation* gelöst.

Labor für Verfahrenstechnik

Ein wesentliches Hilfsmittel zur Verdauung der theoretischen Kurse ist dem Studenten die Anwendung des Erlernten in einfachen Grundlagen-Experimenten im Laboratorium. Durch geeignete Metho-

den, zum Beispiel durch Linearisation, hat der Schüler zu ergründen, wieweit sein Experiment den (oft nur allzu einfachen) Theorien folgt. Im Falle genügender Übereinstimmung sind die beschreibenden Parameter zu quantifizieren und ihren Geltungsbereich abzuschätzen. Dem Experimentator steht hierfür ein ausgewähltes Instrumentarium zur Verfügung (Rektifikationskolonnen, 50-l-Rotationsverdampfer, 50-l- und 25-l-Universalreaktoren, Gegenstrom-Extraktionskolonne, Reaktionskalorimeter, *Combilab*®-Automat, Kristallisationsapparatur, ein Bioreaktor mit Autoklav, Laminarflow-Arbeits-tisch und *Coulter-Counter*®, ein Labor für hydraulische Experimente, ein Set Simulationsmodule für Regelsysteme, und vieles andere mehr). Allein, die Qualität der vorhandenen Einrichtungen verhindert nicht, dass der Student in Bezug auf Improvisationsfähigkeit gefordert wird; im Gegenteil, einige Grundlagenexperimente verlangen konkret die Erstellung einer Messanordnung mit allgemein üblichen Labor-Utensilien.

Nach Möglichkeit werden auch uns von der Industrie anvertraute Aufgaben im Rahmen des Praktikums, und vorallem als Diplomarbeit in Technischer Chemie bearbeitet.

Einsatzgebiete unserer Absolventen

Fach	Prozent
Analytik	35%
Fabrikation	25%
Entwicklung	25%
Forschung und Marketing	15%

Diese Verteilung ist typisch für die Westschweiz.

Perspektiven

Mit dem Automationszeitalter ist eine grosse Änderung der zeitlichen Abläufe und der Arbeitstechnik verbunden. Die Komplexität der Probleme und die Vernetzung der verschiedenen Disziplinen steigt. Die neue Situation stellt grössere Anforderungen an die persönlichen Fähigkeiten, sowie an die Aus- und Weiterbildung. Die veränderten Erwartungen an den Chemiker verlangen neue Strukturen für die Ausbildung.

Grundausbildung

Für die technisch-chemische Tätigkeit muss der Chemiker HTL hohe technische Fertigkeiten besitzen und mit den Methoden der Synthese und Analyse vertraut

sein. Gute Kenntnisse der Stoffklassen, der Trennprozesse, der Technischen Chemie, der Reaktionstechnik, der Messtechnik, der Automation und Informatik sowie ein elementares Verständnis für Sicherheit in Labor und Betrieb sind das Rückgrat einer erfolgreichen Tätigkeit. Das Chemiestudium an der HTL soll eine in sich abgeschlossene Berufsausbildung sein. Sie muss ein solides Fundament an praxisbezogenem und allgemeinem Wissen, sowie an abstrakter naturwissenschaftlicher Denkweise vermitteln. Von grosser Bedeutung sind auch Kommunikationsvermögen und Sprachkenntnisse, um die Ergebnisse der Arbeit dokumentieren und präsentieren zu können. Dies ist für drei Jahre ein gerüttelt Mass an Arbeit, sodass die Ausbildungsprogramme nicht mehr weiter mit Spezialausbildungen überladen werden dürfen. Das Ziel dieser Ausbildung ist eine Berufsfähigkeit und nicht eine Berufsfertigkeit.

Weiterbildung

Der Chemiker muss heute die Probleme in ihrer Gesamtheit erfassen und überblicken. Zur Erreichung dieses weitgesteckten Zieles braucht es Kenntnisse auf den Gebieten wie: Betriebswirtschaft, Marketing, Management, Qualitätssicherung, Ökologie, Sicherheit und Spezialtechnologien. Solide Kenntnisse in diesen Gebieten können nur in Nachdiplomstudien und Kursen erreicht werden.

Die Schulen müssen in Zukunft in dieser Weiterbildung die gleiche Rolle spielen, wie in der Grundausbildung. So wird im Moment an unserer Schule ein zweijähriger Kurs in Betriebswirtschaft angeboten: er umfasst 6 h pro Woche. Im Neubau wird ein einjähriges Nachdiplomstudium in Biotechnologie eingeführt werden.

Damit aber das System der Weiterbildung zum Tragen kommt, braucht es eine enge Zusammenarbeit und regelmässige Absprache zwischen Industrie, Staat und Schulen. Diese drei Partner müssen die zur Weiterbildung nötigen Strukturen schaffen. Aus eigener Erfahrung stellen wir fest, dass man sich mit solchen Problemen auf schweizerischer Ebene sehr schwer tut, weil es nicht Brauch ist und weil im Föderalismus kein Platz dafür ist. Die organisierte und strukturierte Weiterbildung verlangt natürlich auch mehr personelle und materielle Mittel. Von der Industrie braucht es dabei den Willen zur Zusammenarbeit und die Schaffung günstiger Plattformen und der dazu nötigen Freiräume. Aber nur so kann einem Mangel an ausgebildetem Personal innert nützlicher Frist begegnet werden. Von den

