

# Chemische Analytik – Genügt sie noch an der Jahrtausendwende?

Ervin Kováts<sup>a)</sup>, Peter R. Radvila<sup>a)</sup>\* und Bernhard Schreiber<sup>a)</sup>

## Analytical Chemistry – Adequate at the Turn of the Century?

**Abstract.** Despite or because of its successes and contributions to natural sciences and technology, analytical chemistry is being neglected in academic teaching. Inadequacies in practice and scarcity of qualified young analytical chemists endanger a continuity of past scientific and commercial successes and fast developments. Swiss authorities responsible for education are challenged to intensify education in analytical chemistry in all universities and colleges. The Swiss government's planned laws and programs for the advancement of education, research, and technology may give impetus and support for the needed revisions of the chemical curriculum intensifying teaching analytical chemistry.

Trotz oder wegen ihrer Erfolge und Beiträge für Naturwissenschaften und Technik wird die analytische Chemie als Disziplin in der Lehre und Forschung vernachlässigt. Unzulänglichkeiten in der Praxis und Mangel an qualifiziertem Nachwuchs gefährden zukünftige Entwicklungen und Kontinuität wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Erfolge. Die Verantwortlichen im Erziehungswesen sind aufgefordert, die analytische Ausbildung in allen Hochschulen zu intensivieren. Die kommenden Bundesbeschlüsse zur Förderung von Bildung, Forschung und Technologie und daraus abgeleitete Programme werden Gelegenheit geben, Korrekturen vorzunehmen.

Dank der Analytik mutierte die Alchemie zur Chemie als exakte Wissenschaft, wie wir sie heute kennen. Auch die gewaltigen Fortschritte der Naturwissenschaften und der Technik verdanken wir in beträchtlichem Mass der chemischen Analytik und Messtechnik. Durch sie werden Fortschritte und die Qualität von Produkten nicht nur mess- und sichtbar, sondern sie wirken als Katalysator und Triebfeder im kreativen Innovationsprozess.

Durch die Globalisierung der Märkte, die Liberalisierung und Beschleunigung des Warenverkehrs ist man sich der Bedeutung zuverlässiger und glaubwürdiger Warenerzeugnisse, die auf exakten Analyse- und Messdaten beruhen, verstärkt bewusst geworden. Die Qualitätsbezeichnung Swiss-Made muss heute durch messbare, dem Kunden verständliche Merkmale untermauert werden.

Die Qualitätsbewegung ist ein direkt wahrnehmbares Zeichen für die gestiegene Bedeutung der Messtechnik und Analytik. Dies trifft nicht nur für die industrielle Fertigung zu, sondern auch für den Umwelt- und Gesundheitsbereich, wo Messdaten und die daraus gewonnenen Erkenntnisse wichtige Grundsteine für internationale Vereinbarungen und Massnahmen sind.

Diese Entwicklungen haben auch erhebliche Mängel bei der Messtechnik und Unsicherheiten bei der Dateninterpretation aufgedeckt. Eine kritischere Hinterfragung der Messqualität hat eingesetzt, einher mit der Erkenntnis, dass Analytik mehr als blosses Ermitteln von Messdaten ist.

## Was hat nun die Schweizerische Bildungspolitik unternommen, um sich diesen Anforderungen zu stellen?

Zu wenig. Die heutige Situation ist nicht befriedigend. Der Ausbildungsstand in der analytischen Chemie entspricht weder den Fortschritten der Technik, noch den Ansprüchen der Öffentlichkeit. Die Ausbildung der analytischen Chemiker an Schweizer Hochschulen ist revisionsbe-

dürftig, und die analytisch-chemische Ausbildung muss ausgebaut werden. Bei der ausserordentlichen Bedeutung der analytischen Chemie für Volkswirtschaft und Wissenschaft sind chemische Hochschulen ohne analytische Lehrstühle nicht vorstellbar. Die bestehende Praxis der Methoden-Spezialisierung und der rein anwendungsorientierten Analytik weist tatsächlich auf die Notwendigkeit von mehreren spezifisch-analytischen Lehraufträgen hin. Damit würden auch die richtigen Proportionen beim Chemie-Studium wieder hergestellt. Die Verantwortlichen in der Bildungspolitik und in den Hochschulen sind aufgefordert, rasch Korrekturmassnahmen zu ergreifen.

