

# EI ——— INFO ——— IS

Ecoles d'ingénieurs

Information

Ingenieurschulen

Chimia 51 (1997) 160–162  
 © Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
 ISSN 0009–4293

## Integriertes Praktikum am Beispiel einer thermoanalytischen Untersuchung der Kautschuk-Vulkanisation

Daniel Glauser<sup>a)</sup> und Hans Peter Stauffer\*

Der neue Studienplan der Abteilung Chemie an der zukünftigen Fachhochschule Burgdorf setzt sich zum Ziel, einen im heutigen Umfeld tätigen Chemiker mit dem bestmöglichen Rüstzeug zu versehen. Anlässlich der Umwandlung der Ingenieurschule zu einer Fachhochschule wurde das Ausbildungskonzept überarbeitet und der Lehrplan revidiert. Bedürfnisse der Industrie, Vorgaben des Staates und Vorstellungen verschiedenster Interessengruppierungen wurden berücksichtigt, damit ein optimales Konzept für die Ausbildung von Chemikern entstehen konnte. In einem vor zwei Jahren veröffentlichten Artikel in der *Chimia* informierte F. Baumberger im Detail über die anstehenden Neuerungen [1].

Nach der Einführung des neuen *Curriculums* geht es nun in einer nächsten Phase darum, die gesteckten Ziele konkret in Lehrveranstaltungen mit entsprechenden Praktika umzusetzen. Die Aufbau- und Erneuerungsarbeit ist an der Abteilung Chemie schon recht fortgeschritten, aber noch nicht vollständig abgeschlossen. Während dieser zweiten Phase sind vor allem die Dozenten involviert, welche

versuchen, eine integrierte, über die Fachgrenzen hinweg reichende, praktische und theoretische Ausbildung zu verwirklichen. Eingeschlossen in diesen Prozess sind auch Assistenten und weitere Mitarbeiter, welche mit ihren Geräte- und Informatikkenntnissen bei der Entwicklung von neuen Praktikumsaufgaben mitwirken.

Dieser Artikel soll aufzeigen, wie weit die begonnene Erneuerung der Praktika fortgeschritten ist und wie einzelne Aufgaben im Sinne des neuen Ausbildungskonzeptes aussehen könnten.

### 1. Allgemeines zu Praktika im Chemiestudium

Die Chemikerausbildung an der zukünftigen Fachhochschule Burgdorf gliedert sich in ein Grundlagen-, ein Haupt- und ein Vertiefungsstudium. Im *Grundlagenstudium* wird die mathematisch-naturwissenschaftliche Denkweise eingeführt und ein Überblick über die Chemie im allgemeinen vermittelt. Zudem werden Unterschiede in der Vorbildung ausgeglichen. Im *Hauptstudium* stehen Methoden zur Problemlösung und Beispiele aus der Praxis als Ergänzung zum theoretischen Wissen im Vordergrund. Im *Vertiefungsstudium* wird eine Spezialisierung und ein fächerübergreifendes Wissen angestrebt. Entsprechend sind auch die Zielsetzungen der Praktika im Grundlagen-, Haupt- und Vertiefungsstudium unterschiedlich: Im Grundlagenstudium sollen die praktischen Arbeiten als Illustration zu den Vorlesungsthemen koordiniert werden. Sie haben ergänzenden und vertiefenden Cha-

rakter. Im Gegensatz dazu werden im Haupt- und Vertiefungsstudium nicht nur thematisch begrenzte Aufgaben gelöst, sondern disziplinenüberschreitende Problemlösungen angestrebt.

