



succidia

ZKZ 75010

# labor&more

07.15

Von Wissenschaftlern für Wissbegierige  
in der Chemie, der Biotechnologie und Pharmaforschung

Partner des  
GDCh-Wissenschaftsforums  
Chemie 2015



labor&more präsentiert  
exklusiv Highlights der  
chemischen Forschung  
in Dresden.

## Chemie verbindet

„So lautet das Motto des diesjährigen GDCh-Wissenschaftsforums Chemie in Dresden. Diese zwei Worte lassen nicht nur Raum für vielfältige Assoziationen, sondern sie sind uns auch Auftrag: Zum einen die chemischste aller chemischen Tätigkeiten, das Verbinden von Atomen zu immer neuen molekularen Gebilden und Materialien mit definierten Eigenschafts-

profilen zu vervollkommen und dabei eine Brücke zwischen Forschung und Anwendung zu schlagen, zum anderen aber auch die Verbindung der Chemie zu den Nachbardisziplinen zu vertiefen.“

**Dr. Thomas Geelhaar, Präsident der GDCh**



GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

# GDCh-Wissenschaftsforum Chemie 2015

30.8. – 2.9. • Dresden



Chemie  
verbindet



[www.wifo2015.de](http://www.wifo2015.de)



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015



STAATSMINISTERIUM  
FÜR WIRTSCHAFT  
ARBEIT UND VERKEHR



MESSE DRESDEN



IUPAC  
INTERNATIONAL UNION OF  
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

Nachrichten  
aus der Chemie

ADUC AKCC



### biophysikalisches

protein engineering

#### 08 Meister der Minimal Art

Prof. Dr. Gerhard Thiel,  
Prof. Dr. Anna Moroni

zelltechnik

#### 14 Die gläserne Zelle

Miriam Voigt, Charlotte Walter,  
Dr. Daniel H. Rapoport

Kommentar

#### 19 Röntgenmikroskopie in den Life Sciences

Prof. Dr. Charli Kruse



### physikochemisches

aerogele

#### 32 Eine luftige Brücke zwischen Nano- und Makrowelt

Dr. Christoph Ziegler,  
Prof. Dr. Alexander Eychmüller

### elektrochemisches

mikroelektronik

#### 38 Zukunftsziel „atomare Elektronik“

Prof. Dr. Michael Ruck,  
Prof. Dr. Gotthard Seifert

### basics

02 editorial

Dr. Thomas Geelhaar

04 grußwort

Prof. Dr.-Ing. Hans Müller-Steinhagen

06 grußwort

Prof. Dr. Michael Ruck

37 naturstoff

56 buchtipps

57 events

60 Achema 2015 Highlights

63 impressum

64 Ende.

## Chemische Forschung in Dresden

### anorganisches

MOFs

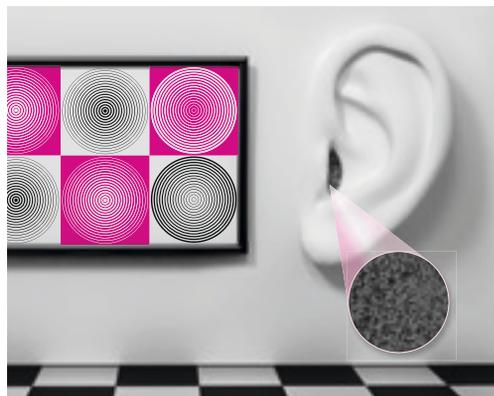
#### 20 Die Suche nach der unendlichen Leere

Prof. Dr. Stefan Kaskel

otokonien

#### 26 Kristalle im Ohr

Prof. Dr. Dr. h.c. Rüdiger Kniep



### polymerchemisches

funktionspolymere

#### 44 Die Künstler unter den Kunststoffen

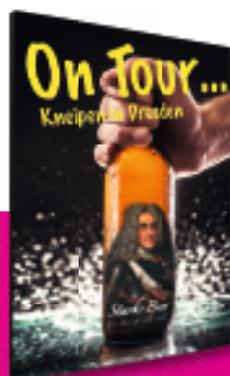
Prof. Dr. Brigitte Voit

### wissenswertes

weingeist&more

#### 50 Die Niederkunft flüchtiger Geister

Prof. Dr. Jürgen Brickman,  
Prof. Dr. Paul G. Layer



Das Titelbild zeigt Dr. Thomas Geelhaar im Museum der Merck KGaA, dem ältesten pharmazeutisch-chemischen Unternehmen der Welt. Das Museum befindet sich auf dem Werksgelände von Merck in Darmstadt und dokumentiert die Unternehmensgeschichte, die mit dem Erwerb der Engel-Apotheke durch Friedrich Jacob Merck 1668 begann.

Bild: Jürgen Brickmann

Wir freuen uns, exklusiv für die Teilnehmer des GDCh-Wissenschaftsforums in Dresden, mit dieser den Tagungsunterlagen beiliegenden Ausgabe einen besonderen Kneipenführer zu überreichen. Viel Spaß beim Erkunden!