## Im Folgenden sind die Gründe für diese unerfreuliche Entwicklung aufgezeigt:

### 1. Die Analytik als Wirtschaftsfaktor

Die analytische Chemie unterstützt die Entwicklung der Chemie und Naturwissenschaften nachhaltig. Schätzungsweise 10 Milliarden Analysendaten werden jähr-

\*Korrespondenz: Dr. P.R. Radvila  
Rösslistrasse 27  
CH-9056 Gais  
Tel.: 071 793 28 83  
Fax: 071 793 28 83

<sup>a)</sup> Prof. Dr. E. Kováts, em. Professor ETH Lausanne, Dr. P.R. Radvila, ex. EMPA St. Gallen und Dr. B. Schreiber, Novartis Pharmaanalytica SA, sind Vorstandsmitglieder der Sektion Analytische Chemie (SACH) der Neuen Schweizerischen Chemischen Gesellschaft (NSCG).

lich erhoben. 20% der etwa 500 000 Publikationen, die jährlich in den *Chemical Abstracts* referiert werden, behandeln analytische Themen. Die Analytikgeräte-Industrie wächst jährlich um etwa 10% und erreichte 1992 einen Umsatz von ungefähr 7 Milliarden ECU.

Die Bedeutung der analytischen Chemie wird durch die Zusammensetzung der Chemieabgänger der Hochschulen unterstrichen. Eine U.S.-Umfrage bei erwerbstätigen Chemikern ergab die folgende Verteilung der praktizierten Disziplinen:

- 20% Analytische Chemie
- 14% Organische Chemie
- 12% Polymerchemie
- 9% Biochemie
- 8% Physikalische Chemie
- 7% Klinische Chemie
- 6% Umweltchemie
- 5% Anorganische Chemie
- 3% Agrochemie

Das Betätigungsprofil der Chemiker in der Schweiz sieht ähnlich aus.

Die analytische Chemie ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor: der jährliche Aufwand für Analytik in der schweizerischen chemischen Industrie beträgt ca. 600 Mio. ECU.

Im weltweiten Vergleich gehört die Schweiz, insbesondere Basel, zu den wichtigsten Standorten der angewandten analytischen Chemie. Über 1% aller Routineanalysen werden in Basel durchgeführt. Von den 100 000 weltweit verwendeten Flüssigchromatographen befinden sich 1000 in Basel.

In der Schweiz konnten bis jetzt neueste Analysenmethoden 3–5 Jahre früher und in schnellerem Takt eingeführt werden als bei der Konkurrenz, was in einer Reduktion der Dauer bis zur Markteinführung (Time-to-market) und der Analytikkosten um mindestens 30–60% resultiert. Allerdings gibt zu denken, dass die meisten der neuen Analysetechniken in anderen Ländern erfunden und entwickelt wurden.

Die analytische Chemie ist ein wichtiger Partner der chemischen, biologischen und klinischen Forschung. Ungefähr 60% aller chemischen und biologischen Forschungskosten gehen auf das Konto analytischer Untersuchungen. Die chemische Analytik selber befindet sich in einer sehr aktiven Phase der Innovation und Entwicklung. Innerhalb von wenigen Jahren konnte die Analytik um Größenordnungen beschleunigt werden. Heute können Proben mit viel kleineren Geräten 10 000 mal schneller und bis zu 10 000 mal tieferen Erfassungsgrenzen analysiert werden

als Mitte der 50er Jahre. Die damit verbundene Datenexplosion erfolgte bei gleichzeitiger Verringerung des Personalaufwandes. Das bedeutet, dass dadurch die Schweizer Forschungskosten um 20–30% niedriger als in anderen Ländern sind. Falls die Schweiz ihre Forschungsaktivitäten in den Produktbereichen mit hoher Wertschöpfung – der Pharma-, Agro- und Spezialitätenchemie – ins Ausland verlegt, wird sie die bisherigen Vorteile verlieren.

Der Forschungsstandort Schweiz ist zu einem wichtigen Diskussionsthema in Politik und Wissenschaft geworden. Während die Produktionskosten in den kommenden Jahren tatsächlich prohibitiv werden könnten, vor allem für 'mee too'-(Nachahmer-)Produkte, ist die Schweiz bezüglich F+E-Aufwand nach wie vor konkurrenzfähig. Der hohe Lebensstandard und das Lohnniveau erleichterten die Rekrutierung einer grossen Zahl ausländischer analytischer Chemiker, die von unseren Bildungsstätten nicht ausgebildet wurden.

Die Bedeutung der analytischen Chemie in der Forschung und Entwicklung, in der Produktion sowie im Qualitätswesen ist weltweit erkannt worden, so dass für den Chemiestandort Schweiz die Konkurrenz rasch grösser wird. Von dieser Entwicklung sind – weit mehr als wahrgenommen – nicht nur die chemische Industrie sondern alle Industrie- und Gewerbebereiche betroffen.

