

# Bulletin

## Editorial

### A propos...

Richard R. Ernst

---

## Das Internationale Jahr der Chemie L'Année Internationale de la Chimie

### Avant-propos

Christian Bochet

### Naturwissenschaften!

#### Warum überhaupt? Warum nicht?

Martin Quack

### La liaison chimique, entre chimie, physique et épistémologie

Jan Lacki

### L'origine du mythe de la transmutation des métaux

Maurice Cosandey

### Auf Rekordsuche in der Welt der Chemie

Sonja Eckhardt und Miriam Lauz

### Chemie und Energie

Gion Calzaferri

### Nature-Copy-Chemistry-Paste

Andreas Zumbühl

---

## Rechte der Dozierenden

Aus der Verbandsarbeit

### Hochschulen und Gymnasien –

#### gemeinsame Gedanken über die Zukunft des Gymnasiums

Ein Tagungsbericht

### Studien- und Lebensbedingungen an den Schweizer Hochschulen

Laurence Boegli und Sarah Gerhard

### Jahresberichte der Hochschulen / Rapports annuels des Hautes Ecoles

---

## Stellenangebote



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Professor in Experimental Systems Biology or Synthetic Biology

ETH Zurich invites applications for a position in Systems Biology or Synthetic Biology at the Department of Biosystems Science and Engineering in Basel ([www.bsse.ethz.ch](http://www.bsse.ethz.ch)). Research areas of interest include, but are not limited to quantitative analyses of cell signaling pathways to predict the intracellular physiological and structural consequences, analyses of gene networks involved in distinct cellular functions and communication between cells, design and application of novel theory-based synthetic approaches to perturb biological systems in order to uncover basic network principles or to produce new cellular functions or components.

The D-BSSE of ETH Zurich is located in Basel, in the heart of the BioValley providing excellent opportunities for collaboration within this strong life science research community at the academic, clinical and pharmaceutical industry level. SystemsX.ch ([www.systemsx.ch](http://www.systemsx.ch)), the Swiss initiative in systems biology, offers a dynamic and interactive research environment.

The educational goal of the D-BSSE is interdisciplinary science and engineering. The new colleague will contribute to the ongoing study programs of the department including the curriculum in biotechnology. Teaching responsibilities include courses in quantitative cell biology, analytical systems biology and principles of synthetic biology. He or she will be expected to teach undergraduate level courses (German or English) and graduate level courses (English).

This position will be filled at the full professor level. Please address your application together with a curriculum vitae, a list of publications and a statement on future teaching and research activities **to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Ralph Eichler no later than April 30, 2011**. With a view toward increasing the number of female professors, ETH Zurich specifically encourages female candidates to apply.

Please apply online at: [www.facultyaffairs.ethz.ch](http://www.facultyaffairs.ethz.ch)



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Assistant Professor (Tenure Track) of Materials Science for Sustainable Construction

The Department of Materials of ETH Zurich ([www.mat.ethz.ch](http://www.mat.ethz.ch)) invites applications for an assistant professorship in the area of materials science for sustainable construction, with special focus on interfaces, resilience, and durability.

The successful candidate will hold a PhD degree, preferably in Materials Science, Physics, or Chemistry, and has had several years of experience (possibly also obtained in industry) involving basic research in the area of long-term use of materials and their resulting property changes. The professor will be expected to establish close collaborative relationships (both theoretical and experimental) with other members of the Department of Materials as well as with members of the Departments of Architecture, Chemistry, Civil Engineering, or Physics. He or she will be expected to teach Materials Science students at both undergraduate level (in German or English) and graduate level (in English), and to give special courses for other disciplines.

Assistant professorships were established to promote the careers of younger scientists. The initial appointment is for four years, with the possibility of renewal for an additional two-year period and promotion to a permanent position.

Please apply online at [www.facultyaffairs.ethz.ch](http://www.facultyaffairs.ethz.ch). Your application should include your curriculum vitae, a list of publications, and a statement of your research and teaching interests. The letter of application should be addressed **to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Ralph Eichler**. The closing date for applications is **May 31, 2011**. With a view towards increasing the number of female professors, ETH Zurich specifically encourages qualified female candidates to apply.

## Inhaltsverzeichnis – Table des matières

<b>Editorial</b>	2
<b>A propos...</b>	3
Richard R. Ernst	

### **Das Internationale Jahr der Chemie L'Année Internationale de la Chimie**

<b>Avant-propos</b>	6
Christian Bochet	
<b>Naturwissenschaften!</b>	
<b>Warum überhaupt? Warum nicht?</b>	7
Martin Quack	
<b>La liaison chimique, entre chimie, physique et épistémologie</b>	15
Jan Lacki	
<b>L'origine du mythe de la transmutation des métaux</b>	24
Maurice Cosandey	
<b>Auf Rekordsuche in der Welt der Chemie</b>	26
Sonja Eckhardt und Miriam Lauz	
<b>Chemie und Energie</b>	30
Gion Calzaferri	
<b>Nature-Copy-Chemistry-Paste</b>	33
Andreas Zumbühl	

<b>Rechte der Dozierenden</b>	38
Aus der Verbandsarbeit	
<b>Hochschulen und Gymnasien – gemeinsame Gedanken über die Zukunft des Gymnasiums</b>	40
Ein Tagungsbericht	
<b>Studien- und Lebensbedingungen an den Schweizer Hochschulen</b>	44
Laurence Boegli und Sarah Gerhard	
<b>Jahresberichte der Hochschulen / Rapports annuels des Hautes Ecoles</b>	47

<b>Stellenangebote</b>	ii, iii
------------------------	---------

## Editorial



Das vorliegende Heft ist in seinem thematischen Teil dem von der UNESCO beschlossenen Internationalen Jahr der Chemie gewidmet. Richard Ernst (S. 3) äussert sich in diesem Zusammenhang zur Verantwortung der Chemikerinnen und Chemiker. Unser Präsident, Prof. Christian Bochet, selbst Chemiker, hat den thematischen Teil als Gast-Redaktor (ab S. 6) gestaltet, wofür ihm grosser Dank gebührt.

Nach vielen Jahren erscheint unser Bulletin ab 2011 in einem leicht verjüngten Gewand. Eine gewisse Modernisierung des Erscheinungsbildes schien angebracht, und wir hoffen auf positive Aufnahme. Gern würden wir noch weiter gehen, z.B. auch Farbe im Innern verwenden, aber dafür ist unser Budget zu begrenzt. Ohne die Unterstützung der SAGW, für die wir sehr dankbar sind, müssten wir schon bald die jeweils eintreffenden Mitgliederbeiträge vollständig für das Bulletin einsetzen. Mit heute noch ca. 400 zahlenden Mitgliedern und ca. 200 beitragsfreien Mitgliedern auf Lebenszeit (von denen uns viele durch freiwillige Zuwendungen unterstützen – auch dafür sei gedankt) sind wir als Verband der Dozierenden der zwölf universitären Hochschulen der Schweiz viel zu klein, um den sehr breit gefächerten Erwartungen nicht nur der Mitglieder, sondern auch der Öffentlichkeit gerecht zu werden. Verstärkung tut Not, denn Aufgaben gibt es in Hülle und Fülle. Für unsere Mitglieder liegt deshalb ein Werbeprospekt bei (neben der für Nr. 1 üblichen Beitragsrechnung).

Obwohl Hochschuldozierende sich kaum für strikt gewerkschaftlich orientierte Organisationen engagieren dürften, braucht es doch eine gewisse gesamtschweizerische Zusammenarbeit, wenn es um unseren Beruf geht. Es genügt nicht, in nachbarschaftlicher Runde oder durch gelegentliche Leserbriefe zu protestieren, wenn einzelne unerfreuliche Zwischenfälle von den Medien zum Anlass genommen werden, Hochschuldozierende und ganze Hochschulen zu diffamieren, wenn über uns nur im Zusammenhang mit (manchmal auch nur vermuteten oder unterstellten) Skandalen berichtet oder gesprochen wird. Wir sind aber selbst dafür verantwortlich, wenn wir der Öffentlichkeit kein klareres Bild vermitteln (vorausgesetzt, dass wir auch intern für die Aufrechterhaltung der akademischen Werte und Würde sorgen).

Wir sind auch selbst verantwortlich, wenn Behörden und Politik uns nicht als eigenständigen (wenn auch manchmal eigenwilligen) tragenden Bestandteil der Hochschulen wahrnehmen. Die Gemeinschaft der Lehrenden und Lernenden würde z.B. im neuen Hochschulförderungs- und Koordinationsgesetz (HFKG), das gerade vom Nationalrat als Zweitkammer beraten wird, empfindlich gestört, wenn, wie im ursprünglichen Entwurf vorgesehen, die Studierenden im Hochschulrat und im Akkreditierungsorgan vertreten wären, die Dozierenden aber nicht. Der Gesetzentwurf geht generell von stark obrigkeitlich geprägten Ideen aus und impliziert, dass die Dozierenden als Bedienstete der Hochschulen durch ihre Leitungsorgane vertreten seien. Dass aber Lehre und Forschung durch Anordnung von oben weder gedeihen noch in ihrer Freiheit dauerhaft behindert werden können, lehrt die Erfahrung der Geschichte, aber eben auch die Einsicht, wenn sie vermittelt wird: Gemeinsam mit den Verbänden der Dozierenden der Fachhochschulen und der Pädagogischen Hochschulen ist es uns gelungen, dass der Ständerat eine Vertretung der Dozierenden im Hochschulrat (nur dort) beschlossen hat – leider ohne uns direkt angehört zu haben oder unsere politische Argumentationsbasis nachvollzogen zu haben. Damit ist ein Anfang gemacht, aber noch nicht viel gewonnen (siehe Seite 38).

Unsere direkten Gespräche mit Lehrenden an den Gymnasien, mit denen wir im Herbst 2010 zu einer ersten gesamtschweizerischen Tagung zusammentrafen, mögen hier als Beispiel für eigenständige konstruktive Leistungen stehen. Der auf S. 40 wiedergegebene Bericht erfreut sich eines sehr positiven Echos.

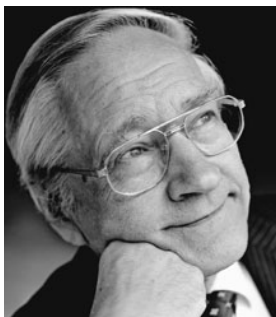
Diese Ausgabe enthält ferner einen zusammenfassenden Bericht aus dem Bundesamt für Statistik über die wirtschaftlichen Verhältnisse der Studierenden (2009), und schliesslich haben acht Hochschulen ihre Kurzberichte über das Jahr 2010 eingesandt (siehe dort für weitere Kommentare zur Zusammenarbeit mit den Hochschulleitungen).

Mit den besten Wünschen  
Ihr Gernot Kostorz

## A propos...

### Gedanken zur Verantwortung von Chemikerinnen und Chemikern in der heutigen Zeit

Richard R. Ernst\*



Was wäre unsere Welt ohne Chemie? – Natürlich ist dies eine rhetorische Frage, denn chemische Prozesse sind es ja, die unsere Welt in allen ihren Eigenheiten und Facetten ausmachen. Von den Erscheinungsformen «toter» Materie bis zu den vielfältigen Lebensprozessen, alles ist Ausdruck von chemischen Prinzipien. Eine Natur ohne Chemie ist schlicht undenkbar und nicht existenzfähig. Dazu kommen noch chemische Prozesse, welche durch menschliche Akteure bewusst ausgelöst wurden. Diese Akteure – wir nennen sie «Chemikerinnen» und «Chemiker» – sind heute unentbehrlich zur Gewährleistung unserer Lebensgrundlagen wie auch für unsere nützlichen und teilweise schädlichen Luxusgüter. – In der Tat, eine zivilisierte Welt ist ohne aktive Chemikerinnen und Chemiker ebenso unvorstellbar wie die Existenz einer Natur ohne die grundlegenden Prinzipien der Chemie.

Und trotzdem sind an dieser Stelle auch kritische Gedanken und Bemerkungen am Platz. Kein Zweifel, wir Menschen leben heute in einer sensitiven Zeit. Unsere gegenwärtigen Handlungen beeinflussen mehr denn je die globale Zukunft. Die natürlichen Ressourcen sind endlich im Sinn der «Grenzen des Wachstums». Wir haben es in der Hand, ob unsere Kinder und Kindeskinde ein mehrheitlich glückliches, sorgenfreies Leben führen können oder ob sie von zunehmenden Alltagsorgen und düsteren Zukunftsaussichten erdrückt werden.

Nein, wir Chemiker können nicht alleine verantwortlich gemacht werden für die steigende Umweltbelastung, die globale Erwärmung und das Plündern natürlicher Ressourcen. In den höchsten Regierungsämtern hat es kaum professionelle Chemiker. Und auch in den Chef-Etagen von Chemie-Unternehmen

findet man je länger je weniger Chemiker. Kommerz und Parteipolitik prägen unsere Öffentlichkeit. Da schaut man gerne über hinderliche naturwissenschaftliche Fakten hinweg, falls diese die kurzfristige finanzielle Bilanz negativ beeinflussen könnten.

Oft fühlen wir uns zu einer naturwissenschaftlichen Vogel-Strauss-Politik verdammt, denn unsere geopolitischen Nachbarn scheinen uns durch ihr Verhalten dazu zu zwingen. Wer nimmt nicht eine Umweltsünde in Kauf, wenn es scheinbar ums blosse Überleben in einer kompetitiven lokalen und internationalen Gesellschaft geht? Was unserer Konkurrenz recht ist, das ist uns billig! Weshalb sollen wir unseren Treibstoffverbrauch einschränken, wenn es unsere Nachbarn sind, die mit ihrem Sports Utility Vehicle die Umgebung sinnlos verpesten?

Dass recht wenige Chemiker ein politisches Amt tragen, gibt uns eine besondere Verantwortung, kritisch vorausschauend zu denken und zu handeln. Im Gegensatz zu Kommerz und Politik, wo oft Opportunität vorherrscht, gibt es in Lehre und Forschung keine Einschränkungen zur Offenlegung von unangenehmen Tatsachen und von fundierten persönlichen Überzeugungen. In der Tat werden Lehrer und insbesondere Hochschullehrer dafür bezahlt, «objektive Wahrheiten», soweit diese bekannt sind, zu vertreten und zu verbreiten. Entsprechend lautstark müssen wir unserem chemischen Wissen und

\* ETH Zürich, Laboratorium für Physikalische Chemie, Wolfgang-Pauli-Strasse 10, 8093 Zürich.

E-mail: [richard.ernst@nmr.phys.chem.ethz.ch](mailto:richard.ernst@nmr.phys.chem.ethz.ch)

**Richard R. Ernst**, Dr. sc. nat., o. Professor (em.) für Physikalische Chemie, ist in Winterthur aufgewachsen. Er hat sein Chemiestudium an der ETH 1956 mit dem Diplom als Ingenieur-Chemiker und 1962 mit einem Doktorat in NMR (*nuclear magnetic resonance* = *Kernspinresonanz*)-Spektroskopie abgeschlossen. Von 1963–1968 wirkte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Firma Varian in Palo Alto, Kalifornien. Anschliessend war er wieder an der ETH Zürich tätig, wo er 1970 Assistenzprofessor, 1976 ordentlicher Professor und 1998 pensioniert wurde. Er beschäftigte sich beruflich vor allem mit der Entwicklung von NMR-spektroskopischen Methoden, wofür er zahlreiche Ehrungen, inklusive 1991 den Nobelpreis für Chemie, erhielt. Daneben interessieren ihn Fragen der gesellschaftlichen Verantwortung von Wissenschaftlern sowie zentralasiatische Kunst und Kultur.

unserer Überzeugung in der Lehre und der Öffentlichkeit Ausdruck verleihen. Dazu bietet das «Jahr der Chemie» einzigartige Chancen. Nutzen wir sie!

Chemie muss im Zusammenhang gesehen werden. Chemie ist alles oder nichts! Sie bildet einen wesentlichen Teil des Fundamentes des Baumes der Erkenntnis der Naturwissenschaft. Ohne Chemie ist kein Baum lebensfähig, nicht einmal der Baum der Erkenntnis! – Da bäumt sich in einem das Entsetzen ob der Ignoranz von kantonalen Politikern und Schulleitung, wenn in einer technisch orientierten Fachhochschule die Chemie als Disziplin ganz einfach gestrichen wird. Eigentlich sollte man den verantwortlichen Personen auch in ihrer Nahrung alles «Chemische» entziehen!

Aber vielleicht ist unser Chemie-Unterricht ebenfalls korrekturbedürftig. Vielleicht haben wir die Zusammenhänge mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen und mit den relevanten Lebensbereichen zu wenig herausgearbeitet. Da sind zunächst unsere direkten Nachbarn, oft auch scheinbar Konkurrenten, die Physik auf der einen Seite und die Biologie auf der anderen. Die Physik kann für sich in Anspruch nehmen, grundlegende Zusammenhänge zu verstehen, ohne sich um alle Details kümmern zu müssen. Eine gewisse Überheblichkeit schwingt dabei wohl mit, denn was wären die physikalischen Gesetze ohne deren chemische Anwendung? Was wäre die schöne Halbleiterphysik ohne die Chemie der Halbleiter?

Auf der anderen Seite sind die Beziehungen zur Biologie, insbesondere zur Molekularbiologie, zu bedenken. Hier kann disziplinäre Überheblichkeit auch den Chemikern angelastet werden. Natürlich ist Molekularbiologie «nur» angewandte, hochkomplexe Chemie; aber trotzdem ist oft ein spezifisch biologischer Ansatz ertragreicher als eine strikte Reduktion auf chemische Prozesse in chemischer Denk- und Sprechweise. Hier Brücken zu schlagen zwischen verwandten Gebieten ist essentiell zur angemessenen Einbettung der Chemie als Disziplin in den Baum der Erkenntnis.

Wir Chemiker glauben, die langfristigen Zusammenhänge in unserer Welt auf Grund von physikalisch-chemischen, thermodynamischen Gesetzen besser als andere verstehen zu können. Wir kennen die Bedeutung des zweiten Hauptsatzes von Rudolf Clausius: «In einem geschlossenen System kann die Entropie nicht geringer werden.» In einem geschlossenen System ist Arbeitsleistung stets mit irreversiblen Prozessen und Veränderungen verbunden. Ein geschlossenes System, wie es die isolierte Erde wäre,

unterliegt einem irreversiblen Alterungsprozess und wird «verbraucht». Nur durch die Offenheit des Erdsystems gegenüber Sonneneinstrahlung kann die Erde längerfristig bewohnbar erhalten werden. Deshalb ist Sonnenenergie die einzige Hoffnung für ein langfristiges Überleben der Menschheit. Natürlich bilden auch fossile Brennstoffe «gespeicherte Sonnenenergie». Doch die Zeitmassstäbe deren Speicherung sind inkommensurabel mit der Existenzdauer einer hochentwickelten menschlichen Gesellschaft. Kurz: Ohne aktive Bewirtschaftung von Sonnenenergie ist unsere Nachkommenschaft wohl früher oder später dem Untergang geweiht!

Die Notwendigkeit des Brückenschlagens geht weiter. Ohne ein grundlegendes soziales und philosophisch-ethisches Verständnis unserer menschlichen Aktivitäten können wir keine Hochschulabsolventen mit gutem Gewissen ins praktische Leben entlassen. Technisch-wissenschaftliches Fachwissen ohne gesellschaftliche Verankerung, ohne Verantwortung, kann auch negative Folgen haben. Sie mögen einwenden, dass Ethik und Soziologie nun wirklich nicht in eine chemische Fachausbildung gehören, wohl aber Verantwortung und Sicherheit am Arbeitsplatz! Doch da bin ich anderer Meinung! Wo sollte eine angehende Chemikerin ihre oder ein Chemiker seine gesellschaftliche Verantwortung entwickeln können? Wohl kaum in einer langweiligen abstrakten Freifach-Vorlesung in formaler Ethik! Ethik erhält ihren Sinn erst durch ihre Anwendung. Es ist doch so einfach, gelegentlich einige ethische oder sozial relevante Gedanken in eine naturwissenschaftliche Fachvorlesung im Zusammenhang einfließen zu lassen. Dies benötigt kaum kostbare Zeit; solche Bemerkungen lassen sich so ganz nebenbei machen. Aber sie erfordern, dass sich die Lehrpersonen vorgängig aktiv mit diesen Gedankenkreisen beschäftigt haben. Wir wissen es aus Erfahrung: Unvergessliche Lehrer sind mehr als nur brillante Fachdozenten. Die Einmaligkeit einer Lehrperson beruht vor allem auf ihrer Persönlichkeit, welche als Vorbild, als Rollenmodell wirkt, deren fundierte innere ethische Überzeugung der Studierende spontan spürt.

Dass Wissenschaftler oft nicht in der Lage sind, ihre Arbeit und ihre Problemstellungen einer breiteren Öffentlichkeit verständlich zu machen, hängt damit zusammen, dass viele Wissenschaftler selbst nicht über den Zaun zu blicken vermögen und ganz in ihren fachspezifischen Gedankenverirrungen verstrickt sind. Eine Pflicht, während dem Studium mehrmals vor einer breiteren Öffentlichkeit vorzutragen zu müssen, könnte dabei heilsam wirken. Dies ist ein Teil der so dringend notwendigen Sprengung

des beengenden Elfenbeinturms der akademischen Gemeinschaft. Bei solchen Gelegenheiten gilt wie so oft bei einer Lehrtätigkeit, dass der Vortragende mehr lernt als die Zuhörer!

Ich bin überzeugt, dass das Fehlen von Wissenschaftlern oder spezifisch Chemikern in politischen Ämtern und in den Chefetagen von Firmen mit der heute üblichen einseitigen, fachspezifischen Ausbildung von Akademikern zu tun hat. Würden sozialpolitische, wirtschaftliche, ethische und weltanschauliche Fragen vermehrt in wissenschaftlichen Lehrveranstaltungen, Seminarien, Vorträgen oder Kaffeepausen diskutiert, so wäre es für Absolventen eher vorstellbar, auch fachfremde Tätigkeiten in Politik und kommerzielle Leitungsfunktionen für ihre persönliche Zukunft zu erwägen.

Sind wir uns doch bewusst, dass bei weitem nicht alle Chemiestudierenden später als wissenschaftliche Chemiker arbeiten werden. Das Studium sollte deshalb der allgemeinen Persönlichkeitsbildung dienen, unabhängig von der späteren Berufstätigkeit. In diesem Sinn bietet das Studium einzigartige Gelegenheiten, Ideen und Ideale in unserer angehenden Elite zu verankern, welche für Staat und Gesellschaft von grösster Bedeutung werden können. Versuchen wir doch insbesondere die heutige so verhängnisvolle Tendenz zu einem monetären Egoismus zu brechen! Wir sollten uns auch bewusst sein, dass viele angehende Studierende voll idealistischem Enthusiasmus ihr Studium beginnen, doch dann immer

mehr zu den ich-bezogenen Egoisten werden, deren einziges Ziel die Maximierung des Einkommens ist, so wie es uns von zahlreichen Bankern in unverantwortlicher Weise vorgelebt wird. Dabei wird noch immer gerne auf die moralisch-ethisch destruktiven Leitsätze von Adam Smith zurückgegriffen, welche Egoismus als einzige Motivierung gelten lassen und behaupten, dass diese der Gesellschaft mehr als alles andere nützt.

Versuchen wir doch dieser verhängnisvollen materialistischen Geisteshaltung eine positivere gegenüberzustellen, wo das kurz- und längerfristige Gemeinwohl als Ziel im Vordergrund steht. Eine solche weitsichtige Geisteshaltung wäre auch der Chemie wohl angepasst. Wenn wir uns schon bewusst sind, dass alle unsere Taten langfristige Wirkungen haben, welche im wahrsten Sinn irreversibel sind, so ergibt sich daraus eine langfristige Verantwortlichkeit, deren wir uns als Wissenschaftler und als Staatsbürger nicht zu entziehen vermögen. Halten wir uns doch an die Maxime des Philosophen Hans Jonas: «Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlungen verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.» (*Hans Jonas, Das Prinzip Verantwortung, Versuch einer Ethik für das technologische Zeitalter, Suhrkamp Taschenbuch 1085, 1984*). Wenn wir nicht unseren übermässigen Verbrauch an globalen Ressourcen mässigen, so verletzen wir die Prinzipien der langfristigen Nachhaltigkeit und den «Imperativ der Verantwortung». ■

## Avant-propos

Christian Bochet\*



L'année 2011 est une année particulièrement intense dans le monde de la chimie. Elle correspond en effet au 100<sup>ème</sup> anniversaire de l'attribution du prix Nobel à Marie Curie, et a été baptisée par l'UNESCO comme Année Internationale de la Chimie (IYC-2011), avec comme devise « Chemistry – our life, our future ». La chimie est l'étude de la transformation de la matière, qu'elle soit organique ou minérale, qu'elle soit spontanée ou provoquée. Ainsi la réputation quelque fois sulfureuse de cette science est injustifiée; nous n'avons pas à l'aimer ou la haïr: nous *sommes* la chimie et le destin de la matière qui nous entoure représente notre futur. Par contre, les acteurs de la scène chimique, les chimistes, portent sur leurs épaules une certaine responsabilité: La connaissance des mécanismes chimiques doit-elle se transformer en leur exploitation aveugle? L'enseignement de la chimie devrait-il n'être qu'un enjeu technique ou un enjeu de société? Richard Ernst nous fait part de son point de vue dans son « A propos » de ce numéro thématique du *Bulletin*. Une analyse du désir de savoir – et de son utilité – est approfondie par Martin Quack, d'ailleurs non seulement dans le cadre de la chimie, mais des Sciences en général, dont la fragmentation

canonique en diverses disciplines pourrait être remise en question. Du point de vue de sa compréhension, la chimie a connu un tournant au 19<sup>ème</sup> siècle, passant d'une approche macroscopique à microscopique. L'existence des atomes, jusqu'alors déduite par des considérations philosophiques a été démontrée, et leur insécabilité remise en question par l'observation de particules plus petites. Ce tournant est très bien illustré par les articles de Maurice Cosandey sur certains mythes de l'alchimie et de Jan Lacki, qui analyse le changement de paradigme résultant des travaux de Lavoisier, Planck et Schrödinger. L'observation du monde et de ses constituants révèle des extrêmes étonnants, comme Miriam Lauz et Sonja Eckhardt nous le font découvrir. Au-delà de la simple étude de la matière, la chimie est non seulement capable de créer des objets ou des matériaux inédits, mais également de convertir le rayonnement solaire en cette énergie qui commence à nous faire défaut pour maintenir le style de vie que notre civilisation a adopté, comme le montrent les articles d'Andreas Zumbühl et de Gion Calzaferri. Effectivement, le slogan de l'UNESCO « Chemistry – our life, our future » est judicieusement choisi! ■

\* Université de Fribourg, Département de chimie,  
Chemin du musée 9, 1700 Fribourg.

E-mail: [christian.bochet@unifr.ch](mailto:christian.bochet@unifr.ch)

**Christian Bochet**, Dr. sc. nat., est professeur ordinaire de chimie organique à l'Université de Fribourg depuis 2006, et actuellement Président de la VSH-AEU. Il a également présidé le corps professoral de l'Université de Fribourg de 2009 à 2011.



## Naturwissenschaften!

### Warum überhaupt? Warum nicht? <sup>◇</sup>

Martin Quack\*

#### 1. Einleitung

Motto: «Ein Chemiker, der kein Physiker ist, ist gar nichts.» Robert Wilhelm Bunsen

Das internationale Jahr der Chemie hat zum Ziel, unsere Aufmerksamkeit während eines Jahres auf diese Wissenschaft zu konzentrieren. Der vorliegende Essay möchte allerdings den Blick etwas erweitern und die Chemie als Teil der gesamten Naturwissenschaften betrachten. Gerade für den Physikochemiker erscheint eine solche Einbettung natürlich und das Zitat am Anfang dieses Abschnittes, das dem Chemiker (oder Physikochemiker?) Robert Wilhelm Bunsen zugeschrieben wird, der in diesem Jahr seinen 200. Geburtstag feiern würde, weist hierauf hin (Quack 2011). Vielleicht ist noch ein weiteres Zitat dieses Naturwissenschaftlers in diesem Zusammenhang passend: «In meiner Zeit studierte man Naturwissenschaften und nicht, wie es heute so häufig geschieht, nur eine derselben.»

Tatsächlich gibt es an der ETH Zürich eine Studienrichtung «Interdisziplinäre Naturwissenschaften», die ein Studium über die engeren Fachgrenzen der einzelnen Disziplinen Physik, Chemie, Biologie hinaus erlaubt, mit einer Ausbildung im Grundstudium, die einem Doppelstudium etwa Physik und Chemie oder Chemie und Biologie nahe kommt. Bei den späteren Spezialisierungen stehen oft die Nahtstellen zwischen den Fachdisziplinen im Vordergrund. Das Studium der Interdisziplinären Naturwissenschaften fördert das Verständnis der Komplexität der modernen Wissenschaften und der Welt durch grenzüberschreitendes Wissen, das in den einzelnen Fachdisziplinen nur ungenügend vermittelt wird.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über das Studienkonzept der interdisziplinären Naturwissenschaften. Das Studium richtet sich an eine eher kleine, ausgewählte Gruppe von Studierenden. Zur Zeit sind in diesem Studiengang an der ETH gesamthaft etwa 180 Studierende einschliesslich Doktoratsstudium eingeschrieben. Das Studienkonzept ist aber von allgemeinem Interesse für naturwissenschaftliche Studien. Es ist ein besonderes Angebot der ETH Zürich, das anderwärts kaum zu finden ist.

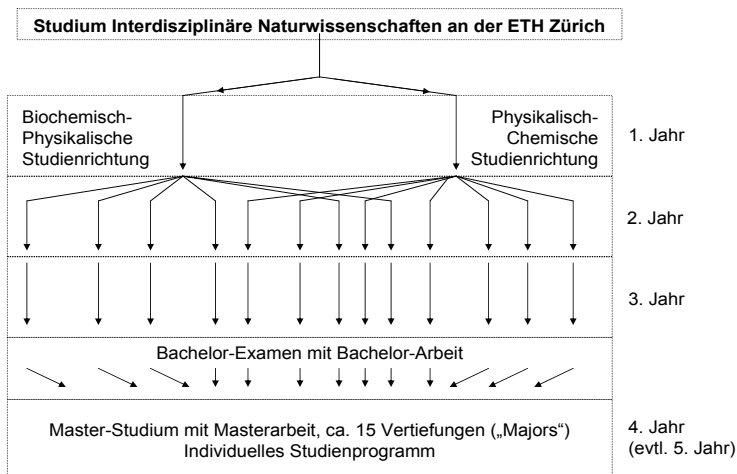


Abb.1 Das Studienkonzept des Studiums der Interdisziplinären Naturwissenschaften an der ETH Zürich.

Im 1. Studienjahr, dem «Basisjahr» wählen die Studierenden zwischen der biochemisch-physikalischen und der physikalisch-chemischen Studienrichtung, die beide für jeweils ein Jahr ein relativ genau festgelegtes Studienprogramm mit nur geringen Wahlmöglichkeiten innerhalb der Studienrichtungen besitzen. Dies soll den Studienbeginn erleichtern. Ab dem 2. Studienjahr können die Studierenden sich ein breitgefächertes Studienprogramm innerhalb von teils ausformulierten Fächerpaketen zusammenstellen, das individuell ergänzt werden kann. Die Wahlmöglichkeiten reichen dabei von starker biologischer Ausrichtung über mehr physikalisch-chemische Ausrichtung bis hin zur theoretischen Physik und Hochenergiephysik, wobei stets eine fachübergreifende Komponente im Studienprogramm enthalten ist. Die anfänglich gewählte Richtung legt die definitive Ausrichtung noch nicht fest. Beide Studienrichtungen konvergieren im Masterstudienprogramm, wobei forschungsorientierte Vertiefungen mit ca. 15 verschiedenen «Majors», die von «Chemie und Physik» über «Biophysikalische Chemie und Organische Chemie» oder «Analytische Chemie und Physikalische Chemie» bis «Biologie und Chemie» reichen, um nur einige Beispiele zu nennen.

\* ETH Zürich, Laboratorium für Physikalische Chemie, Wolfgang-Pauli-Strasse 10, 8093 Zürich.

E-mail: [Martin@Quack.ch](mailto:Martin@Quack.ch)

**Martin Quack**, Dr es sces techn, ist Professor für Physikalische Chemie an der ETH Zürich. Er studierte in Darmstadt, Grenoble und Göttingen, und promovierte 1975 mit einer Arbeit über Reaktionskinetik bei Jürgen Troe an der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. 1976/77 war er als Max Kade Fellow bei William H. Miller an der University of California at Berkeley; 1978 habilitierte er sich in Göttingen für Physikalische Chemie mit einer Arbeit über IR-Vielphotonenanregung und Laserchemie. Er war Privatdozent und später Professor (C2) an der Universität Göttingen bis 1982. 1982/83 war er als Professor (C4) an der Universität Bonn, und seit 1983 ist er Ordinarius an der ETH Zürich. Für seine Arbeiten zur molekularen Kinetik, Spektroskopie und Symmetrien der Natur sowie ihren Verletzungen erhielt er zahlreiche Auszeichnungen. Die Universität Göttingen verlieh ihm 2009 die Würde eines Dr. rer. nat. honoris causa. Er ist seit 2002 Mitglied des Nationalen Forschungsrates des Schweizerischen Nationalfonds, seit 2011 erster Vorsitzender der Deutschen Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie sowie Mitglied des Vorstandes der Division chemische Forschung der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft.

<sup>◇</sup> Essay, nach einer Doktoratsfeierrede 2004 als Studiendelegierter für Interdisziplinäre Naturwissenschaften an der ETH Zürich

In einer Doktoratsfeierrede 2004 hatte der damalige Studiendelegierte für dieses Studium Gelegenheit, einige Grundgedanken zu einem solchen übergreifenden naturwissenschaftlichen Studium zu formulieren, die auch für andere Studierende der Naturwissenschaften oder anderer Bereiche der Hochschule von Interesse sind. Es geht insbesondere auch um Hintergründe, Motive und Ziele des naturwissenschaftlichen Studiums. Der vorliegende Essay fasst einige dieser Überlegungen in einer Form zusammen, die nahe an der ursprünglichen Redeform ist.