### 2. Praktika im Grundlagenstudium

Das Grundlagenpraktikum im ersten und zweiten Semester wurde vollständig neu konzipiert. Die Grundidee wurde von einem durch ökologische Grundsätze geprägten Praktikumsprogramm von H. Fischer übernommen [2]. Bei diesem Programm wird besonderer Wert auf die Themen Arbeitssicherheit und Umweltschutz gelegt. Die Verwendung von Schwermetallen und toxischen Substanzen wird so weit wie möglich eingeschränkt. Bei der Gestaltung des Grundlagenpraktikums wurden exemplarische Versuche aus der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie ausgewählt. Die Studierenden können zudem einen korrekten Umgang mit potentiellen Gefahrenstoffen und die fachgerechte Entsorgung von Chemieabfällen üben.

Das Ziel des an der Universität Zürich erarbeiteten Programms, alle Reaktionsprodukte und Abfälle zu sammeln und die Aufarbeitung in neue Praktikumsaufgaben zu integrieren, wurde nur bei einem Teil der Versuche zur organischen Chemie realisiert, da bei der geringen Zahl der Studierenden an der Chemieabteilung das Sammeln von Spezialabfällen bei vielen Aufgaben zu lange dauern würde, bis genügend Material für eine vernünftige Aufarbeitung vorhanden wäre.

### 3. Integrierte Praktika im Hauptstudium

Im Haupt- und Vertiefungsstudium wird ein Zusammenfügen des zunehmenden theoretischen Wissens, ähnlich wie bei Teilen eines Puzzles, angestrebt, damit sich ein interdisziplinäres Fachverständnis entwickeln kann. Im Rahmen der integrierten Praktika ist es möglich, verschiedene Fachgebiete zu verknüpfen und der Aufgabenstellung entsprechende, praxisorientierte, disziplinenübergreifende

\*Korrespondenz: Dr. H.P. Stauffer  
 Laboratorium für Chemische Analytik  
 Ingenieurschule Burgdorf  
 Abteilung Chemie  
 Pestalozzistrasse 20  
 CH-3400 Burgdorf

<sup>a)</sup> Daniel Glauser  
 Chemiker HTL  
 Ingenieurschule Burgdorf  
 Abteilung Chemie  
 Pestalozzistrasse 20  
 CH-3400 Burgdorf

Problemlösungen zu finden. Integrierte Praktika sind im allgemeinen erst in höheren Semestern sinnvoll, dann nämlich, wenn eine Anzahl von Lehrveranstaltungen aus verschiedenen Fachbereichen zur Synthese gebracht werden können. Aufgaben, bei denen die Ergebnisse nicht von vornherein feststehen, verlangen eine intensivere und aufwendigere Betreuung als einfache Grundlagenversuche. Es resultiert aber auch eine zusätzliche Motivation der Studenten, weil eine kreative und kritische Auswertung der Messungen möglich wird.

Das Konzept der integrierten Praktika hat auch Nachteile. Praktika unter Einbezug von mehreren Fachdozenten sind in der Planung und Durchführung meist kompliziert und zudem nur innerhalb der speziellen Interessengebiete der leitenden Dozenten möglich. Die Betreuung eines Praktikumsprojektes durch mehrere Dozenten ist wenig effektiv. Synergien sind nur in der gemeinsamen Planung der Aufgaben und nicht in der gemeinsamen Betreuung der Studierenden möglich.

Das konsequente Anbieten von integrierten Praktika hat aber auch viele Vorteile, hauptsächlich weil eine integrierte Arbeitsweise den Methoden der Praxis am nächsten kommt. Diese Art von praktischer Ausbildung, unter Einbezug von Methoden der Versuchsplanung und Versuchsauswertung, ist zudem eine ideale Vorbereitung für die Diplomarbeiten, die jeweils im Anschluss an das 6. Semester stattfinden.

Die Kombination von zum Teil isoliert vermittelten Fächern ist unerschöpflich. Manche Verknüpfungen drängen sich direkt auf. Klassische interdisziplinäre Lehrveranstaltungen an der Abteilung Chemie, die ohne Anbindung an andere Ingenieurfächer wenig Sinn machen, sind vor allem Ökologie und Informatik. Die Kombinationsmöglichkeiten sind hier bekannt und erprobt. In den neuen Konzepten muss jetzt aber darauf geachtet werden, dass Umweltschutz und Informatik konsequent angewandt werden. Weniger häufige Kombinationen wie Ingenieurfächer mit betriebswirtschaftlichen und statistischen Methoden müssen teilweise noch erarbeitet werden.