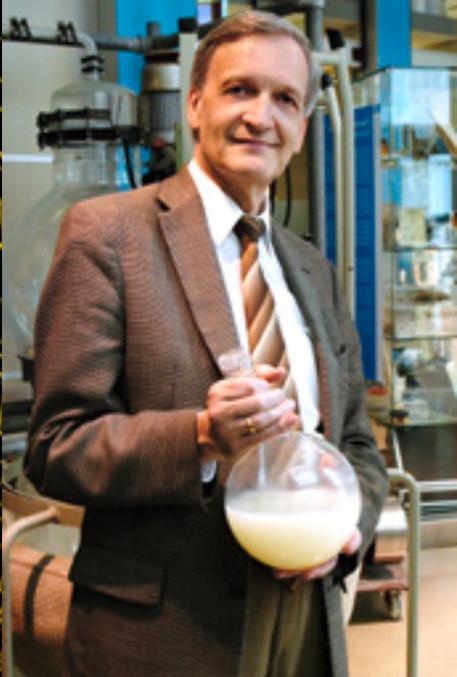
**Dresden!** Forschungslandschaft mit Exzellenzstatus. Dresden darf für sich in Anspruch nehmen Deutschlands Stadt mit der größten Forschungsdichte zu sein. Im Vergleich des vor Ort beschäftigten wissenschaftlichen Personals liegt Dresden an erster Stelle.

# editorial

Wissenschaftsforum Chemie 2015

# Chemie verbindet

So lautet das Motto des GDCh-Wissenschaftsforums Chemie, das vom 30. August bis 2. September in Dresden stattfindet. Dresden gehört mit der Technischen Universität Dresden nicht nur zu den ausgewählten Städten mit einer Exzellenzuniversität, auch alle außeruniversitären Forschungsinstitutionen sind hier mit zwölf Einrichtungen vertreten und oft spielt die Chemie eine zentrale Rolle. Material- und Werkstoffforschung ist ein wichtiger Schwerpunkt und hier wird die oft geforderte Interdisziplinarität gelebt. Dies gilt auch für Life Science mit dem MPI für Molekulare Zellbiologie. Somit wird Dresden mit seinen Forschungsinstitutionen dem Tagungsmotto in besonderer Weise gerecht.



**Thomas Geelhaar**, Jg. 1957, studierte Chemie in Mainz und promovierte dort 1983 in Physikalischer Chemie. 1984 kam er als Laborleiter zu Merck in Darmstadt in die Flüssigkristallforschung. Seitdem hatte er als Forschungsleiter, Vertriebsleiter und Spartenleiter in Japan verschiedene Führungspositionen in der Sparte Flüssigkristalle inne. Er hat den OLED-Einstieg von Merck durch Akquisition von Covion federführend betrieben und war von 2005 bis 2007 für die Merck OLED GmbH bis zur Integration als deren Geschäftsführer verantwortlich. Seit 2007 ist er Sprecher der Chemieforschung und vertrat Merck in forschungspolitischen Gremien des VCI und BDI sowie bei aca-tech. Thomas Geelhaar gehört seit 2008 dem GDCh-Vorstand an und ist für die Amtszeit 2014/2015 Präsident der GDCh.

*Bild: Jürgen Brickmann*

Forschung muss auch Brücken schlagen zur Anwendung, in Dresden sind dafür Novaled und Heliatek vorbildliche Beispiele für den an anderen Orten oft fehlenden Transfer. Seit über zehn Jahren gehören die beiden Chemie/Engineering-Hightech-Start-ups Novaled und Heliatek bei den Zukunftsthemen OLED und organische Photovoltaik zur Weltspitze. Dafür wurde deren Gründer Karl Leo vor vier Jahren mit dem Zukunftspreis des Bundespräsidenten ausgezeichnet. Wir können seinen Plenarvortrag „Organische Halbleiter – Licht aus Kohle“ auf dem Wissenschaftsforum hören.

Chemie verbindet auch die anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen miteinander. Im internationalen UNESCO-Jahr des Lichts dürfen wir den Chemie-Nobelpreisträger des letzten Jahres, Stefan Hell, begrüßen, der als Physiker die Auflösungsgrenze des Lichtmikroskops mithilfe fluoreszierender Moleküle durchbrechen konnte und damit Zellbiologen ein neues Bild molekularer Prozesse in der Zelle ermöglicht. Sein Plenarvortrag ist ein Highlight des Symposiums „Chemie und Licht“.

Mit dem Motto „Chemie verbindet“ assoziieren viele Chemikerinnen und Chemiker natürlich unser Handwerk, Atome zu neuen Molekülen zu verbinden und dadurch neue Materialien mit verbesserten Eigenschaften zu schaffen. Mit dem Symposium „Art of Synthesis“ und dem Deutsch-Japanischen Symposium zur Materialchemie wird dieser Aspekt beleuchtet.