Da die früher existierende Publikationsform der «kleinen Schriften» der ETH, wo viele solcher Reden erschienen waren, im Jahre 2004 schon abgebrochen worden war, erschien der Essay erstmals 2007 in einer Festschrift, die allerdings geringe Verbreitung hatte (Quack 2007). Die Überlegungen zum Doktorat haben aber bleibende Aktualität und können auch bei einigen aktuellen Debatten über Sinn und Zweck des Doktorats hilfreich sein. So wurde im Anschluss an einen kürzlichen Plagiatskandal (allerdings im Bereich der Jurisprudenz) in der Tagespresse die Frage diskutiert, ob sich denn ein Doktoratsstudium mit Anfertigung einer umfangreichen wissenschaftlichen Dissertation generell überhaupt «auszahle» (etwa in Bezug auf die spätere Höhe des Einkommens), was verneint wurde. Hierbei wird übersehen, dass der primäre Sinn der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen einer Dissertation ja gerade nicht ein materieller Gewinn durch «Gehaltswachstum», ja nicht einmal der Erwerb des Titels mit dem schönen «Vornamenskürzel» Dr. ist (das wäre allenfalls eine sekundäre Motivation), sondern *Erkenntnisgewinn*. Unter diesem Blickwinkel ist etwa auch der Erwerb des Titels durch Plagiat oder Fälschung in sich widersinnig und vom Ansatz her zum Scheitern verurteilt, weil ja auf diese Weise keinerlei Erkenntnis gewonnen wird (ausser vielleicht Informationen über den Charakter des Fälschers oder Plagiators, was wissenschaftlich uninteressant ist).

In den Naturwissenschaften hat die Forschung im Rahmen einer Dissertation einen sehr hohen Wert, einerseits durch die erzielten Ergebnisse, andererseits aber auch durch die Ausbildung der jungen Forscherinnen und Forscher zur selbständigen wissenschaftlichen Arbeit, die von entscheidender Bedeutung für alle forschungsorientierten Berufe ist und gerade auch in der Chemie dazu führt, dass ein sehr hoher Prozentsatz der Studierenden eine Dissertation im Rahmen des Doktoratsstudiums anfertigt, das dann einen erheblichen Bruchteil der gesamten Studiendauer ausmacht und den wirklichen Studienabschluss für Chemiker (und etwas weniger aus-

geprägt andere Naturwissenschaftler) darstellt. Einige weitere Bemerkungen zum Doktoratsstudium aus der Wegleitung zum Studium der interdisziplinären Naturwissenschaften (Quack 2005) sind indirekt in die Doktoratsfeierrede eingeflossen, deren Abdruck nun folgt. Für diejenigen, die sich für weiterführende Literatur zu wissenschaftlichen Arbeiten im Zusammenhang mit den unten diskutierten Fragen interessieren, sei auf ein neues Handbuch verwiesen (Quack und Merkt, 2011).

## 2. Naturwissenschaften Warum überhaupt? Warum nicht?

Verehrter Herr Rektor, lieber Konrad,  
meine Damen und Herren,

liebe junge Kolleginnen und Kollegen

Wir feiern heute die Verleihung des Dokortitels, den Sie aufgrund einer grossen Leistung in langer, schwieriger Arbeit erhalten. Sie haben ein wissenschaftliches oder technisches Problem gelöst, das vorher ungelöst war, Sie haben durch Ihre Arbeit *neues Wissen* geschaffen. Hierzu beglückwünsche ich Sie von Herzen! Mein Glückwunsch geht auch an Ihre Eltern, Partnerinnen und Partner, die Sie in Ihrer Ausbildung und in einer Phase angestrebter Forschungsarbeit unterstützt und mitgetragen haben. Sie sind heute zu Recht eingeladen! Der Abschluss einer solchen Arbeit ist ein Zeitpunkt innezuhalten und nachzudenken, warum überhaupt man diese Mühen auf sich genommen hat – und in anderer Form vielleicht in Zukunft weiter auf sich nimmt.

Etwa zwei Drittel von Ihnen haben im Bereich eines mathematisch-naturwissenschaftlichen Themas, etwa ein Drittel mehr im Bereich der Ingenieurwissenschaften und Architektur gearbeitet. Mit meinem Thema will ich Sie aber heute alle ansprechen, da die Grenzen nicht scharf zu ziehen sind, nicht einmal die Grenze zu den Geisteswissenschaften.

*Naturwissenschaften  
Warum überhaupt? Warum nicht?*

Die Antworten auf die Fragen im Thema meines Vortrages wurden vor etwa zweieinhalb Jahrtausenden vom griechischen Naturphilosophen Demokrit gegeben, oder ihm wenigstens in den Mund gelegt.

βουλεται μαλλον μιαν ευρειν αιτιολογιαν η την  
Περσων οι βασιλειαν γενεσθαι

Eine freie Kurzübersetzung lautet:

Er will lieber eine einzige Grunderkenntnis finden als König der Perser werden.

Demokrit aus Abdera ca. 470 – 380 vor Christi Geburt (Mansfeld 1987)<sup>1</sup>

Damit ist vielleicht fast alles gesagt, was zu diesem Thema gesagt werden muss. Ich soll Sie aber etwa 20 Minuten unterhalten und deshalb werde ich Ihnen in meinem Vortrag noch eine ausführlichere Übersetzung mit einigen Anmerkungen geben. Sicher muss man den Begriff der Königsherrschaft über die Perser sinngemäss übertragen. Die letzte Königsherrschaft über die Perser wurde zu Zeiten des Schahs 1979 zerstört, aber zur Zeit des Demokrit waren die Könige der Perser Xerxes, Artaxerxes und Darius der Zweite die Sinnbilder höchster, gottähnlicher Macht und grenzenlosen Reichtums. Wenn man heute sagen würde «Präsident der USA» käme das am Nächsten – wäre aber nur ein schwacher Abglanz der Persischen Herrscher. Eine einzige, grosse oder vielleicht gar nicht so grosse Grunderkenntnis, vielleicht aus Ihrer Doktorarbeit ist nach Demokrit mehr wert als Macht und Reichtum der Weltherrscher. Naturwissenschaft warum? Die Antwort ist Erkenntnisgewinn. Warum Nicht? Die Antwort ist jedenfalls nicht Macht und Reichtum, so sagt es Demokrit.

Was aber meinen wir mit Naturwissenschaften und ihren Grunderkenntnissen? Hierzu werden wir nun noch kurz auf folgende Punkte eingehen:

1. Was sind die Naturwissenschaften?
2. Was sind subjektive Gründe für ihr Studium?
3. Was sind objektive Gründe für ihr Studium, was ist die Rolle der Naturwissenschaft für die Gesellschaft und die Menschheit?

<sup>1</sup> Eine wörtlichere Übersetzung wäre: Er will lieber eine einzige Ursachenkenntnis finden, als dass ihm die Königswürde (-herrschaft) der Perser zufile (werde). [Die Worte dieses Satzes sind interessant, da sie fast alle in der modernen Sprache als Fremdwörter vorkommen. *βουλομαι* (ich will) hängt mit *βουλημα*, der Wille und *βουλιμα*, der Heissunger, zusammen (wir kennen das Fremdwort Bulimie in diesem Zusammenhang), *μια* (« die Einzige») kommt im weiblichen Vornamen Mia vor, obwohl dieser auch als Kurzform von Maria aufgefasst wird, *ευρειν*, finden, kennt jeder vom «Heureka» des Archimedes, «ich hab's gefunden», *αιτιολογια*, Ursachen-, Grunderkenntnis findet sich in Aitiologie, der Lehre von den Ursachen der Krankheiten (im Lateinischen sagt man «*rerum cognoscere causas*»), der Eigenname Perser wird ungeändert gebraucht, *βασιλεια*, die Königswürde oder Königsherrschaft erkennen wir von der Basilika (der «Königshalle») und schliesslich *γενεσθαι*, werden, in «Genetik». Man muss also eigentlich kein griechisches Wort kennen, um den Sinn des Satzes wenigstens zu erraten und die griechischen Buchstaben lernt man in Naturwissenschaften und Mathematik notwendigerweise. Eine englische Kurzübersetzung findet sich in Quack, M. (2004c). Dieselbe Aussage findet sich sinngemäss auch in einer Rede von Cyril N. Hinshelwood (1947) über Erkenntnis als Wert: «And to this knowledge they (the scientists) attach an absolute value, that of truth and beauty. The vision of Nature yields the secret of power and wealth, and for this it may be sought by many. But it is revealed only to those who seek it for itself.»

4. Was ist die Beziehung zu den Geisteswissenschaften? – Gibt es Grenzüberschreitungen in den Grunderkenntnissen der Naturwissenschaften in Richtung der Geisteswissenschaften?
5. Und ganz am Schluss werden wir nochmals auf den Satz des Demokrit zurückkommen, mit den Fragen Warum? und Warum nicht?

### 3. Was sind Naturwissenschaften und warum studiert man sie?

Die ersten drei Punkte führen uns zu einer «klassischen» Formulierung unseres Vortragsthemas:

«Was sind und warum studiert man Naturwissenschaften?»

Schon allzu oft ist dies in ähnlicher Form Thema von akademischen Reden gewesen – wenn auch nicht von ETH-Promotionsfeiern, soweit ich nachprüfen konnte. Die Formulierung geht auf einen «Klassiker» zurück, Friedrich Schillers Antrittsrede als Professor der Philosophie in Jena im bemerkenswerten Jahr 1789 «Was heisst und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte?» Schiller ist hierzu wegen mangelhafter Grammatik angeschwärzt worden – aber er hatte ja auch dichterische Freiheiten. Sein Titel klingt besser als der grammatisch scheinbar gute!<sup>2</sup>

Also: Was sind die Naturwissenschaften?

Einfach gesagt sind dies Physik, Chemie, Biologie und mehr... Aber was sind diese? Einige von Ihnen kennen vielleicht noch den frechen Schülerspruch:

«Chemie ist, wenn es stinkt und kracht, Physik ist's, wenn die Sonne lacht und Bio, wenn man Kinder macht.»

Im Ernst und jenseits jeder Schulbuchdefinition, wo liegen denn die Grenzen zwischen diesen Gebieten der Naturwissenschaften? Eigentlich gibt es nur eine Naturwissenschaft, so wie es ein Weltmeer gibt. Es kann aber manchmal nützlich sein, ungefähre Abgrenzungen vorzunehmen, so wie bei den Ozeanen die Grenzen zwischen Atlantik, Pazifik und Indischem Ozean gezogen werden, völlig offen. Solche Grenzen nutzt man zur Abgrenzung und Organisation in Studium, Lehre und Forschung. Sie sind nicht ernst zu nehmen und wo immer nötig zu überschreiten. In Ihren Forschungen haben Sie das sicher oft getan und im Studium an der ETH kennen wir das besonders im Studiengang Interdisziplinäre Naturwissenschaften.

<sup>2</sup> «Was heisst und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte» (Eine akademische Antrittsrede bei Eröffnung seiner Vorlesungen) gehalten von Friedrich Schiller, Professor der Philosophie in Jena, zweite Auflage, Jena 1790, zitiert in Eigen, M. (1989) *Perspektiven der Wissenschaft*, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.

## Studium Interdisziplinäre Naturwissenschaften ETH Zürich

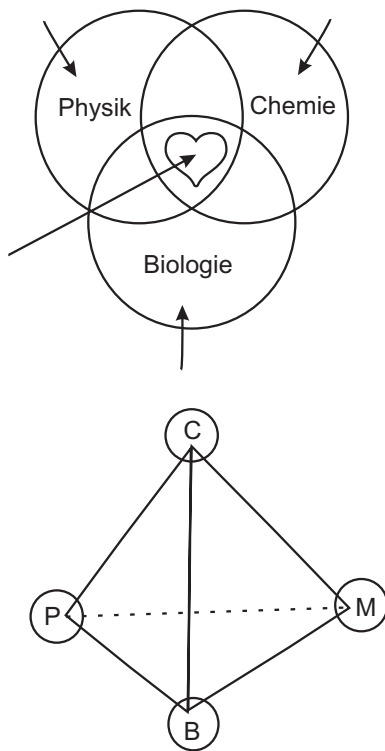


Abb. 2 Bild zum Konzept des Studienganges der interdisziplinären Naturwissenschaften. In der Ebene sind es drei Grundwissenschaften mit ihren Überschneidungen. Im Raume kann man das auf einen Tetraeder von vier Wissenschaften erweitern, wobei M für Medizin oder Mathematik stehen kann.

Hier werden Physik, Chemie und Biologie von Anfang an grenzüberschreitend studiert. Wenn Sie als Eltern noch weitere Kinder zum Studium an die ETH schicken wollen, dann sollten Sie hieran denken. Es ist ein sehr anspruchsvolles und wertvolles Studium der Naturwissenschaften.

Unsere Wissenschaft beschäftigt sich mit dem Verständnis der gesamten Natur und das ist eigentlich alles, was unsere Welt ausmacht, vielleicht mit Ausnahme des menschlichen Geistes, der ja der Gegenstand der Geisteswissenschaften sein soll.

Der Anspruch des gesamten Naturverständnisses ist auch in den frühen Titeln von Lehrbüchern der Naturphilosophie der Griechen niedergelegt «περι φύσεως πρώτων» («Das erste Buch der Natur» des Demokrit) oder περι φύσεως η περι του οντος («Über die Natur oder das, was ist»). Also letztlich geht es um unser Verständnis der Welt. Was sind aber die subjektiven und objektiven Gründe hierfür? Es scheint ja, dass Bakterien, Regenwürmer, Hühner und vielleicht auch manche Menschen ganz gut leben können ohne einen solchen Drang zum Verständnis. Bier und Fussball sind vielleicht genug. Warum versuchen es manche Menschen aber doch

auf den Wegen der Naturwissenschaften? Die erste Antwort ist die Freude an der Suche nach dem naturwissenschaftlichen Verständnis. *Wir haben Hunger nach Erkenntnis, so wie wir Hunger nach Nahrung haben.* So wie uns ein gutes Essen dann freut, so freut uns die Stillung unseres Hungers nach Verstehen, sie macht uns glücklich. In den Worten eines wunderschönen Gedichtes von Rose Ausländer finden wir das wieder (Ausländer 2002)

*Du bist  
unwiderstehlich  
Wahrheit  
Ich erkenne dich  
und nenne dich  
Glück*

Sie gibt damit auch Antwort auf die Frage des römischen Skeptikers Pilatus, der mit der göttlichen Wahrheit konfrontiert wird, und fragt: «τι εστιν αληθεια» Was ist Wahrheit?» In einer früheren Doktoratsrede vor 15 Jahren hat Jack Dunitz auf die Bedeutung dieser primären *subjektiven Motivation hingewiesen* (Dunitz 1990), es können viele sekundäre Gründe hinzukommen. Man will etwas Gutes für andere Menschen tun oder man will sie mit grösserer Macht beherrschen. Man will seinen Lebensunterhalt damit verdienen oder auch nur eine Doktorurkunde erwerben.

#### 4. Objektive Gründe und Rolle in der Gesellschaft und in der Menschheit

Der primäre subjektive Grund des Glücksgefühls der Erkenntnis führt uns zu einer Spekulation über objektive Gründe. Aus der Sicht der biologischen Evolution könnte sich der Erkenntnisdrang im Menschen herausgebildet haben wegen eines Selektionsvorteils. Dieser Nutzen betrifft weniger das Individuum, sondern eher die menschliche Gesellschaft. Der Erkenntnisdrang kann schliesslich wichtig sein für das Überleben der Menschheit. Die Naturwissenschaft steht am Anfang fast jeder Tätigkeit in der heutigen Zivilisation. Das ist eine Binsenwahrheit. Weniger gut bekannt ist die Rolle der Grundlagenforschung: Eine anfangs minimale Investition der Menschheit hat unschätzbare Folgen. Viktor Weisskopf hat abgeschätzt, dass die gesamte Grundlagenforschung seit Demokrit und Archimedes bis 1970 etwa 30 Milliarden Dollar gekostet hat (zitiert in (Jost 1974)). Damit wurde die Grundlage fast der ganzen heutigen wirtschaftlichen Tätigkeit von der Nahrungsproduktion bis zur Musik-CD gelegt. Auch nur ein kleiner Krieg kostet mehr und produziert nichts als Unheil.

Eine andere Schätzung besagt, dass etwa 20% des Bruttosozialproduktes der USA heute auf der Ent-

deckung der *Schrödinger-Gleichung* und der Quantenmechanik beruhen.

$$i \frac{\hbar}{2\pi} \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$$

In dieser Gleichung steht mehr Information als in tausend Bildern und mehr Wirtschaftsmacht als im grössten Wirtschaftsimperium. Man könnte nun sagen, wir haben schon mehr als genug von dieser Art von Erkenntnis, sie ist nur eine *Gefahr für die Menschheit*. Dem widerspreche ich. Vielmehr ist meine These, dass die Gefahren für die Menschheit von den unkontrollierten menschlichen Aktivitäten ausgelöst werden, die ohne wissenschaftliche Einsicht stattfinden. Das Überleben der Menschheit wird davon abhängen, ob die naturwissenschaftliche Erkenntnis genügend schnell voranschreitet, um mit den durch Menschen ausgelösten Veränderungen und Gefahren für die Umwelt Schritt zu halten. Die Klimafrage ist zweifellos zentral, aber auch andere, heute noch gar *nicht erfasste, verborgene Gefahren* müssen wir berücksichtigen. Ein genügendes Verständnis für ein vorausschauendes Management unserer Umwelt fehlt. Und dort, wo wir wissen, was zu tun wäre, tut die Menschheit nichts! (Jost 1974, Ernst 2003).<sup>3</sup>

##### 5. Naturwissenschaft, Geisteswissenschaft und Gesellschaft

Das führt uns zum *zweiten Problem*. Wir wissen überhaupt nicht, wie die Menschen und die menschliche Gesellschaft funktionieren. Die Antwort auf solche Fragen sollte wohl von den *Geistes- und Sozialwissenschaften kommen*, aber sie sagen uns wenig Brauchbares dazu. Vielleicht wäre hier ein neuer Dialog zwischen Geistes- und Naturwissenschaften nötig. Denn der Mensch selbst ist ja

<sup>3</sup> Oft wird fälschlich vermutet, unvollständige wissenschaftliche Erkenntnisse schliesse aus, dass man wisse, was zu tun ist. Die Klimaproblematik ist ein gutes Beispiel hierfür. Auch heute weiss man wissenschaftlich durchaus noch nicht mit Sicherheit, wie sich das Erdklima durch den anthropogenen CO<sub>2</sub>-Ausstoss verändern wird. Man muss das aber gar nicht wissen, um eine vernünftige Entscheidung zu fällen. Man weiss nämlich schon lange, dass die sicher nachgewiesene anthropogene Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration ein sehr hohes Risiko für eine gefährliche Veränderung des Erdklimas birgt. Wie beim russischen Roulette, wo das Todesrisiko ja auch nur 1/3 ist (und im Einzelfall das Ergebnis bei ehrlichem Spiel nicht vorhersagbar) sollte die Kenntnis des Risikos ausreichen, um sich vernünftigerweise nicht auf ein solches Spiel einzulassen. Es gäbe auch seit langem einfach gangbare Wege, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu verringern. Man müsste fossile Brennstoffe nur an der Quelle (bei Einfuhr) sehr hoch besteuern. Man kann das schrittweise, systematisch jedes Jahr erhöht tun bis das Ziel der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses erreicht wird. Das hätte im Übrigen den Vorteil, dass die Gelder in den Nutzerländer verblieben und nicht in die Produzentenregionen abfliessen würden, was potentiell sehr problematisch ist. Dies alles wusste man schon vor Jahrzehnten, es wurde aber nichts unternommen (auch heute effektiv nicht, obwohl neuerdings sehr viel darüber geredet wird)

auch Teil der Natur – und nicht nur als höheres Tier, sondern auch als denkendes Wesen. In diesem Sinne erscheint auch die Grenzziehung zwischen Geistes- und Naturwissenschaften nicht sinnvoll und Grenzüberschreitungen in beiden Richtungen wichtig.

Vor fünf Jahren erschien eine Todesanzeige für den Musiker und Industriellen Paul Sacher, die mir so bemerkenswert erschien, dass ich sie aufbewahrte: «Er betrachtete Naturwissenschaft nicht nur als eine Quelle nützlicher Lösungen von praktischen menschlichen Problemen, er achtete sie wie Kunst, Literatur und Musik auch als eine Geisteswissenschaft»<sup>4</sup>. Ich möchte diese Aussage provokativ erweitern: *Naturwissenschaft ist nicht nur auch ein Teil der Geisteswissenschaft, sie ist die Geisteswissenschaft der Zukunft*.

Betrachten wir eine uralte und zentrale Frage der menschlichen Geistesgeschichte: *Wie kommt eine menschliche Entscheidung zustande und wie ist sie zu verantworten?* Ist sie frei, unvorhersehbar oder vorhersehbar, automatenhaft? Es gibt eine neurobiologische Schule um Gerhard Roth und andere (Roth 2001, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften 2004), welche die Ansicht vertritt, die *Willensfreiheit sei eine Illusion*, die Vorhersagbarkeit menschlicher Handlungen sei aus neurobiologischen Experimenten nachgewiesen. Eine genauere Analyse (Quack 2004a, Quack 2004b, Quack 2003a, Quack 2003b) deutet darauf hin, dass man für eine definitive Schlussfolgerung die Prozesse im Gehirn bis auf die molekulare Ebene hinab verfolgen muss. Beim Sehprozess steht bekanntlich am Anfang der Wahrnehmung eine einfache molekulare Umlagerung zwischen dem cis-Isomeren und dem trans-Isomeren eines organischen Moleküls.

cis → trans

Abbildung 3 zeigt diesen Vorgang etwas genauer.

<sup>4</sup> Das volle Zitat stammt aus der NZZ 25. Mai 1999 und wurde als Todesanzeige vom Biozentrum Basel aus publiziert, das über viele Jahre auf Betreiben Sachers substantiell unterstützt wurde.

Basel, den 25. Mai 1999  
In tiefer Trauer nehmen wir Abschied von  
Paul Sacher Prof. Dr. h. c. mult.

dem grossen und herzlichen Freund und Förderer unseres Instituts. Er betrachtete Naturwissenschaft nicht nur als eine Quelle nützlicher Lösungen von praktischen menschlichen Problemen, er achtete sie wie Kunst, Literatur und Musik auch als eine Geisteswissenschaft.

Die vielen Hunderte ehemaliger und heutiger Mitglieder und Besucher unseres Instituts wie auch die Mitglieder des Internationals Board of Scientific Advisors und des Swiss Board of Consultants unseres Instituts werden im ein ehrendes Andenken bewahren.  
Biozentrum Basel

(zitiert und diskutiert in Quack 2004c)

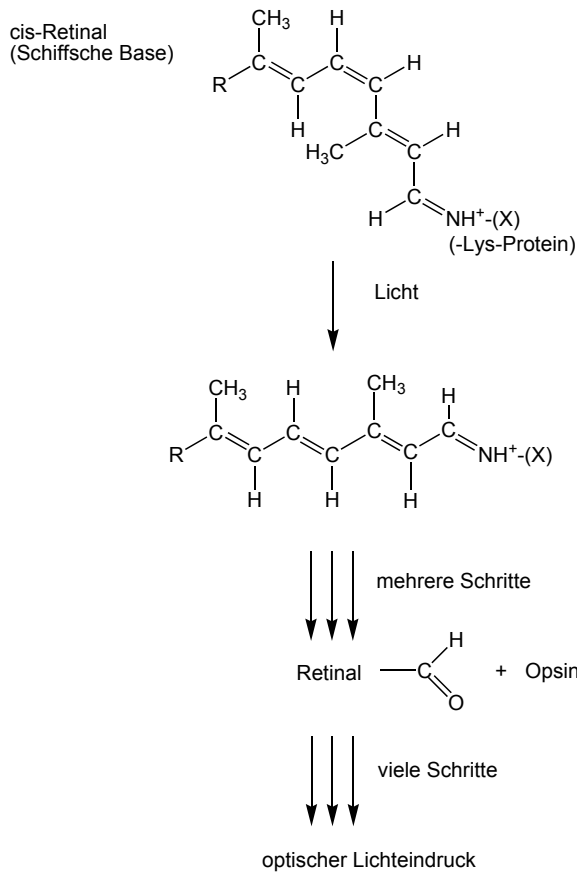


Abb. 3 Der Primärschritt des Sehprozesses besteht in einer molekularen cis-trans-Isomerisierung vom cis-Retinal zum trans-Retinal (in der Form der Schiffschen Base) nach (Quack 2004c).

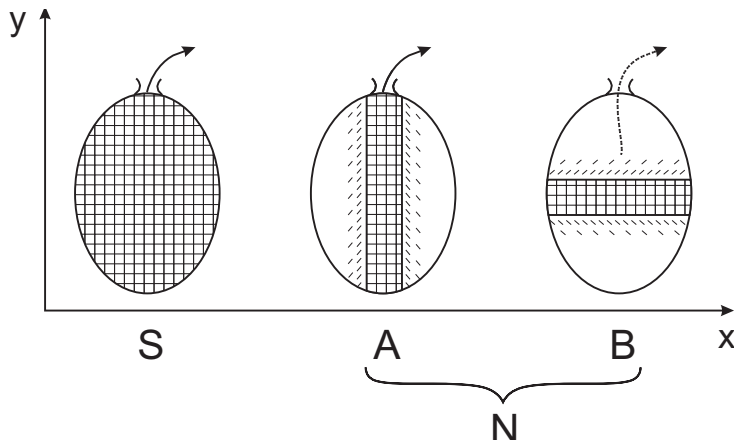


Abb. 4 Schema zur Erläuterung eines molekularen deterministischen und molekular-quantenstatistisch unbestimmten Verhaltens der Kinetik chemischer Prozesse. Schema der Äquipotentiallinien und Wahrscheinlichkeitsdichteverteilungen in einem Modell zweier gekoppelter Schwingungen eines Moleküls (nach Quack 2004c).

Es ist denkbar – wenn auch bis jetzt reine Hypothese – dass die Denkprozesse ähnlich auch auf molekularer Ebene ausgelöst werden. Ich will das die erste Hypothese einer zukünftigen Molekularpsychologie

nennen. Es hat sich in unserer Forschung zur Moleküldynamik gezeigt, dass es zwei Typen gibt, wie in den Abbildungen 4 und 5 schematisch dargestellt.

Der eine quantenstatistisch unbestimmt, der eine Begründung einer objektiven Willensfreiheit durch Nichtvorhersagbarkeit geben könnte, der andere quasiklassisch determiniert, der die Rothsche Behauptung der Vorhersagbarkeit der Willenshandlung stützen könnte. Wir sind weit davon entfernt, eine Antwort auf diese Fragen zu Denkprozessen auf molekularer Ebene zu geben. Eine weitergehende prinzipielle Analyse (Quack 2004b) zeigt aber, dass das gebräuchliche Konzept der subjektiven Willensfreiheit, also der Beeinflussung der Vorgänge durch ein übergeordnetes «Ich» mit den Grundlagen der molekularen Quantenphysik unvereinbar ist. Wenn wir die subjektive Willensfreiheit als Hypothese aufrechterhalten wollen, müssen wir eine neue Physik für die Vorgänge im Gehirn postulieren. Gegenwärtig wissen wir so wenig hierüber, dass wir die Entscheidungs- und Handlungsfreiheit als Arbeitshypothese für unser Leben verwenden dürfen, im Einklang mit dem schönen Gedicht von Robert Lee Frost, von dem ich hier nur die letzte Strophe lesen will (Frost 1995)

*I shall be telling this with a sigh  
Somewhere ages and ages hence:  
Two roads diverged in a wood, and I –  
I took the one less travelled by,  
And that has made all the difference.*

Ihre Lebenszeit wird vielleicht diejenige sein, in der die Naturwissenschaft Beiträge zu diesen Grundfragen menschlicher Existenz liefert. Ich hoffe, dass Sie auf Ihrem Lebensweg immer die richtigen Entscheidungen fällen.<sup>5</sup> Wenn Sie mich zum Abschluss fragen: «Naturwissenschaften warum?», dann ist meine Antwort: Weil sie das Verständnis über die Grund-

<sup>5</sup> Nach einer Tradition in meiner Familie kommen die zwei wichtigsten Entscheidungen in Ihrem Leben in naher Zukunft auf Sie zu, wenn Sie diese nicht schon getroffen haben.

1. Die Wahl Ihres zukünftigen Berufsweges.
2. Die Wahl Ihres Ehepartners oder Ihrer Ehepartnerin, wobei man das heute als Lebenspartnerin oder gar Lebensabschnittspartner relativiert. Zum zweiten gab es dann ein kleines Gesellschaftsspiel, das im Abzählen der Kirschkerne (oder anderer) nach einem FruchtdeSSERT bestand und die Motive dieser Wahl modulo 10 zusammenfasst (für jedes Geschlecht analog zu formulieren).

Die Abzählreime sind:

Die erste tuts um die Dukaten,  
Die zweite um ein schön Gesicht,  
Die dritte, weil man ihr geraten,  
Die vierte, weil Mama so spricht,  
Die fünfte denkt, musst auch mal frein,  
Die sechste fühlt sich so allein,  
Die siebte tuts aus wahrer Liebe,  
Die achte tuts aus Herzengüte,  
Die neunt und zehnte sind so dumm, die wissen selber nicht warum.

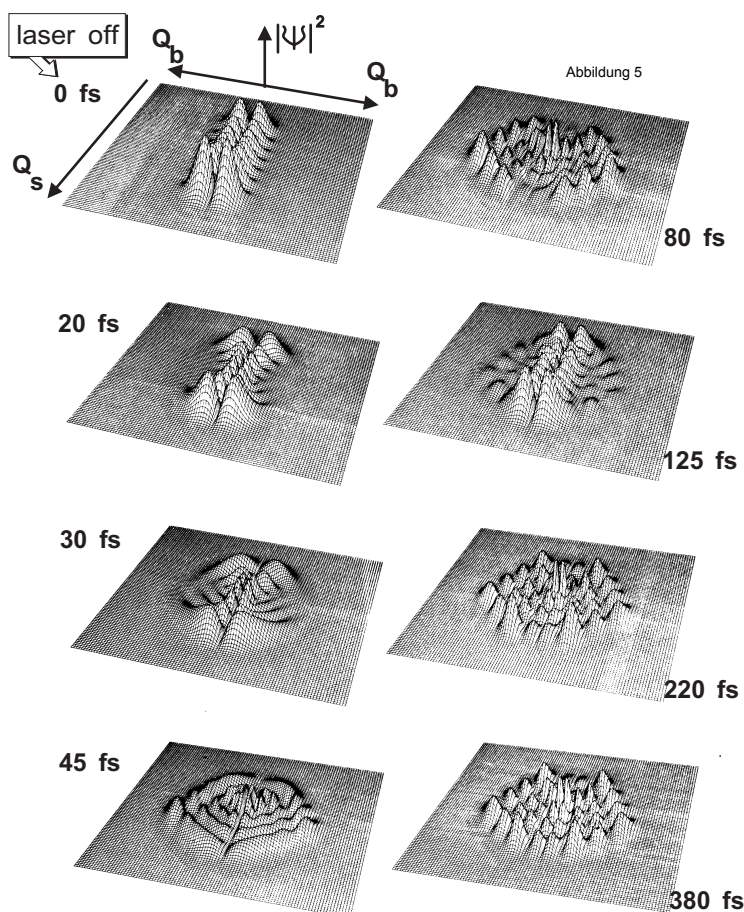


Abb. 5 Wellenpaketbewegung der Wahrscheinlichkeitsdichte für die Molekülstruktur in  $\text{CHF}_3$  nach Schwingungsanregung mit 6 Quanten CH-Streckschwingung. Man kann die «Wellen» dieser Wahrscheinlichkeitsdichte auf das Schema in Abb. 4 übertragen, um den Übergang von einer anfänglich nicht statistisch lokalisierten Wahrscheinlichkeitsdichte in Richtung der CH-Streckschwingung auf eine delokalisierte, quantenstatistisch unbestimmte Verteilung über CH-Streckschwingung und CH-Knickschwingung zu erkennen (siehe (Quack 2004c, Marquardt and Quack 2001) für eine detaillierte Diskussion). Weiterreichende Literatur zu den Grundlagen der spektroskopischen Verfahren, mit denen solche Ergebnisse erhalten werden, findet man in (Marquardt and Quack 2001) und auf aktuellem Stand 2011 in einem neuen Handbuch, das 2011 erscheint (Quack and Merkt 2011).

lagen unserer Welt und unseres Platzes in der Welt versprechen. Wenn Sie fragen, warum brauchen wir das? dann antworte ich: Warum Nicht? Und fasse das

Warum? Warum nicht? nochmals teils beispielhaft, teils scherzhaft wie folgt zusammen, in der Hoffnung, dass Sie es beherzigen werden. ■

#### Naturwissenschaften Warum?

Zum persönlichen Glück der Erkenntnis  
Als Beitrag zum Wissensgebäude der Menschheit –  
zum Verständnis der Welt und des Menschen  
Direkt und indirekt als Beitrag zur Verbesserung  
der Lebensbedingungen der Menschheit – zum  
Überleben

#### Warum Nicht?

Nicht, um anderen Menschen zu schaden  
Nicht, um jemanden im «Wettlauf» zu übertreffen  
Nicht, um Macht auszuüben  
Nicht, um reich zu werden  
...

#### Lieber eine einzige Grunderkenntnis erhalten und vermitteln

... als Präsident der USA zu werden.  
... als Reichtum und Wirtschaftsmacht von Bill Gates zu erhalten.  
... als eine grosse Bombe zu bauen.  
... als 10 Publikationen in Science.  
... als in die Weltspitze der Zitatenliste zu kommen.  
... als 100 Fernsehauftritte zu haben.  
... als einen Doktorhut zu erhalten.  
... als eine Rede zur Promotionsfeier zu halten.