#### 4. Praktikum in Instrumental-Analytik

Die Analytik nimmt traditionsgemäß an unserer Institution einen wichtigen Platz ein. Aus diesem Grund ist geplant, den Schwerpunkt für die Vertiefungsausbildung im 6. Semester auf die Analytik zu legen. Damit am Ende des Studiums inte-

grierte Problemlösungen auf hohem Niveau entstehen können, sind schon während des Hauptstudiums in den Praktika diese Formen des Problemlösens anzustreben. Entsprechend dem neuen Konzept werden nun integrierte Aufgaben für die Instrumental-Analytik konzipiert. Bei der Planung der Versuche muss die relativ knapp bemessene Zeit, die für praktische Arbeiten im Labor zur Verfügung steht, berücksichtigt werden. Ideale Versuche ermöglichen bei einem kleinen Messaufwand eine umfassende Auswertung.

In Form eines Projektes wurde eine Musteraufgabe ausgearbeitet, welche als Modell für weitere Arbeiten dienen soll. Als Reaktion für die Projektarbeit wurde die Vulkanisation von Kautschuk gewählt, bei der die Einflüsse der Beschleuniger- und Zusatzstoffe thermoanalytisch untersucht werden. In dieser Aufgabe werden die Gebiete der Instrumentalanalyse, Informatik und angewandten Statistik verknüpft.

#### Projekt Vulkanisation

Die Vulkanisation von Naturkautschuk eignet sich vorzüglich als Praktikumsaufgabe, weil einerseits Methoden der Versuchsplanung und statistische Auswertungen eingesetzt werden können, und andererseits das System thermoanalytisch recht gut untersucht worden ist [3][4]. Der Einfluss von Zusatz- und Beschleunigerstoffen bei der Vulkanisation wird von *Brazier et al.* beschrieben [5].

Die chemischen Vorgänge bei der Vulkanisation von Naturkautschuk sind abhängig von der Schwefel-, Beschleuniger- und Aktivatorkonzentration. Das Ziel dieses Praktikumsversuchs ist es, mit einer geeigneten statistischen Versuchsplanung und Versuchsauswertung herauszufinden, inwiefern und wie stark die Zusatzstoffe die Vulkanisationsreaktion beeinflussen. Mit einem 2<sup>n</sup>-Faktorenversuch ist es möglich, mit geringem Versuchsaufwand Informationen über die gegenseitige Beeinflussung der Zusatzstoffe zu erhal-

ten [6]. Dieses Beispiel, mit den drei Einflussgrößen Mercaptobenzothiazol(= Benzothiazol-2-thiol), Stearinsäure- und Schwefelkonzentration, benötigt je nach Modell acht Messungen.

Der Vulkanisationsversuch wurde im Labor ausgetestet. Es wurden homogene Mischungen von Naturkautschuk mit den Zusatzstoffen vorbereitet. Hierzu wurde der Kautschuk in Petrolether aufgequollen und mit den Zusatzstoffen, die in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst wurden, vermischt. Nach Abdestillieren der Lösungsmittel waren die Probemischungen bereit für die thermonalytische Messung.

Die Untersuchungen wurden auf dem DSC-Gerät *Exstar 600 DSC 6200* der Firma *Seiko Instruments* (Vertreterfirma: *LabPlus Bubikon*) ausgeführt. Im druckfesten Aluminiumtiegel wurden ca. 5 mg Probe eingewogen, hermetisch verschlossen und analysiert.