Doch Chemie ist mehr als nur die Kunst der Synthese. Große Durchbrüche in der Chemie wurden erst durch neue analytische und physikalische Methoden ermöglicht – oder durch die grundlegende theoretische Durchdringung ungeklärter Fragestellungen. Das 150-jährige Jubiläum von Kekulé's Benzolformel nehmen wir zum Anlass zu einem weiteren Symposium, bei dem wir die Erfolge der Farbstoffindustrie bis hin zur aktuellen Erforschung von Kohlenstoffnanostrukturen verfolgen können. Eine Exkursion zur weltweit ältesten und umfangreichsten Farbstoffsammlung in der Technischen Universität Dresden rundet diesen Themenschwerpunkt ab.

Der Geschichte der Chemie ist noch ein weiteres Symposium gewidmet, in dem Wissenschaftshistoriker Chemie und Gesellschaft mit dem Ziel zusammenführen wollen, das Verständnis für Chemie durch Wissenschaftsgeschichte zu fördern. In einer öffentlichen Lesung aus dem kürzlich erschienenen Buch „Chemiker im Dritten Reich“ des Wissenschaftshistorikers Helmut Maier zur Geschichte der Vorgängerorganisationen der GDCh wird an die Schicksale der Deportierten, Inhaftierten und Ermordeten durch

den NS-Herrschaftsapparat erinnert. Henning Hopf wird mit dieser Lesung in einer Dresdner Buchhandlung die Öffentlichkeit adressieren. Für seinen langjährigen und besonderen Einsatz wird ihm in Dresden die höchste Auszeichnung der GDCh verliehen, die Ehrenmitgliedschaft.

Dem wichtigen Thema Chemie und Gesellschaft ist auch die diesjährige Podiumsdiskussion auf dem Wissenschaftsforum gewidmet. Unter dem Motto „Wie Chemie und Gesellschaft zusammenkommen: Ziele und Zielgruppen der Wissenschaftskommunikation“ werden Chemiker mit einem Sozialwissenschaftler und einer Vertreterin der Zivilgesellschaft darüber diskutieren, wie der Dialog konkret gestaltet werden kann. Ein erfolgreiches und modernes Format wird mit „Chem Slam – Science Slam zum Thema Chemie“ zum ersten Mal angeboten, in dem Wissenschaftler auf einfache und unterhaltsame Weise Themen aus der Chemie vermitteln.

Das Jungchemikerforum Dresden hat den Mainzer Max-Planck-Physiker Thomas Vilgis eingeladen, um mit Wissens- und Erprobenswertem zur molekularen Küche den Gesellschaftsabend unterhaltsam zu gestalten. Ein anderes Highlight wird ein öffentlicher Abendvortrag des Stuttgarter Max-Planck-Chemikers Arndt Simon sein, der über „Entdecken und Bewahren – Restaurierung historischer Uhren mithilfe der Chemie“ im Deutschen Hygiene Museum sprechen wird. Und mit dem traditionellen Begrüßungsempfang der Eröffnungsveranstaltung wird die BASF in ihrem 150-jährigen Jubiläumsjahr einladen. Auf die Eröffnungsveranstaltung freue ich mich sehr, Highlights werden ein Vortrag des Nobelpreisträgers Barry Sharpless zur „Click Chemistry“ und die Verleihung des Karl-Ziegler-Preises an Helmut Schwarz sein, dem Präsidenten der Alexander-von-Humboldt-Stiftung.

Das Dresdner Programm des Wissenschaftsforums unterstreicht mit dem Motto „Chemie verbindet“ die Rolle der Chemie als zentrale Naturwissenschaft – heute und umso mehr in der Zukunft.

**Ich freue mich sehr darauf,  
Sie in Dresden zu sehen.**

**→ Dr. Thomas Geelhaar  
Präsident der Gesellschaft  
Deutscher Chemiker**

*Quelle: Matthias Keil, Montreal, Jürgen Brickmann*

# Exzellent vernetzt

Dresden lädt ein zum GDCh-Wissenschaftsforum Chemie

**Zum ersten Mal kommt im Jahr 2015 das Wissenschaftsforum Chemie der GDCh nach Sachsen. Die Technische Universität Dresden ist stolz, Gastgeber dieser Tagung zu sein, auf der rund 2.000 Forscher/-innen und Experten/-innen aus Forschung, Entwicklung und Anwendung zum Wissens- und Erfahrungsaustausch zusammenkommen.**

Unter der Leitidee „Die synergetische Universität“ hat es die TU Dresden 2012 geschafft, in den Kreis der Exzellenzuniversitäten Deutschlands aufzusteigen. Der Titel bestätigt das Zusammenwirken in den Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften sowie der Medizin, die unsere Universität ausmachen und deren hervorragende Forschungsleistungen ihren guten Ruf begründen. Die TU Dresden ist mit rund 37.000 Studierenden und 7.900 Mitarbeiter/-innen deutschlandweit eine der großen Volluniversitäten mit einem breiten Fächerangebot aus allen Wissenschaftsdisziplinen und einem sehr starken ingenieur- und mathematisch/naturwissenschaftlichen Schwerpunkt.