**Bibliographie:**

- Ausländer, Rose (2002) *Und nenne dich Glück. Gedichte*, Fischer Verlag, Frankfurt.
- Dunitz, Jack D. (1990) «Unverrichtete Dinge» Rede zur 60. Promotionsfeier der ETH Zürich, 7. Juli 1989, ETH Zürich, kleine Schriften Nr. 15, Zürich.
- Eigen, M. (1989) *Perspektiven der Wissenschaft*, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.
- Ernst, R. R. (2003) Die Verantwortung von Forschern aus europäischer Sicht. *Angewandte Chemie*, **115**, 4572–4578. *Angew. Chem.-Int. Edit* **2003**, *42*, p. 4434–4439.
- Frost, Robert Lee (1995) *Collected Poems, Prose and Plays*, The Library of America, Library Classics, New York.
- Jost, W. (1974) *Globale Umweltprobleme*, Steinkopff Verlag, Darmstadt.
- Mansfeld, Jaap (Ed.) (1987) *Die Vorsokratiker, Griechisch / Deutsch, Auswahl und Übersetzung von Jaap Mansfeld*, Reclam Verlag, Stuttgart.
- Marquardt, R., and Quack, M. (2001) Energy Redistribution in Reacting Systems, Chapt. A. 3.13 in *Encyclopedia of Chemical Physics and Physical Chemistry*. Vol. 1 (Fundamentals). Moore, J. H., and Spencer, N. (eds). IOP publishing, Bristol, pp. 897–936.
- Quack, M. (2003a) Molecular spectra, reaction dynamics, symmetries and life. *Chimia*, **57** (4), 147–160.
- Quack, M. (2003b) Von den «unmessbar schnellen» chemischen Reaktionen zur Bestimmung ultrakurzer Zeiten für chemische Primärprozesse. *Akademie-Journal der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (Themenschwerpunkt Chemie)*, (1), 38–44.
- Quack, M. (2004a) Diskussionsbeitrag, in *Zur Freiheit des Willens, Debatte, Heft 3*. BBAW (Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften), Berlin, pp. 48.
- Quack, M. (2004b) Time and Time Reversal Symmetry in Quantum Chemical Kinetics, in *Fundamental World of Quantum Chemistry. A Tribute to the Memory of Per-Olov Löwdin*. Vol. 3. Brändas, E. J., and Kryachko, E. S. (eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 423–474.
- Quack, M. (2004c) Zeit und Zeitumkehrsymmetrie in der molekularen Kinetik. Schriftliche Fassung des Vortrages am 7. Symposium der Deutschen Akademien der Wissenschaften, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften Berlin, Zeithorizonte in der Wissenschaften, 31.10. und 1.11.2002, Simon, D. (ed) De Gruyter, Berlin, pp. 125–180.
- Quack, M. (2005) Wegleitung N. Bemerkungen des Fachberaters zum Doktorat.
- Quack, M. (2007) Naturwissenschaften! Warum überhaupt? Warum nicht?, in *Dynamisch Denken und Handeln. Philosophie und Wissenschaft in einer komplexen Welt, Festschrift für Klaus Mainzer*. Vol. 302.
- M. Quack Essay nach einer Doktoratsfeierrede 2004, in «Dynamisch Denken und Handeln. Philosophie und Wissenschaft in einer komplexen Welt», Festschrift für Klaus Mainzer, Herausgeber Theodor Leiber, Hirzel Verlag, Stuttgart (2007), pp. 65–78. Leiber, T. (ed) Hirzel Verlag, Stuttgart, pp. 65–78.
- Quack, M. (2011) Die DBG in Bunsens Jubiläumsjahr. *Bunsenmagazin*, **13** (1), 1–2.
- Quack, Martin, and Merkt, Frédéric (Eds.) (2011) *Handbook of High Resolution Spectroscopy*, Wiley, Chichester, New York; insbesondere die Artikel von Merkt, F. und Quack, M. Kap. 1; Albert, S., Albert, K. K., Hollenstein, H., Manca Tanner, C., and Quack, M. Kap. 3; Quack, M. Kap. 20; Albert, S., Albert, K. K., Quack, M. Kap. 28
- Roth, Gerhard (2001) *Fühlen, Denken, Handeln*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt.
- Wissenschaften, Berlin-Brandenburgische Akademie der (2004) *Zur Freiheit des Willens, Debatte, Heft 1 und 3*, Verlag der Akademie, Berlin.



## La liaison chimique, entre chimie, physique et épistémologie

Jan Lacki\*

Cet article se veut avant tout une réflexion historique sur les étapes et les circonstances qui ont conduit à concevoir, utiliser, et finalement questionner la notion de liaison chimique. Prenant acte du débat, caractéristique de la chimie quantique du XXe, sur la réalité de la liaison et sur l'intérêt qu'il y aurait à dépasser ce concept à la lumière des résultats récents de la théorie des orbitales moléculaires, je termine cependant ma contribution avec des considérations plus épistémologiques sur le rapport, dans la science d'aujourd'hui, entre la connaissance « exacte », celle des solutions des équations fondamentales, et la connaissance « approchée » obtenue à partir des innombrables schémas d'approximation qu'elle utilise.

Si la chimie est la science des combinaisons de substances « simples » pour obtenir des composés, si elle est science par excellence de la matière dans ses multiples combinaisons, la connaissance de ses ingrédients de base et des principes présidant aux combinaisons n'avança pas au même rythme au cours de l'histoire de son développement. L'idée d'élément est, on le sait, aussi vieille que la conception rationnelle de la nature, et nous avons tous en mémoire les tentatives des penseurs grecs d'identifier la permanence de substances simples sous l'apparence de la diversité sans cesse changeante. L'influence majeure de Platon et d'Aristote sur la pensée médiévale propagera l'idée de quatre éléments, Terre, Eau, Air et Feu distribués de manière hiérarchique au sein du Cosmos: un cinquième élément sera parfois évoqué pour satisfaire le mysticisme mathématique platonicien qui se devait de prendre acte de l'existence de cinq et non quatre polyèdres réguliers. Les éléments grecs prétendent saisir, en les incarnant, les tendances fondamentales de la matière dans ses multiples manifestations. Ils ont une valeur métaphysique affirmée que reprendront les conceptions médiévales, et qui se retrouvera encore à la modernité. C'est l'un de titres de gloire d'Antoine Lavoisier (1743–1794) et de sa révolution chimique que d'avoir résolument remplacé cette conception métaphysique par une conception plus « positive », ancrée dans la pratique du chimiste: un élément n'est qu'une substance qui, jusqu'à nouvel ordre, résiste à toute procédure de décomposition connue de la chimie. La modernité de cette conception, qui tranche avec tout ce que l'alchimie du Moyen Âge avait pu laisser comme influence sur la chimie d'avant les Lumières, laisse la porte ouverte aux progrès futurs de l'analyse chimique et n'accorde à la notion d'élément qu'une valeur purement opéra-

toire. Les études consécutives seront marquées par la tension qui s'exercera désormais entre les deux pôles de la notion d'élément, l'opérateur de Lavoisier et le métaphysique hérité des grecs. Les études récentes ont montré combien l'avènement de la classification périodique devait, du moins chez un Mendeleïev, à la conception métaphysique. Cela ne devrait pas nous étonner: le caractère élémentaire d'une substance, chez Lavoisier provisoire et suspendu au progrès futurs des techniques d'analyse, ne pouvait satisfaire ceux qui cherchaient à remonter aux raisons ultimes.

L'évocation des conceptions grecques et de leurs avatars se doit d'autre part évoquer la tradition atomistique qui a traversé à sa manière les siècles pour finir par triompher au XXe. Ce n'est qu'avec l'apport de la théorie atomique quantique que l'on finira par établir les règles qui président à l'individuation des véritables éléments, règles qui désormais fixent leur caractère et leur nombre. Mais la distance est grande entre les intuitions grecques et nos conceptions actuelles. Les atomes de Leucippe, Démocrite et Epicure sont, comme la plupart des conceptions grecques, plus le résultat d'une exigence de rationalité face au spectacle du divers, que la conclusion d'une enquête basée sur l'empirie. Cette exigence de rationalité prend cependant avec les atomes une tournure radicale. Les atomes incarnent mieux que toute autre conception le désir de ramener la diversité de la nature à un substrat immuable fait d'entités premières, inanalysables car ne possédant pas de structure, mais seulement une forme et un mouvement. Leurs aspérités permettent déjà de rendre compte de certaines propriétés de la matière, et quand, comme chez Lucrèce, on les munira de « crochets », leurs assemblages pour former les corps recevront une explication.

On peut considérer la quête de la chimie à identifier les entités de base dont se sert la nature pour constituer la diversité comme la part la plus emblématique de son activité, en ce qui concerne du moins

\* Université de Genève, Faculté des Sciences, Ecole de Physique, Quai Ernest Ansermet 24, CH-1211 Genève 4.

E-mail: [jan.lacki@unige.ch](mailto:jan.lacki@unige.ch)

Jan Lacki, Dr. Sc., est Professeur Titulaire à l'unité Histoire et Philosophie de la Faculté des sciences de l'Université de Genève depuis 2007. Physicien de formation, il a étudié à l'Université de Genève et à l'Institute for Advanced Studies de Princeton (USA).

son aspect théorique. Pourtant, dès que la question de l'identité des substances simples fut posée, une autre préoccupation ne pouvait manquer tôt ou tard, de surgir: qu'est ce qui fait tenir les substances simples au sein de leurs composés? Les premières conceptions éludent la question et ne font état que d'assemblages, de juxtapositions, exception faite des conceptions atomistiques qui osent une explication. Cela ne pouvait pas être à la longue satisfaisant. Les composés ont des propriétés manifestement différentes de leurs ingrédients: comment donc ces derniers finissent-ils par être masqués au sein de leurs composés? La question réciproque surgit aussi: comment les éléments gardent-ils leur permanence au sein des composés puisqu'ils peuvent être retrouvés à la suite du processus inverse de l'analyse? Ainsi, conjointement au problème de l'analyse, la chimie ne pouvait pas manquer de se poser le problème des mécanismes présidant à la synthèse.

L'histoire *scientifique* de la liaison chimique débute, comme celle de beaucoup d'autres questions physiques et chimiques, avec l'œuvre d'Isaac Newton. Avec sa mécanique et sa théorie de l'attraction universelle, Newton offrait à l'humanité le premier cadre général de l'explication de phénomènes. Si dans ses *Principia*, Newton s'interdit toute spéculation sur l'origine de la gravitation, se contentant d'énoncer sa loi de force et de l'atteler à l'explication de la marche des corps célestes, dans son ouvrage *Optique* (1704), il se permettra de développer quelques conjectures hardies sur une vaste gamme de phénomènes, en particulier la structure et la cohésion de la matière<sup>1</sup>. Dans une vision corpusculaire d'obédience atomistique, Newton pense que les particules de la matière interagissent par le moyen de forces qu'elles exercent à distance selon le modèle de la gravitation universelle. Contrairement cependant à la gravitation qui ne s'exerce que par des forces attractives, Newton imagine des processus plus généraux d'attraction et de répulsion, suivant des lois mathématiques plus générales. Cette vision de la matière et des mécanismes présidant à ses processus était suffisamment riche pour offrir une explication générale du monde. Le XVIIIe siècle, quand le système de Newton aura balayé le cartésianisme en déclin, va effectivement fonder son programme de recherche sur cette conception. Partant de la physique du système solaire (Clairaut, d'Alembert ou Euler), ses savants vont progressivement étendre le cadre explicatif newtonien à tous les phénomènes physico-chimiques connus, de la mécanique à la lumière, en passant par l'électricité, le

magnétisme et la chaleur. Sur le terrain de la chimie, l'influence newtonienne sera la plus visible dans la réhabilitation de la vieille et somme toute vague notion d'affinité, qui, abandonnée au profit des strictes conceptions mécanicistes dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle, retrouvera un cadre de scientificité cette fois-ci en termes des attractions et répulsions newtoniennes. Ainsi, l'industrie des «tables d'affinité», dont la vogue connaîtra son apogée dans la seconde moitié du XVIIIe, est pour une bonne part fondée sur la vision newtonienne, en particulier chez ceux des chimistes qui ambitionnent, tels le Suédois Bergman (1735–1784) ou le Français Guyton de Morveau (1737–1816) d'atteindre le niveau des descriptions quantitatives. Quand, au début du XIXe siècle, le newtonianisme connaîtra un déclin sous les coups de boutoir des conceptions ondulatoires de la lumière et les progrès de la physique des champs, la notion d'affinité survivra encore un peu dans les conceptions de la *Naturphilosophie* allemande et anglo-saxonne, préoccupée par la recherche de l'unité des forces dans les phénomènes. Celles-ci vont s'épanouir en particulier dans le domaine de l'électrolyse.

L'invention de la pile de Volta marque en effet une étape importante dans l'histoire de la liaison chimique. La possibilité de produire des courants stables et non plus seulement des décharges brèves et violentes entre corps chargés n'ouvrit pas uniquement l'ère des études de l'électrodynamique couronnées par les équations de Maxwell. Elle permit aussi la découverte et l'étude systématique de l'électrolyse. Celle-ci rendit à son tour possible la découverte, aux électrodes, d'éléments chimiques nouveaux, et elle ouvrit le chemin vers une autre classification des substances selon leur degré d'électronégativité. Dans sa théorie dite «dualistique» (1814) l'illustre chimiste Suédois Berzelius (1779–1848) associe ainsi à chaque élément des particules ayant une sorte de structure dipolaire avec, «aux extrémités», des charges différentes. Le surcroît de charge à une extrémité permettait de comprendre le caractère électronégatif ou électropositif de l'élément et, partant, la nature de la liaison entre atomes par le mécanisme de l'attraction électrostatique<sup>2</sup>. La théorie de Berzelius lui permettait aussi de concevoir des règles de substitution d'éléments, au sein de composés, par des éléments d'électronégativité semblable. Cette conception, qui fonctionnait bien avec la chimie minérale de l'époque, connut rapidement des problèmes face à la réactivité de certains composés organiques. Quand Gay-Lussac (1778–1850) rapporte en 1815 qu'il a pu obtenir du chlorure de cyanogène CNCl à partir du CNH, ou

<sup>1</sup> Les réflexions de Newton sont réunies à la fin de l'*Optique*, dans une suite de *Queries* (questions). C'est la question 31 qui retient ici notre attention.

<sup>2</sup> C'est bien plus tard, à la fin du siècle, qu'Arrhenius proposera une théorie de la dissociation en termes d'ions positifs et négatifs.

plus tard quand Faraday (1791–1867) rend compte en 1821 de la substitution inverse du Chlore par de l'Hydrogène,  $C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_6$ , Berzelius ne peut pas inclure ces phénomènes de substitution, communs au sein de la chimie organique, dans sa théorie.

Le début du XIXe siècle ne fut pas seulement bénéfique pour les débuts de l'électrochimie. Dans ses considérations, Berzelius s'appuyait sur la théorie atomique dont le grand champion est bien sûr Dalton (1766–1844). En proposant au tout début du siècle sa conception, ce dernier tirait avantage de la connaissance de quelques résultats remarquables qui apportent des informations quantitatives sur le jeu des combinaisons entre éléments au sein des composés. Ainsi, l'Allemand Richter (1762–1807) avait déjà remarqué que les proportions entre les poids des éléments entrant dans la composition d'une quantité donnée de leur composé étaient toujours constantes (1792). Ce qui devint depuis connu comme la loi des proportions définies est, avec le recul que nous possédons aujourd'hui, la manifestation évidente des liaisons qui s'opèrent, toutes pareilles, entre les atomes des éléments mis en jeu: les règles constantes de combinaison des atomes pour former les molécules du composé se traduisent au niveau macroscopique par le rapport constant entre les masses des ingrédients. A l'époque de Dalton, la loi des proportions définies ne peut susciter que perplexité, surtout si l'on est partisan d'une conception continuiste de la matière. C'est un grand mérite de Dalton que d'avoir montré combien l'hypothèse atomique en rendait *naturellement* compte<sup>3</sup>.

Dalton ne se contenta pas d'utiliser l'hypothèse atomique comme un modèle explicatif. Croyant à l'existence réelle des atomes, il tenta d'en déterminer les propriétés physiques. Le principe de sa démarche était simple. S'appuyant sur les observations de la constance des proportions d'éléments dans les composés (Richter), et faisant l'hypothèse *la plus simple* qu'ils consistaient en une juxtaposition d'un atome de chaque élément constituant, il établit les poids atomiques des divers éléments relativement à celui de l'hydrogène qu'il posa comme unité. Sachant ainsi que l'eau était constituée, selon les connaissances de l'époque, par 85% d'oxygène et de 15% d'hydrogène, Dalton attribuait ainsi à l'oxygène le poids atomique de 5.5. En supposant que la for-

mule chimique de l'eau était HO, Dalton commettait bien sûr une erreur. Il aurait pu la rectifier s'il avait été plus ouvert aux conclusions d'expériences que Gay-Lussac et l'Allemand Humboldt (1769–1859) faisaient à l'époque, parvenant ainsi au constat emblématique de l'eudiométrie que 2 volumes d'hydrogène se combinent avec un volume d'oxygène pour donner un volume d'eau (1806). Gay-Lussac énonçait dans la foulée (1809) sa loi phénoménologique qui affirmait, pour les combinaisons d'éléments gazeux, des rapports entiers entre leurs volumes. Le résultat de la synthèse de l'eau troubla considérablement Dalton qui se refusa à en accepter l'évidence, et cela malgré des expériences qu'il refit lui-même pour la mettre à l'épreuve. Son hypothèse atomique aux formules chimiques trop simples ne pouvait en effet s'en accommoder. Il était foncièrement contraire à la définition de l'atome que les atomes d'oxygène puissent, comme semblait l'indiquer la réaction ci-dessus, se subdiviser en deux dans le cours de la réaction: Dalton fut ainsi incapable d'accepter que son atome d'oxygène consistait en fait de la combinaison de deux (véritables) atomes.

Mais revenons vers l'histoire de la liaison chimique. Dalton avait également observé, pour des cas où une même substance pouvait réagir avec une autre en formant des composés différents, que les rapports entre les masses de cette substance entrant dans les différents composés (pour une masse donnée de l'autre) étaient des rapports entre nombre entiers (la loi des proportions multiples). Les travaux du Britannique Frankland (1825–1899) sur le terrain de la chimie minérale lui font conclure en 1852 que le nombre de manières de se lier d'un atome semble ne pas dépendre des atomes avec lesquels il se combine et lui est donc propre: ainsi l'azote ou encore l'arsenic semblent devoir se lier toujours avec trois ou cinq atomes d'un autre élément. C'est le concept d'*atomicité* ou de *basicité*, que l'on désignera à partir des années 1860 par *valence*. Si Frankland n'est pas conduit, à travers ses considérations sur le nombre de combinaisons caractéristiques d'un atome, à formuler une théorie particulière de la liaison<sup>4</sup>, le pas sera franchi avec ceux qui introduiront l'idée de valence sur le terrain de la chimie organique. Ainsi Kekulé (1829–1896) pensera les composés organiques comme obtenus par des liaisons entre atomes de carbone ayant échangé des «unités d'affinité», c'est-à-dire de valence (1858). Le succès de la théorie structurale de Kekulé va compter pour beaucoup dans le triomphe, sur le terrain de la chimie organique, de l'atomisme

<sup>3</sup> La loi des proportions définies ne peut cependant prouver l'existence des atomes, mais elle est certainement apte à fonder une théorie des poids équivalents purement phénoménologique; c'est ce que les «équivalentistes» feront ensuite valoir contre les tenants de la théorie atomique de Dalton. Voir à ce sujet le texte éloquent d'un acteur de l'époque, Henri Sainte-Claire Deville, «La théorie atomique et la loi des proportions multiples», *Annales Scientifiques de l'E.N.S.*, vol. 5 (1876), pp. 199–204.

<sup>4</sup> Même s'il introduit explicitement le terme de «liaison», Frankland ne pense pas que les atomicités, même s'il les désigne comme des modes de liaison, correspondent à des jonctions matérielles entre atomes.

qu'une partie des chimistes, tenants de la « théorie des équivalents » refusait, et avec lui a fortiori l'idée d'une liaison chimique<sup>5</sup>.

La découverte de l'électron en 1897 et peu de temps après les débuts de la théorie quantique vont ouvrir le dernier chapitre de l'histoire de la liaison chimique. Avec l'électron, la science identifiait l'atome de l'électricité et ainsi l'acteur principal de processus connus depuis longtemps mais en attente encore d'une explication unifiée. La théorie quantique ouvrait d'autre part la porte de la compréhension de la structure atomique avec, à terme, l'explication de la valence en termes de l'occupation électronique de la couche la plus externe de l'atome. C'est en 1913 que le Danois Niels Bohr (1885–1962) proposa, en s'inspirant de la découverte des quanta par Planck (1858–1947) en 1900, son modèle de l'atome d'hydrogène aux orbites électroniques discrètes. Le succès de ce modèle à rendre compte des résultats spectroscopiques, à commencer par la fameuse loi du Suisse Balmer (1825–1898) pour la série d'Ångström (1814–1844) lui permit de s'imposer malgré de graves violations des canons de la physique de l'époque. La généralisation des conceptions de Bohr à la structure des atomes d'autres éléments prit à peine quelques années ; les pionniers de la physique atomique furent ici aidés par le riche corpus de méthodes mathématiques de la mécanique céleste des mathématiciens et astronomes du XIXe siècle<sup>6</sup>. Dès 1918, Bohr, Sommerfeld (1868–1951) et leurs pairs étaient en mesure de proposer un principe général de la reconstruction de la structure de la matière et donc des régularités à la base de la classification périodique de Mendeleïev. A peu près à la même époque, l'Américain Lewis (1875–1946) et indépendamment l'Allemand Kossel (1888–1956) proposent une théorie de la liaison chimique en termes de l'électron. Selon leur vision de la liaison « covalente », la plus fréquente dans les composés de carbone, celle-ci résulte de la mise en commun de deux électrons formant un « doublet ». Cette conception sera reprise plus tard par Robinson (1886–1975) et Ingold (1893–1970) pour donner une théorie électronique des mécanismes de réaction dans le champ de la chimie organique.

C'était une chose que d'identifier l'électron comme la particule mise en jeu dans la liaison chimique, c'en était une autre que de donner de celle-ci une description susceptible d'apporter de résultats quantitatifs et de surcroît conforme aux nouvelles exigences de la théorie quantique. Il fallait d'abord que cette dernière atteigne une maturité suffisante.

<sup>5</sup> Voir la note 3.

<sup>6</sup> C'est l'origine de la comparaison de l'atome à un minuscule système planétaire.

A la fin des années 1910, la généralisation de la théorie de Bohr à des systèmes atomiques plus complexes que l'Hydrogène avait ainsi remporté des succès indéniables. Elle connaissait aussi des insuffisances qui allaient, à terme, conduire à son dépassement. La base de cette théorie que les historiens désignent aujourd'hui comme la « vieille théorie quantique » reposait sur l'application de règles de quantification, les règles de Bohr-Sommerfeld, à des systèmes mécaniques particuliers, les systèmes multiples périodiques, avec lesquels on décrivait les atomes comme autant de minuscules systèmes planétaires. En fait, c'était tout le bagage formel de la mécanique céleste que les physiciens atomiques du début du XXe siècle avaient ainsi détourné pour décrire les atomes. Bien que riche de tout l'arsenal de méthodes classiques permettant de décrire de situations complexes à partir de cas solubles, et malgré des efforts acharnés, la vieille théorie ne permettait pourtant pas la solution de deux problèmes: le splitting complexe des lignes spectrales atomiques sous l'effet d'un champ magnétique, dit l'effet Zeeman « anomal »<sup>7</sup>, et la structure complexe du spectre de l'hélium, pourtant l'élément chimique le plus simple après l'hydrogène<sup>8</sup>. Avec le recul, l'échec de la vieille théorie se comprend aisément. Dans le premier cas, c'est le spin de l'électron qui se manifeste, spin que les méthodes au fond classiques de la vieille théorie ne pouvaient « simuler » efficacement en termes d'une rotation intrinsèque de l'électron. Pour l'hélium, le problème provenait de la présence de deux électrons que l'on ne peut pas traiter comme des particules classiques. Pauli avait certes énoncé en 1925 son principe d'exclusion, mais il fallut attendre l'avènement d'une véritable mécanique quantique pour tirer toutes les conséquences de la nature fermionique de ces particules.

Les insuffisances de la vieille théorie n'étaient pas liées qu'à son impuissance à rendre compte de l'effet Zeeman et de la structure du spectre de l'Hélium. Sa base théorique même, mélange hétérogène et improbable de mécanique classique et de règles quantiques ad hoc, ne pouvait qu'heurter le sens « esthétique » de tout savant qui cherche à construire des théories unitaires sur les principes les plus fondamentaux. Le dépassement de la vieille théorie survint avec l'avènement de la mécanique matricielle grâce aux contributions fondamentales de Heisenberg, Born et Jordan en 1925. Prenant appui sur le pur formalisme de la vieille théorie, et en rejetant les notions classiques de position et de trajectoire au profit de données spec-

<sup>7</sup> Contrairement à l'effet Zeeman « normal » dont Lorentz, un des pères de la théorie de l'électron, avait déjà fourni une explication classique satisfaisante.

<sup>8</sup> Le problème de la présence, dans le spectre de l'Hélium, de deux systèmes des raies autonomes, entre lesquels aucune transition n'était observée : on parlait ainsi du *Parahélium* et de l'*Orthohélium*.

trales d'intensité et de longueur d'onde des raies, seules observables, Heisenberg (1901–1976), bientôt suivi par Born (1882–1970) et Jordan (1902–1980), mettaient sur pied un schéma calculatoire où les grandeurs physiques étaient représentées par des matrices. La mécanique matricielle était née. Dans les mois qui suivirent, elle put démontrer amplement, par l'étendue des progrès qu'elle permettait de faire, le bien-fondé de son approche. Du point de vue de notre intérêt pour l'histoire de la liaison chimique, c'est pourtant l'épisode immédiatement suivant qu'il faut examiner. Peu après la mécanique matricielle, Schrödinger (1887–1961) proposait un formalisme alternatif de traiter des systèmes quantiques, la mécanique ondulatoire. S'appuyant sur les travaux fondateurs de Broglie (1892–1987), Schrödinger associait à la matière une nature fondamentalement ondulatoire qu'il décrivait avec l'équation qui porte aujourd'hui son nom. Les premiers mois de l'année 1926 sont rocambolesques: deux formalismes aux contenus mathématiques différents, deux manières de penser les situations quantiques, mécanique matricielle et mécanique ondulatoire, vont tant bien que mal cohabiter. La mécanique matricielle insiste sur la nature intrinsèquement discrète des états stationnaires et des sauts quantiques qui s'opèrent entre eux avec émission ou absorption de rayonnement électromagnétique; la mécanique ondulatoire au formalisme continuiste identifie au contraire la cause des phénomènes quantiques à la nature ondulatoire de la matière qui ne se manifeste qu'à l'échelle atomique. Le résultat de cette confrontation, fascinante pour toute personne qui veut comprendre l'origine de notre mécanique quantique, sera une fusion: grâce à un tour de force aussi bien physique que mathématique, les deux mécaniques seront en fin de compte reconnues comme deux formulations équivalentes d'une seule et même théorie, celle qui deviendra au tournant de l'année 1926 notre mécanique quantique.

Il n'est pas question d'approfondir ici l'histoire et les enjeux de cette histoire. L'élément important pour nous est l'adoption, au sein de la nouvelle mécanique, de l'équation de Schrödinger, qui associe à un système une fonction d'onde représentative de son état. Dans la plupart des situations considérées, on commence par essayer d'exprimer la fonction d'onde totale d'un système composé comme produit des fonctions d'onde de ses constituants. Cela est vrai en particulier des électrons des atomes et des molécules. L'expression de la fonction d'onde de l'atome (abstraction faite du noyau traité dans la plupart des cas classiquement) en termes des fonctions des électrons permet de donner une forme analytique au principe d'exclusion de Pauli (1900–1958) en exi-

geant, pour tout échange de deux électrons, une expression antisymétrique pour la fonction d'onde totale. Contrairement à la vieille théorie, la mécanique quantique rend possible de tenir compte des statistiques quantiques des particules, par le choix de la symétrie que l'on associe aux solutions de l'équation de Schrödinger, antisymétriques pour les fermions et symétriques pour les bosons.

Grâce aux progrès accomplis au cours de l'année 1926, le problème de l'Hélium fut enfin résolu par Heisenberg: dans le formalisme de la fonction d'onde, il fallait tenir compte de l'indistinguabilité des deux électrons, et ainsi de la possibilité de construire des combinaisons symétriques et antisymétriques de leurs fonctions d'onde spatiales.<sup>9</sup> L'interaction électromagnétique entre les électrons a pour résultat de différencier ces combinaisons en énergie<sup>10</sup> et permet le phénomène de résonance. Le nouveau formalisme n'en était qu'à ses débuts. Bientôt, une foule de nouveaux résultats venait prouver son bien-fondé. Parmi ceux-ci, le traitement quantique de la liaison covalente par Heitler et London est l'un de plus remarquables.

Il convient à ce stade de faire une brève pause dans notre histoire pour examiner le parcours de l'Allemand Fritz London (1900–1954), une des figures notables de l'histoire de la théorie quantique, et qui ne reçut pourtant pas toute la reconnaissance qui lui revenait à juste titre au vu de ses contributions. S'orientant tout d'abord vers une carrière de philosophe<sup>11</sup>, London choisit finalement la physique. En 1926 il est à la pointe de la recherche en théorie quantique. L'un de ses articles retient aujourd'hui l'attention. Alors que les liens entre mécanique matricielle et mécanique ondulatoire sont encore obscurs, London a l'intuition d'un schéma formel général qui permet de les réunir. Ses idées ne vont toutefois pas recevoir l'accueil espéré: découragé par ce manque de réception, et conscient qu'il a à faire à forte compétition, London change sa direction de recherche. Plutôt que d'œuvrer sur le terrain de fondements, il s'oriente désormais vers les nombreuses applications que la jeune mécanique quantique rend possibles<sup>12</sup>.

<sup>9</sup> Pour les combinaisons symétriques, l'antisymétrisation est réalisée au niveau de la contribution spinorielle, et réciproquement.

<sup>10</sup> C'est là l'explication de la différence entre le Parahélium et l'Orthohélium.

<sup>11</sup> Il obtint son doctorat ès philosophie en 1923.

<sup>12</sup> Il y fera des contributions de premier plan: si en chimie la théorie de Heitler-London marque une étape capitale de la chimie computationnelle, l'équation de London pour les supraconducteurs constitue tout autant une pierre angulaire pour les physiciens de l'état solide.

Conjointement à son compatriote Walter Heitler<sup>13</sup>, London arrive à Zurich en 1927 pour travailler auprès de Schrödinger. Ils s'intéressent en particulier à la structure de la molécule H<sub>2</sub>. L'affaire n'est pas mince. C'est une chose que de disposer d'une équation déterminant les états propres d'énergie, et c'en est une autre que de savoir la résoudre et de pouvoir rendre compte de la liaison entre les deux atomes d'hydrogène. Dans la mesure où il agit d'un problème à trois corps<sup>14</sup>, on ne peut espérer une solution exacte de l'équation de Schrödinger: on ne peut avoir recours qu'à une approximation ou un schéma de perturbation.

L'approche de Heitler et London fera date. Contournant le problème mathématique de la résolution directe l'équation de Schrödinger, les deux auteurs posent un *Ansatz* sur la forme attendue de la fonction d'onde, *Ansatz* qu'il faudra ajuster aux données du problème. Pour ceux qui connaissent la suite, il est tentant voir leur travail directement inspiré par les conceptions de Lewis et l'écho que leur donnera son compatriote Langmuir (1881–1957). Il est vrai que c'est a posteriori une manière de comprendre leur approche: l'*Ansatz* de Heitler et London superpose deux scénarios où, échangeant leur rôle, chaque électron orbite autour d'un seul noyau. En cela, ils participent à parts égales à la liaison, mais celle-ci n'est réalisée que par le mécanisme d'échange dû à leur indiscernabilité, et pas par une véritable mise en commun comme le voudrait la théorie de Lewis. En fait, l'inspiration de Heitler et London vient du travail de Heisenberg sur la structure de l'Hélium que nous venons de mentionner: leur liaison de valence s'inspire du mécanisme de résonance que Heisenberg avait mis en évidence, et dont Pauling fera plus tard un des concepts clés de sa chimie.

L'article de Heitler et London fut plus que la première contribution de la mécanique quantique à la compréhension de la liaison covalente. De fait, il fondait une nouvelle branche de la chimie, la chimie quantique ou encore chimie théorique, distincte en cela de la chimie physique plus ancienne, celle de Ostwald (1853–1932), Arrhenius (1859–1927), ou encore Duhem (1861–1916) pour ne citer qu'eux. L'histoire de cette branche de la chimie fut rapidement enrichie par les contributions de Slater et surtout de Pauling dont les prouesses théoriques dans la théorie de la structure des molécules rivalisaient

avec ses capacités à fournir divers comptes rendus, plus ou moins vulgarisés, de son champ. L'*Ansatz* pour la fonction d'onde de Heitler et London semblait ouvrir la porte à une véritable théorie chimique des molécules polyatomiques (théorie de la liaison de valence, VB). En 1929, Slater (1900–1976) exposait sa méthode de déterminants et deux ans plus tard il généralisait l'approche de Heitler et London à des systèmes avec  $n$  électrons. Pauling (1901–1994) pour sa part contribuait à la nouvelle approche tout aussi bien en innovant sur le plan formel qu'en explicitant comment celle-ci réalisait, dans le cadre de la nouvelle mécanique quantique, les idées antérieures de la théorie chimique de Lewis. Après avoir repris la théorie de la liaison covalente en complétant l'*Ansatz* de Heitler-London par l'ajout des termes ioniques, Pauling introduisit la notion d'hybridation et considéra la géométrie des molécules. Il n'est pas possible de discuter ici de tous les apports que le chimiste américain fit à la nouvelle discipline dont il est un des indiscutables fondateurs. Qu'il suffise de rappeler combien la suite d'articles qu'il publia dans le *Journal of the American Chemical Society* sous le titre commun de « The Nature of the Chemical Bond » a été déterminante pour promouvoir la théorie de la liaison de valence. On ne peut qu'être frappé, encore aujourd'hui, par le fait que la monographie de Pauling dédiée à Lewis, *The Nature of the chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*, publiée en 1939, était, en 1989, encore au sommet des listes du *Citation Index*, alors que d'autres approches, et surtout la théorie des orbitales moléculaires (MO) ont depuis vu le jour et ont prospéré au point de supplanter aux yeux de nombreux chimistes, dans les années 1960, la théorie de Lewis et Pauling.

La théorie VB nous a permis d'évoquer une belle filiation intellectuelle qui va des travaux pionniers de Heisenberg à ceux de Pauling. Ni London, ni Heitler n'ont été les élèves directs de Heisenberg qui depuis 1927 était le plus jeune professeur de physique titulaire d'une chaire de physique théorique d'Allemagne. Un des collègues les plus notables de Heisenberg à Leipzig était Friedrich Hund (1896–1997). Contrairement à nombre de ses pairs, la tragédie du nazisme ne l'obligera pas à fuir sa patrie: encore avant le deuxième conflit mondial, Hund contribuera à une autre manière de concevoir et décrire les molécules. En 1928, il n'est pas le seul à s'interroger sur leurs niveaux énergétiques. Aux Etats-Unis, il y a Mulliken (1896–1986) et en Angleterre Lennard-Jones (1894–1954). Il n'est pas aisé de préciser en quelques mots et sans déborder du cadre de cet article ce que leurs contributions vont amener

<sup>13</sup> Walter Heitler (1904–1981) a effectué ses études à Karlsruhe et Berlin avant de rejoindre Munich pour parfaire ses connaissances avec Sommerfeld et Herzfeld et y décrocher sa thèse. Après l'accession au pouvoir de Hitler, il s'expatria en Angleterre, puis Irlande, avant de revenir sur le continent à Zurich pour y tenir la chaire de physique théorique de l'Université jusqu'en 1974.