Die Konzentrationen der drei Zusatzstoffe Mercaptobenzothiazol, Stearinsäure- und Schwefel beeinflussen die Vulkanisation. Dabei werden die sogenannten Zielgrößen, die Reaktionsenthalpie, die Onset- und Reaktionsmaximaltemperatur verändert. Mit der Software des DSC-Gerätes können diese Zielgrößen nach erfolgter Vulkanisation aus dem Thermogramm berechnet werden.

Die Auswertung und Interpretation des Experimentes soll die eigentliche Arbeit der angehenden Chemiker sein. Im Falle des Vulkanisationsversuchs können die Daten mit Hilfe der *Microsoft* Programme *Excel*<sup>®</sup> oder *Statistica*<sup>®</sup> ausgewertet werden. *Statistica* stellt eine Vielzahl von Auswertungsmodellen bereit, mit denen die verschiedenen Einflüsse der Faktoren quantifiziert werden können.

Die Auswertung des Testversuches lässt folgende Schlussfolgerungen zu: Die Veränderung der Schwefelmenge beeinflusst erwartungsgemäss die Reaktionsenthalpie am stärksten. Wurde die Schwefelmenge erhöht, stieg der Vernetzungs-

Tabelle. Zusammenstellung der Resultate des Faktorenlversuches nach Yates

Zusatzstoffe	A: Mercaptobenzothiazol B: Stearinsäure C: Schwefel AB, AC, BC, ABC: Wechselwirkungseffekte						
	Zielgrößen	A	B	AB	C	AC	BC
Onsettemperatur	+++	0	++	0	++	0	+
Reaktionsmaximaltemperatur	++	0	0	++	+	0	0
Reaktionsenthalpie	0	0	0	+++	+	0	0

Effekte: +++ hochsignifikant; ++ signifikant; + wahrscheinlich; 0 keine.

grad des Kautschuks, und es wurde mehr Reaktionswärme freigesetzt. Mit Hilfe der Faktorenauswertung nach *Yates* und einem F-Test konnte ein hochsignifikanter Einfluss der Schwefelmenge auf die Reaktionsenthalpie nachgewiesen werden [6] (*Tab.*).

Die Onsettemperatur charakterisiert die Anfangstemperatur der Reaktion und die Reaktionsmaximaltemperatur die Temperatur, bei welcher der Reaktionsumsatz am grössten ist. Wurden mehr Beschleunigungsstoffe wie Mercaptobenzothiazol und Stearinsäure zur Vulkanisationsmischung beigegeben, stieg einerseits die Onsettemperatur an, andererseits sank die Reaktionsmaximaltemperatur. Die Beschleunigungsstoffe ermöglichen Vulkanisationen, die in kleineren Temperatur- bzw. Zeitintervallen stattfinden. Dieser Effekt ist mit statistischen Methoden eindeutig feststellbar (*Tab.*).

In der *Table* sind die Resultate des Testversuches zusammengefasst. Zusatz-

stoffe, welche die Vulkanisation beeinflussen, sind mit 'Pluszeichen' gekennzeichnet, wobei drei Pluszeichen hochsignifikante Effekte bedeuten. Bei den Zusatzstoffen mit dem Symbol '0' ist ein Einfluss auf die Vulkanisation unwahrscheinlich. Kombinationen der drei Zusatzstoffe werden als Wechselwirkungseffekte bezeichnet. Diese haben im Vergleich zur Mercaptobenzothiazol- und Schwefelkonzentration keinen hochsignifikanten Einfluss auf die Vulkanisation.

### 5. Ausblick

Nebst einem modernen Gerätepark und einer fachmännischen Betreuung sind für eine erfolgreiche praktische Ausbildung vor allem motivierte Studenten nötig. Werden interessante, fächerübergreifende Aufgaben, möglichst in Zusammenarbeit mit der Industrie, angeboten, wirkt dies sicher anspornend, und kreative Pro-

blemlösungen werden möglich. Die fortlaufende Modernisierung der Infrastruktur, aber auch die Bereitschaft neue Praktikumsformen zu realisieren, erachten wir auch in Zukunft als wichtigen Bestandteil unseres Ausbildungskonzeptes.