Die Chemie spielt dabei seit jeher eine tragende Rolle. 26 Professuren mit rund 280 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zählt die Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie. In ihren Hauptforschungsfeldern Materialchemie, Nanotechnologie, Biochemie und Lebensmittelsicherheit widmen sie sich aktuellen Fragestellungen und zukünftigen Herausforderungen in Gesellschaft und Industrie. Mehr als 1.000 junge Menschen studieren an der TU Dresden in den Bachelor-, Master-, Diplom- und Lehramtsstudiengängen Chemie und Lebensmittelchemie. Dazu kommen noch rund 580 Studierende der Verfahrenstechnik, die in der Fakultät Maschinen-

wesen angesiedelt ist. Sie alle und natürlich auch unsere Wissenschaftler/-innen profitieren von der einzigartigen Vielfalt und Vernetzung, die die Wissenschaftsstadt Dresden auszeichnen.

Den Rahmen bietet der Forschungsverbund DRESDEN-concept, der unter der Führung der TU Dresden 21 wissenschaftliche Institutionen der Stadt miteinander verbindet: Fünf Fraunhofer-Institute, drei Max-Planck-Institute, drei Leibniz-Institute, zwei Helmholtz-Zentren, das Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, die Senckenberg Naturhistorischen Sammlungen, die Hochschule für Technik und Wirtschaft, die Staatlichen Kunstsammlungen, das Deutsche Hygiene-Museum und das Militärgeschichtliche Museum Dresden, das Landesamt für Archäologie Sachsen sowie die Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek sind Partner der Technischen Universität.

So vernetzt DRESDEN-concept vielschichtige Wissenschaftsbereiche untereinander, aber auch mit allen Ebenen der Gesellschaft und Wirtschaft in der Stadt und der Region. Dahinter steht die Idee, über die Grundlagenforschung hinaus marktreife Innovationen auf Basis neuer Forschungsergebnisse zu entwickeln. Die wissenschaftliche Exzellenz und die enge interdisziplinäre Verzahnung machen Dresden zu einem attraktiven Standort für Gründer und Investoren. Ihre reiche und bis heute überall

präsen te Kultur- und Baugeschichte, die idyllische Lage im Elbtal und ein vielseitiges Freizeitangebot sorgen für eine hohe Lebensqualität und ziehen Wissenschaftler/-innen und Studierende aus aller Welt in die sächsische Metropole.

**Seien Sie willkommen und erleben Sie die Wissenschaftsstadt Dresden!**

→ **Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen Rektor der Technischen Universität Dresden**



**Hans Müller-Steinhagen**, Jg. 1954, studierte Maschinenbau an der Universität Karlsruhe, wo er 1984 in Verfahrenstechnik promovierte. 1999 habilitierte er sich zu einem Thema der Angewandten Thermodynamik an der Universität Erlangen-Nürnberg. Nachdem er insgesamt 17 Jahre an ausländischen Universitäten gearbeitet hat, war Müller-Steinhagen von 2000 bis 2010 Direktor des Instituts für Thermodynamik und Wärmetechnik an der Universität Stuttgart und des Instituts für Technische Thermodynamik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Seit August 2010 ist er Rektor der TU Dresden, im Mai dieses Jahres wurde er für eine zweite Amtszeit gewählt. Hans Müller-Steinhagen ist Ehrendoktor der Technischen Universität Brno (Tschechische Republik) und der Dankook-Universität (Südkorea) sowie Vorsitzender der Landesrektorenkonferenz (LRK) Sachsen. 2014 wurde er vom CHE und der Wochenzeitschrift DIE ZEIT zum Hochschulmanager des Jahres gekürt.

*Bild: Frank Johannes*

## Moderne trifft Historie

Ein herzliches Willkommen zum Wissenschaftsforum Chemie 2015 in Dresden!