## 2. Woher kommen die Schweizer Analytiker?

Bis in die 50er Jahre war die Schweiz eine Hochburg der analytischen Hochschulforschung und -ausbildung. Die Forschungserfolge von Prof. Dr. W. Simon machten Zürich zu einem weltweit anerkannten Zentrum der Sensorenforschung und Entwicklung. Heute befindet sich die Schweiz immer noch in Frontposition.

Auch die Grundsteine einer kleinen Analytikgeräte-Industrie wurden damals gelegt. Heute finden wir weltweit in jedem bedeutenden Labor pH-Meter (u. a.) von *Metrohm* sowie *Mettler*-Waagen. Bei der Entwicklung chromatographischer Technologien (*Golay*, *Kovats*, *Erni* u.a.) hat die Schweiz ebenfalls eine wichtige Rolle gespielt.

Mit dem Beginn des Zeitalters der Instrumentalanalytik – das geschah ab 1956 nach der ersten Kommerzialisierung von Gaschromatographen – verlor die analytische Forschung und Ausbildung hier allmählich an Boden; analytische Lehrstühle

wurden abgeschafft oder umfunktioniert. Heute bestehen nur noch wenige analytikspezifische Lehrstühle an Schweizer Hochschulen: in Basel, Genf und an der ETH Zürich (ETHZ).

Dies steht im Widerspruch zur Tatsache, dass immerhin 15–20% der Schweizer Hochschulchemiker Stellen als analytische Chemiker antreten und viele andere Chemiker und Naturwissenschaftler ohne geeignete Ausbildung Analytik betreiben. Es besteht also ein Missverhältnis: es werden nicht genügend Studenten ausgebildet, so dass die Schweiz auf die Rekrutierung von ausländischen Analytikern angewiesen ist. Zur gleichen Zeit haben zu viele Schweizer Hochschulabgänger aus anderen Chemiebereichen Schwierigkeiten bei der Stellensuche. Gemildert wird die Situation höchstens durch das Schweizer Ausbildungssystem, aus dem hochqualifizierte Ingenieure aus Fachhochschulen und gut ausgebildetes Laborpersonal hervorgehen. Dies ist ein wichtiger Vorteil für die Schweiz im Vergleich mit anderen Ausbildungssystemen wie z.B. jenen in den USA.

Ein Handlungsbedarf besteht! Der Abbau von analytischen Lehrstühlen wurde zwar gestoppt, neue analytische Lehrstühle in Basel und an der ETH Zürich wurden eingerichtet. Um den Stellenwert der Analytik zu stärken, wurden analytische Kompetenzzentren an den Standorten ETHZ und Genf gebildet, die bestehende analytisch orientierte Lehr- und Forschungstätigkeiten kommunikativ vernetzen sollen. An der FH Burgdorf wird ferner ein Kompetenzzentrum für Analytik gebaut.

Nach wie vor besteht aber eine Diskrepanz zwischen Lehrangebot und Bedarf an fundiert analytisch ausgebildeten Naturwissenschaftlern, und noch immer gibt es Hochschulen, die nicht über analytikspezifische Lehrstühle verfügen. Bisher wurde zu wenig getan, um künftigen Bedürfnissen zu genügen.

Es gab aber auch Lichtblicke mit Schattenseiten: Die Schweiz (Universität Neuchâtel und *CIBA* Basel) ist führend bei der Nutzung von Micromachining-Technologien zur Entwicklung von neuen Analytiksystemen, wie z.B. der Elektrophorese auf Chips und von miniaturisierten Total-Analysis Systemen ( $\mu$ -TAS). Die Möglichkeiten der Sensortechnologie lassen die Potentiale für die chemische und biologische Messtechnik erahnen. Viele dieser Entwicklungen wurden bisher in der chemischen Industrie initiiert und gefördert. Die verschärfte Konkurrenzsituation hat heute die Industrie veranlasst, sich aus diesem Gebiet zurückzuziehen. Es ist des-

halb eine neue Herausforderung für unsere Hochschulen, die Innovationspotentiale der analytischen Forschung im Bereich der Messtechnik zu fördern. In den vergangenen Jahren wurden Forschungsergebnisse nur ungenügend genutzt und kommerziell ausgewertet werden. Es ist zu hoffen, dass die Chancen in Zukunft besser wahrgenommen werden können – z.B. von KMU und Venture-Firmen im Bereich der Mikrotechnik (Mechanik + Elektronik) und Chemie.

### 3. Plädoyer für eine verstärkte Analytikausbildung

Die beschriebenen Entwicklungen und Probleme treffen nicht nur die Schweiz. In vielen andern Ländern, z.B. in Deutschland und den USA, wird die ungenügende analytische Ausbildung ebenfalls bemängelt. Die Proliferation der Messmöglichkeiten hat den Analytiker und eine vertiefte analytische Ausbildung in den Augen vieler scheinbar obsolet gemacht. Die aufgezeigten Fehlentwicklungen beweisen aber das Gegenteil.