Eingegangen am 26. Februar 1997

- [1] F. Baumberger, R. Lutz, *Chimia* **1995**, *49*, 84.
- [2] H. Fischer, 'Praktikum in Allgemeiner Chemie', Verlag Helvetica Chimia Acta, Basel, 1992.
- [3] D.W. Brazier, *Rubber Chem Tech.* **1980**, *53*, 437.
- [4] J.J. Maurer, 'Thermal Characterization of Polymeric Materials', Academic Press, New York, 1981, S. 571.
- [5] D.W. Brazier, G.H. Nickel, Z. Szentgyorgyi, *Rubber Chem Tech.* **1980**, *53*, 160.
- [6] G. Retzlaff, G. Rust, J. Waibel, 'Statistische Versuchsplanung', 2. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim, 1978.

*Chimia* 51 (1997) 162–163  
© Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft  
ISSN 0009–4293

## Zum Rücktritt von Dr. H.P. Stauffer, emeritierter Professor für chemische Analytik an der Ingenieurschule Burgdorf

Christian Züst\*

Nach langjähriger Lehrtätigkeit am Technikum und an der Ingenieurschule zieht sich *Hans Stauffer* in den verdienten Ruhestand zurück. Zu diesem Anlass hat er mir anlässlich eines Gesprächs einige Gedanken und Anregungen aus seiner vielfältigen beruflichen Karriere mitgegeben.

Als *Hans Stauffer* 1971 als Dozent für analytische Chemie ans damalige Technikum gewählt wurde, war es für ihn eine Rückkehr. Nach der Berufslehre als Drogist war er für drei Jahre an dieser Lehranstalt und verliess sie als diplomierter Chemi-

ker HTL. Nach mehrjähriger Tätigkeit in der Industrie begann *Hans Stauffer* 1960 ein Chemiestudium an der Universität Bern, wo er bereits 1966 mit einer Promotion bei Prof. *H. Nitschmann* abschloss. Mit ihm zusammen hat *Hans Stauffer* nach seiner Wahl nach Burgdorf während einiger Jahre die Redaktion der *CHIMIA* betreut und war auch Vorstandsmitglied im SChV. Ein Postdoc-Aufenthalt in den USA und der Eintritt in eine international tätige Firma der Lebensmittelbranche waren die weiteren beruflichen Stationen vor der Aufnahme der Lehrtätigkeit in Burgdorf.

CZ: Was hat Dich damals bewegt, diese erfolgreiche Position als Forschungsleiter aufzugeben und ins Lehrfach einzutreten?  
HS: Mit 39 Jahren war es für mich eine grosse Herausforderung, nochmals etwas

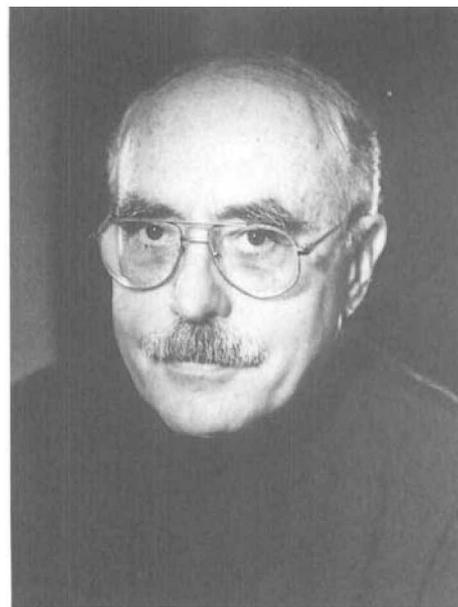


Foto: Greta Oechsli, Bern

H.P. Stauffer

\*Korrespondenz: Dr. C. Züst  
Professor für allgemeine und anorganische Chemie  
Ingenieurschule Burgdorf  
Pestalozzistrasse 20  
CH-3400 Burgdorf