**„Chemie verbindet“ lautet das vielfältig deut- und nutzbare Motto, das die Gesellschaft Deutscher Chemiker für die Tagung gewählt hat. Das WiFo 2015 ist in der Tat das erste in den neuen Bundesländern, die mit ihren inzwischen 25 Jahren so neu gar nicht mehr sind. Inzwischen hat sich wohl ein jeder tatsächlicher oder gefühlter Abstand zwischen den westlicher und den östlicher gelegenen Teilen unserer Republik, der aus den 40 Jahren innerdeutscher Trennung resultierte, erheblich verringert oder entfiel in der Wahrnehmung vollständig. Gesamtdeutsche Normalität ist eingekehrt.**



→ **Prof. Dr. Michael Ruck**  
**Technische Universität Dresden**  
**und Max-Planck-Institut für**  
**Chemische Physik fester Stoffe**  
**Vorsitzender des lokalen**  
**Organisationskomitees der GDCh**

Fokussieren wir auf die Chemie als über die Zeiten hinweg verbindendes Element, so stoßen wir gerade in Sachsen und Sachsen-Anhalt auf eine reiche Historie. Nicht zuletzt aufgrund der bedeutenden Bodenschätze des vulkanisch entstandenen Erzgebirges nahm die Chemie in Forschung und Produktion früh eine intellektuell führende und wirtschaftlich enorm wichtige Position ein. Sicherlich den meisten bekannt sind die in dieser Region gemachten Entdeckungen der Elemente Germanium (Clemens Winkler, 1886) und Indium (Ferdinand Reich und Theodor Richter, 1863), die „Erfindung“ des Hartporzellans (Johann Friedrich Böttger und Ehrenfried Walther von Tschirnhaus, 1708), die ersten Produktionsstätten für Schwefelsäure in Nordhausen (17. Jhd.) und natürlich die großchemischen Werke, z.B. in Leuna und Bitterfeld.

Wie sieht die Chemie im Osten heute aus? Inzwischen arbeiten in den sechs ostdeutschen Bundesländern wieder über 54.000 Menschen in 360 Chemie- und Pharmabetrieben. Darüber hinaus besteht hohe Nachfrage an Chemikerinnen und Chemikern in zahlreichen Bereichen der Hoch- und Zukunftstechnologien. Hier ist nicht zuletzt die sächsische Mikroelektronik-, Informations- und Kommunikationstechnologie zu nennen, die in Europa führend ist. Es wird über die ganze Breite der Chemie und des Chemieingenieurwesens hinweg ausgebildet, von der Chemikantenausbildung bis hin zu universitären Studiengängen.

Der Tagungsort Dresden ist Ihnen allen ein Begriff als sächsische Landeshauptstadt und europäische Kulturmetropole. Das moderne Dresden ist aber viel mehr: z.B. deutsche „Forschungshauptstadt“ mit 33 Forschern pro 1.000

Beschäftigte (München: 28) und „Geburtenhauptstadt“ mit den meisten Geburten pro Kopf der Bevölkerung. Sage und schreibe 99% der Dresdner sind mit ihrem Leben in Dresden zufrieden, wie das „Urban Audit 2013“ der EU-Kommission und EUROSTAT konstatierte. Warum dem so ist, davon können Sie sich selbst ein Bild machen, wenn Sie, getreu dem Motto „Chemie verbindet“, das Angenehme mit dem Nützlichen verbinden und im Anschluss an das WiFo noch einige Tage in der Stadt Dresden und ihrem vielgestaltigen Umland verbringen.

Zuvor jedoch wird Sie das Wissenschaftsforum Chemie mit einer Fülle von Informationen und Veranstaltungen in seinen Bann ziehen. Lassen Sie sich inspirieren von Vorträgen hochkarätiger Fachleute aus dem In- und Ausland, darunter zwei Nobelpreisträger, diskutieren Sie in den Symposien der Fachgruppen aktuelle Entwicklungen Ihrer Chemie, erfreuen Sie sich am Science Slam und den öffentlichen Abendveranstaltungen, nutzen Sie die Gelegenheit zur Information an den Ständen der Aussteller, schmieden Sie Pläne für die Zukunft beim Networking!

**Kurzum, lassen Sie sich von der Chemie verbinden!**

→ [michael.ruck@tu-dresden.de](mailto:michael.ruck@tu-dresden.de)

*Bild: Jürgen Brickmann*



# Wir lieben Innovation – für ein besseres Leben

Sauberes Wasser, sichere Nahrungsmittel und beste Medikamente –  
die Vision einer besseren Welt inspiriert uns.

Mit mehr als 60.000 Produkten ist Merck erste Wahl  
für Life-Science-Unternehmen weltweit.

Unsere Reagenzien, Labormaterialien, Testsätze und  
Gesamtlösungen machen Forschung, Entwicklung  
und Produktion einfacher, schneller und effizienter.

Wissenschaftler, Labor-Mitarbeiter und Prozess-  
Ingenieure schätzen die Expertise von Merck –  
insbesondere die unserer Sparte Merck Millipore –  
ob in der Proteinforschung, der Zellbiologie oder  
der Herstellung von Biopharmazeutika.