<sup>14</sup> En ayant déjà négligé la dynamique des deux noyaux.

comme nouveauté<sup>15</sup>. L'affaire est d'autant plus délicate que nous touchons là à un clivage parmi les plus profonds que la chimie quantique a connu depuis sa naissance, un clivage qui est révélateur de sa base identitaire.

L'Ansatz de Heitler-London exploite au plus près la connaissance physico-chimique des propriétés que la molécule H<sub>2</sub> peut avoir (ou du moins celles que la science de l'époque lui attribue). Ces informations se retrouvent dans la forme de l'Ansatz et inspirent, tout en la restreignant, sa forme. Les travaux de Hund, Mulliken, ainsi que de Hückel (1896–1980) vont conduire à considérer la molécule comme un système basique dont les niveaux d'énergie ne sont pas constructibles a priori et exclusivement à partir des combinaisons d'orbitales atomiques implémentant le lien VB suivant l'idéologie de Pauling. Selon leur approche, il s'agit de construire les fonctions d'onde multiélectroniques de la molécule à partir de la combinaison antisymétrique des orbitales moléculaires<sup>16</sup>. Des telles combinaisons forment une base de l'espace des états de la molécule et toutes ses fonctions d'onde doivent donc pouvoir s'exprimer comme leurs combinaisons linéaires. La difficulté à ce stade est que le nombre de fonctions de base qui interviennent dans la combinaison est en principe infini. Dans le cadre de cette approche et de ses avatars, on a donc proposé des procédures pour réduire cette somme à un nombre fini de termes. Des nombreux schémas d'approximation où seules certaines contributions sont retenues (et la vaste majorité des autres sont tronquées), ont été ainsi proposés. De ce point de vue, la théorie VB ne constitue, a posteriori, qu'un schéma de troncature parmi d'autres, mais un schéma qui reflète l'information ou l'intuition que l'on a *par ailleurs* de la molécule.

Nous sommes là au cœur du problème qui subsiste, bien que dans une moindre mesure aujourd'hui que dans les années 60, au sein de la communauté des chimistes quantiques. Nombreux sont ceux qui se sont interrogés, avec les progrès de la théorie MO, sur l'intérêt qu'il y avait encore à maintenir, dans le champ de la chimie computationnelle du moins, le concept de la liaison chimique. Encouragés par les résultats de la théorie MO<sup>17</sup>, conquis par son style de démarche par excellence *ab initio*, et surtout déçus peut-être par la stagnation de la théorie VB depuis

les années 1950<sup>18</sup>, ils ont été sensibles à l'argumentation de ceux qui comme Mulliken ou Coulson, ont souligné combien la liaison chimique était difficile à expliciter si on traitait la molécule chimique sans a priori, comme une entité fondamentale composée de noyaux et d'électrons et décrite par le formalisme de la mécanique quantique<sup>19</sup>. Selon cette vision, la liaison chimique, du moins au sens de ce sur quoi Pauling avait basé sa chimie, ne découle de la théorie MO que dans la mesure où l'on adjoint à son traitement *ab initio* des schémas d'approximation où cette liaison est, de facto, « introduite à la main »: elle n'en est pas une conséquence automatique. On ne la retrouve ainsi comme une clé de lecture de la structure de la molécule, que dans la mesure où elle a été introduite dans l'analyse de manière jugée, dans le contexte de la théorie MO, arbitraire et artificielle: il y a lieu de s'interroger en conséquence sur son existence en tant que réalité propre à la molécule. La critique s'exprime (ou du moins s'exprima<sup>20</sup>) aussi sur le plan méthodologique: dans la mesure où les avatars de la théorie MO peuvent non seulement « retrouver » (si on les y oriente) la liaison de valence, mais peuvent aussi la dépasser et atteindre de fait, selon leurs avocats, une description meilleure et quantitativement plus précise de la molécule, pourquoi faudrait-il alors continuer à faire de la liaison de valence un paradigme pour penser la chimie? Pour les plus radicaux, la liaison n'existe simplement pas, elle n'est qu'un artefact des démarches complexes qui, à partir de la mécanique quantique et à travers un certain schéma d'approximation, mais qui est loin d'être le seul, permettent de retrouver l'intuition des chimistes. En fait, il se pourrait bien que le concept de liaison et toute l'idée de la structure moléculaire qui va avec ne s'avèrent, au vu des progrès dans le champ de la spectroscopie de haute précision ou de l'étude des états très excités, comme non seulement des chimères mais en plus des obstacles à une juste compréhension des nouvelles réalités mises en évidence par ces techniques<sup>21</sup>.

On n'aura pas manqué de déceler dans ce débat l'ombre d'un autre, renvoyant aux réalités discipli-

<sup>15</sup> Je renvoie à une série d'articles de Sason Shaik ainsi que Philippe Hiberty, qui présentent de manière particulièrement lucide les deux approches et leur rivalité, par exemple dans leur article de revue « Valence Bond Theory, its History, Fundamentals, and Applications. A Primer », *Reviews in Computational Chemistry*, à paraître.

<sup>16</sup> On utilise ici l'approximation de Hartree-Fock.

<sup>17</sup> Voir la discussion détaillée dans Shaik et Hiberty, *op. cit.*

<sup>18</sup> *Ibid.*

<sup>19</sup> Voir à ce sujet les déclarations de Mulliken, p. 650, et Coulson, p. 651, citées et commentées dans l'excellent article de Brian Sutcliffe, « The development of the idea of a chemical bond », *International Journal of Quantum Chemistry*, vol. 58 (1996), pp. 645–655.

<sup>20</sup> La rivalité entre VB et MO est aujourd'hui vue avec passablement de recul, voir à ce sujet Shaik et Hiberty, *op. cit.* Cependant, la division des chimistes quantiques en deux groupes, les « fameux » groupes I et II tels que publicisés par Coulson semble encore d'actualité, voir Sutcliffe, *op. cit.*

<sup>21</sup> C'est l'avis de Sutcliffe, *ibid.*, mais il faut souligner que cet auteur défend par ailleurs l'intérêt de maintenir le concept de liaison chimique, du moins dans la gamme des phénomènes où celui-ci est manifestement adéquat.

naires et institutionnelles de la science, et en cela plus délicat à négocier car échappant aux strictes raisons scientifiques. Dans une certaine mesure, la confrontation entre les théories VB et MO amène à s'interroger sur les liens entre la chimie et la physique. La liaison chimique ne serait, pour le camp où l'on retrouvera en particulier les partisans d'une réduction de la chimie à la physique quantique, qu'un archaïsme reflétant les croyances d'une chimie antérieure à la mécanique quantique et aux nouvelles vues que celle-ci a apporté sur la structure de la matière. Pour les autres, le concept de liaison chimique reste essentiel à la compréhension des processus dont s'occupe en propre la chimie, et en cela il fait partie de l'ensemble de ses concepts et théories identitaires qui en assurent l'originalité et l'autonomie<sup>22</sup>.

Il n'appartient pas à cet article de se prononcer sur un débat qui concerne en propre la communauté des chimistes quantiques, et cela d'autant plus que l'auteur ne peut se prévaloir que de son expérience d'historien et philosophe des sciences physiques. A ce titre cependant, je pense utile d'apporter ici, en guise de conclusion, un éclairage particulier sur le débat opposant les théories VB et MO à propos de la liaison chimique, un éclairage visant à le situer sur le plan plus large des enjeux épistémologiques concernant toute notre science.

Si on écoute ses protagonistes, on peut ramener l'essence du débat, quelque peu schématiquement j'en conviens, à ce que la liaison ne peut émerger de l'analyse de la molécule que dans la mesure où elle y a été introduite (au préalable) comme artefact d'une approximation venant restreindre la généralité d'une démarche a priori basée sur la seule équation de Schrödinger, une démarche qui de surcroît n'en a pas besoin pour atteindre la précision maximale. Cette manière de voir la situation me semble illustrer, sur le terrain de la chimie quantique, un problème plus général, celui du rapport entre les équations fondamentales que nous posons aux racines de nos disciplines, et les nombreux schémas de perturbation et autres approximations dont nous nous servons dès que la complexité de la situation à traiter rend impossible l'obtention d'une solution exacte des équations fondamentales censées la gouverner. Pour des raisons qui demandent encore à être analysées, aussi bien aux plans historiographique qu'épistémologique, notre science a pris, depuis très longtemps, le pli d'opposer la « pureté » des équations fondamentales à la bien moins resplendissante « cuisine » des techniques d'approximation: quand ces dernières

interviennent dans nos déductions formelles, elles sont perçues comme des pis-aller en l'absence de solutions exactes qui seules bénéficient du sceau de la *connaissance exacte*. Celle acquise grâce à l'intervention des techniques d'approximation n'est ainsi perçue, par opposition, que comme une connaissance *ersatz*, une connaissance *approchée*, une connaissance *imparfaite*.

De multiples raisons, basées en particulier sur une analyse fine des résultats de notre science du XXe siècle, montrent toute l'inadéquation de ce point de vue qui contraste indûment, en les faisant s'opposer, la connaissance issue des solutions des équations fondamentales, et celle obtenue à partir des schémas d'approximation. On oublie en effet que les équations fondamentales ne sont « vraies », dans la mesure où justement elles sont fondamentales, d'aucun objet ou processus qui fait la réalité concrète de notre monde. Il faut souvent une cascade d'approximations et d'autres procédures de particularisation des équations fondamentales de départ pour rendre compte des lois phénoménologiques qui elles ont cette vertu de « capter » le réel.<sup>23</sup> A la lumière de ce constat, on peut s'interroger alors sur la pertinence de maintenir encore, dans nos analyses, la hiérarchisation de la connaissance en deux strates de valeurs inégales, celle de la connaissance apportée par les solutions exactes, et celle obtenue par l'intervention des schémas d'approximation. Les solutions exactes décrivent des situations idéales que l'on ne rencontre pas dans les situations concrètes. L'idéalisation n'est ainsi pas dans les schémas d'approximation, mais dans les points de départ, les équations fondamentales. C'est grâce aux schémas d'approximation que nous réussissons à nous rapprocher de la phénoménologie. Il me semble dès lors intéressant de reconsidérer le rapport entre la connaissance exacte et la connaissance approchée. Au lieu de voir cette dernière comme un pis-aller résultant du recours aux schémas d'approximation en l'absence des solutions exactes des équations fondamentales, il me semble approprié de considérer ces schémas plutôt comme autant de moyens *réglés* et *contrôlés* de s'éloigner de l'idéalité inhérente aux équations exactes, idéalité des situations en dehors desquelles ces équations n'auraient certes pas été trouvées, mais qui, pour ces mêmes raisons, les rend stériles quand il s'agit de rendre compte des lois phénoménologiques efficaces sur le terrain de la description des phénomènes réels. Dans la manière de voir les choses que je suggère, ce

<sup>22</sup> Pauling laisse ainsi clairement entendre combien il souhaite s'appuyer sur les résultats de la mécanique quantique pour, plus que fonder, valider les intuitions des chimistes, voir Nye, *op. cit.*

<sup>23</sup> Je renvoie ici aux analyses de Nancy Cartwright qui, dans son recueil *How the laws of physics lie*, Oxford: Clarendon Press, 1999, montre, avec beaucoup de pertinence et de détails, la distance formelle qui sépare une loi fondamentale de la loi phénoménologique qu'elle est censée expliquer.



qui vient de l'approximation ne peut plus être considéré comme un artefact, alors que ce qui résulte des solutions exactes des équations fondamentales a l'exclusivité de représenter les véritables réalités du monde. Au contraire, le recours à l'approximation est reconnu dans cette vision comme le moyen de se rapprocher du phénomène dans sa complexité, ou dans ses paramètres essentiels, et en cela la connaissance que permet ce recours n'est pas subordonnée à, ou n'est pas de moindre valeur que la connaissance «exacte»: elle est plutôt le deuxième temps obligé de la démarche scientifique qui, commençant par l'idéalisation et les équations fondamentales, s'en éloigne ensuite *délibérément* par le recours aux schémas d'approximation. Suivant cette vision, il ne faudrait d'ailleurs plus appeler ces derniers comme tels, mais plutôt comme des schémas, pour utiliser ce néologisme, de «désidéalisation».

Si nous appliquons ces réflexions au problème de la structure des molécules, et plus largement à tous les problèmes de structure d'entités formées à partir d'entités plus fondamentales (atomes à partir des noyaux et électrons, noyaux à partir des protons et neutrons, hadrons à partir des quarks, etc.) où des problèmes similaires se posent, nous ne pouvons qu'être conduits à reconnaître aux conclusions des multiples schémas d'approximation un même contenu de réalité que celui attribué aux contenus des solutions exactes. La «réalité» de la liaison chimique ne fait plus, de ce point de vue, problème. Non seulement ce concept a prouvé son efficacité pour structurer la démarche de la chimie depuis plus d'un siècle et demi, mais encore la liaison chimique «existe» en tant que résultat d'un schéma d'approximation de la chimie théorique au même titre qu'existe l'atome du physicien formé des protons, neutrons et électrons, particules dont seules les approximations peuvent faire des «atomes». ■

## L'origine du mythe de la transmutation des métaux

Maurice Cosandey\*

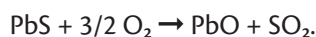
Les Alchimistes du Moyen Age croyaient que les métaux pouvaient se transmuter les uns dans les autres. Selon cette croyance, les métaux suivaient une sorte d'évolution, en s'anoblissant progressivement. Les métaux commençaient par être imparfaits, comme le fer, le cuivre, le plomb ou l'étain, qui perdent vite leur aspect brillant au contact de l'air. Mais certains philosophes pensaient qu'un processus obscur de mûrissement se déroulait au sein de la terre, et que les métaux vils se transformaient peu à peu en argent, qui est presque inoxydable donc quasi éternel, puis en or, but ultime de leur transformation, puisque l'or est absolument inoxydable, et éternellement brillant, donc noble et indégradable.

Il y avait dans ce mythe de la transmutation des métaux une sorte d'évolution continue vers le plus beau et le meilleur, tendance qui correspond assez bien à certaines aspirations de l'âme humaine, qui cherche sans cesse à faire mieux, à se dépasser, à tendre vers un idéal et par extension vers la vie éternelle. De tout temps, l'homme ordinaire s'est senti imparfait, et a cherché à faire mieux, à adorer des modèles, parfaits par définition. Bien entendu, cette recherche éperdue a de tout temps été soutenue par la religion. Les êtres sont et naissent pécheurs, donc mauvais. Mais ils peuvent se racheter et, selon les cas, se faire bénir, ou être sélectionnés parmi les élus, ou aller au paradis, selon la terminologie qu'on voudra bien adopter à cet effet. Mais là n'est pas mon propos d'aujourd'hui. Le but est de parler de la transmutation des métaux.

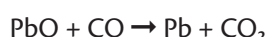
La croyance en la transmutation des métaux du plus vil au plus noble a soutenu des efforts gigantesques mais vains au travers de tout le Moyen Age. Son origine réside dans une série de faits expérimentaux liés à la métallurgie du plomb, qu'il vaut la peine de connaître. Les voici tels que me les a rapportés mon vieux professeur de chimie au gymnase, Claude Secrétan.

Il existe en Espagne une mine où on extrait un minerai de plomb dit galène, qui est du sulfure de plomb PbS, d'aspect graphitique noir. Pour en extraire le

plomb métallique, on calcine à l'air cette galène, qui se transforme en oxyde de plomb PbO, selon



Une réaction secondaire fait qu'une petite partie de la galène se transforme en sulfate de plomb PbSO<sub>4</sub>, mais ce phénomène peut être négligé ici. On chauffe ce mélange de PbO et de PbSO<sub>4</sub> dans un four alimenté au charbon. Il se produit alors la réaction suivante:



Et on obtient du plomb brillant, à l'état fondu, dans la cuve où on a effectué cette opération, et il suffit de le laisser refroidir.

Or, ce que ne pouvaient pas savoir les alchimistes, c'est que la galène d'Espagne contient un faible pourcentage de sulfure d'argent Ag<sub>2</sub>S, qui est noir comme PbS. Or l'argent subit les mêmes transformations que le plomb, et se retrouve à l'état dissous dans le plomb final. La présence de l'argent passe inaperçue jusque là.

Cependant, si on chauffe le plomb ainsi obtenu dans un creuset ouvert, il fond puis s'oxyde lentement en surface en se recouvrant d'une pellicule terne d'oxyde de plomb. Si on râcle cette pellicule, on met à jour du plomb frais qui s'oxyde à nouveau à l'air. En continuant à éliminer l'oxyde, on transformera peu à peu tout le plomb en oxyde.

Mais pas avec le plomb argentifère d'Espagne. Car avec ce métal, il reste un petit globule d'argent métallique fondu au fond du creuset, quand tout le plomb est oxydé. Il n'est pas absurde d'imaginer qu'une partie du plomb s'est transformée en argent. On peut même imaginer qu'il doit y avoir un moyen d'augmenter le rendement de cette opération.

Et là, vous pouvez donner libre cours à votre imagination. Pour améliorer le rendement en argent, vous recommencez avec un autre échantillon de galène, mais cette fois en ajoutant un ingrédient inédit de votre choix (bave de crapaud par exemple). Si vous obtenez davantage d'argent à la fin, c'est que votre échantillon en contenait davantage. Mais vous pouvez aussi être persuadé que c'est votre modification qui en est la cause. Vous recommencez une deuxième fois mais en améliorant encore la recette. Et si vous obtenez moins d'argent à la fin, c'est que votre deuxième modification était contre-productive.

\* Etourneaux 1, CH-1162 Saint-Prex.

E-mail: [maurice.cosandey@bluewin.ch](mailto:maurice.cosandey@bluewin.ch)

Maurice Cosandey, Dr. sc. Après un doctorat à l'Université de Lausanne, il a enseigné de nombreuses années au Gymnase de Pully. Il est président de l'Association suisse des Olympiades de chimie.

Au bout du énième essai, vous élaborez un mode opératoire d'une complexité extrême, qui exige la conjonction d'un nombre invraisemblable de facteurs tous plus absurdes les uns que les autres, comme l'origine de la bave de crapaud utilisée, la phase de la lune, la bénédiction divine, l'absence de gens néfastes, l'humeur de votre épouse, l'absence de toiles d'araignées au plafond. J'en passe et des meilleures. Cela devient une véritable religion.

Il n'est pas étonnant que dans ce fatras d'idées surgisse la chimère de la pierre philosophale, qui serait capable de transformer le métal vil non seulement en argent, mais en or. Dans la même lancée, rien n'est plus facile de se laisser aller à l'extrapolation, et d'imaginer que la même pierre philosophale devrait redonner l'âge d'or, c'est-à-dire la jeunesse aux vieillards.

L'ennui, c'est que l'entretien de ces illusions finit par coûter cher. On cite le cas du duc de Lorraine, qui s'est ruiné à payer un alchimiste pour poursuivre de telles recherches pendant des années. Mais évidemment il lui versait un salaire en vraies pièces d'or. Et bien sûr, pour entretenir la flamme de l'espoir, le même

alchimiste sacrifiait de temps en temps une de ces pièces d'or qu'il jetait dans le métal en fusion, où il le retrouvait à la fin, bien entendu. De quoi persuader le duc de poursuivre encore et toujours ses essais.

De telles chimères ont continué à hanter l'imagerie populaire pendant des siècles. Il a fallu la fin du 18<sup>ème</sup> siècle avec l'avènement de la chimie scientifique, pour mettre le point final aux mythes de la transmutation des métaux et de la pierre philosophale. On connaît l'adage de Lavoisier: Rien ne se crée, rien ne se perd! En d'autres termes, on ne peut pas et on ne pourra jamais créer de l'or à partir de plomb.

Le développement de la physique nucléaire a montré que cet espoir n'est peut-être pas tout à fait impossible. Après tout, l'or et le plomb ne diffèrent l'un de l'autre que de 3 protons et de quelques neutrons. Il suffirait d'enlever ces protons et neutrons pour faire de l'or avec du plomb. Mais personne n'a encore trouvé le moyen économiquement profitable d'extraire des protons à un noyau atomique, qu'il soit de plomb ou d'un autre élément. Peut-être trouvera-t-on un jour une «pince à protons»? Qui sait? ■

## Auf Rekordsuche in der Welt der Chemie

Sonja Eckhardt\* und Miriam Lauz\*\*

Das grosse Interesse der Menschheit an Rekorden schlägt sich im immensen Erfolg des Guinness-Buchs der Rekorde nieder, dem meistverkauften Buch der Welt im Rahmen der Copyright-geschützten Veröffentlichungen.<sup>1</sup> Getreu dem olympischen Motto «höher, schneller und weiter» begeben wir uns nun auf Rekordsuche in der Welt der Chemie.

### 1. Rekorde unter den Elementen: Von Schmuckstücken, Toxinen und Glühbirnen

Etwa 80% der chemischen Elemente sind Metalle, daher ist es nicht weiter verwunderlich, dass sie als Rekordhalter in den verschiedensten Kategorien zu finden sind. So besitzt beispielsweise das uns vielfach als Schmuck und Geldanlage bekannte Gold die grösste Dehnbarkeit aller Metalle.<sup>2</sup> Ein Gramm Gold lässt sich mit einer Dicke von 100 nm auf eine Fläche von sage und schreibe einem halben Quadratmeter auswalzen. Diese Dicke entspricht in etwa einem Zehntel der Wellenlänge des roten Lichts, so dass durchscheinendes Licht blaugrün erscheint. Von Gold mit einer Mohs-Härte von 2.5–3 als vergleichsweise weichem Material nun zum härtesten Vertreter, dem Diamant.<sup>3</sup> Diese besonders bei Frauen beliebte Modifikation des Kohlenstoffs besitzt eine Mohs-Härte von 10 und gilt damit als härtestes Mineral. Diese Härte macht man sich u.a. bei der

Beschichtung von Trennscheiben mit Diamanten zu Nutze, um beispielsweise Beton oder Mauerwerk zu Leibe zu rücken. Faszinierender Weise ist eine weitere Modifikation des Kohlenstoffs, Graphit, mit einer Mohs-Härte von 0.5 der weichste Vertreter unter den Elementen.<sup>3</sup> Ein einziges Element gilt somit gleichzeitig als härtester und weichster Stellvertreter seiner Klasse. Da ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass es sich bei diesem Element um das che-

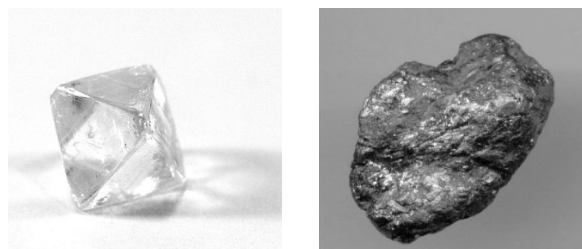


Abb. 1: Das Element Kohlenstoff stellt in seinen zwei Modifikationen Diamant (links)<sup>5</sup> und Graphit (rechts) gleichzeitig den Rekord für das härteste und das weichste Mineral auf.

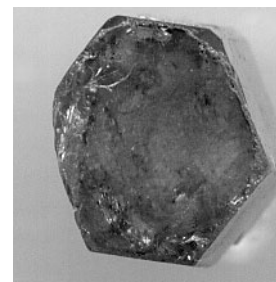


Abb. 2: Unter der Zusammensetzung  $Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$  ist Beryllium als Smaragd ein begehrter Schmuckstein. In seiner Reinform gilt Beryllium jedoch als giftigste nicht-radioaktive Element.

<sup>1</sup> C. Glenday, Guinness World Records 2010, Guinness World Records, London, 2009.

<sup>2</sup> A. Rudolph, Die edlen Metalle und Schmucksteine, Tragmann, Breslau, 1859.

<sup>3</sup> D. C. Weast, CCR Handbook of Chemistry and Physics, 67. Auflage, CRC Press Inc., Boca Raton, 1986.

misch Vielfältigste handelt. Es weist die grösste Anzahl chemischer Verbindungen auf, welche die molekulare Grundlage allen irdischen Lebens bilden.<sup>4</sup>

Ein weiterer Meister an Vielseitigkeit ist das Element Zinn, bei dem mit 10 die grösste Anzahl stabiler Isotope gefunden wurde.<sup>4</sup> Diese unterscheiden sich lediglich in der Anzahl an Neutronen im Atomkern und besitzen somit unterschiedliche Massenzahlen. Wie der Name Isotop, der sich aus den griechischen Wörtern *isos* «gleich» und *tópos* «Ort, Stelle» zusammensetzt, verrät, befinden sich die Isotope eines und desselben Elements im Periodensystem am gleichen Ort. Völlig isotopefrei hingegen kommen in der Natur 22 sogenannte Reinelemente vor, unter ihnen das Beryllium. Dies ist das giftigste der nicht-radioaktiven Elemente.<sup>4,6</sup>

<sup>4</sup> A. F. Hollemann, N. Wiberg, Lehrbuch der Anorganischen Chemie, 101. Auflage, de Gruyter, Berlin, New York, 1995.

<sup>5</sup> Diamant: Rob Lavinsky, iRocks.com – CC-BY-SA-3.0

<sup>6</sup> O. Kumberger, H. Schmidbauer Chemie in unserer Zeit 1993, 27, 310–316.

\*, \*\* Universität Fribourg, Departement Chemie,  
Chemin du Musée 9, 1700 Fribourg.

E-mail : [Sonja.Eckhardt@unifr.ch](mailto:Sonja.Eckhardt@unifr.ch)  
[Miriam.Lauz@unifr.ch](mailto:Miriam.Lauz@unifr.ch)

**Sonja Eckhardt**, Dr. rer. nat., hat Chemie an der Philipps-Universität Marburg studiert und dieses Studium 2009 mit einem Doktorat in Bioorganischer Chemie in der Gruppe von Prof. Dr. Armin Geyer abgeschlossen. An der Universität Fribourg ist sie seit Oktober 2009 als Postdoktorandin in den Gruppen von Prof. Dr. Katharina M. Fromm und Prof. Dr. Bernd Giese tätig.

**Miriam Lauz**, Dr. rer. nat., hat an der Philipps-Universität Marburg Chemie studiert und dieses Studium dort 2009 mit einem Doktorat in der Gruppe von Prof. Dr. Armin Geyer abgeschlossen. Seit Oktober 2009 ist sie als Postdoktorandin in den Gruppen von Prof. Dr. Bernd Giese und Prof. Dr. Katharina M. Fromm an der Universität Fribourg tätig.

Gefährlich sind vor allem seine Stäube und Dämpfe, die zu irreversiblen Lungenschäden durch die Bildung von Tumoren führen. Seinen Namen verdankt der toxische Spitzenreiter im Übrigen dem Mineral Beryll, einem berylliumhaltigen Schmuckstein, uns besser bekannt als Smaragd.<sup>4</sup>

Zwei weiteren metallischen Spitzenreitern verdankt die Firma Osram ihren Namen, Osmium und Wolfram. Osram ist mit einer Dichte von  $22.59 \text{ g/cm}^3$  der schwerste Feststoff unter den Elementen, (Lithium ist mit einer Dichte von lediglich  $0.53 \text{ g/cm}^3$  das leichteste).<sup>4</sup> Bei Wolfram, dem zweitem namensgebenden Element, handelt es sich um das Metall mit dem höchsten Schmelzpunkt. Es schmilzt bei  $3410^\circ\text{C}$ .<sup>4</sup> Mit einem Schmelzpunkt von  $3823^\circ\text{C}$  besitzt Kohlenstoff den höchsten Schmelzpunkt aller Elemente, wohingegen Helium mit  $-272.2^\circ\text{C}$  den niedrigsten besitzt.<sup>4</sup>

Neon, das edelste aller Elemente, von dem bislang keine Verbindungen bekannt sind, ist lediglich in einem Bereich von  $-248.6$  bis  $-246.3^\circ\text{C}$  flüssig.<sup>7</sup> Das andere Extrem lässt sich beim Element Neptunium finden, welches auf der Erde nicht natürlich vorkommt, sondern bei der Energiegewinnung in Kernreaktoren entsteht. Mit einem Schmelzpunkt von  $640^\circ\text{C}$  und einem Siedepunkt von  $3902^\circ\text{C}$  ergibt sich ein immenser Flüssigkeitsbereich.<sup>3</sup>

Die Gewinnung von Reinelementen ist besonders bei den Aktinoiden sehr aufwändig. So waren beispielsweise bei der Erstgewinnung des Elements Lutetium im Jahre 1905 sage und schreibe 15000 konsekutive Kristallisationen nötig, um reines Lutetium in den Händen halten zu können. Neben den aus diesem Grund sehr teuren Actinoiden und Lanthanoiden handelt es sich beim Rhodium um das teuerste Edelmetall, da es zum einen das seltenste Metall ist und zum anderen eine Vielzahl industrieller Anwendungen, wie beispielsweise Fahrzeugkatalysatoren, besitzt. Im Jahr 2010 betrug der Preis für 1 g etwa 84 USD. Damit nun von den Elementen zu einigen Ihrer Verbindungen:

## 2. Rekorde aus der Welt der Materialien: von Teflon, Titan und der NASA

Das Phänomen der Reibung betrifft uns in den unterschiedlichsten Situationen. Egal ob zwei Gegenstände aufeinander liegen, gleiten oder rollen, tritt die sogenannte Reibung in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der jeweiligen Oberflächen auf. Beispielsweise erhöhen wir im Winter die Reibung durch das Aufbringen von Sand auf Eis, damit unsere Schuhe besser haften. Ein Material, das den geringsten

Reibungskoeffizienten aller Festkörper besitzt, ist Polyfluorotetraethylen PTFE, ein Polymer, besser bekannt unter dem Namen Teflon. Es besitzt ebenso wenig Reibung wie nasses Eis auf nassem Eis sowie eine extreme thermische und chemische Stabilität und wird deswegen u.a. für besonders hochwertige Dichtungen verwendet.<sup>8</sup> Ein weiterer Rekordhalter sind Titanlegierungen. Sie besitzen unter den metallischen Werkstoffen mit über 25 km die grösste Reisslänge. Darunter versteht man jene Länge, bei der ein Draht dieses Werkstoffes auf Grund seines Eigengewichtes von seiner Aufhängung abreisst. Diese Kenngrösse ist vor allem dort von Bedeutung, wo grosse Trägheits- und Fliehkräfte angreifen, wie etwa bei Luftschrauben, Verdichterschaufeln oder Pleuelstangen.<sup>9</sup>

Der Rekordhalter unter den Rekordhaltern sind vermutlich die sogenannten Aerogele, halten sie doch selbst 15 Einträge im Guinness-Buch der Rekorde für Materialeigenschaften, inklusive «bester Isolator» und «leichtester Feststoff» bzw. Feststoff mit der geringsten Dichte ( $1.9 \text{ mg/cm}^3$ ).<sup>1</sup> Dabei handelt es sich um hochporöse, auf Silikaten basierende Materialien, die zu etwa 99.8% aus Poren bestehen. Diese schwammartige Struktur wurde beispielsweise in der Raumfahrt als Auffangmatrix für kleinste Staubpartikel genutzt und es gelang mit ihrer Hilfe zum ersten Mal, unbeschadet Material eines Kometen zur Erde zu bringen. Des Weiteren werden Aerogele auf Grund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit als Dämmstoff verwendet. Von Wärmedämmung nun zu wirklich heißen Rekorden:

## 3. Heisse Rekorde: von Flammen und Chilis

Die heisseste Flamme lässt sich derzeit mit Dicyanoethin erzeugen, einer klaren, farblosen Flüssigkeit, deren Zusammensetzung lediglich aus Kohlenstoff und Stickstoff besteht. Erreicht man zum Vergleich mit einem handelsüblichen Streichholz Temperaturen von  $800^\circ\text{C}$ , mit dem Bunsenbrenner  $900\text{--}1500^\circ\text{C}$  und dem Schweissbrenner etwa  $3000^\circ\text{C}$ , lassen sich mit Dicyanoethin in reinem Sauerstoff Temperaturen um  $5000^\circ\text{C}$  erzielen (siehe Abb. 3).<sup>10</sup>

Dicyanoethin: bis  $6000^\circ\text{C}$

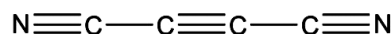


Abb. 3: Die heissesten Flammen lassen sich mit Dicyanoethin in Gegenwart von Ozon und bei einem Druck von 40 bar erzeugen.

<sup>8</sup> a) S. K. Biswas, K. Vijayan *Wear* **1992**, 158, 193-211; b) W. G. Sawyer, K. D. Freudeuber, P. Bhimaraj, L. S. Schadler *Wear* **2003**, 254, 573-580.

<sup>9</sup> G. Niemann, H. Winter, B.-R. Höhn *Maschinenelemente: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen*, 4. Auflage, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, **2005**.

<sup>10</sup> <http://www.chemie.de/lexikon/Dicyanoethin.html>, aufgerufen am 20.01.2011.

<sup>7</sup> E. Riedel *Anorganische Chemie*, 4. Auflage, deGruyter, Berlin, New York, **1999**.

In Gegenwart von Ozon und bei einem Druck von 40 bar lassen sich sogar Flammentemperaturen von 6000°C erreichen. Diese Temperatur liegt etwa 500°C oberhalb der Oberflächentemperatur der Sonne.

Nicht nur in diesem Artikel sind «heiss» und «scharf» miteinander verwandt, denn auch in unserem Körper wird für beide Empfindungen der gleiche Rezeptor aktiviert. Die schärfste Verbindung ist das Capsaicin. Dieser würzige Inhaltsstoff schützt Paprika, Chilischote usw. vor Fressfeinden.

Angegeben wird die Schärfe einer Substanz in Scoville. Der Scoville-Wert (SCH) von 16 Mio. für Capsaicin<sup>11</sup> bedeutet, dass 16 Mio. Tropfen Wasser nötig sind, um die Schärfe eines Tropfens dieser Verbindung so weit zu neutralisieren, dass seine Schärfe nicht mehr wahrnehmbar ist, d.h. unterhalb der Wahrnehmungsschwelle von ca. 16 SCH liegt. Um diesen Wert etwas besser einordnen zu können, folgen hier einige Werte zum Vergleich. Peperoni besitzen einen SchärfeWert von 100–500 SCH, Tabasco-Sauce 2500–5000 SCH und handelsübliches Pfefferspray etwa 2 Mio. SCH. Als schärfste Chilisauce der Welt ist derzeit «The Source» mit 7.1 Mio. SCH im Handel erhältlich.