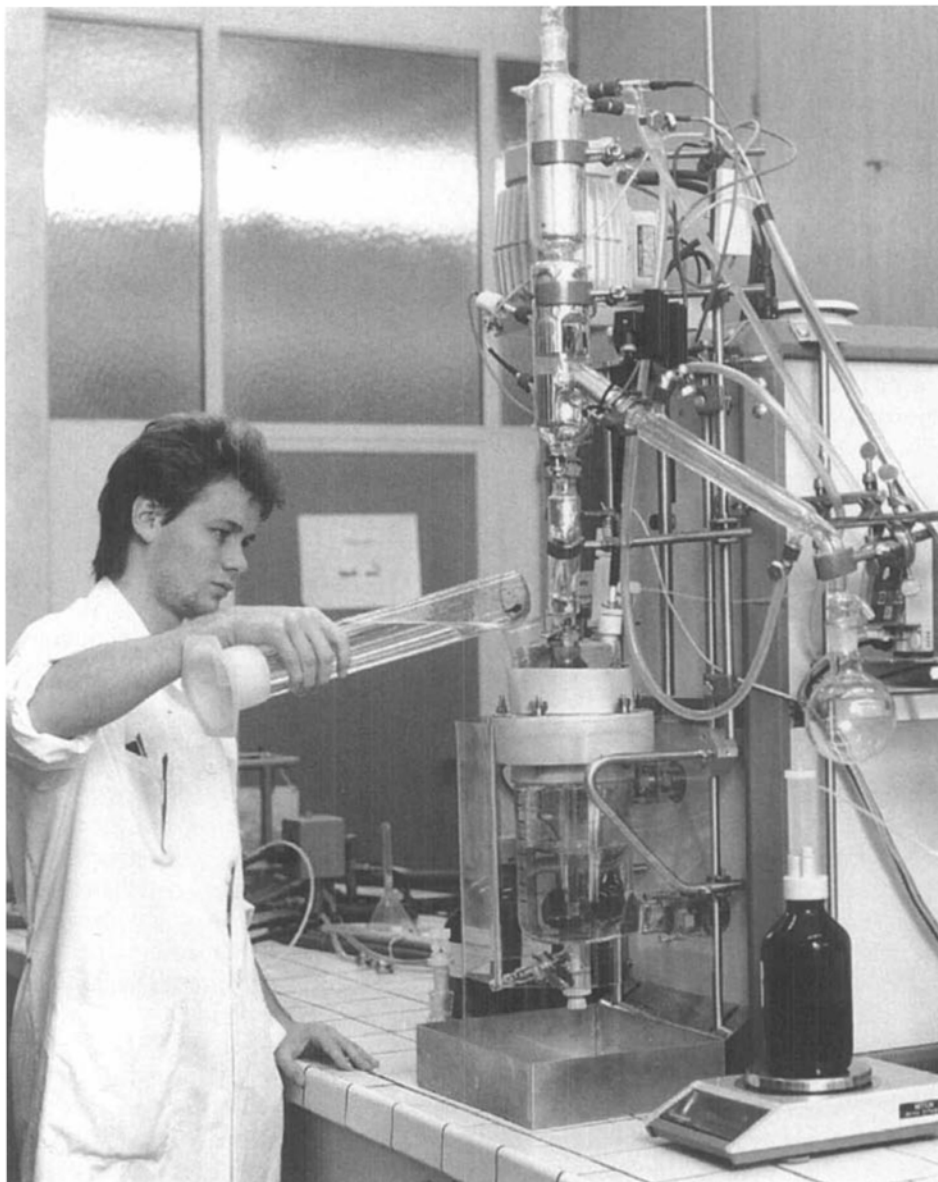


Fig. 4. Kalorimetrische Bestimmung von Sicherheitsparametern einer Reaktion

Schulen verlangt dies eine grössere Flexibilität, raschere Anpassungsfähigkeit und eine weitere Öffnung.

In diesem Sinne ist es das Ziel der Chemie-Abteilung, im entstehenden Neubau die Türen für interessierte Industriepartner zu öffnen. Vom Staat erwarten wir, dass er dazu unsere Infrastruktur in personeller Hinsicht etwas verbessert. Unser Nachbar im neuen Gebäude ist die Chemie-Abteilung der Universität. Unsere Laboratorien für Verfahrenstechnik, Mess- und Regeltechnik, sowie für Biotechnologie werden der Universität offen stehen, und wir freuen uns auf eine fruchtbare Zusammenarbeit.

Der Chemiker HTL im Europäischen Raum

Damit die Diplome unserer Schulen in Europa Anerkennung finden, müssen die Ausbildungsprogramme auf Europa abgestimmt werden. Ein HTL-Diplom soll in Zukunft wenigstens die Türen zu den ents-

prechenden europäischen Lehranstalten und deren Weiterbildungsprogrammen öffnen. Dieses Problem kann nur auf Bundesebene angegangen werden. Föderalistische Einzelvorstösse von der einen oder anderen Schule bringen keine eidgenössische Lösung. Die Verantwortung in dieser Frage liegt beim BIGA und man kann nur hoffen, dass diese Institution sich der Tragweite ihrer Aufgabe bald bewusst wird und aus ihrem friedlichen, föderalistischen Schlaf erwachen wird.