Lassen Sie sich begeistern von unserem umfangreichen Angebot und  
exzellenten Know-how unter: [www.merckmillipore.com/biochemie](http://www.merckmillipore.com/biochemie)

# protein engineering

## Meister der *Minimal Art*

Neue Wege des Proteindesigns nach dem Vorbild viraler Proteine

Prof. Dr. Gerhard Thiel<sup>1</sup> und Prof. Dr. Anna Moroni<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professur für Botanik, Technische Universität Darmstadt

<sup>2</sup> Department of Biosciences,  
Università degli Studi di Milano, Mailand, Italien

**Minimal Art ist eine Bewegung in der modernen Kunst der 60er-Jahre, die versucht hat, mit wenig Material maximale emotionale Eindrücke zu erzielen. Übertragen auf die Biologie sind sicherlich Viren die Meister der Minimal Art; sie haben im Verlauf der Evolution Proteine für ihre Replikation designed, die oft extrem klein sind und dennoch funktionell sehr effizient. Eine Klasse von solchen kleinen viralen Proteinen, deren funktionelle Bedeutung für Viren überhaupt erst in den vergangenen Dekaden entdeckt wurde, sind Ionenkanäle. Diese kleinen Membranproteine bilden tunnelartige Strukturen in Membranen und erlauben damit den raschen Durchtritt von Ionen über Membranbarrieren.**

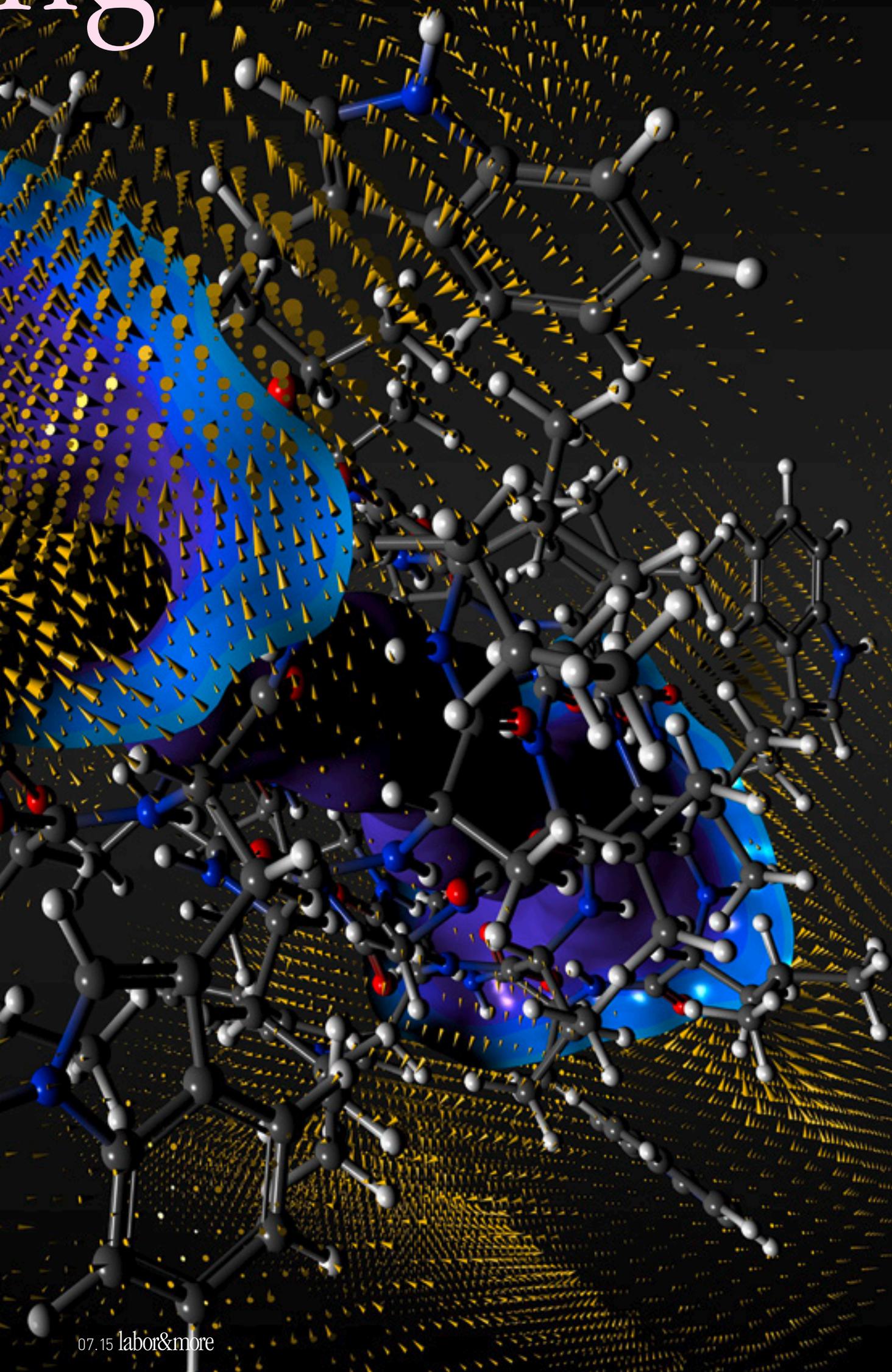
Vertreter von viralen Kanalproteinen findet man bei vielen Viren, die medizinisch hoch relevant sind. Dazu gehören das Influenzavirus A (IVA), das Humane Immundefizienz-Virus (HIV) und das Hepatitisvirus C (HVC). In allen Fällen spielt die Kanalfunktion eine zentrale Rolle bei der Infektion bzw. Replikation dieser Viren. Deshalb werden diese Proteine sehr intensiv untersucht, da sie als ein ideales Target für die Entwicklung von antiviralen Medikamenten angesehen werden.