Die Schweiz verfügt über gute Forschungsgruppen, aber vielerorts über keine kompletten analytischen Lehrgänge. Es besteht eine Diskrepanz zwischen früheren Erfolgen von Forschungsgruppen, von denen wir heute noch zehren, und den heutigen Ausbildungslücken an den Hochschulen. Die Schweizer Industrie hat es bisher auf sich genommen, eigene Forschungsgruppen für Analytik-Innovationen einzusetzen, die eigentlich an Hochschulen hätte geschehen müssen (z.B. die Entwicklung von  $\mu$ -TAS). Die Restriktionen in der Industrie verunmöglichen das Aufrechterhalten von analytischen Forschungsgruppen, so dass Forschung und Innovation vermehrt wieder von den Hochschulen getragen werden müssen, um die Kontinuität des Ausbildungsniveaus und der Innovationsentwicklung zu gewährleisten.

Die analytische Ausbildung und die damit einhergehende Forschung an Universitäten und Hochschulen muss, wo sie fehlt, neu etabliert, wo sie lückenhaft ist, komplettiert werden. Mit dem neuen analytischen EUROCURRICULUM der Division of Analytical Chemistry (DAC) der FECS (Federation of European Chemical Societies) ist die Messlatte gesetzt worden.

Angesichts der Datenflut müssen im Lehrplan die Problembereiche Versuchsplanung, Datengenerierung, -auswertung und -interpretation im Vordergrund stehen. Die dazugehörigen Detailspekte

des Analytiklehrganges wie Informatik, Robotik, Statistik, Chemometrie, Validierung und Rechtsfragen können erst systematisch gelehrt werden, wenn eine starke Analytik auf den Hochschulen etabliert ist.

### 4. Ausblick und Empfehlungen

Die analytische Chemie ist ein wichtiger Faktor für die Wirtschaft, das öffentliche Leben und die Gesetzgebung. Die Einhaltung von internationalen Vereinbarungen oder von Gesetzen wird durch Kontrollanalytik überwacht. Die analytische Chemie ist in alle Bereiche der Naturwissenschaften, Medizin und Technologie eingedrungen. Sie gewährleistet Produkt- und Umweltqualität, steuert Prozesse. Nicht zuletzt ist sie in der Forschung und Entwicklung Gradmesser und gleichzeitig Ansporn für Innovation.

Die analytische Chemie wird ein Opfer des eigenen Erfolgs! Die Revolutionierung der instrumentellen Messtechnik mit Vereinfachung des Messvorgangs und die vergrößerte Zahl der Studienabgänger in den Naturwissenschaften haben eine Datenflut ermöglicht, ohne grosse Anstrengungen für eine zusätzliche oder vertiefte Analytik-Ausbildung zu fordern. Eine Folge davon sind Mängel bei der kritischen Beurteilung und Auswertung von Daten sowie widersprüchliche Interpretationen. Zur Behebung des Missbehagens werden weitere Daten generiert. Ein wahrer Teufelskreis.

Gefragt sind also nicht Zahlenberge, sondern eine effizientere Analytik, die mit weniger Einzeldaten mehr aussagt und verständlich und korrekt interpretiert. Von vielen dieser Daten hängen Lebensqualität, Gesundheit und wirtschaftliches Wohlergehen ab. Es fragt sich aber, ob von allen Fachleuten ein hippokratischer Eid für ihre Daten gefordert werden könnte.

### 5. Schlussfolgerung

Die heutige Situation ist nicht befriedigend. Der Ausbildungsstand in der analytischen Chemie entspricht weder den Fortschritten der Technik, noch den Ansprüchen der Öffentlichkeit. Die analytische Ausbildung der Chemiker und Naturwissenschaftler in Schweizer Hochschulen ist revisionsbedürftig und muss ausgebaut werden. Bei der ausserordentlichen Bedeutung der analytischen Chemie für Volkswirtschaft und Wissenschaft sind chemische Hochschulinstitute ohne analytische Lehrstühle nicht tragbar. Die Ver-

antwortlichen in der Bildungspolitik und in den Hochschulen sind aufgefordert, rasch Korrekturmassnahmen zu ergreifen! Die bundesrätliche Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie in den Jahren 2000–2003 (und darüber hinaus) bietet Anlass und finanziellen Anreiz, die aufgezeigten Massnahmen in allen Hochschulen umzusetzen.

Eingegangen am 30. April 1999