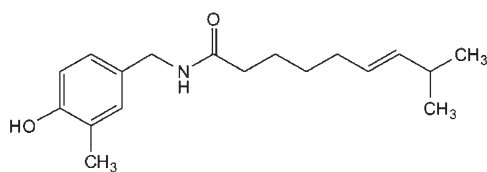


Abb. 4: Capsaicin gilt mit einer Schärfe von 16 Mio. SCH als die schärfste Verbindung und dient ihren Produzenten als Schutz vor Fressfeinden.

#### 4. Chemische Rekorde aus der Natur: von Tödlichem und Übelriechendem

Eines der toxischsten von Menschenhand produzierten Gifte ist 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin, das unter dem Namen Seveso-Gift traurige Berühmtheit erlangte. Gemessen wird die Giftigkeit einer Substanz an ihrer letalen Dosis (LD). Beim LD<sub>50</sub>-Wert handelt es sich somit um die Dosis, die auf die Hälfte der Population tödlich wirkt. Für 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin beträgt dieser Wert 22 µg pro Kilogramm Körpergewicht (Rattenmodell).<sup>12</sup> Einige von der Natur produzierten Gifte stellen die vom Menschen künst-

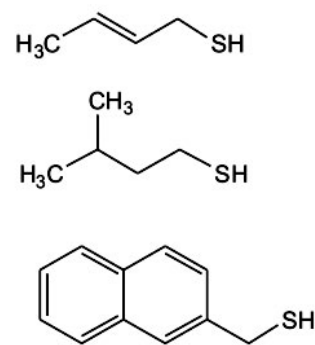


Abb. 5: Die Thiole gelten als die stinkendsten Verbindungen. Das Stinktier nutzt gleich drei von ihnen in seinem Drüsensekret.

lich hergestellten Gifte jedoch weit in den Schatten.<sup>13</sup> Spitzenreiter sind dabei vor allem die von Bakterien produzierten Toxine wie beispielsweise das Nervengift Botulinumtoxin, besser bekannt unter dem Handelsnamen Botox. Bereits 3·10<sup>-5</sup> µg/kg des Gifts werden der Hälfte der Mauspopulation zum Verhängnis. Als eines der giftigsten Tiere gilt die Krustenanemone. Bereits 0.15 µg/kg ihres Giftes Palytoxin reichen aus, um die Hälfte der vergifteten Tiere zu töten. Palytoxin ist ein grosses, sehr komplexes Molekül mit einem langen polyhydroxylierten und teilweise ungesättigten aliphatischen Rückgrat mit 64 stereogenen Zentren. Der grüne Knollenblätterpilz mit seinen Amatoxinen und Phallotoxinen und einem LD<sub>50</sub>-Wert von 100 µg/kg erscheint dagegen schon fast harmlos. In unseren Breitengraden geht die grösste Bedrohung für den Menschen jedoch von der Biene aus, da einige Menschen auf das von ihr injizierte Gift allergisch reagieren.

Zwar ist umgangssprachlich noch keiner erstunken, belästigend ist übler Gestank jedoch allemal. Die übelriechendsten Substanzen findet man in der Substanzklasse der Thiole, deren Geruch als eine Mischung von faulem Kohl, Knoblauch, Zwiebeln und Kloakengas beschrieben wird.

Thiole macht sich nicht nur das Stinktier als Verteidigung zu Nutze,<sup>14</sup> sie werden auch dem ansonsten geruchlosen Erd- oder Campinggas beigemischt, um den typischen Gasgeruch zu erzeugen. So wurde beispielsweise im Jahr 2001 die Berner Altstadt aus Sicherheitsgründen wegen starken Gasgeruchs zeitweise gesperrt, weil in einem Stadtlabor an der Brunnengasse Mercaptan, welches typischerweise dem Erdgas zugesetzt wird, entwichen war und man zunächst ein Gasleck vermutete.<sup>15</sup>

<sup>11</sup> J. D. Batchelor, B. T. Jones *J. Chem. Educ.* **2000**, *77*, 266-267.

<sup>12</sup> a) R. J. Kociba, D. G. Keys, J. E. Beyer, R. M. Carreon, C. E. Wade, D. A. Dittenber, R. P. Kalnins, L. E. Frauson, C. N. Park, S. D. Barnard, R. A. Hummel and C. G. Humiston *Toxicology and Appl. Pharmacology* **1978**, *46*, 279–303;

b) W. N. Piper, J. Q. Rose, P. J. Gehring *Environ. Health Perspect.* **1973**, *5*, 241–244.

<sup>13</sup> M. D. Gill *Microbiol. Rev.* **1982**, *46*, 86–94.

<sup>14</sup> W. F. Wood, B. G. Sollers, G. A. Dragoo, J. W. Dragoo *J. Chem. Ecol.* **2002**, *28*, 1865–1870.

<sup>15</sup> <http://www.news.ch/Gasgeruch+in+Berner+Altstadt/29975/detail.htm>, aufgerufen am 20.01.2011.

## 5. Kuriositäten: von essbaren und eher schwer verdaulichen Kristallen

Zum guten Schluss noch zwei eher kuriose Vertreter aus der Welt der chemischen Rekorde: Den Einzug ins Guinness-Buch der Rekorde schaffte eine Chemielehrerin mit ihrer Klasse, die gemeinsam den grössten Kristall züchteten.<sup>1</sup> Was mit einem Körnchen an einem Bindfaden begann, endete nach mehr als 15 Monaten bei guter Pflege mit einem satte 16.5 kg schweren tiefblauen Kupfersulfat-Kristall. Dass Chemie nicht nur etwas ist, das Menschen in weissen Kitteln in einem Labor tun, sondern durchaus einen Nutzen für die Menschheit hat, zeigte auf humoris-

tische Weise ein englischer Doktorand. Er unterbot im Jahr 2010 den Geschwindigkeitsrekord im Herstellen von Eiscreme um mehr als acht Sekunden. Einen Liter der kalten Leckerei stellte er in lediglich 10.34 Sekunden her. Dies gelang ihm mit Hilfe von flüssigem Stickstoff, der eine Temperatur von  $-198^{\circ}\text{C}$  besitzt, sowie durch heftiges Rühren.<sup>1</sup>

Wer nun Appetit auf mehr hat, dem empfehlen die Autoren 1 Liter Milch, 2 Liter Sahne, jede Menge Flüssigstickstoff, Sossenspulver je nach persönlichem Geschmack und viel Spass bei der Jagd nach chemischen Rekorden. ■

## Chemie und Energie

Gion Calzaferri\*

Leben ist an Umwandlung von Energie gebunden; so ist auch jede Nutzung einer technischen Einrichtung. Unsere Gesellschaft ist weitgehend auf die chemische Umwandlung von fossil gespeicherter Energie ausgerichtet, also Kohle, Erdöl, Erdgas, Biomasse. Wird das so bleiben?

Die Photosynthese der grünen Pflanzen bildet die Basis für die ganze Nahrungskette. Damit die che-

an der Umwandlung von solarer zu chemischer Energie in biologischen Prozessen. Die gesamte Primärproduktion von organischem Kohlenstoff durch Reduktion von Kohlendioxid wird auf 105 Pg (Peta-gramm, 1 Pg=10<sup>15</sup>g) pro Jahr geschätzt, je zur Hälfte an Land und in Ozeanen<sup>1</sup>. Somit ist die Photosynthese die wichtigste CO<sub>2</sub>-Senke. Dabei werden von den etwa 178000 TW Leistung, die unsere Erde von der

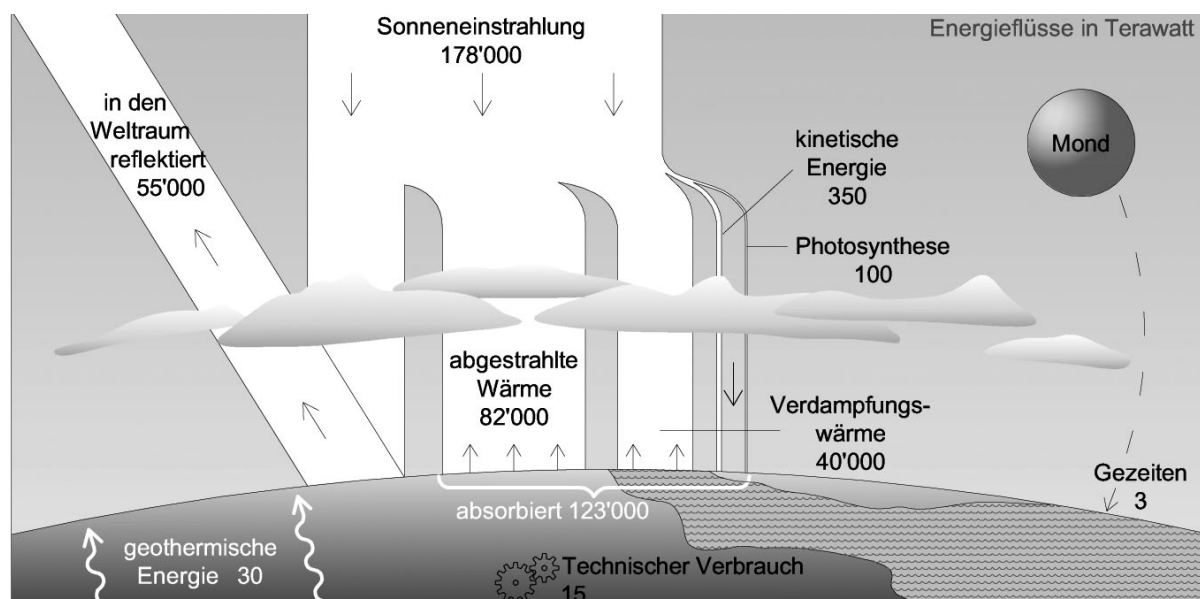


Abb.1 Energiebilanz der Erde. Etwa 178000 TW Leistung der Sonne trifft auf die Erde; 1 TW entspricht 10<sup>12</sup> Watt. Etwa 30% davon werden ohne grössere Umwege in den Weltraum reflektiert, 46% werden von der Erde absorbiert, in Wärme umgewandelt und in den Weltraum abgestrahlt. Die verbleibenden 24% erzeugen Winde und treiben den Wasserkreislauf an. Nur etwa 0.056% wird in der Fotosynthese der grünen Pflanzen umgesetzt, welche die Grundlage für alles Leben auf der Erde ist. Der aktuelle «technische Energiebedarf» der Menschen liegt bei 15 bis 16 TW. Der Beitrag der Geothermie wird auf 30 TW geschätzt und jener der Mondgravitation beträgt 3TW.<sup>2</sup>

mischen, biochemischen und biologischen Prozesse ablaufen, benötigen die Pflanzen Licht, Nährstoffe und eine ausreichende Versorgung mit Wasser, dessen Verbreitung durch Verdunstung und Winde gewährleistet wird. Das Sonnenlicht ist somit der fundamentale Energieträger für alles Leben auf der Erde. Das Gedeihen der ganzen Fauna und Flora und auch die Versorgung mit freiem Sauerstoff hängen

Sonne zur Verfügung hat, nur etwa 0.056% bei der Photosynthese umgesetzt (1 Terawatt, TW = 10<sup>12</sup> W). Abb.1 zeigt die Energiebilanz der Erde. Etwa 30% der Sonneneinstrahlung werden ohne grössere Umwege ins Weltall reflektiert, 46% werden absorbiert, um bald wieder als Wärme abgestrahlt zu werden. Der Wasserzyklus, Winde und die Photosynthese setzen 24% um. Der «technische Energieumsatz» liegt gegenwärtig bei 15 bis 16 TW, was heisst, dass der Menschheit noch ein grosser Spielraum zur vermehrten Nutzung der Sonneneinstrahlung bleibt.

\* Universität Bern, Departement für Chemie und Biochemie, Freiestrasse 3, 3012 Bern.

E-mail: [gion.calzaferri@iac.unibe.ch](mailto:gion.calzaferri@iac.unibe.ch)

**Gion Calzaferri**, PhD, full professor (em.) for physical chemistry, is the 2007 recipient of the Theodor Förster lectureship, awarded jointly by the German Chemical Society and the German Bunsen Society for Physical Chemistry. His research focuses on supramolecularly organized molecules, clusters, and complexes in zeolites, and on artificial antenna systems for light harvesting.

<sup>1</sup> Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. C. B. Field, M. J. Behrenfeld, J. T. Randerson, P. Falkowski, *Science* **1998**, 281, 237-240; DOI: 10.1126/science.281.5374.237

<sup>2</sup> a) Energy for Planet Earth. G. R. Davis, *Scientific American* **1990**, 263, 21-27; b) Amerikas Weg ins solare Zeitalter. K. Zweibel, J. Mason, V. Fthenakis, *Spektrum der Wissenschaft* **2008**, März, 60-70;

c) <http://en.wikipedia.org/wiki/Sunlight>



Die vielen chemischen Prozesse, die bei der Umwandlung von fossil gespeicherter Energie in Arbeit oder Wärme ablaufen, die chemischen Reaktionen in Batterien, Akkumulatoren oder Brennstoffzellen und auch die anspruchsvollen chemischen Prozesse, die für die Bereitstellung und Aufarbeitung der Brennstäbe von Kernkraftwerken beherrscht werden müssen, sind grosse Themen.

Ein anderes grosses und besonders aktuelles Thema ist die Bedeutung chemischer Prozesse bei der Erforschung und technischen Realisierung von erneuerbaren Energien. Ich möchte in diesem kurzen Aufsatz einige Aspekte herausgreifen, bei denen die Chemie, bzw. die Chemiker, nur zeitweise im Vordergrund stehen, bei denen aber die Beherrschung chemischer Prozesse Voraussetzung zum Erfolg ist.

Erste Anregungen zur «technischen» Nutzung der reichlich einfallenden Sonnenleistung wurden bereits Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts von bedeutenden Wissenschaftlern vorgestellt. Im Jahr 1911 äusserte Wilhelm Ostwald, einer der Väter der Physikalischen Chemie, die Meinung, die Menschheit könne und sollte ihren Energiebedarf mit Hilfe der Sonnenenergie decken. Gut bekannt ist seine Bemerkung: «Verschwende keine Energie, verwende sie!».<sup>3</sup> Ein Jahr später diskutierte der Photochemiker Giacomo Ciamician in einem Vortrag am International Congress of Applied Chemistry in New York die Frage, ob es sinnvoll oder sogar notwendig sei, Brennstoffe mit Hilfe von künstlicher Photosynthese bereitzustellen.<sup>4</sup> Wichtig für die spätere Entwicklung ist die 1916 gemachte Entdeckung des polnischen Chemikers Jan Czochralski. Sie hat zu dem nach ihm benannten Verfahren zur Synthese von Einkristallen aus einer Schmelze geführt, das sich auch für Silizium eignet.

Um 1950 beobachteten Forscher der amerikanischen Firma Bell, dass Silizium-Gleichrichter am Sonnenlicht einen grösseren Strom zeigten, als im Dunkeln. Als Folge dieser Beobachtung entwickelte Bell 1954 die erste Silizium Solarzelle, deren Wirkungsgrad bei 4% bis 6% lag. Bereits 1958 wurden auf dem Satelliten Vanguard I Experimente mit diesen Zellen durchgeführt. Die ersten Versuche, Solarenergie in grösserem Masstab technisch zu nutzen, liessen aber auf sich warten und kamen als Konsequenz der ersten Ölkrise 1973–1974. Im Oktober 1973 brach ein neuer Krieg aus zwischen Israel und seinen arabischen Nachbarn. Als die arabischen Staaten erkannten, dass sie diesen Krieg militärisch nicht gewinnen konnten, beschlossen mehrere erdölexportierende Länder ökonomische Kriegsführung, indem sie die Erdölför-

<sup>3</sup> W. Ostwald, Die Mühle des Lebens. Theod. Thomas Verlag, Leipzig, 1911.

<sup>4</sup> The Photochemistry of the Future.

G. Ciamician, *Science* 1912, 36, 385–394.

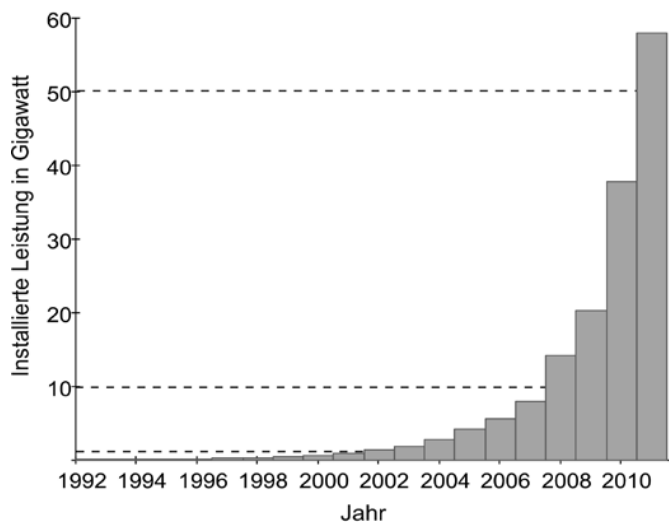


Abb. 2 Installierte Photovoltaik, weltweit. Bei den Zahlen handelt es sich um die Spitzenleistung der Anlagen. Die Daten für 2011 beruhen auf einer Schätzung.<sup>5</sup>

derung und den Erdölexport drosselten. Dies führte zu einer erheblichen Verknappung in der westlichen Welt und damit zur Einsicht, dass die vitale Abhängigkeit vom Erdöl eine Gefahr darstelle.

Die mit dieser ersten Ölkrise einsetzende und sich bis heute fortsetzende Verteuerung und Verknappung des Rohöls, sowie die befürchtete Klimaänderung, die mit der extensiven Nutzung fossiler Energieträger einhergeht, bewirken, dass die Einsichten von Ostwald, Ciamician und anderen Wissenschaftlern heute, 100 Jahre später, angekommen sind.

Die Technologie zur Nutzung von Solarenergie hat sich in wenigen Jahren zu einem respektablen Wirtschaftszweig entwickelt, mit jährlichen Zuwachsraten von etwa 40%. Ich illustriere dies anhand der Entwicklung der Photovoltaik, mit der wir Menschen erstmals einen Prozess entwickelt haben, der mit der Photosynthese vergleichbar ist. Statt chemischer Energie wird elektrische Energie erzeugt. Beides sind Energieformen, die keine Entropie enthalten. Ihre vollständige und verlustfreie Umformung in andere Energieformen ist prinzipiell möglich. Mit der Photovoltaik kann sich die Menschheit von den Energievorräten unabhängig machen, die als Folge früherer Sonnenenergienutzung durch die Pflanzen vorhanden sind. Abb.2 zeigt, dass die Anfänge zur Nutzung von Photovoltaik recht zaghaft waren. Viele hatten geglaubt, dass sie sich nie durchsetzen werde. Nachdem die psychologische Limite von 1 Gigawatt (GW) installierte Leistung überschritten war, ging es sehr rasch. 2008 wurde die 10-GW-Schwelle passiert und wir können davon ausgehen, dass in diesem Jahr die 50-GW-Grenze überschritten wird. (Bei den Angaben zur Photovoltaik handelt es sich um Spitzenleistungen. Darum müssen diese Werte für einen

<sup>5</sup> Report IEA-PVPS T1- 19:2010 and <http://www.pvmarketresearch.com>

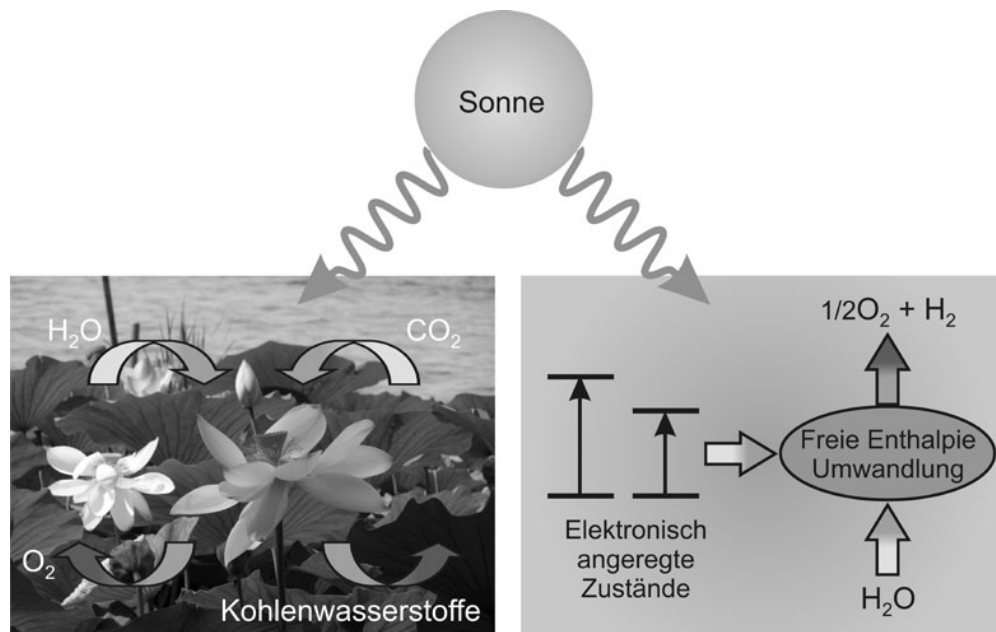


Abb. 3 Sonnenenergieumwandlung und Speicherung. Links: Illustration des Prinzips und der Schönheit der natürlichen Photosynthese. Rechts: Prinzip einer künstlichen Umwandlung und Speicherung von Licht.

Vergleich mit Kraftwerken, die Bandleistung erbringen, durch einen Faktor 5 bis 6 dividiert werden.) Das heisst, dass Ende dieses Jahres voraussichtlich das Äquivalent der Leistung von etwa 10 grossen Kernkraftwerken erreicht ist.

Der weitaus grösste Teil der installierten Photovoltaikanlagen beruht auf Silizium-Solarzellen-Technologie. Silizium ist nach dem Sauerstoff das zweithäufigste Element. Die Erdkruste besteht zu 25,8 Gewichtsprozent aus Silizium. Dieser Rohstoff wird uns also nicht ausgehen. Die Beiträge der Chemie zur technischen Realisierung von Photovoltaikanlagen sind vielfältig. Zunächst muss aus dem Rohstoff Siliziumdioxid reines Silizium gewonnen werden. Anschliessend folgen eine Reihe von Schritten, bis ein einsatzfähiges Modul bereitsteht. Dabei spielen mehrere chemische Prozesse eine Rolle. Photovoltaik ist ein sehr schönes Beispiel dafür, wie die technische Realisierung einer Anlage von enger Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen abhängt, in diesem Fall von Chemie und Physik, von Material- und Ingenieurwissenschaften, von Design und Architektur und schlussendlich von Ökonomen und Politikern.

Wir haben bereits festgestellt, dass die natürliche Photosynthese die Voraussetzung für Leben auf der Erde ist. Der thermodynamische Wirkungsgrad der Photosynthese von grünen Pflanzen für die Erzeugung eines Brennstoffs ist jedoch gering und verlangt optimale Bodenbedingungen, optimale Temperatur und ausreichende Wasserversorgung. Die natürliche Photosynthese hat viele andere lebensnotwendige Aufgaben zu bewältigen, nicht nur die Bereitstellung eines Brennstoffs. Eine alte Herausforderung der Photochemiker ist deshalb die Suche nach einem

spezialisierten Photosyntheseprozess, nicht durch Nachbildung der Selbstorganisation und Reproduktion des biologischen Systems, sondern um das Sonnenlicht dafür zu nutzen, die in grossen Mengen vorhandenen Rohstoffe Wasser und Kohlendioxid in einen chemischen Brennstoff zu verwandeln. Die Ergebnisse dieser Forschung sind bisher bescheiden geblieben, und es ist nicht möglich abzuschätzen, wann sich das ändern wird. Es kann sehr bald sein oder auch noch sehr lange dauern. Eine Gegenüberstellung der natürlichen zur künstlichen Photosynthese ist in Abb. 3 dargestellt.

Im Gegensatz zum bescheidenen Gesamtwirkungsgrad der grünen Pflanzen für die Bereitstellung eines Brennstoffs steht die Effizienz ihres Antennensystems. Es handelt sich um ein sehr ausgeklügeltes Werkzeug für die Lichtsammlung, also das Einfangen von Photonen, und Weiterleiten der Energie zum Reaktionszentrum, in dem dann die chemischen Prozesse eingeleitet werden, die das Wachstum der Pflanzen bewerkstelligen. Die Funktionsweise dieses wunderbaren Systems ist seit vielen Jahren gut verstanden, was dazu geführt hat, dass zahlreiche Chemiker versucht haben, künstliche Antennensysteme zu bauen; natürlich nicht, um ein Blatt im Labor zu synthetisieren, sondern um die Funktion des Antennensystems auf eine andere Art nachzubilden. Das ist in meinem Labor durch Organisation von Farbstoffen in Nanoröhren gut gelungen.<sup>6</sup> Es gibt jetzt vielversprechende Ansätze, diese Ergebnisse praktisch zu nutzen.<sup>7</sup> ■

<sup>6</sup> Mimicking the Antenna System of Green Plants. G. Calzaferri, K. Lutkouskaya, *Photochem. Photobiol. Sci.* **2008**, *7*, 879-910; DOI: 10.1039/b804682b.

<sup>7</sup> <http://www.optical-additives.com>

## Nature-Copy-Chemistry-Paste

Andreas Zumbühl\*

A few decades ago, the world of natural sciences was a world with clear, fixed boundaries where inner- and interdisciplinary collaboration was hard to find and frowned upon. This picture has changed dramatically over the past decade with a surge of new disciplines populating the space between the classical disciplines.

A third revolution is now taking place: convergence, true collaboration between chemists, biologists, physicists, engineers, and medical doctors. Helped by physical proximity, e.g., within the same institute, each team member is providing the specialties of his field with the goal to tackle problems that cannot be solved by one research group alone. The results can be solutions of unprecedented creativity and this short article highlights a few recent examples from the world of convergence.

The text is focussing on solutions that have been inspired by nature, that copy nature and, sometimes, even enhance it. Most of the presented research is still at the concept stage but it might serve as a glimpse into the future of chemistry.

### Superhydrophobic Surfaces

Spring draws nearer and brings with it the Sundays spent watching raindrops sliding down the windows. It is times like these that can be very inspiring; sliding raindrops, e.g., leave behind traces and make it necessary to clean a window from time to time. While this is no big deal at home, it can be dangerous and very expensive when the windows of skyscrapers have to be cleaned. The dream, of course, would be self-cleaning surfaces. And here, nature is already offering a solution ready to be copied: superhydrophobic surfaces.

A long time ago, it was noted that the lotus plant never gets dirty. Water rolls off the lotus leaf surface and with the rolling motion, the water droplets drag dust and other dirt particles with them, leaving behind a pristinely clean surface. Contrary to what might be thought, a closer look at a lotus leaf does not reveal a totally flat surface but a very rough surface with thousands of microscopically small pillars made of wax crystals. The water molecules are efficiently rejected from the plant's surface because the wax is a hydrophobic, water-repellent material. Furthermore, air bubbles that fill the valleys between the pillars physically block the water droplets from touching the plant leaf and wetting its surface.

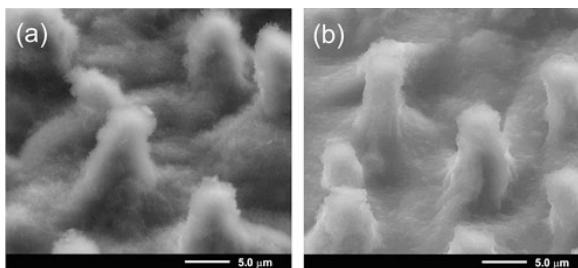


Figure 1. An exact replica (b) of a natural lotus leaf (a). A fresh leaf has been coated with the silicon-based polymer poly(dimethylsiloxane), creating a negative imprint. A second layer of the polymer again created the positive replica showing the same characteristics as the natural leaf surface. Reprinted with permission from *Langmuir* 2005, 21, 8978–8981. Copyright 2005 American Chemical Society.

The dream of self-cleaning windows, vehicles and clothing led many research groups to look into how natural structures could be replicated. One straightforward technique has recently been reported by the group of Ji and colleagues. A fresh lotus leaf was covered with the widely used silicon-based polymer poly(dimethylsiloxane), an elastic, transparent material. Peeling off the leaf revealed a negative imprint of a lotus-leaf structure. Using a second polymer and a special surface coating preventing a chemical reaction between the two polymers, a positive replica was casted. This polymer now looked identical to the natural lotus leaf but was made by chemical means, a true «copy-paste» from nature.

### Gecko-inspired Surgical Tape

Higher magnification images of natural surfaces reveal that nature is using pillars also in other surprising situations.

\* Université de Genève, Département de Chimie Organique, 30, Quai Ernest-Ansermet, 1211 Genève 4.

E-mail: [andreas.zumbuehl@unige.ch](mailto:andreas.zumbuehl@unige.ch)

**Andreas Zumbühl**, Dr. sc. nat. ETH, ist in Interlaken aufgewachsen. Er hat sein Chemiestudium an der ETH Zürich 1999 mit dem Diplom und 2004 mit einem Doktorat in bioorganischer Chemie abgeschlossen. Von 2004–2006 war er Postdoctoral Fellow und Associate in der Gruppe von Professor Robert S. Langer am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, USA. Danach folgte ein Postdoc in der Gruppe von Professor Joachim Seelig am Biozentrum Basel. Seit 2008 ist er als Maître Assistant an der Universität Genf angestellt. Andreas Zumbühl beschäftigt sich mit der Synthese künstlicher Lipide und deren Anwendung in Biologie und Medizin.

Nothing will stop geckos, small reptiles, from gathering food. On the search for small insects a gecko will walk up vertical walls and hang from ceilings without falling down. Since a long time already, this phenomenon fascinated physicists who were searching for the reasons behind the stickiness of a gecko foot. Only recently, microscopy techniques revealed that geckos are not using liquid glue excreted by glands but found a much simpler, dry solution to the problem of walking up smooth surfaces. Each gecko foot contains hundreds of thousands of rigid hairs, setae, that themselves are split into even more hairs, spatulae, at the tip. These millions of hairs maximize the van der Waals contact between a gecko foot and the surface it is walking on. One single van der Waals interaction itself would not be enough to allow a gecko to climb up a wall. But the shear multiplication of these weak forces results in a strong adhesion, based on a fundamental physical property. Capillary forces of monolayers of water that are present between the spatulae and the smooth surface further increase the adhesion of the animal. The hairs of a gecko are oriented in a way that putting the foot down in one direction lets the animal stick to the wall, moving the foot into the other direction breaks the adhesive forces and allows the gecko to move forward instantaneously.

When the basic principle and geometry of a gecko foot was published, several groups immediately grasped the potential of gecko-inspired surfaces. A solution might have been found for an extremely sticky, but reusable Scotch tape with very special properties. A recent example shows a mass of 500 g hanging on a single a 1 × 2 cm large strip of a «Gecko-tape»!

Simple copy-paste from nature was not as easy as in the case of lotus leaves, as the structures of gecko setae were too small and fragile and could not be copied directly. Other replica molding techniques had to be developed. A silicon wafer, known from microchip fabrication, served as a negative template. Using a laser beam, discrete holes were cast into the material. The holes in the silicon wafer were then covered with an elastomeric polymer. After curing, the final polymer was peeled off (see Figure 2).

Surgery is one field of applications where such a material would be highly appreciated. During a minimal-invasive operation closing a wound with needle and thread gets very tedious and the task would be much simpler if a degradable, elastomeric Scotch tape could seal the internal wound. Also, ruptures of the intestine could simply be covered with a sealing tape that would withstand the high forces applied to the tissue (today, needle and thread or stapling techniques are used). Of course, working with degra-

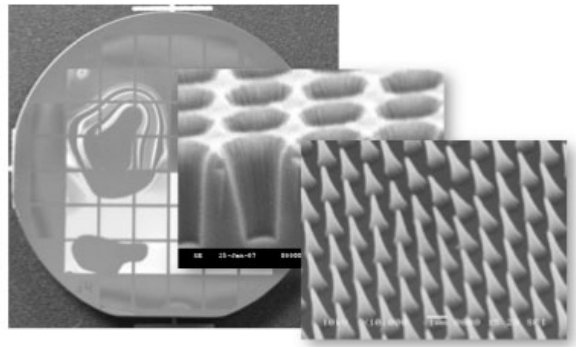


Figure 2. Casting a Gecko-inspired surface. Holes were drilled into a silicon wafer using laser technology. Then the wafer was coated with the elastomeric material poly(glycerol sebacate acrylate). After photocuring, a positive replica could be peeled off. Pictures courtesy of Robert S. Langer and Jeffrey M. Karp.

dable polymers would be highly appreciated; after closing a wound, the polymer would slowly degrade into non toxic compounds and it would not be necessary to perform a second surgery in order to remove the implant.

### Shape-memory Polymers

The fact that our body temperature is much higher than the surrounding temperature leads to interesting, temperature-sensitive materials.

As already mentioned above, suturing a wound through an endoscope is a difficult task. If the knots are too tight, the surrounding tissue might show necrosis, if the knots are too weak, scar tissue might form, which has inferior mechanical properties and might even break and lead to a hernia. Using the optimum force might be achieved by letting the thread tie its own knot. This solution would involve shape-memory polymers. If these materials were degradable, only one surgical procedure would be needed, a truly minimal-invasive operation.

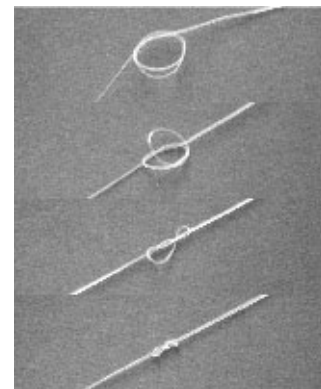


Figure 3. Going beyond what Nature can achieve: shape-shifting polymers allow hand-free tightening of a knot. Such a polymer would be appreciated in minimal-invasive surgery where tying knots through an endoscope is difficult due to the confined space. From Science 2002, 296, 1673-1676. Reprinted with permission from AAAS.

Shape-memory materials come in many forms and we are surrounded by them, probably without us paying too much attention. Frames of modern glasses can be treated roughly without them losing their initial form, shrink-wrap foil tightly holds together bundles of wires after heating with a heat-gun, sunsails of satellites unfold magically, and wrinkle-free shirts need no ironing anymore.

A self-tying knot for sutures would need two physical states; a loosely tied state that would allow easy insertion of the material through an endoscope, and a tightly tied final state. The shape-memory effect would then be provoked by the increase of the temperature (room temperature to body temperature). The materials used are degradable block copolymers, linear polymeric chains that are physically crosslinked in the final shape of the polymer. The material is then forced into a second state and fixed temporarily with a second set of crosslinkers. Heating the material above a specific temperature will revert the geometry of the material to its original state, in our case a tied knot or various other applications such as, e.g., drug encapsulation and release.