### **K<sup>+</sup>-Kanäle aus Viren**

Während die meisten viralen Kanalproteine keinerlei strukturelle Ähnlichkeit zu Kanälen aus höheren Organismen wie Pflanzen oder Tieren aufweisen, hat man vor ca. 15 Jahren in Viren,

die einzellige Algen infizieren, Gene gefunden, die für Kanalproteine codieren, die denen aus höheren Organismen sehr ähnlich sind [1]. Ein Strukturvergleich zeigt, dass die viruscodierten Proteine alle essenziellen Eigenschaften von typischen K<sup>+</sup>-Kanälen haben, wie sie auch in Nerven- und Muskelzellen von Menschen aktiv sind. Nach dem Prinzip der Minimal Art, das so perfekt von den Viren realisiert wird, sind die viralen Kanäle jedoch wiederum viel kleiner als ihre Äquivalente in Tieren und Pflanzen. Während die Untereinheit eines K<sup>+</sup>-Kanals in humanen Zellen aus ca. 400 bis 800 Aminosäuren aufgebaut ist, beschränkt sich die Größe der viralen Kanäle auf weniger als 100 Aminosäuren. Ausgiebige funktionelle Analysen haben gezeigt, dass die Proteine trotz der geringen Größe noch Kanalaktivität aufweisen und sogar die wesent-

ng



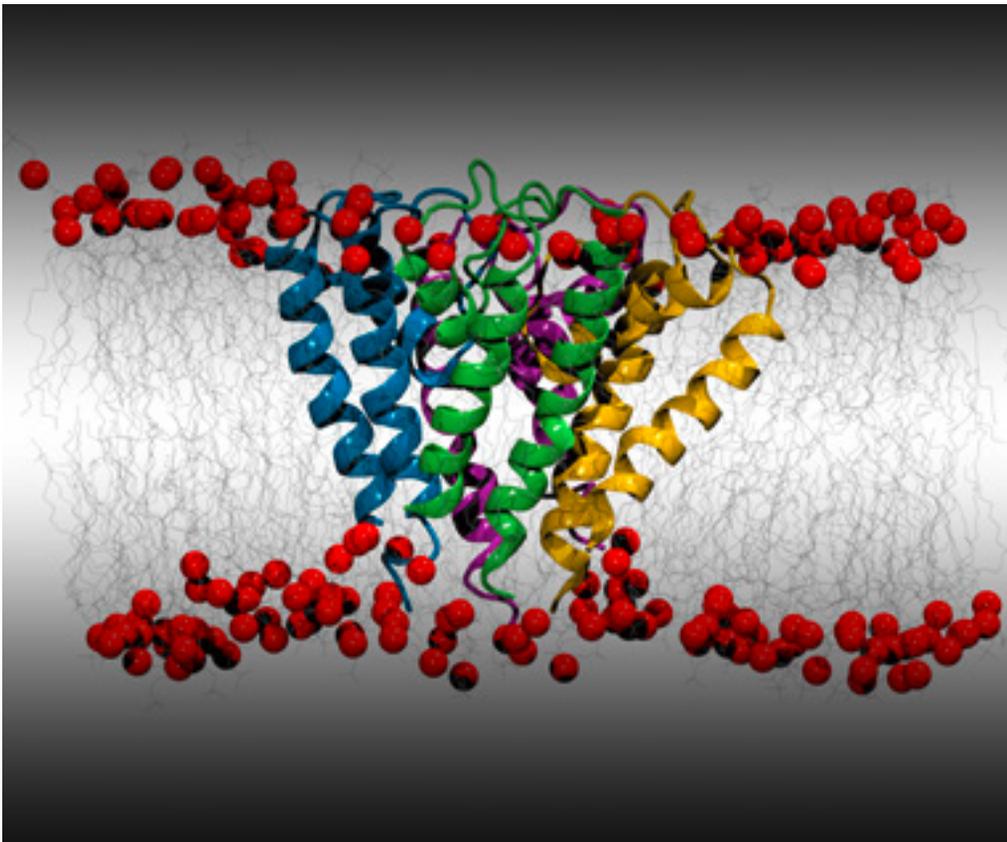
# protein engineering

lichen funktionellen Eigenschaften von komplexen  $K^+$ -Kanälen haben [1]. Dazu gehört eine ausgeprägte Selektivität für den Transport von  $K^+$ -Ionen gegenüber den kleineren  $Na^+$ -Ionen.