### DNA Origami

The prototypical long, linear polymer in our body is DNA and it is intriguing what can be done with this molecule.

DNA is the main source of information of our body. The blueprints for our life are contained on two complementary linear polymers that wrap around each other and form the famous double helix. But the double helix is not the only form DNA can adopt and therefore, in the past few years, DNA has been used more and more in ways that were not predicted by nature. DNA is formed from two linear molecules that recognize each other via Watson-Crick pairing of the nucleobases. Other molecules that can undergo the same interactions with the leading strand can replace the second DNA strand. The result could be a single strand that is stapled together into a new form by many small snippets of complementary DNA. This is DNA origami, first reported by the team of Rothemund.

The goal of DNA origami is to staple a long single strand of DNA into a new two- or even three-dimensional form using hundreds of smaller, comple-

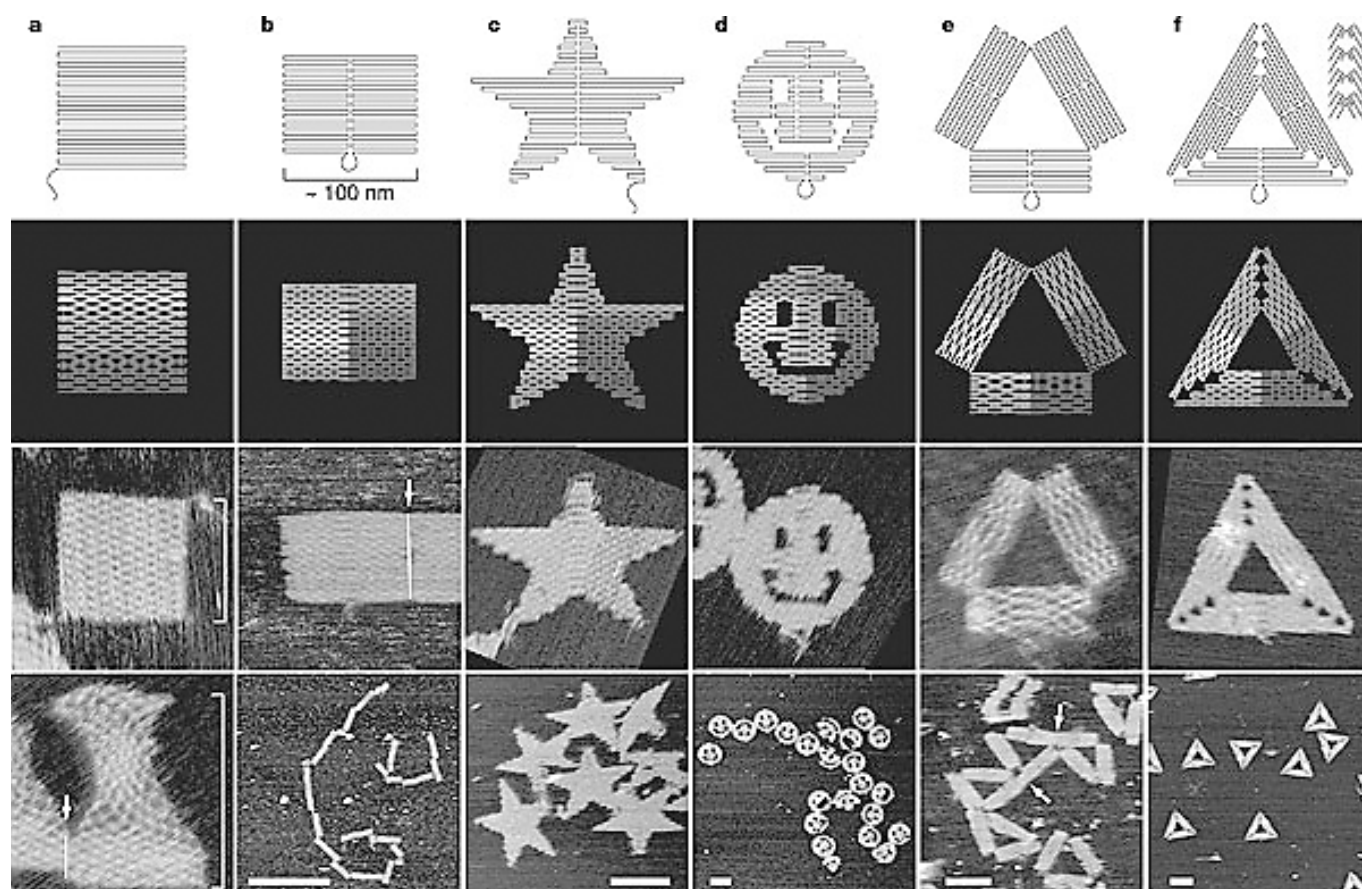


Figure 4. A long single strand of DNA can be stapled together with hundreds of smaller, complementary pieces of DNA. Depending on how the staples are applied, various two- and three-dimensional shapes can be made. Top row, folding paths. a, square; b, rectangle; c, star; d, disk with three holes; e, triangle with rectangular domains; f, sharp triangle with trapezoidal domains and bridges between them. All images and panels without scale bars are the same size, 165 nm by 165 nm. Scale bars for lower AFM images: b, 1  $\mu$ m; c-f, 100 nm. Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: *Nature* 440, 297-302, Copyright 2006.

mentary pieces of DNA. A computer program helps designing the small staples, complementary snippets to the long DNA strand. When all the molecules are mixed together, only one configuration is possible and adopted.

These DNA-organized devices could end up as drug encapsulating boxes, nano machines that organize different proteins on a very small footprint like an assembly line, or entire production facilities that could synthesize drugs. Also there could be applications in electronics, where DNA could serve as a next generation in the miniaturization of microelectronics.

### Soft Robotics

Surprising solutions can also be found in other, unexpected fields.

Ever so often, a lucky scientist discovers a field of research that lies wide open and for a while he or she enjoys the freedom of being able to do research without fearing that another group will be faster in publishing. These fields often lie hidden in plain sight. A recent example is the field of soft robotics.

Many animals have developed fascinating solutions for gripping objects with their flexible extensions. These body parts do not contain a skeletal support but nonetheless are able to exert a surprisingly high force. The trunks of elephants are such an example, also the tongues of lizards or the tentacles of a squid. An elephant's trunk is in essence a fusion of the animal's upper lip and nose. It contains neither nasal nor other bones but tens of thousands of orthogonally organized, interdigitated bundles of muscles. The trunk is a very sensitive organ that can be used to transport heavy loads but also to pick up a single blade of grass.

Human-built robots do not show this combination of sensitivity and force. The instruments are not built from soft materials but typically from rigid parts that are connected by joints to allow the system being flexible. While being extremely useful for handling hard objects, these robots have their limitations for handling fragile objects such as, e.g., eggs or human tissue during surgery. Applying the principles from nature, the team of Whitesides recently proposed an intriguing soft robotic arm: The chemists used a silicon polymer [again poly(dimethylsiloxane)] and fabricated air-filled chambers, each connected to the next one. One side of the chamber is made of a thin wall; the other sides have a thicker membrane. Pushing air into the chamber will inflate it, while the force primarily deforms the thinner wall. The result is a deformation of the material into a curved surface. A star-shaped soft robotic hand of 10 cm diameter was able to lift a mass of 300 grams. At the same time the touch of the robotic «hand» was gentle enough to lift a raw egg without crushing its shell. This soft robot may be a solution for handling soft materials (like fruit) or human organs. Overall, the concept is an intriguing structure, mimicking and enhancing nature.

### Switchable Surfaces

The concept of shifting the properties of a material by applying an external trigger can be minimized to the absolute molecular minimum. Several groups are working on surfaces that are coated with long molecules that contain special head groups. Upon application of a trigger such as light or electrons, the long molecules bend upon themselves. As a result it is not anymore the head group that is the highest point of the surface but the bent long part of the molecule. In the simplest case, the surface will switch from being hydrophilic (having carboxylic acids as head groups)

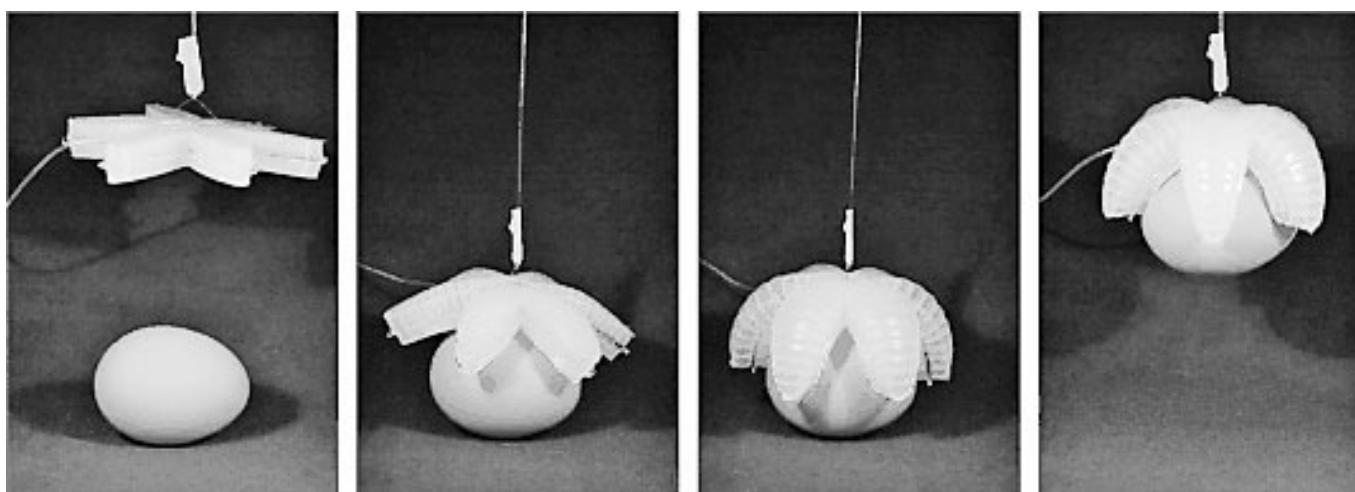


Figure 5. Soft robotics in action. Compartments made from a silicon-based polymer are filled with air. As the sides of the compartments have different wall strengths, the application of air will lead to a reversible deformation of the material. The six-legged star-shaped polymer is forced into a bent conformation and can grip a raw egg without crushing it. Reprinted with permission from *Angewandte Chemie International Edition* 2011, 50, 1890–1895. Copyright 2011.

to being hydrophobic (displaying only fat-like functionalities).

These switchable surfaces will open new applications in the future. E.g., a futuristic toilet will capture the urine, analyze it and then the surface will switch to being hydrophobic, leaving behind a clean surface.

There are also other medical applications possible. Today, taking a drug basically means swallowing something like 1'000'000'000'000'000'000 molecules. One might call this approach efficient and it certainly helps keeping us healthy. Nonetheless it would be interesting to treat a disease by releasing only a minimal amount of drug from an addressable drug-releasing device placed in the vicinity of the problematic tissue. The team of Ferri has recently reported an interesting concept in this direction. A cyclodextrin «basket» was closed by a surface-anchored iron-molecule lid. The application of a surface potential led to the reversible closing and opening of the molecular lid. If the «basket» would be bigger, e.g., drug molecules might be loaded into the cavity and released at the site where they are needed and at the time they are needed.

### Planar Supported Bilayer Membranes

Another intriguing way of copying-pasting from nature is the anchoring of a bilayer membrane onto a solid support.

Our cellular membrane is host to a fascinating mixture of lipids and proteins. Proteins are the factories in our body, constantly producing needed molecules, tightly controlled by feedback loops. Each protein is surrounded by a set of specific lipids that are assisting the protein in assuming the right three-dimensional structure and that are organizing the proteins at the correct location in the membrane.

Malfunctioning proteins lead to overproduction or underproduction of protein-derived molecules and are at the heart of many diseases. Current small-molecule drugs aim at blocking or activating proteins, leveling the negative effects of a malfunctioning system. Gene therapy holds the promise to introduce new proteins into the human body and RNA interference therapy hopes to block the production of specific proteins. The concept of planar supported bilayer membranes might allow to pin proteins onto a surface and to implant such a device to where the protein might be needed.

The cellular membrane is made from a double layer of lipids supported on the cytoskeleton of a cell. This lipid bilayer is virtually impenetrable for most molecules and nature evolved a whole system of proteins dedicated to transporting ions, water, lipids, or

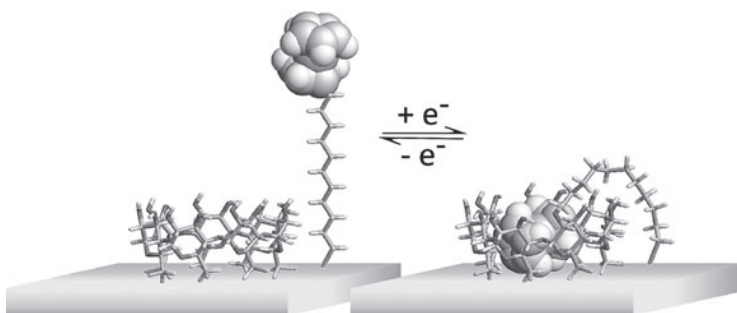


Figure 6. Concept of a switchable surface: A small cyclodextrin-made basket can be closed with an iron-based lid. Theoretically, a slightly longer basket could be synthesized and filled with drug molecules that could be released by an external trigger. Reprinted with permission from *Langmuir* 2009, 25, 12937–12944. Copyright 2009 American Chemical Society.

foreign material from one side of the membrane to the other side. The proteins are either anchored into one layer of the membrane or they span the entire membrane.

Instead of supporting a membrane on the cellular cytoskeleton, it is also possible to support a membrane on a surface such as glass. Various techniques

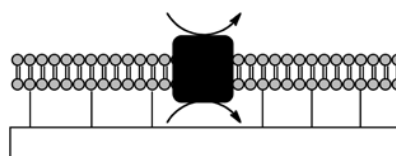


Figure 7. Schematic drawing of a planar supported bilayer membrane. The bilayer of lipids can be supported, e.g., on a glass or gold surface by various techniques. Here, certain lipids are directly anchored to the support, holding up the rest of the membrane. A protein (black) is incorporated into the supported bilayer. The membrane is not touching the support, allowing a flux of adducts to and products towards and away from the protein.

exist for achieving this goal. Probably the most straightforward way is the adsorption of a bilayer membrane onto a hydrophilic, water-rich polymer that is covering the glass slide. The planar supported membrane retains its fluidity and it is also possible to introduce proteins into the mixture. Given the right support, organized sets of proteins, according to the individual needs of a patient, might become implantable and help controlling a disease for a long time by copying a protein from nature and pasting the protein into a human-made setting.

### Conclusions

This article highlighted several concepts and hopefully enhanced the reader's view of modern-day chemistry. All the presented concepts are based on the interdisciplinary, convergent interplay of chemists with scientists from other fields. Solutions become available that would not have been possible or even dreamed of few decades ago. ■

## Rechte der Dozierenden

### Aus der Verbandsarbeit

Im September 2010 hat der Ständerat die Beratungen zum HFKG abgeschlossen und die Wünsche der drei den im Gesetz definierten Hochschultypen entsprechenden Organisationen der Dozierenden teilweise berücksichtigt. Zum Zeitpunkt der Drucklegung stehen die Beratungen des Nationalrats noch

bevor. Im Dezember 2010 haben wir gemeinsam den unten reproduzierten Brief an die WBK-N abgesandt und am 14. März 2011 noch einmal in Erinnerung gebracht. Wir bitten alle Mitglieder, sich, soweit die Zeit es noch zulässt, für die bessere Berücksichtigung der Dozierenden einzusetzen. (Red.)



WBK-N  
Kommissionssekretariat  
Frau Eliane Baumann  
Parlamentsgebäude  
CH - 3003 Bern

Bern, 9. Dezember 2010

#### Hochschulförderungs- und Koordinationsgesetz HFKG

Die Stimme der Hochschuldozierenden fehlt nach wie vor im Akkreditierungsrat

Sehr geehrte Mitglieder der WBK

Die drei Hochschuldozierenden-Verbände: die Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden / Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université **VSH-AEU**, die Schweizerische Gesellschaft für Lehrerinnen- und Lehrerbildung **SGL** und der Verband der Fachhochschuldozierenden Schweiz **fhch** haben das Abstimmungsergebnis des Ständerates vom 30. September 2010 mit Genugtuung zur Kenntnis genommen: HFKG, Art. 13g wurde ergänzt, dass so wie die Studierenden neu auch eine Vertreterin oder ein Vertreter des Mittelbaus und des Lehrkörpers mit beratender Stimme an den Sitzungen der Schweizerischen Hochschulkonferenz teilnehmen können.

Die drei Hochschuldozierenden-Verbände sind aber erstaunt und besorgt darüber, dass ihr Anliegen, im Akkreditierungsrat Einsitz nehmen zu können, nicht aufgenommen worden ist. Folgt man der Argumentation des Ständerates<sup>1</sup>, dass die Dozierenden und der wissenschaftliche Mittelbau als Träger der Qualität von Lehre und Forschung ihre Erfahrung einbringen können müssen, sollen sie konsequenterweise auch im Akkreditierungsrat vertreten sein. Deshalb erachten wir Folgendes als zentral: Ergänzung von **Art. 22** Schweizerischer Akkreditierungsrat, Alinea 1 Der Schweizerische Akkreditierungsrat

<sup>1</sup> Vgl. Aus dem provisorischen Wortprotokoll der Sitzung des Ständerates vom 30. September 2010 zur Beratung des neuen Gesetzes HFKG, [http://www.parlament.ch/ab/frameset/d/s/4815/337450/d\\_s\\_4815\\_337450\\_337496.htm?DisplayTextOid=337497](http://www.parlament.ch/ab/frameset/d/s/4815/337450/d_s_4815_337450_337496.htm?DisplayTextOid=337497) Maissen: [...] Dann kommen wir auf der nächsten Seite der Fahne zum ergänzten Buchstaben Art. 13 g. Gemäss Bundesrat ist hier eine Vertreterin oder ein Vertreter der Studierenden der schweizerischen Hochschulen vorgesehen. Wir schlagen Ihnen vor, auch Vertreter des Mittelbaus und des Lehrkörpers der schweizerischen Hochschulen mit einzuschliessen. Unsere Überlegung ist folgende: An den Hochschulen wird die Bedeutung des Mittelbaus in Zukunft zunehmen, vor allem wenn noch mehr Technologietransfer und Forschung gemacht werden. Daher erachten wir es von der Kommission als sinnvoll, dass auch der Mittelbau und der Lehrkörper die Möglichkeit haben, hier mitzuwirken. Ich möchte darauf hinweisen, dass wir in Artikel 30 Absatz 1 Litera a Ziffer 4 als Voraussetzung für die Akkreditierung angemessene Mitwirkungsrechte der Hochschulangehörigen nennen. Ich denke, wenn wir die Mitwirkung der Hochschulangehörigen dort als richtig erachten, ist diese Mitwirkung auch hier zweckmässig.



besteht aus 15 – 20 unabhängigen Mitgliedern; diese vertreten insbesondere die Hochschulen, die Arbeitswelt, die Studierenden, **den Mittelbau und den Lehrkörper**.

Gemäss HFKG Art. 30 Absatz 1 Litera a Ziffer 4 wird als Voraussetzung für die Akkreditierung genannt, dass „den Hochschulangehörigen angemessene Mitwirkungsrechte zustehen“. Die Dozierenden sollten sich unabhängig von den mehr oder weniger gut realisierten Wegen der internen Mitwirkung auch auf der Ebene Akkreditierungsrat direkt beteiligen können, denn nur sie kennen den Alltag von Lehre und Forschung und garantieren deren Qualität täglich ganz direkt in unmittelbarer Interaktion mit den Studierenden. Nur sie können überprüfen, ob die Mitwirkungsrechte auch real eingehalten werden. In ihrem Grundanliegen, gute Lehre und Forschung zu leisten, werden sie durch die Hochschulleitungen leider häufig nicht angemessen unterstützt und kaum wirklich nach aussen vertreten; die Perspektive der Lehrenden geht über personalrechtliche und administrative Belange weit hinaus und bedarf einer eigenen Stimme.

Die drei Verbände haben sich geeinigt, gemeinsam eine Ansprechperson der Dozierenden zu stellen, wie das im Bericht zum HFKG gefordert worden ist, analog zur Stimme der Vereinigung Schweizerischer Studierendenschaften VSS.

Wir bitten Sie, diese Argumentation im HFKG zu berücksichtigen. Es ist unerlässlich, dass die Träger der Qualität von Lehre und Forschung, die Dozierenden und der wissenschaftliche Mittelbau, ihre Erfahrung als Lehrende und Forschende nicht nur in die Hochschulkonferenz sondern auch in den Akkreditierungsrat einbringen können. Die Gemeinschaft der Lehrenden und Lernenden würde unter dem geplanten Ungleichgewicht – Nennung der Hochschulen und der Studierenden, nicht aber des Lehrkörpers (und des Mittelbaus) – empfindlich leiden.

Der **fh-ch**, die **SGL** und die **VSH-AEU** danken Ihnen für die Möglichkeit, auf diesem Weg eine kurze Stellungnahme abgeben zu können. Sehr gerne würden der fh-ch, die SGL und die VSH-AEU auch an einem allfälligen Hearing teilnehmen. Wir sind jederzeit bereit, offene Fragen mit der WBK zu diskutieren.

Mit freundlichen Grüssen

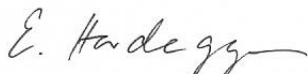
Für den **fh-ch**, Verband der Fachhochschuldozierenden Schweiz

Robert Ruprecht, Präsident



Für die **SGL**, Schweizerische Gesellschaft für Lehrerinnen und Lehrerbildung

Elisabeth Hardegger, Präsidentin



Für die **VSH-AEU**, Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden

Christian Bochet, Präsident



## Hochschulen und Gymnasien – gemeinsame Gedanken über die Zukunft des Gymnasiums

Ein Tagungsbericht



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



### Übergang Gymnasium-Universität

Konferenz im Centro Stefano Franscini auf dem Monte Verità, 24.–27. Oktober 2010

#### 1 Organisatorischer Rahmen

##### 1.1 Initianten

Der Verein Schweizerischer Gymnasiallehrerinnen und Gymnasiallehrer (VSG) und die Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden (VSH) führen gemeinsam die Kommission Gymnasium-Universität (KGU), in deren Kreis die Idee für diese Konferenz entstanden ist.

Die Initianten und Gesuchsteller für die Konferenz, die als Gruppe den Gesamtrahmen festlegten, waren:

Für den VSG:

Hans Peter Dreyer, Präsident VSG bis 31. 7. 2010,  
Kantonsschule Wattwil

Für die VSH:

Prof. Dr. Gernot Kostorz, Generalsekretär VSH, ETHZ  
Hauptgesuchsteller:

Prof. Dr. Andreas Vaterlaus, ETHZ

Mitgesuchsteller:

Prof. Dr. Jürg Fröhlich, ETHZ

Mitgesuchsteller:

Prof. Dr. Norbert Hungerbühler, Universität Fribourg  
und ETHZ

##### 1.2 Absichten und Zielsetzungen

Auszug aus der Projekteingabe:

- Analyse der Fach-Rahmenlehrpläne bezüglich spezifische Beiträge zur Allgemeinbildung und Basalkompetenzen für die Studierfähigkeit sowie neuer Entwicklungen im Umfeld. Wenn nötig Anpassung und Präzisierung für die Situation in den MAR-Grundlagenfächern.
- Vorschläge für inhaltliche Treffpunkte als Ergänzung des Rahmenlehrplans – je in einer für das entsprechende Grundlagenfach sinnvollen Weise (Begriff «Content-Standard»).
- Musterbeispiele für qualitativ hochstehende Vergleichsarbeiten und Vorschläge für ein effizientes Austauschsystem (Begriff «Performance Standard»).

- Anregungen für Schwerpunkt- und Ergänzungsfächer, für Studentafeln, für Promotions- und Prüfungsreglemente, für Anschlusskurse an Gymnasien und Universitäten, für Änderungen des MAR.

- Anregungen zur Förderung des selbständigen und des interdisziplinären Arbeitens innerhalb der aktuellen, konkreten Fächerstruktur. Anregungen für darauf ausgerichtete Aus- und Weiterbildung sowie von spezifischen Lehrmitteln.

- Allgemeine Anregungen zur Verbesserung der Lehrpersonenaus- und -weiterbildung.

Die Konferenz beschränkte sich bewusst auf die in EVAMAR II untersuchten Fächer Erstsprache (Deutsch und Italienisch) und Mathematik, sowie auf Physik und Geschichte.

Schon für die Vorbereitung der Konferenz wurde die Homepage [www.math.ch/csf](http://www.math.ch/csf) eingerichtet. Mit dem Ziel grösstmöglicher Transparenz sind alle wesentlichen Unterlagen dort einsehbar. Die VSH hat für die Darstellung der Konferenzthemen ihr BULLETIN 3/4 2010 zur Verfügung gestellt.

Siehe: [www.hsl.ethz](http://www.hsl.ethz) → Publikationen.

Im GYMNASIUM HELVETICUM wurde 2010 mehrfach informiert.

##### 1.3 Referierende und Teilnehmer

Neben den in den fünf nach Fächern organisierten Arbeitsgruppen «regulär» Mitwirkenden kamen eine Reihe von Gästen aus dem Bildungswesen und eine Vertretung der Erstsprache «Französisch» auf den Monte Verità. Sie diskutierten oft und fächerübergreifend mit.

Im Rahmen des Konferenzplenums referierten sechs in- und ausländische Hochschuldozierende und drei Vertreter des Gymnasialbereichs. Zusätzlich berichteten in- und ausländische Expertinnen und Experten in den fünf Arbeitsgruppengruppen.

### 1.4 Politisch-rechtliche Ausgangslage

Die Konferenz hatte kein offizielles Mandat. Die Arbeiten vor, während und nach der Konferenz erfolgten unter der Annahme, dass die Vorschläge der direkt Beteiligten bei den zuständigen Instanzen wenn auch nicht ungeteilte Zustimmung so doch insgesamt positive Reaktionen auslösen werden.

Bei den Überlegungen wurde die rechtliche Ausgangslage berücksichtigt. Sie umfasst gesamtschweizerische, kantonale und lokale Aspekte.

### 1.5 Finanzierung

Die Konferenz konnte nur dank der Beiträge folgender Sponsoren durchgeführt werden:

- Centro Stefano Franscini
- Schweizerischer Nationalfonds
- Engineers Shape our Future IngCH
- Walter Haefner Stiftung
- Universität Basel
- Universität Fribourg
- Universität Zürich
- Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF
- Akademie der Naturwissenschaften Schweiz
- Schweizerische Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften
- Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
- ETH Zürich
- EPF Lausanne
- Konferenz Schweizerischer Gymnasialrektorinnen und Gymnasialrektoren KSGR
- Fondation de L'Enseignement Mathématique
- Stiftung zur Förderung der mathematischen Wissenschaften in der Schweiz

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Direkte Ergebnisse

Die direkten Ergebnisse der Konferenz sind in den Berichten der fünf Arbeitsgruppen enthalten. Sie sind vollständig auf der Homepage bei den einzelnen Arbeitsgruppen zu finden.

### 2.2 Indirekte Ergebnisse

Indirekte Ergebnisse sind:

- Die Analyse des Ist-Zustands im Punkt 3 dieses Berichts
- Die Liste der weiteren Arbeiten im Punkt 4 dieses Berichts
- Die Empfehlungen der Initianten in einem separaten Dokument

### 2.3 Zusammenfassung

Das Gymnasium soll weiterhin die beiden Ziele «Allgemeinbildung» und «allgemeine Studierfähigkeit» anstreben..

Die Probleme am Übergang Gymnasium-Universität sollen vor allem durch eine Vielzahl von nachhaltigen Massnahmen während des gymnasialen Bildungsgangs und weniger durch erhöhten Aufwand bei der Schlusskontrolle an der Maturität reduziert werden.

Die Konferenz hat gezeigt, dass auch auf Seiten der Universitäten Verbesserungsmöglichkeiten bestehen und dass regelmässige Kontakte der direkt Beteiligten von Gymnasium und Universität notwendig und zielführend sind.

Hinweis: In diesem Bericht sind mit «Universitäten» die «universitären Hochschulen» gemeint.

## 3 Ist-Zustand des Übergangs Gymnasium-Universität

### 3.1 Das grundsätzliche Dilemma

Am Übergang vom Gymnasium zur Universität soll das Gymnasium gemäss dem Reglement zur Anerkennung kantonaler Maturitäten von 1995 nach der Revision von 2007 (MAR) zwei Ziele erreicht haben, die nur teilweise deckungsgleich sind.

Die beiden Ziele des Gymnasiums sind

- eine vertiefte Allgemeinbildung (MAR Artikel 5) und
- die Studierfähigkeit für alle universitären Studienrichtungen und auch für die pädagogischen Hochschulen (MAR Artikel 2)

Schon vor der Maturitätsreform von 1995 sind diese beiden Ziele nur unvollständig erreicht worden. Untersuchungen wie EVAMAR II dokumentieren, dass zu viele Maturandinnen und Maturanden die Studierfähigkeit nicht erreichen. Studien bestätigen das diffuse Unbehagen über «ungenügend ausgebildete Maturandinnen und Maturanden».

Weniger häufig ist in der Öffentlichkeit von einer «unbefriedigenden Allgemeinbildung» die Rede.

In den letzten Jahren hat sich die Situation für durchschnittliche Studienanfängerinnen und Studienanfänger durch folgende Faktoren verschärft:

- In vielen Kantonen ist die effektive Unterrichtszeit im eigentlichen Gymnasium um etwa fünfzehn Prozent reduziert worden.
- Durch das MAR ist Unterrichtszeit in das Schwerpunkt- und das Ergänzungsfach verschoben worden.
- Durch die Vielfalt der Kombination und die Offenheit des Rahmenlehrplans treten grössere Streuungen auf als unter dem alten Regime.
- Mit wachsender Maturandenquote sinkt das mittlere Leistungsniveau zwangsläufig.

- Wegen der vielen Veränderungen an den Universitäten sind die Studiengänge vielfältiger geworden und in den Gymnasien weniger gut bekannt.
- Mit den schlechteren Betreuungsverhältnissen tendieren die Universitäten zu selektiverem Vorgehen in den ersten Semestern.
- In Hochschulkreisen sind Möglichkeiten und Grenzen des Gymnasiums immer weniger gut bekannt, jedenfalls weniger als vor zwanzig Jahren.

### 3.2 Darstellungen des Übergangs Gymnasium-Universität in Referenzdokumenten

#### 3.2.1 Evaluation des MAR 95 (EVAMAR II)

EVAMAR II ist die erste umfassende und empirisch abgestützte Studie über das Gymnasium. Der vollständige Bericht umfasst 417 Seiten. Davon sind die vierzehn «Schlussfolgerungen und Empfehlungen» auf den Seiten 383 – 393 besonders wichtig. **2008**

#### 3.2.2 Schlussbericht der Plattform Gymnasium (PGYM)

Die PGYM ist ein von der EDK eingesetztes Expertengremium mit Vertreterinnen und Vertretern von Kantonen, Bund, CRUS, SMK, KSGR und VSG. Ihr Bericht «Zur Situation des Gymnasiums» umfasst samt umfangreichen Anhängen über 150 Seiten. Auf den Seiten 74–77 sind 14 Empfehlungen zusammengestellt. **2008**

#### 3.2.3 Hochschule Gymnasium (HSGYM)

Gymnasien und Hochschulen auf dem Platz Zürich pflegen in fachgezogenen Arbeitsgruppen einen intensiven Dialog. Zur Verbesserung der Situation an der Schnittstelle formulierten sie einen umfangreichen Katalog von Empfehlungen. **2008**

#### 3.2.4 Studien zur Zufriedenheit der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten

In welchem Umfang die ehemaligen Gymnasiastinnen und Gymnasiasten mit ihren Schulen zufrieden sind, ist in verschiedenen Studien untersucht worden.

Auf gesamtschweizerischer Ebene:

Philipp Notter et al: Der Übergang ins Studium. Bericht zu einem Projekt der Konferenz der Schweizerischen Gymnasialrektoren und der Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten. Umfassende Befragung der Studierenden im 3. Hochschulsemester. **2006**

Die neueste Studie hat der Kanton Zürich publiziert: Befragung ehemaliger Zürcher Mittelschülerinnen und Mittelschüler durch das statistische Amt des Kantons Zürich. Rund 90% der Befragten sind rückblickend mit der Mittelschule insgesamt zufrieden. **2009**

Die Referenzdokumente stellen den Gymnasien insgesamt ein gutes Zeugnis aus und weisen zugleich auf Verbesserungspotential und Schwachstellen hin.

### 3.3 Die Situationen in Mathematik und Physik

Das in 3.1 dargestellte Dilemma ist in diesen beiden Fächern besonders ausgeprägt, wie in den Berichten der Arbeitsgruppen zum Ausdruck kommt.

Die Mehrheit der Gymnasiallehrpersonen richtet den Unterricht im Grundlagenfach aus Zeitgründen gezwungenermassen überwiegend auf das Bildungsziel «Studierfähigkeit» aus. Das lenkt in der Mathematik den Fokus auf kalkülorientierte Gesichtspunkte. In der Folge bleiben nicht selten beide Bildungsziele unerreicht. Der Schwerpunkt PAM und in geringerem Ausmass der Schwerpunkt Biologie/Chemie erlauben, das Ziel «allgemeine Studierfähigkeit» zu erreichen. Ergänzungsfächer und spezifische Freifachkurse ermöglichen in beschränktem Umfang, die Lücken auszufüllen. Als spezielles, dringliches und nur scheinbar nebensächliches Problem, erscheint die optimale Verwendung der leistungsfähigen Computer-Algebra-System (CAS) Taschenrechner.

Dem Beitrag von Mathematik und Physik zur vertieften Allgemeinbildung wird häufig zu wenig Beachtung geschenkt. Das Problem geringer Studierendenteile – insbesondere der weiblichen – in den Natur- und den technischen Wissenschaften wird dadurch merklich verschärft.

### 3.4 Die Situationen in den Erstsprachen Deutsch und Italienisch

Auch in den Erstsprachen wird das in 3.1 dargelegte Dilemma sichtbar, in der Erstsprache Deutsch stärker als in der Erstsprache Italienisch.

Die Mehrheit der Gymnasiallehrpersonen richtet sich nach dem Ziel «vertiefte Allgemeinbildung» aus, das historisch den Kern des Gymnasiums ausmacht. Dieses Ziel wird nach verbreiteter Meinung auch unter den erschwerten Umständen heute noch erreicht. Die Arbeitsgruppe Italienisch betont die Wichtigkeit dieses Ziels speziell.

Das Ziel «allgemeine Studierfähigkeit» steht immer auch im Blickfeld des Unterrichts. Eine Bestandesaufnahme zwei Jahre vor der Matura kann dazu beitragen, diejenige kleine Gruppe von Schülerinnen und Schülern zu eruieren und gezielt zu fördern, die über ungenügende Erstsprachenkompetenzen verfügt. Das im Tessin etablierte «Laboratorio Linguistico» könnte als Modell dienen. Der Aufbau fachsprachlicher Kompetenzen in der Erstsprache muss allerdings auch in den betreffenden Fächern vermehrt Beachtung finden: «Arbeit an der Sprache ist Arbeit am Gedanken.»

### 3.5 Zur Situation in Geschichte

Die Situation ist ähnlich wie in Deutsch und Italienisch mit dem Unterschied, dass das Ziel «allgemeine Studierfähigkeit» nur für eine kleine Population, namentlich für Studierende an den Pädagogischen Hochschulen, eine zentrale Rolle spielt.

## 4 Weitere Arbeiten

### 4.1 Arbeiten der KGU

Die KGU wird die Ergebnisse der Konferenz und insbesondere die Berichte analysieren und in geeigneter Weise den Medien zukommen lassen.

Die KGU wird die Konkretisierung und Umsetzung einzelner Empfehlungen in Zusammenarbeit mit weiteren Gruppen begleiten. Dies gilt insbesondere für die Überarbeitung des «Katalogs Gündkenntnisse Mathematik» und für die Erstellung der Referenzaufgabensammlung in der Physik.

### 4.2 Fortsetzung der Konferenz

Die Konferenz ersucht die KGU, eine im Umfang gleiche Folgekonferenz vorzubereiten, die in zwei oder spätestens drei Jahren durchzuführen ist. Die Konferenz empfiehlt den Sponsoren, die Folgekonferenz ebenfalls zu unterstützen.

Die Folgekonferenz sollte in der Region Bern-Fribourg-Neuchâtel-Lausanne stattfinden, müsste Französisch als Erstsprache einbeziehen und könnte Chemie und Geografie an die Stellen von Physik und Geschichte setzen.

### 4.3 Arbeiten in den Arbeitsgruppen

Die einzelnen Arbeitsgruppen sind frei und eingeladen, ihre Arbeiten weiter zu führen und die Kontakte mit der KGU aufrecht zu erhalten.

## 5 Dank an Sponsoren, Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Es ist den Initianten ein Anliegen, den Sponsoren für die Ermöglichung dieser Konferenz zu danken. Sie sprechen auch all denen einen herzlichen Dank aus, die im Hintergrund die Organisationsarbeit geleistet haben. Die unkonventionelle Thematik bildete für die Referierenden eine Herausforderung, die sie

in verdankenswerter Weise mit Engagement auf sich genommen haben. Last but not least ist das Ergebnis nur dank der Arbeit aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer vor, während und nach der Konferenz zustande gekommen.

### Anhang

Konferenzhomepage: Auf der Homepage sind verschiedene Unterlagen frei verfügbar. [www.math.ch/csf](http://www.math.ch/csf)

Arbeitsgruppenberichte:

Die Berichte der Arbeitsgruppen Mathematik, Physik, Deutsch, Italienisch und Geschichte finden sich auf der Homepage am Schluss der entsprechenden Arbeitsgruppen.

Beispiel Mathematik: [www.math.ch/csf/mathematik](http://www.math.ch/csf/mathematik)

Referate:

Die Folien der Referate finden sich im Programm bei den Referentinnen und Referenten.

[www.math.ch/csf/programm](http://www.math.ch/csf/programm)

Publikationen:

VSH-BULLETIN 3/4 2010

[www.hsl.ethz.ch](http://www.hsl.ethz.ch) → Publikationen

Gymnasium Helveticum

[www.vsg-sspes.ch](http://www.vsg-sspes.ch) → Gymnasium Helveticum

Liste der Adressaten des Schlussberichts:

KGU

EDK, SMAK, Kommission zur Anerkennung der Lehrdiplome, WBZ CPS

EDI, SBF, SMK

Erziehungsdirektionen und Mittelschulämter der einzelnen Kantone

Präsidien der Eidgenössischen Kommissionen für Wissenschaft, Bildung und Kultur

CRUS, Rektorate der Universitäten, der ETH Zürich und der EPF Lausanne

COHEP

KSGR, Rektorate der Gymnasien

VSH, SMG, SPG,

VSG, VSG-Fachvereine Mathematik und Physik, Deutsch, Italienisch, Geschichte

Redaktionen des VSH-Bulletins und des Gymnasium Helveticum

Leitung CSF

Forum Helveticum

Sponsoren und Mitwirkende

### Kontaktadressen für Rückfragen

Prof. Dr. Norbert Hungerbühler, Co-Präsident KGU  
ETH Zentrum, HG E63.1,  
Rämistrasse 101, 8092 Zürich

[norbert.hungerbuehler@math.ethz.ch](mailto:norbert.hungerbuehler@math.ethz.ch)

Tel. 044 633 93 51

Dr. David Wintgens, Co-président CGU,  
Chemin des Jardillets 15, 2068 Hauterive

[david.wintgens@rpn.ch](mailto:david.wintgens@rpn.ch)

Tél. 032 725 86 78

## Studien- und Lebensbedingungen an den Schweizer Hochschulen

Laurence Boegli\* und Sarah Gerhard\*\*

*Das Bundesamt für Statistik (BFS) hat vor Kurzem den Hauptbericht der Erhebung 2009 über die soziale und wirtschaftliche Lage der Studierenden an den Schweizer Hochschulen publiziert. Er vermittelt ein detailliertes Bild der Lebens- und Studienbedingungen an den Hochschulen. Für die Erhebung wurden im Sommersemester 2009 24 500 Studierende an universitären Hochschulen (UH) sowie Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen (FH) befragt. Die hervorragende Teilnahmequote von 64% erlaubt verlässliche Aussagen für die Gesamtheit der Studierenden nach Hochschule oder nach Fachbereichsgruppe. Im Folgenden werden einige Ergebnisse der neuen Publikation präsentiert.*

### Wer ist beim Übergang vom Bachelor- zum Masterstudium an den UH mobil?

Der Übergang vom Bachelor- zum Masterstudium ist ein idealer Zeitpunkt für einen Wechsel der Hochschule oder der Studienrichtung. Allerdings hat kaum ein Drittel (29%) der Studierenden, die im Frühling 2009 für einen UH-Master eingeschrieben waren, die Gelegenheit für einen Hochschulwechsel genutzt. Weniger als 20% der Schweizer Studierenden oder Bildungsinländer/innen haben für das Masterstudium die Hochschule gewechselt<sup>1</sup>. Bei den ausländischen Studierenden dagegen, die ihren Hochschulzulassungsausweis im Ausland erworben haben, waren es 67%. Einige von ihnen sind eigens für das Masterstudium in die Schweiz gekommen, andere wiederum haben innerhalb der Schweiz die Hochschule gewechselt.

Die Wahrscheinlichkeit eines Hochschulwechsels zu Beginn des Masterstudiums an einer UH ist je nach

<sup>1</sup> Allerdings sind dabei jene Studierenden nicht erfasst, die nach einem Bachelor-Studium in der Schweiz für ein Masterstudium ins Ausland gezogen sind. Als Anhaltspunkt: Von den Bachelor-Studierenden an den UH, die ihren Master an einer anderen Hochschule erwerben wollen, streben 41% ein Auslandsstudium und 38% ein Studium in einer anderen Sprache an.

Fachbereichsgruppe stark unterschiedlich. 35% der Master-Studierenden in Wirtschafts- oder Geistes- und Sozialwissenschaften waren zwischen Bachelor- und Masterstudium mobil. In den Bereichen Medizin und Pharmazie sowie Recht dagegen liegt dieser Anteil unter 20%. Mit nur 7% am tiefsten ist er bei den Schweizer Studierenden und den Bildungsinländer/innen in den Technischen Wissenschaften, welche an den Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH) gelehrt werden.

Der Hauptgrund für einen Hochschulwechsel beim Übergang vom Bachelor- zum Masterstudium ist häufig ein Sachzwang, nämlich das Fehlen des gewünschten Masterstudiengangs an der vorherigen Hochschule. Nur gerade 5% der Master-Studierenden an einer Schweizer UH, die ihre Maturität in der Schweiz erworben haben, wechselten an eine andere Bildungseinrichtung, obwohl sie ihr Masterstudium auch an der vorherigen Hochschule hätten absolvieren können. In diesem Fall wurden der Ruf des Masters an der neuen Hochschule, der Umzug in eine andere Region sowie die Möglichkeit eines Masterstudiums in einer Fremdsprache am häufigsten als «positive» Beweggründe genannt.

### Wer ist in welchem Umfang erwerbstätig?

75% der UH- und 74% der FH-Studierenden sind neben dem Studium erwerbstätig. 2005 lagen diese Werte bei 78% bzw. bei 74%. Ob dieser Rückgang der Erwerbstätigkeit unter den UH-Studierenden auf die Bologna-Reform zurückzuführen ist, lässt sich indessen noch nicht mit Sicherheit sagen, denn die wirtschaftlich schwierige Lage zum Zeitpunkt der Befragung hat die Suche nach einem «Studentenjob» möglicherweise erschwert. Tatsächlich gaben 15% der nicht erwerbstätigen Studierenden an, ihre Stellensuche sei erfolglos geblieben. 2005 lag dieser Anteil bei lediglich 9%.

Sowohl der Anteil der erwerbstätigen Studierenden als auch der Beschäftigungsgrad erhöhen sich mit zunehmendem Alter. 44% der Studierenden zwischen 21 und 25 Jahren sind zu weniger als 20% erwerbstätig, während mehr als die Hälfte der 31- bis 35-Jährigen durchschnittlich mehr als eineinhalb Tage pro Woche arbeitet. Die Erwerbstätigkeit ist auch stark von der Studienrichtung abhängig: Bei weniger starr reglementierten Studiengängen lassen sich Ausbildung und Erwerbstätigkeit leichter miteinander vereinbaren. An den UH sind der Anteil der erwerbs-

\*, \*\* Bundesamt für Statistik BFS, Espace de l'Europe 10, 2010 Neuchâtel.

E-mail: [Laurence.Boegli@bfs.admin.ch](mailto:Laurence.Boegli@bfs.admin.ch)  
[Sarah.Gerhard@bfs.admin.ch](mailto:Sarah.Gerhard@bfs.admin.ch)

**Laurence Boegli**, Licence en sciences sociales, Soziologin, ist Projektleiterin «Erhebung zur sozialen und wirtschaftlichen Lage der Studierenden».

**Sarah Gerhard**, lic. rer. soc., Soziologin, ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin «Erhebung zur sozialen und wirtschaftlichen Lage der Studierenden».

tätigen Studierenden und der Beschäftigungsgrad in den Geistes- und Sozialwissenschaften am höchsten, in den Technischen Wissenschaften dagegen am niedrigsten.

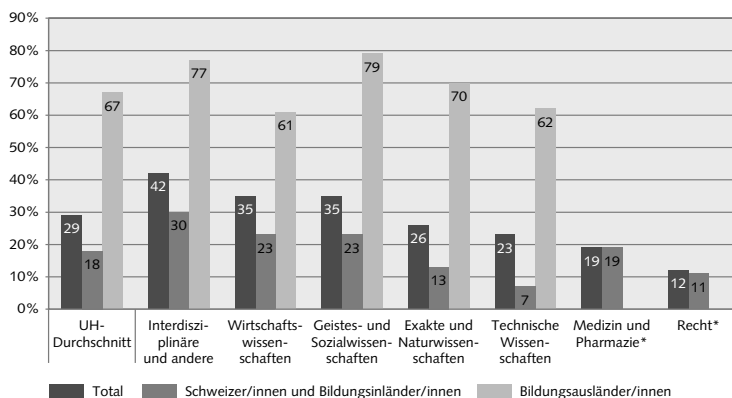
Dass Studierende eine Erwerbstätigkeit aufnehmen, hat vorab wirtschaftliche Gründe, etwa den Wunsch nach mehr Einkommen (67%) oder nach Unabhängigkeit von den Eltern (53%) sowie die Deckung des Lebensunterhalts (47%). Aber auch berufliche Erwägungen spielen eine wichtige Rolle. 47% der Befragten wollen sich eine Berufserfahrung aneignen, die ihnen in Zukunft von Nutzen sein könnte, 34% erhoffen sich dadurch bessere Chancen auf dem Arbeitsmarkt, und 28% wollen Beziehungen knüpfen, die ihnen den Einstieg ins Berufsleben erleichtern sollen.

Der Übergang vom «Studentenjob» zu einer qualifizierten Beschäftigung (Erwerbstätigkeit, die eine spezielle Ausbildung erfordert, sowie studentische Assistenz) erfolgt schrittweise während des Studiums. Üben 58% der Bachelor-Studierenden an den UH eine Tätigkeit aus, die keine spezielle Ausbildung erfordert, sind es bei den Master-Studierenden lediglich 31%. Umgekehrt gehen nur 28% der Bachelor-Studierenden an den UH einer qualifizierten Tätigkeit nach, bei den Master-Studierenden dagegen sind es 48%.

#### Was kostet ein Studium, und wer finanziert es?

Für Studierende, die nicht im Elternhaus wohnen, ist die Miete der grösste Budgetposten. Bei einem Wegzug aus dem Elternhaus erhöhen sich die durchschnittlichen monatlichen Ausgaben von Fr. 1210 auf Fr. 1870. Die Art des Studiums (Bachelor/Master) hat darauf keinen Einfluss, wohl aber das Alter, denn mit

#### Wechsel der Hochschule für das Masterstudium nach Fachbereichsgruppe UH und Bildungsherkunft, in %



Quelle: Soziale und wirtschaftliche Lage der Studierenden 2009

\* 24 < n < 50  
Bemerkung: Aufgrund einer zu geringen Fallzahl kann für die Bildungsausländer/innen der Fachbereichsgruppen Medizin und Pharmazie sowie Recht keine Aussage gemacht werden.

© Bundesamt für Statistik (BFS)

den Jahren steigen die Bedürfnisse und damit auch die Ausgaben.

Überraschenderweise haben die Ausgaben der Studierenden zwischen 2005 und 2009 abgenommen, und zwar unabhängig von der Wohnsituation. Während sich die meisten Budgetposten kaum verändert haben, sind die Ausgaben für Freizeitbeschäftigungen um rund ein Drittel gesunken.

90% der Studierenden werden von ihren Eltern finanziell unterstützt. Wohnen sie noch im Elternhaus, bestreiten die Eltern 57% ihrer Ausgaben, bei anderen Wohnformen beträgt dieser Anteil 53%. Mit nur 36% bzw. 35% bleiben die Einkünfte aus einer Erwerbstätigkeit deutlich hinter der finanziellen Unterstützung der Eltern zurück.

#### Struktur der monatlichen Ausgaben nach Wohnform, 2005 und 2009, in Franken

Ausgaben	Im Elternhaus		Ausserhalb des Elternhauses	
	2005	2009	2005	2009
Ausgaben für das Wohnen	390	340	1070	1020
Unterkunft	20	20	620	600
Nahrung	300	260	360	350
Kommunikation	70	60	90	70
Ausgaben für das Studium	350	330	330	320
Studiengebühren und Kosten für Studium	210	190	210	200
Transport	140	140	120	120
Andere Ausgaben	600	540	570	530
Gesundheit	190	180	180	180
Kleidung	100	120	100	100
Freizeit	220	140	200	130
Andere Posten	90	100	90	120
<b>Total</b>	<b>1340</b>	<b>1210</b>	<b>1970</b>	<b>1870</b>

Bemerkung: Werte 2005 zu den Preisen von 2009 (um die Teuerung von 3,7% zwischen 2005 und 2009 zu berücksichtigen). Beträge gerundet auf 10 Franken.

Quelle: Soziale und wirtschaftliche Lage der Studierenden 2005 und 2009

Nur 16% der Studierenden erhalten Studienbeihilfen. Diese decken allerdings im Durchschnitt mehr als 30% des Mittelbedarfs der betroffenen Studierenden ab. Vier von fünf Begünstigten haben ein Stipendium oder ein Darlehen von der öffentlichen Hand erhalten. Aber auch andere Einrichtungen gewähren Beihilfen, zuweilen in Form von Exzellenzstipendien («excellence scholarships»). Insgesamt kommt rund 1% aller Studierenden in den Genuss eines Exzellenzstipendiums.

#### Weitere Ergebnisse

Zusätzlich zum Hauptbericht der Erhebung werden im Laufe des Jahres 2011 Veröffentlichungen zu den Themen Mobilität von Studierenden und Situation von Studierenden mit Kindern erscheinen. Zudem steht der Datensatz der Erhebung 2009 Forschenden via Schweizer Stiftung für die Forschung in den Sozialwissenschaften (FORS) zur Verfügung.

Die Daten der nationalen Erhebung werden zudem vom Netzwerk Eurostudent ([www.eurostudent.eu](http://www.eurostudent.eu))

für internationale Vergleiche herangezogen. Ab Mitte 2011 werden Vergleiche zwischen mehr als 25 Ländern zur Verfügung stehen. Diese dienen anschliessend zur Vorbereitung der Konferenz der Ministerinnen und Minister für Hochschulbildung, die 2012 stattfinden wird. ■

#### Kontakt

BFS, Laurence Boegli  
Leiterin des Projekts «Soziale und wirtschaftliche Lage der Studierenden»

T +41 32 713 68 15

[Laurence.Boegli@bfs.admin.ch](mailto:Laurence.Boegli@bfs.admin.ch)

#### Download des Berichts

Studieren unter Bologna. Hauptbericht der Erhebung zur sozialen und wirtschaftlichen Lage der Studierenden an den Schweizer Hochschulen 2009. BFS, Neuchâtel 2010.

[www.studierende-stat.admin.ch](http://www.studierende-stat.admin.ch)

Hinweis - Note

Vereinigung der  
Schweizerischen Hochschuldozierenden



Association Suisse  
des Enseignant-e-s d'Université

## General Assembly 2011

The next ordinary General Assembly of our association will be held next fall.

All Board Members are to be (re-)elected. Each university-type institution (i.e. twelve) has one seat to fill. All members are encouraged to consider the future composition of the Board and to make sure at least one local candidate is available.

Date, venue and program of the General Assembly will be announced in due course.



## Jahresberichte der Hochschulen / Rapports annuels des Hautes Ecoles

Wie unseren über E-Mail erreichbaren Mitgliedern schon mitgeteilt, hat die mit dem letzten Bulletin versandte Umfrage zur weiteren Veröffentlichung von Kurzberichten der Hochschulen (früher Semesterberichte, neu Jahresberichte) und von Personalnachrichten keine breite Unterstützung der einen oder anderen Kategorie geliefert. Nur dreissig Leserinnen und Leser haben ihre Meinung mitgeteilt. Dreizehn Mitglieder können auf beide Kategorien verzichten, zwei wünschen weiterhin Jahresberichte der Hochschulen, und fünfzehn würden gern Personalnachrichten lesen, davon elf in gedruckter Form. Die Aufbereitung der Personalnachrichten war und wäre auch weiterhin wegen der Vielzahl der unkoordinierten Einzelinformationen sehr arbeitsintensiv und nie vollständig, und eine weitere Beschäftigung mit dieser Kategorie wäre wirtschaftlich nicht vertretbar.

Ein einmal pro Jahr erscheinender Überblick über einige wichtige Punkte aus dem Leben aller schweizerischen universitären Hochschulen wird von der Mehrzahl der Hochschulleitungen (leider gibt es aber auch abweichende Meinungen) unterstützt. Selbst die Realisierung eines scheinbar kleinen Projekts dieser Art ist in den letzten Jahren nicht leichter geworden. Schon meinem Vorgänger Klaus Wegenast ist es bis 2004 nur sehr selten gelungen, aus allen Hochschulen termingerecht Berichte zu erhalten, trotz vielerlei Bitten und Überredungsversuchen. Wir haben daher vor einigen Jahren direkt an die Hochschulleitungen geschrieben, die auch alle Zusammenarbeit zugesagt haben. Danach wurde die Aufgabe intern delegiert, womit ihre Dringlichkeit an verschiedenen Stellen unterschiedlichen Einschätzungen ausgesetzt wurde (bis zur Stufe Null – auch im Zeichen der Überlastung der Hochschulverwaltung nicht immer nachvollziehbar, hatte man sich doch auf Berichte von je einer Seite geeinigt...). Leider sind wir nicht in der Lage, für diese Aufgabe, die doch einen gewissen Überblick und Kontinuität verlangt, eigene Korrespondenten oder Korrespondentinnen zu engagieren.

Für das Jahr 2010 liegen nunmehr auf den folgenden Seiten Berichte der folgenden acht Hochschulen vor. Wir danken den genannten Verfassern.

### **Universität Basel**

Dr. Hans Amstutz, Generalsekretär, [hans.amstutz@unibas.ch](mailto:hans.amstutz@unibas.ch)

### **Université de Fribourg**

Daniel Schönmann, Generalsekretär, [daniel.schoenmann@unifr.ch](mailto:daniel.schoenmann@unifr.ch)

### **Université de Genève**

Stéphane Berthet, Secrétaire général, [stephane.berthet@unige.ch](mailto:stephane.berthet@unige.ch)

### **Universität Luzern**

Dr. Erich Aschwanden, Kommunikationsbeauftragter, Leiter Öffentlichkeitsarbeit, [erich.aschwanden@unilu.ch](mailto:erich.aschwanden@unilu.ch)

### **Université de Neuchâtel**

Dr. Bernard Zuppinger, Directeur du département promotion et affaires académiques, [bernard.zuppinger@unine.ch](mailto:bernard.zuppinger@unine.ch)

### **Universität St.Gallen HSG**

Marius Hasenböhler, Medienverantwortlicher, [marius.hasenboehler@unisg.ch](mailto:marius.hasenboehler@unisg.ch)

### **Università della Svizzera italiana**

Albino Zraggen, Segretario generale, [albino.zraggen@lu.unisi.ch](mailto:albino.zraggen@lu.unisi.ch)

### **Universität Zürich UZH**

Dr. Kurt Reimann, Generalsekretär, [kurt.reimann@gs.uzh.ch](mailto:kurt.reimann@gs.uzh.ch)

Die Redaktion freut sich über Leserkommentare.

## Universität Basel

Hans Amstutz

Für die Universität Basel stand das Jahr 2010 ganz im Zeichen ihres 550-Jahr-Jubiläums, weshalb in diesem kurzen Jahresrückblick nicht von akademischen Leistungen, sondern lediglich von einem grossen Fest die Rede ist, welches im April in Liestal eröffnet wurde und mit dem Dies Academicus im Basler Münster Ende November seinen Abschluss fand.

Ganz im Zeichen des Jubiläumsmottos «Wissen bewegt uns» wurde die ganze Nordwestschweiz in die Feierlichkeiten einbezogen. Seinen feierlichen Auftakt nahm das Jubiläumsjahr am 19. April in der Stadtkirche Liestal – eine Referenz gegenüber dem Universitätsträgerkanton Basel-Landschaft – in Anwesenheit von Bundesrat Moritz Leuenberger und weiterer 200 geladener Gäste aus Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und Kultur. Im Anschluss präsentierten auf dem Markt des Wissens Studierende und Dozierende aller Fakultäten der Universität Basel ihre wissenschaftlichen Projekte der Bevölkerung. Eingerahmt und angereichert wurde der Markt des Wissens durch ein vielfältiges musikalisches und kulinarisches Angebot.

Im Rahmen des Jubiläumsprojekts «Wissen mobil» verliess danach die älteste Universität der Schweiz ihre heimatlichen Gefilde und führte in den Nordwestschweizer Kantonen Jura (Porrentruy am 8. Mai), Solothurn (Solothurn am 29. Mai) und Aargau (Aarau am 28. August) je einen Universitätstag durch, an dem sich die Wissenschaft mit interessanten, unterhaltsamen Themen der Öffentlichkeit präsentierte. Durchwegs fanden diese Universitätstage grosse Resonanz in der Bevölkerung, womit die Zielsetzung der Anlässe – die Förderung des Dialogs zwischen Universität und Öffentlichkeit, den Wert von Wissen zu feiern und Wissenschaft erlebbar darzustellen – überall erreicht wurde.

Den krönenden Abschluss dieser Festreihe bildete dann das Fest der Wissenschaften in Basel, das vom 17. bis 19. September rund um das Kollegienhaus der Universität stattfand, gegen 80 000 Besucherinnen und Besucher anzog und mehrheitlich begeisterte. Wobei das musikalische Programm von Stiller Has bis DJ Antoine sowie das kulinarische Angebot mit über 30 Beizen auf und um den Petersplatz die Massen nicht weniger angezogen haben dürften als die wissenschaftlichen Darbietungen der Universitätsangehörigen.

Mit dem «Dies academicus» wurden am 26. November die Jubiläumsfeierlichkeiten offiziell abgeschlossen. Statt wie üblich in der Martinskirche wurde der Dies in Erinnerung an die Eröffnung der Universität

am 4. April 1460 im Basler Münster gefeiert. Den Auftakt zum Festakt im Basler Münster bildete eine Uraufführung des Komponisten Georg Friedrich Haas. Der Titel der Festmusik – «...damit ...die Geister der Menschen erhellt und ihr Verstand erleuchtet werden...» – zitiert die päpstliche Gründungsbulle der Universität. Nach der Feier stand das traditionelle Festessen auf dem Programm, zu dem jeweils der Rektor und der Meister der Akademischen Zunft einladen; für einmal fand das Essen aus Kapazitätsgründen im Grossen Festsaal der Messe Basel statt.

Mit dieser kurzen Zusammenfassung sind die markanten Ereignisse des Jubiläumsjahrs längst nicht vollständig aufgezählt. Zu berichten wäre z.B. auch über diverse Ausstellungen, Konzerte, Vorträge, Editionen und einen Jubiläumsball. Stellvertretend sei noch der Wissenskongress erwähnt, der vom 25.–29. Mai stattfand und an dem wissenschaftliche Koryphäen wie der Nobelpreisträger Luc Montagnier, der Ökonom Timothy Besley, der Kunstwissenschaftler Horst Bredekamp und der Futurist Ray Kurzweil über die Perspektiven des Wissens in den Themen «Mensch», «Kultur», «Technologie» und «Welt» referierten und diskutierten.

Das Jubiläumsjahr der Universität Basel kann bis auf Weiteres unter <http://550.unibas.ch/> nacherlebt werden.

Zudem wurde für Interessenten an der Geschichte der Universität Basel pünktlich zum Beginn des Jubiläumsjahres vom Historischen Seminar der Universität Basel eine neue Internetseite online gestellt, die sich ausschliesslich der Geschichte der Basler «Alma Mater» widmet. Der Internetauftritt bietet zahlreiche Möglichkeiten in der Universitätsgeschichte zu schmökern und wartet ebenso mit Bild und Tondokumenten auf: [www.unigeschichte.unibas.ch](http://www.unigeschichte.unibas.ch) ■

## Universität Freiburg

Daniel Schönmann

*Die zweisprachige Universität Freiburg ist ein einzigartiger Treffpunkt der Kulturen mit einer ganz besonderen, menschlichen Atmosphäre. Rund 10000 Studierende und über 230 Professorinnen und Professoren aus 100 Ländern lernen, lehren und forschen an den fünf Fakultäten. Die Universität Freiburg ist in Forschung und Lehre höchster Qualität verpflichtet, echte Interdisziplinarität ist ihre Stärke und ihr Anspruch ist international. Vor allem aber stellt sie den Menschen in den Mittelpunkt all ihrer Tätigkeiten.*

*L'Université de Fribourg, mélange unique de cultures différentes dans une atmosphère conviviale, accueille quelque 10000 étudiant-e-s et plus de 230 professeur-e-s venu-e-s de près de 100 pays qui étudient, enseignent et font de la recherche dans ses cinq facultés. L'Université de Fribourg vise la plus haute qualité dans sa recherche et son enseignement, sa véritable interdisciplinarité est un point fort et sa perspective est internationale. Avant tout, elle met l'être humain au centre de toutes ses activités.*

L'année 2010 de l'Université de Fribourg a été marquée par des innovations importantes rendues possibles grâce à des coopérations et nouveaux partenariats. Dans le domaine de la recherche, de telles coopérations ont permis à notre institution de renforcer plusieurs points forts et de créer des centres de compétence:

Le Conseil fédéral a attribué à l'Institut du Plurilinguisme de l'Université et à la Haute Ecole Pédagogique de Fribourg le mandat de mettre en place le centre de compétence national pour le plurilinguisme. Le mandat de la Confédération pour le centre de compétence national pour les droits humains a été attribué à un groupe d'institutions dans lequel Fribourg assume un rôle central par le biais de ses instituts du Fédéralisme et d'Éthique et des droits de l'homme. Également par la Confédération, le Département des sciences de l'éducation de notre Université a été nommée «Leading House» pour la recherche dans le domaine de la formation professionnelle. Dans un autre domaine des sciences de l'éducation, l'éducation de la petite enfance, l'Université pourra mettre en place un nouveau centre de compétence avec l'appui des Fondations Jacobs et Mercator. L'excellente réputation de l'Université de Fribourg dans la recherche en éthique et philosophie a amené le Fonds National Suisse à attribuer la direction du Programme de recherche national «Fin de la vie» à un membre de notre Faculté de Théologie. Finalement, le nombre impressionnant de cinq nou-

veaux professeurs boursiers fonds national en 2010 en chimie, informatique, mathématiques, médecine et physique témoigne de l'attractivité de l'alma mater comme lieu de recherche pour la relève académique.

C'est également dans ses offres de formation que l'Université de Fribourg a innové en 2010 dans le cadre de nouveaux partenariats:

Grâce à un nouveau partenariat avec la Haute Ecole Fédérale du Sport à Macolin, le nouveau master en sciences du sport a pu démarrer. En tant que partenaire pour ce projet, la Banque Cantonale de Fribourg, a permis par le financement d'une nouvelle «Chaire BCF en psychologie du sport» le renforcement des capacités d'enseignement et de recherche dans le domaine du sport. Ensemble avec les Universitaires partenaires du réseau BeNeFri, Berne et Neuchâtel, un nouveau Master commun en informatique scientifique a pu être lancé, une offre qui ouvre un éventail de spécialisations en informatique unique en son genre en Suisse. L'Université a également pu innover grâce à l'un de ses plus anciens partenaires, le Conseil de l'Université. Dans le cadre du «Pole de compétence en éthique» soutenu depuis 2008 par le Conseil, deux nouvelles offres ont pu être mises en place: Le programme de Master «Éthique, responsabilité et développement» en Faculté des Lettres et le cours intensif semestriel «Fondements du droit» au sein de la Faculté de droit. Grâce à l'engagement et à l'appui du Canton, l'Université a pu mettre en place les études en médecine jusqu'au Bachelor, et c'est avec succès que la première cohorte de 21 étudiants a terminé ce programme et s'est vu décerner en novembre 2010 les premiers Bachelor en médecine de l'Université de Fribourg lors de la remise des diplômes de la Faculté des Sciences. Finalement, la Faculté des Sciences économiques et sociales a innové avec le lancement lors de cette rentrée académique du programme de «Master of Arts in Business Communication», une offre inédite en Suisse.

La demande toujours croissante pour les programmes d'études de l'Université de Fribourg et l'établissement de nouvelles groupes de recherche notamment en médecine, psychologie clinique et sciences des matériaux, mène à un manque chronique de place. Pour cette raison, le Rectorat a poursuivi en 2010 la stratégie de développer l'Alma mater sur l'axe entre les deux pôles Miséricorde et Pérolles en Ville de Fribourg. Sur ces deux sites, de grands projets sont en préparation, notamment pour donner un nouveau centre de gravité à la Faculté de droit, en faveur de l'Institut Adolphe Merkle et, finalement, pour les sciences de la vie et la médecine en Faculté des Sciences. ■

## Université de Genève

Stéphane Berthet

### Politique universitaire

Sur proposition de l'Assemblée de l'Université de Genève (UNIGE), après consultation du Conseil d'orientation stratégique, le Conseil d'Etat a nommé le professeur Jean-Dominique Vassalli pour un nouveau mandat de recteur pour la période 2011–2015. Prévue par la nouvelle Loi sur l'Université, la procédure qui a conduit à ce renouvellement de mandat permet de favoriser la continuité dans la gouvernance de l'UNIGE.

Le Statut de l'UNIGE, qui contient les dispositions essentielles à l'organisation et au fonctionnement de l'Université, a été quant à lui élaboré conjointement par le rectorat et l'Assemblée de l'Université. En septembre, l'Assemblée l'a adopté et transmis pour approbation au Conseil d'Etat. Le Statut devrait entrer en vigueur au début 2011.

Par ailleurs, 2010 a été l'occasion de mettre en œuvre l'évaluation systématique des programmes de formation de l'Université. Cette opération a pour but principal d'analyser la qualité des programmes offerts, ainsi que leur pertinence par rapport à l'offre existante en Suisse et à l'étranger. Elle permet également de juger de leur adéquation au regard des besoins des étudiantes et étudiants, et de la société, afin d'assurer, le cas échéant, leur développement ou leur amélioration.

En matière de relations interinstitutionnelles, outre les relations étroites que l'UNIGE entretient avec les universités de Lausanne et Neuchâtel et avec l'EPFL, on mentionnera le lancement avec la HES-SO d'un guichet unique pour la validation des acquis de l'expérience, démarche qui consiste à faire reconnaître ses compétences professionnelles dans un cursus classique, au niveau du baccalauréat ou d'une maîtrise universitaire.

### Formation et recherche

L'UNIGE est devenue institution hôte de trois nouveaux Pôles de recherche nationaux (PRN). Le premier de ces Pôles, «Biologie chimique», en collaboration avec l'EPFL, se propose d'utiliser les nouvelles techniques de la chimie pour étudier le vivant. Le second, «Bases synaptiques des maladies mentales», codirigé avec l'EPFL et l'UNIL, a pour objectif d'apporter un éclairage novateur sur les pathologies neuropsychiatriques. Quant au troisième, «Vulnérabilités à travers le parcours de vie», codirigé avec l'UNIL, il vise à mieux comprendre pourquoi certains individus s'adaptent moins bien que d'autres aux nouvelles données de la société et quelles conséquences tirer de ces disparités. Ces trois nouveaux PRN viennent compléter les trois que l'UNIGE héberge déjà, en génétique, en sciences

des matériaux et dans l'étude des émotions. Avec ses six Pôles, l'UNIGE figure parmi les institutions leaders en Suisse pour l'accueil de PRN.

Sur la scène internationale, l'UNIGE est membre de plusieurs réseaux universitaires, elle est présente dans plus d'une centaine de projets européens et systématiquement classée dans les 150 meilleures universités mondiales (sur plus de 20000). La polyvalence qui la caractérise s'appuie néanmoins sur les priorités suivantes: sciences de la vie, sciences physiques, neurosciences et sciences affectives, vulnérabilité et vieillissement, sciences environnementales, finance et société, sciences historiques, langage et communication. Ces priorités intègrent les PRN existants, et concourent à l'obtention de subsides par nos chercheurs au niveau national et européen. Elles se concrétisent aussi par le développement et la création de centres interfacultaires (génétique et génomique, bioinformatique, bioéthique et sciences humaines en médecine, neurosciences, sciences affectives, gérontologie, sciences de l'environnement, finance, Maison de l'Histoire).

Parmi les distinctions reçues par les chercheurs de l'UNIGE on soulignera la Médaille Fields 2010 décernée au professeur Stanislav Smirnov, de la Section de mathématiques de la Faculté des sciences. Plus haute distinction dans le domaine, attribuée tous les quatre ans seulement, la Médaille Fields est considérée comme l'équivalent du Prix Nobel en mathématiques où il n'en existe pas.

Pour la rentrée du semestre d'automne 2010, l'UNIGE et le DIP ont mis en place un test d'aptitudes pour tous les candidats aux études de médecine. A travers cette mesure, l'UNIGE et le DIP ont souhaité fournir aux futurs étudiants une première indication sur leurs compétences pour passer les examens de fin de première année. A Genève, contrairement aux universités de Suisse alémanique, ce test n'a pas de valeur sélective mais uniquement indicative.

Enfin, l'Institut universitaire de formation des enseignants a été inauguré en octobre. Il a marqué l'aboutissement d'un long processus politique et d'une collaboration étroite entre le DIP et l'UNIGE, afin de doter Genève d'un centre de formation des enseignants de haut niveau, alliant pratique sur le terrain et recherche en sciences de l'éducation. Cet institut plurifacultaire, qui regroupe les formations des enseignants du primaire, du secondaire (I et II) et de l'enseignement spécialisé, est unique en Suisse.

Outre ses activités de formation et de recherche, l'UNIGE accueille également quelques 10500 participants dans plus de 250 programmes de formation continue. ■

## Universität Luzern

Erich Aschwanden

### Vorbereitungen für Umzug laufen auf Hochtouren

Das Jahr 2010 stand für die Universität Luzern im Zeichen der Vorbereitungen auf den grossen Umzug. Am 1. September 2011 wird – voraussichtlich in Anwesenheit von Bundesrat Didier Burkhalter – das neue Universitätsgebäude feierlich eingeweiht. Unmittelbar neben dem Bahnhof und vis-à-vis des KKL entsteht zurzeit die neue Universität Luzern. Das Gebäude wird auch Abteilungen der Pädagogischen Hochschule Zentralschweiz, Luzern und dem universitären Teil der Zentral- und Hochschulbibliothek Luzern eine neue Heimat bieten.

Für die Universität Luzern ist der Umzug mit grossen logistischen Herausforderungen verbunden, müssen doch im Sommer 2011 über zwanzig Standorte in ein zentrales Gebäude verlegt werden. Ab Herbstsemester 2011 werden alle drei Fakultäten, die gesamte Verwaltung sowie die meisten Institute und Seminare unter einem Dach vereinigt. Das Ereignis wird mit einem Tag der offenen Tür für die Bevölkerung am 3. und 4. September 2011 gebührend gefeiert werden.

### «Graduate School of Lucerne» hat ihren Betrieb aufgenommen

Im Februar 2010 wurde die Graduate School of Humanities and Social Sciences at the University of Lucerne (GSL) gegründet. Die ersten Stipendiatinnen und Stipendiaten nahmen im Herbstsemester 2010 ihre Arbeit an der Kultur- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät (KSF) auf. Das Doktoratsprogramm liefert die strukturierenden Leitplanken für die Erstellung von anspruchsvollen Dissertationen in einer klar umgrenzten Zeit. In Zukunft werden alle Doktorierenden an der KSF Mitglieder dieses Doktoratsprogramms sein. Offiziell eröffnet wurde die GSL am 17. November 2010 mit einem Festvortrag von Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Weiler, Professor of Education and Political Science, Emeritus, Stanford University.

### «swiss-academies award» geht an Team der Rechtswissenschaftlichen Fakultät

Der «swiss-academies award for transdisciplinary research 2010» wurde an das Projekt «eDiversity: The Legal Protection of Cultural Diversity in a Digital Networked Environment» vergeben. Das Projekt unter der Leitung von Prof. Dr. Christoph Beat Graber von der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Luzern hat bisher fehlende Grundlagen in der Medienregulierung zum Schutz alter, indigener Kulturgüter sowie ganz neuer kultureller Ausdrucksformen (z.B. Internetspiele) geschaffen.

Der «swiss-academies award for transdisciplinary research» mit einer Summe von 75000 Franken ist der höchstdotierte Preis der Akademien der Wissenschaften Schweiz und wird zweijährlich durch das «td-net for Transdisciplinary Research» ausgeschrieben und vergeben.

### Erfolge von Luzerner Jus-Teams bei internationalen «Moot Courts»

Am «Willem C. Vis Moot Court in International Arbitration» in Wien erreichte das siebenköpfige Team der Universität Luzern im April die beste je von einer Schweizer Equipe erreichte Platzierung. Unter Leitung von Prof. Dr. Andreas Furrer und Prof. Dr. Daniel Girsberger traten die Studierenden aus Luzern bei diesem fiktiven Gerichtsverfahren gegen 253 Teams aus 62 Ländern an und stiessen bis in die Achterfinale vor. Damit konnten sie ihre guten Resultate aus den vergangenen Jahren am grössten und renommiertesten «Moot Court» im Bereich des internationalen Handelsrechts bestätigen.

Erfolgreich verlief im Dezember auch der «World Human Rights Moot Court» in Pretoria (Südafrika). Die beiden Luzerner Jus-Studierenden Virgine Müller und Markus Stehle belegten in den Finalrunden die hervorragenden Plätze 6 und 7. Auf den «Moot Court» vorbereitet wurde das Team von Peter Coenen (Coach) und Xiaolu Zhang (Assistant Coach). Leitender Professor des Projekts ist Prof. Dr. Alexander H. E. Morawa.

### Universitätsleitung in neuer Hand

Am 1. August 2010 hat Prof. Dr. Paul Richli sein Amt als neuer Rektor der Universität Luzern angetreten. Er übernahm dieses von Prof. Dr. Rudolf Stichweh, dessen Amtszeit nach vier Jahren geendet hat. Paul Richli wirkt seit 2001 an der Universität Luzern. Er war Gründungsdekan der Rechtswissenschaftlichen Fakultät und ist Professor für öffentliches Recht, Agrarrecht und Rechtsetzungslehre. Auch die Leitung der Prodekanate ging in neue Hände über: Prof. Dr. Martin Baumann, ordentlicher Professor für Religionswissenschaft, übernahm das Prorektorat Forschung von Prof. Dr. Andreas Furrer. Prof. Dr. Markus Ries, ordentlicher Professor für Kirchengeschichte, wurde neuer Prorektor Lehre und internationale Beziehungen. Er löste in dieser Funktion Prof. Dr. Rudolf Stichweh ab. ■

## Université de Neuchâtel

Bernard Zuppinger

*Du point de vue académique, l'année 2010 aura été marquée par la mise en place de filières novatrices, dans le cadre notamment de nouvelles collaborations, et par des partenariats permettant de développer les points forts de l'UniNE.*

L'offre de formation s'est étendue et diversifiée lors de la rentrée universitaire 2010 avec trois nouveaux masters, des formations qui toutes sont soucieuses de concilier bagage académique et expérience pratique. Ainsi, la Faculté de droit, a lancé une nouvelle orientation de master unique en Suisse en droit de l'entreprise et de l'innovation qui offre aux étudiants une formation à la fois théorique et pratique, consacrée à la problématique particulière des entreprises innovantes (start-up). La Faculté des sciences a innové en mettant sur pied un master en informatique commun avec les universités de Berne et Fribourg (BeNeFri). Cette formation associe la connaissance des fondements théoriques issue des domaines académiques des trois universités et un savoir-faire pratique issu du tissu économique et social. La Faculté des lettres et sciences humaines, offre désormais quant à elle un nouveau master en archéologie conçu en commun avec l'Université de Fribourg et en partenariat avec les universités de Bourgogne et de Franche-Comté. Du côté de la formation continue, l'offre certifiante s'est étoffée également avec le lancement par la Faculté de droit d'un programme de formation continue (CAS/DAS/MAS) en droit de la santé et d'un MAS in International Taxation. La Faculté des sciences économique a mis sur pied un CAS in International Financial Accounting, formation organisée et dispensée conjointement avec la Haute école de gestion Arc. Un CAS en accompagnement spirituel a débuté en septembre en Faculté de théologie.

En vue de la création d'un pôle de compétence inter-facultaire (Faculté de droit et Faculté des lettres et sciences humaines) dans le domaine du territoire et de la gestion de ses ressources, un financement durant quatre ans de deux postes de professeurs a été obtenu de la part de la Banque cantonale neuchâteloise (BCN), l'un en droit et l'autre en géographie.

La Faculté de droit, par l'intermédiaire de la chaire de droit constitutionnel et du Centre de droit des migrations, a participé, avec le Forum suisse pour l'étude des migrations et de la population (SFM) de la Faculté des lettres et sciences humaines, au réseau des universités qui a remporté l'appel d'offre de la Confédération en vue de la création d'un Centre de

compétence national en matière de droits humains qui débutera ses activités en 2011 et dont le domaine «migrations» sera confié à l'UniNE.

La compétitivité de l'UniNE en matière de recherche se confirme, notamment par la participation à deux projets d'envergure lancés dans le cadre du 7e programme-cadre européen: l'Institut de droit de la santé (IDS) et le Centre de droit commercial, fiscal et de l'innovation (CCFI) participent à un projet doté de 1750000 euros qui veut assurer l'innovation et un accès équitable aux médicaments aux pays en développement. Une équipe de l'Institut d'informatique a obtenu pour sa part un subside de plus d'un demi-million d'euros pour un projet portant sur le traitement et l'acheminement des données. Par ailleurs, le Laboratoire suisse de géothermie de l'Université de Neuchâtel (CREGE) a entamé un nouveau programme de développement de la géothermie profonde (GeoNE) financé par des fonds cantonaux et fédéraux.

Au-delà de l'attrait croissant dont jouit l'Université de Neuchâtel – progression de plus de 30% du nombre d'étudiants par rapport à l'an 2000 –, son succès se mesure également à l'aune économique. L'étude de l'impact économique de l'UniNE réalisée en 2010 par la société Eco'diagnostic montre que l'UniNE a généré 33.5 millions en faveur du canton, soit 194 francs par habitant.

Le Dies Academicus 2010 s'est tenu en présence du conseiller fédéral, M. Didier Burkhalter et de plus de 400 invités du monde politique, économique et académique. Point d'orgue de cette cérémonie, la collation de doctorats honoris causa à quatre éminentes personnalités: le Père Eric de Rosny (ancien directeur de l'Institut africain pour le développement économique et social) et les professeurs Guy Lapalme (université de Montréal), Gilles Petitpierre (professeur honoraire de l'Université de Genève et ancien conseiller national et aux Etats) et Roland Rust (université du Maryland).

Enfin, la présidence du Conseil de l'Université de Neuchâtel a été confiée au conseiller aux Etats tessinois M. Dick Marty. Nommé par le Conseil d'Etat, il remplace depuis le 1er juillet 2010 Mme Michèle Berger-Wildhaber, qui aura occupé cette fonction depuis 1997. C'est ainsi l'un de ses anciens étudiants qui contribue au rayonnement de l'Alma mater neuchâteloise par ses engagements intellectuels, civiques et politiques. ■

## Universität St.Gallen (HSG)

Marius Hasenböhler

### Stabwechsel in Rektorat und Executive School

Seit dem 1. Februar 2011 hat die Universität St.Gallen eine neue Leitung. Neuer Rektor ist Prof. Dr. Thomas Bieger. Als Prorektoren wurden die ProfessorInnen Ulrike Landfester, Vito Roberto und Torsten Tomczak gewählt. Nach der Wahl durch Senat und Universitätsrat genehmigte die Regierung des Kantons St. Gallen diese Wahlen am 18. Mai 2010. Auf Anfang Februar wurde zudem Prof. Dr. Winfried Ruigrok zum neuen Akademischen Direktor (Dean) der Executive School of Management, Technology and Law (ES-HSG) gewählt. Er tritt damit die Nachfolge von Prof. Dr. Peter Gomez an.

### 25 neue Lehrstühle

Die HSG rechnet in den nächsten Jahren mit einem weiteren Wachstum der Anzahl Studierenden. 2007 wurde erstmals die 5000er-Marke überschritten. Seither ist die Studierendenanzahl kontinuierlich auf über 6700 (Stand Herbstsemester 2010) gestiegen. Bis ins Jahr 2015 ist eine weitere Zunahme auf 7500 bis 8000 Studierende zu erwarten. Um der Qualität einer führenden europäischen Wirtschaftsuniversität gerecht zu bleiben und das Betreuungsverhältnis zu verbessern, hat sich die HSG für einen Ausbau der Lehrkapazitäten entschieden. Bis 2015 sollen in den Schools jährlich rund fünf Lehrstühle installiert werden.

### Gute Platzierung im FT-Ranking

Die internationale Wirtschaftszeitung «Financial Times» hat die Universität St.Gallen erstmals unter den 20 besten Wirtschaftsuniversitäten Europas eingestuft. Dies zeigte sich im jährlichen «European Business Schools»-Ranking, das Anfang Dezember 2010 in London veröffentlicht wurde. Die HSG hat sich gegenüber 2009 um 14 Plätze verbessert und belegt neu den 16. Rang unter 75 bewerteten Hochschulen. Die HSG steht damit als deutlich beste unter den Wirtschaftsuniversitäten im deutschsprachigen Europa da. Auf den ersten Plätzen liegen HEC Paris, London Business School, Insead (Paris/Singapur/Abu Dhabi), IMD (Lausanne) und IE Business School (Madrid). Der grosse Sprung nach vorne erklärt sich vor allem damit, dass die Zeitung dieses Jahr erstmals auch das Master-Programm in «Strategy and International Management» (SIM) der Universität St.Gallen rangiert hat, das es auf Anhieb auf Rang 4 schaffte.

### Master-Programm in Organisation und Kultur

Wer sich in Zeiten der Globalisierung zurecht finden will, braucht einen gewandten Geist. Diesen können Studierende an der HSG ab Herbst 2011 im neuen

Studienprogramm «M.A. HSG in Organisation und Kultur» schärfen. Der neue, spezialisierte «Master in Organisation und Kultur» (MOK) vermittelt Kompetenzen für die Analyse und kreative Gestaltung komplexer Entwicklungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft. Das Studienkonzept des MOK stellt eine Fortführung der integrativen HSG-Bildungstradition dar: Neben Instrumentalwissen ist zunehmend solide Orientierungsfähigkeit mit einem hohen Mass an Verantwortungsbewusstsein für gesamtgesellschaftliche Entwicklungen gefragt. Das MOK ist somit Ausdruck einer organischen Weiterentwicklung der HSG, die auf ganzheitliches Denken und Handeln ausgerichtet ist.

### Neuer Web-Auftritt

Die HSG präsentiert sich seit Juli 2010 online im neuen Gewand. Neben einem optimierten Design wurde die Benutzerführung der Webseite [www.unisg.ch](http://www.unisg.ch) grundlegend überarbeitet. Sieben Jahre nach dem letzten Relaunch wurden alle Seiten grundüberholt und heutigen Nutzungsbedingungen angepasst. Die bisherige Struktur nach Organisationseinheiten ist einer zielgruppenorientierten Ausrichtung gewichen. Zusammenhängende Themenfelder werden nun auch so dargestellt, nutzerorientiert und mediengerecht. Mit dem Kernauftritt wurde der erste Bereich der HSG komplett in die neue Struktur überführt. Mehr als 2400 Webseiten wurden von den Mitarbeitenden erstellt. Institutsseiten und ein neues Intranet für die HSG-Angehörigen sind im Aufbau.

### Büro in São Paulo

Die Universität St.Gallen hat im Rahmen ihrer Internationalisierungs-Strategie die Präsenz im Ausland ausgebaut. Sie betreibt dazu seit Juni 2010 ein Büro in der brasilianischen Finanz- und Wirtschaftsmetropole São Paulo. Die Vertretung hat unter anderem das Ziel, die HSG und ihre Stärken in Brasilien und in den anderen Regionen Lateinamerikas bekannter zu machen sowie den akademischen Austausch mit lateinamerikanischen Universitäten zu fördern. Der neue HSG-Knotenpunkt in São Paulo ist in der Schweizerisch-Brasilianischen Handelskammer (Swisscam) untergebracht. Über den Hub will die Universität noch intensiveren Kontakt zu ihren mittlerweile 17 Partneruniversitäten in ganz Lateinamerika pflegen. ■

## Università della Svizzera italiana

Albino Zraggen

### Affiliazione dell'IRB

Il 20 aprile 2010 il gran Consiglio ha approvato l'affiliazione all'USI dell'Istituto di Ricerca in Biomedicina (IRB) a conclusione della procedura avviata nell'autunno 2008 e consolidata 4 febbraio 2009 con la sottoscrizione di un accordo di affiliazione nel quale sono regolati l'integrazione universitaria (designazione degli organi, pianificazione scientifica e accademica, nomina del personale scientifico e dirigenti, contratti con altre Università), l'autonomia amministrativa, nome e logo, politica dell'informazione.

L'affiliazione dell'IRB all'USI si basa sull'art. 12 della Legge sull'Università della Svizzera italiana, sulla Scuola universitaria professionale Svizzera italiana e sugli Istituti di ricerca del 3 ottobre 1995. Questo articolo di legge permette all'USI una notevole flessibilità nella collaborazione con enti autonomi che perseguono scopi di formazione e di ricerca universitaria, ma che necessitano, a diverso titolo, di mantenere una forte autonomia di gestione.

L'affiliazione permetterà all'istituto di ricerca con sede a Bellinzona un consolidamento delle fonti di finanziamento e una miglior integrazione accademica, facilitando ulteriori collaborazioni scientifiche con altre università svizzere o estere. L'affiliazione risulterà positiva anche per l'USI poiché – oltre a contribuire al generale consolidamento del sistema universitario ticinese – le permetterà di acquisire un istituto già ampiamente affermato nel campo della ricerca in un'area di notevole interesse scientifico e di grande avvenire, contribuendo così a una maggiore visibilità internazionale dell'ateneo. Con questa iniziativa si creano pure le premesse per una stretta collaborazione dell'IRB con il neonato Istituto di scienze computazionali dell'USI e con il CSCS.

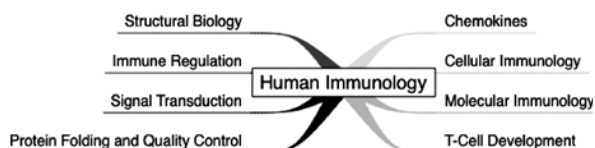
L'istituto di ricerca in Biomedicina (IRB) è stato fondato nel 2000 con il preciso ed ambizioso goal di progredire nello studio dell'immunologia umana, con particolare attenzione ai meccanismi di difesa dell'organismo.

All'IRB sono attivi otto gruppi di ricerca in diversi progetti di studio dell'immunologia umana. I gruppi di ricerca comprendono, oltre ai direttori di laboratorio, da 30 dottorandi, 9 post-doc e 14 tecnici. In questi primi 10 anni di attività, l'istituto ha adempiuto alla sua missione come documentato dalle 249 pubblicazioni di alto profilo scientifico (impact factor medio di 11,5), dal successo dei ricercatori dell'IRB nel trovare nuovi finanziamenti competitivi elargiti da agenzie svizzere e internazionali (Swiss National Science Foundation, Commissione Europea, Bill e Melinda

Gates Foundation, la Wellcome Trust, US-NIH) dal programma di dottorato in immunologia che ha visto difendere con successo ben 40 tesi e da numerose collaborazioni instaurate con importanti istituzioni nazionali ed internazionali.

Con il sostegno della Fondazione Helmut Horten, nel mese di ottobre 2008 l'IRB ha firmato un contratto di partenariato con il Politecnico Federale di Zurigo (ETH). Gli studenti iscritti presso l'ETH possono partecipare alla formazione pratica presso l'IRB e l'IRB beneficia dei servizi ETH come ad esempio quello deputato al sostegno per il trasferimento tecnologico. L'IRB è un membro fondatore dello «Swiss Vaccine Research Institute» (SVRI).

Dall'agosto 2009 il Direttore dell'IRB, Antonio Lanzavecchia, è professore ordinario di Immunologia presso il Politecnico di Zurigo, una cattedra finanziata dalla Fondazione Helmut Horten. Maurizio Molinari è professore aggiunto presso l'EPFL e Marcus Thelen è professore onorario di biochimica e biologia cellulare presso l'Università di Berna.



### Accordo con ETHZ per doppie cattedre

L'Università della Svizzera italiana e il Politecnico Federale di Zurigo hanno sottoscritto un importante accordo teso a rafforzare la collaborazione tra le due istituzioni nel campo delle scienze computazionali, dell'ingegneria e della scienze economiche.

Professori attivi in queste tre aree disciplinari potranno infatti esercitare, sia a livello di ricerca che di insegnamento, in entrambe le università. L'accordo punta ad ottimizzare l'offerta formativa di entrambi gli atenei, condividendo spazi comuni ed infrastrutture – come nel caso del Centro Svizzero di Calcolo Scientifico (CSCS) gestito dal Politecnico – e stimolando in questo modo le sinergie più efficaci, ovvero quelle che si sviluppano dal basso direttamente tra i professori interessati.

I titolari di una doppia cattedra avranno diritto di esame in ambedue le istituzioni e saranno abilitati a dirigere tesi di dottorato in entrambe le università. Il finanziamento dipenderà di regola dall'istituzione «madre», mentre l'istituzione «partner» potrà contribuire alla dotazione della doppia cattedra tramite accordi stabiliti caso per caso.

Il primo titolare di una doppia cattedra USI-ETHZ è il prof. Michele Parrinello. ■



## Universität Zürich (UZH)

Kurt Reimann

Indirekt angestossen durch eine Parlamentarische Initiative (PI) aus dem Jahr 2006 (worüber an dieser Stelle mehrfach berichtet wurde), änderte der Universitätsrat (UR) per Februar 2010 die Bestimmungen für die Wahl der Rektorin oder des Rektors sowie der Prorektorinnen und Prorektoren.

Seit jeher besass der Senat, d. h. die ca. 540-köpfige Vollversammlung der Professorenschaft, der auch Delegierte der Stände (Studierende, Mittelbau, Privatdozierende) angehören, ein Antragsrecht zuhanden der Kantonsregierung, bzw. seit 1998 des UR. Die besagte PI (nach der Erstunterzeichnerin Guyer benannt) erachtete das Bottom-up-Prinzip als nicht mehr zeitgemäss und verlangte eine Änderung des Universitätsgesetzes, mit der das Antragsrecht des Senats abgeschafft würde.

Um einer Gesetzesänderung durch den Kantonsrat – der die PI überwiesen hatte – zuvorzukommen, führte der UR auf Stufe Verordnung eine stärkere Top-Down-Komponente ein, indem er die (zuvor nur informell existierende) Findungskommission festschrieb und sich selbst die Leitung des Verfahrens zuwies. Die Erweiterte Universitätsleitung (ein Gremium aus der Universitätsleitung, den Dekanen und Delegierten der Stände) bestimmt mindestens die Hälfte der Mitglieder der Findungskommission. Im Falle einer unbestrittenen Wiederkandidatur kann der UR, nachdem er eine Stellungnahme der Erweiterten Universitätsleitung eingeholt hat, auf eine Findungskommission verzichten.

Die Findungskommission erstellt eine Nominationsliste. Aufgrund dieser Liste stellt der Senat den Wahlantrag an den UR. Er kann theoretisch aber auch eine Person vorschlagen, die nicht auf der Nominationsliste steht.

Genau diese Möglichkeit – von welcher der Senat kaum je Gebrauch gemacht hat und machen wird und die lediglich als ultima ratio gedacht ist, aber eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für das Selbstverständnis des Senats hat – bewog die Kommission für Bildung und Kultur des Kantonsrats, einen Gegenvorschlag zur PI Guyer zu formulieren, der dem Senat nur noch ein Recht auf Stellungnahme, nicht mehr aber auf Antragstellung zugestanden hätte. Nach einer ersten Debatte im September 2010 sah es aus, als würde das Ratsplenum den Gegenvorschlag zur PI gutheissen. Danach versuchten aber eine ganze Reihe von UZH-Angehörigen, Mitgliedern des Kantonsrats plausibel zu machen, dass in einer Expertenorganisation, wie dies eine Universität ist, die Verankerung der Führung bei den Leistungsträgern, also der Pro-

fessorenschaft, entscheidend ist und somit die Bottom-up-Beteiligung eine grosse Bedeutung hat. Dies gelang, so dass mehrere Fraktionen ihre Meinung änderten und das kantonale Parlament nach einer zweiten Debatte im Dezember sowohl die ursprüngliche PI als auch den Gegenvorschlag ablehnte. Damit hat das vom UR gesetzte neue Recht Bestand.

Just einen Tag nach der Abstimmung im Kantonsrat stellte der Senat erstmals nach neuem Recht einen Wahlantrag an den UR, nämlich jenen auf Wiederwahl des amtierenden Rektors Andreas Fischer für eine zweite Amtsperiode vom August 2012 bis zum Juli 2016. Die Wiederwahl wurde durch den UR Ende Januar 2011 vollzogen. Andreas Fischer hatte im Vorfeld des Nominationsverfahrens klar gemacht, dass er in Anbetracht seines Alters in der Mitte der zweiten Amtsperiode, also im Sommer 2014, zurücktreten werde.

Dass die Wiederwahl des Rektors per Mitte 2012 bereits im Frühjahr 2010 eingeleitet wurde, hatte den Grund darin, dass genug Zeit für das Findungsverfahren für eine neue Person hätte zur Verfügung stehen müssen im Fall, dass Rektor Fischer – der vom UR angefragt worden war – für eine Wiederwahl nicht zur Verfügung gestanden oder für eine solche nicht nominiert worden wäre.

Noch keine Erfahrungen existieren mit dem neuen Procedere in Bezug auf die Wahl oder Wiederwahl der Prorektoren; dies folgt im Laufe des Jahres 2011. Insgesamt wurde das Wahlverfahren also erneuert, aber nicht radikal umgestaltet. Das Gleiche lässt sich sagen vom Corporate Design der UZH, das 2010 nach 10 Jahren einer «sanften Renovation» unterzogen und komplettiert wurde.

Zentrales Element ist das Logo. Es besteht wie bisher aus dem Universitätssiegel aus dem Gründungsjahr 1833 mit dem Grossmünster und Karl dem Grossen auf der linken sowie dem Schriftzug «Universität Zürich» auf der rechten Seite. Dieser ist kräftiger und nimmt nun zwei Zeilen ein. Hinzu kommt das hochgestellte Kürzel «UZH», das im Zuge der Bologna-reform 2004 eingeführt wurde und seither zunehmend in den alltäglichen Gebrauch eingeflossen ist. Es wurde eine ganze Palette von Vorlagen entwickelt: für den Schriftverkehr, die Drucksachen, die Web-Auftritte, die Gebäudesignalisierung sowie gemeinsame Auftritte mit Partnern.

Gewiss, die UZH ist nicht wegen ihres CD eine «starke Marke», sondern wegen der Leistungen ihrer Angehörigen. Aber das neue CD unterstreicht die Stärken der UZH und trägt bei zur gesamtuniversitären Identitätsbildung, die durchaus noch über Entwicklungspotenzial verfügt. ■

**Herausgeber und Verlag/Editeur:**

Vereinigung der Schweizerischen Hochschuldozierenden  
 Association Suisse des Enseignant-e-s d'Université  
 Associazione Svizzera dei Docenti Universitari  
 Buchhalden 5, CH-8127 Forch  
 Tel.: 044 980 09 49 oder/ou 044 633 33 99 (ETHZ)  
 Fax: 044 633 11 05  
 E-mail: [vsh-sekretariat@ethz.ch](mailto:vsh-sekretariat@ethz.ch)  
 Homepage: [www.hsl.ethz.ch](http://www.hsl.ethz.ch)  
 PC-Konto / ccp 80-47274-7

*Nachdruck mit Quellenangabe gestattet*

**Redaktion/Rédaction:**

Prof. Christian Bochet, Université de Fribourg, Département de Chimie,  
 Chemin du Musée 9, 1700 Fribourg

Prof. Gernot Kostorz, Buchhalden 5, 8127 Forch, E-Mail: [vsh-sekretariat@ethz.ch](mailto:vsh-sekretariat@ethz.ch)

**Layout:**

Grafikbüro ETH, Rämistrasse 101, HG E 39, 8092 Zürich, E-Mail: [grafik@ethz.ch](mailto:grafik@ethz.ch)

**Druck/Imprimerie:**

Reprozentrale ETH Zürich, 8092 Zürich

**Anzeigen/Annonces:**

Generalsekretariat VSH-AEU, Buchhalden 5, 8127 Forch, E-Mail: [vsh-sekretariat@ethz.ch](mailto:vsh-sekretariat@ethz.ch)

**– Preise:**

Stellenanzeigen/Postes à pourvoir: CHF 250 (1/2 Seite/page), CHF 500 (1 Seite/page),  
 andere Annoncen/autres annonces: CHF 500/1000

**Mitgliederbetreuung, Adressen/****Service membres, adresses:**

Generalsekretariat

Das Bulletin erscheint drei- bis viermal im Jahr und wird gratis an die Mitglieder versandt. Abonnements (CHF 65 pro Jahr inkl. Versand Schweiz) können beim Verlag bestellt werden.  
 Le Bulletin apparaît trois à quatre fois par an et est distribué gratuitement aux membres. Des abonnements sont disponibles auprès de l'éditeur (CHF 65 par an, frais de port compris en Suisse).

**Vorstand/Comité directeur am 1. April / au 1<sup>er</sup> avril 2011****Präsident/Président:**

Prof. Dr. sc. nat. Christian Bochet, Université de Fribourg, Département de Chimie,  
 Chemin du musée 9, 1700 Fribourg, Tel.: 026 300 8758, E-Mail: [christian.bochet@unifr.ch](mailto:christian.bochet@unifr.ch)

**Vorstandsmitglieder/Membres du comité:**

Prof. Dr. iur. Robert Danon, Université de Neuchâtel, Faculté de droit, Avenue du 1er Mars 26,  
 2000 Neuchâtel, Tél.: 032 718 1247, E-Mail: [robert.danon@unine.ch](mailto:robert.danon@unine.ch)

Prof. (em.) Dr. phil. Hans Eppenberger, Wiesenweg 5, 5436 Würenlos,  
 Tel.: 056 424 3256, E-Mail: [hans.eppenberger@cell.biol.ethz.ch](mailto:hans.eppenberger@cell.biol.ethz.ch)

Prof. Dr. ès Sc. Robert Gurny, Université de Genève, Pharmacie galénique,  
 Quai Ernest-Ansermet 30, 1211 Genève 4, Tél.: 022 379 61 46, E-Mail: [robert.gurny@unige.ch](mailto:robert.gurny@unige.ch)

Prof. Dr. (Ph.D.) Stephan Morgenthaler, Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL),  
 Fac. Sciences de base (SB), Inst. de mathématiques (IMA), MAB 1473 (Bâtiment MA),  
 Station 8, 1015 Lausanne, Tél.: 021 6934232, E-mail: [stephan.morgenthaler@epfl.ch](mailto:stephan.morgenthaler@epfl.ch)

Prof. Dr. Eric Nowak, Università della Svizzera italiana, Swiss Finance Institute,  
 Via Buffi 13, 6904 Lugano, Tel.: 058 666 46 37, E-Mail: [nowake@lu.unisi.ch](mailto:nowake@lu.unisi.ch)

Prof. Dr. iur. utr. Brigitte Tag, Universität Zürich, Rechtswissenschaftliches Institut,  
 Freiestrasse 15, 8032 Zürich, Tel.: 044 634 39 39, E-Mail: [Lst.tag@rwi.uzh.ch](mailto:Lst.tag@rwi.uzh.ch)

*Herausgegeben mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW)*

*Publié avec le soutien de l'Académie suisse des sciences humaines et sociales (ASSH)*





Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Professor of Magmatic Petrology

The Institute of Geochemistry and Petrology at ETH Zurich ([www.erdw.ethz.ch](http://www.erdw.ethz.ch)) invites applications for a full professorship focused on magmatic processes on a global scale. The new professor is expected to develop an outstanding field-oriented research program in the broader area of magmatic petrology, which may include but is not limited to the formation of magmatic series including their volcanic systems, large scale differentiation processes, the secular evolution of the Earth's crust and mantle, the deep carbon cycle, and potential interactions between magmatism/volcanism and the Earth's surface such as the rise of oxygen or mass extinctions, or any other process orientated research program.

The chair comes with sufficient resources to establish a significant research group and will have full access to all the state-of-the-art facilities in the institute. The new professor and his group will be expected to teach undergraduate level courses (German or English) and graduate level courses (English) and lead an attractive field training program including excursions and student projects.

Please apply online at [www.facultyaffairs.ethz.ch](http://www.facultyaffairs.ethz.ch). Your application should include your curriculum vitae, a list of publications, and a statement of your research and teaching interests. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Ralph Eichler. The closing date for applications is April 30, 2011. With a view towards increasing the number of female professors, ETH Zurich specifically encourages qualified female candidates to apply.



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

## Professor of Physical Chemistry

The Laboratory of Physical Chemistry of the Department of Chemistry and Applied Biosciences at ETH Zurich ([www.chab.ethz.ch](http://www.chab.ethz.ch)) invites applications for the position mentioned above.

The applicant's research field should preferably focus on the characterization and study of matter at the atomic and molecular level with spectroscopic or microscopic methods including studies at the single-molecule level and nano-optics. Responsibilities include teaching in all areas of physical chemistry. The new professor will be expected to teach undergraduate level courses (German or English) and graduate level courses (English).

Please apply online at [www.facultyaffairs.ethz.ch](http://www.facultyaffairs.ethz.ch). Your application should include your curriculum vitae and list of publications. The letter of application should be addressed to the President of ETH Zurich, Prof. Dr. Ralph Eichler. The closing date for applications is June 30, 2011. With a view towards increasing the number of women in leading academic positions, ETH Zurich specifically encourages women to apply.

***Die Stimme  
der Hochschuldozierenden***



***La voix  
des enseignant-e-s d'université***