Inzwischen wurden nahezu 100 verschiedene  $K^+$ -Kanäle aus Viren isoliert, die sich bezüglich ihrer Struktur und Funktion in interessanten Aspekten unterscheiden [2]. Erwähnenswert hier ist die Tatsache, dass bei der Suche nach neuen

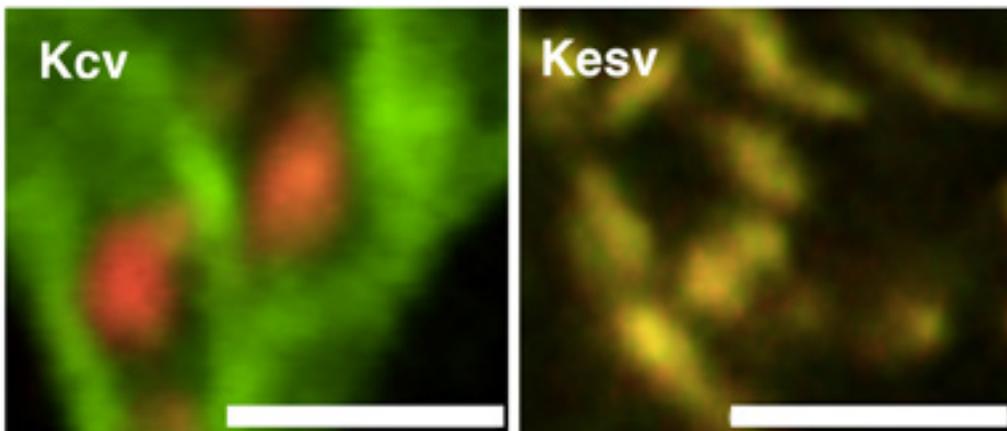
Kanälen auch noch immer kleinere Kanalproteine entdeckt wurden. Während der zuerst entdeckte Kanal Kcv aus dem *Paramecium bursaria chlorella*-Virus 1 mit 94 Aminosäuren schon als extrem klein empfunden wurde, war es inzwischen möglich, noch kleinere Vertreter zu charakterisieren. Abbildung 1 zeigt die Momentaufnahme aus einer molekulardynamischen Simulation eines viralen Kanals aus dem ATCV-

1-Virus [3]. Typisch für  $K^+$ -Kanäle ist, dass der funktionelle Kanal aus einem Tetramer gebildet wird. Während der Kcv-Kanal noch 94 Aminosäuren pro Monomer aufweist, ist der Kanal  $Kcv_{ATCV-1}$  in Abbildung 1 aus nur 82 Aminosäuren gebaut [3]. Während in diesem Fall das Protein schon fast in der Membran versinkt und der Eindruck entsteht, dass mit dieser Größe das Minimum erreicht ist (Abb. 1), wurde kürzlich ein noch kleineres virales Kanalprotein entdeckt [2]. Dieses Protein stammt aus einem Virus, das im Meer sehr kleine Algen aus dem sogenannten Picoplankton infiziert. Mit nur 78 Aminosäuren pro Monomer ist dieser Kanal noch kleiner als der in Abbildung 1 gezeigte, aber trotz der kleinen Dimension immer noch als  $K^+$ -Kanal funktionell [2]. Weitere Untersuchungen über Struktur-/Funktionskorrelate werden zeigen, wie das Prinzip der Minimal Art, in diesem Fall in der Interaktion zwischen Protein und Lipidmembran, realisiert wird und was als minimales molekulares ABC für einen funktionellen  $K^+$ -Kanal notwendig ist.



**Abb. 1** Snapshot aus einer MD-Simulation des  $Kcv_{ATCV-1}$ -Kanals in einer POPC (1-Palmitoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphocholin)-Membran. Die vier Monomere des Kanals sind in unterschiedlichen Farben dargestellt.

Bild: Stefan Kast, Uni Dortmund



**Abb. 2** Expression der beiden viralen  $K^+$ -Kanäle Kcv und Kesv als Chimäre mit dem grün fluoreszierenden Protein (GFP) in HEK293-Zellen. Die Bilder zeigen eine Überlagerung von konfokalen Bildern, in denen zum einen die rote Fluoreszenz von einem Markerprotein, das spezifisch in die Mitochondrien sortiert wird, und zum anderen die grüne Fluoreszenz der Kanalchimäre registriert wird. Im Falle von Kcv sind beide Fluoreszenzsignale deutlich getrennt, während sie sich im Fall von Kesv überlagern und ein gelbes Signal generieren. Maßstab 2  $\mu m$ .

Daten von Dr. Charlotte von Chappuis, TU Darmstadt

## Wo kommen sie denn her?

Sehr interessant im Zusammenhang mit den viralen  $K^+$ -Kanälen und ihrer Ähnlichkeit zu Kanälen aus höheren Organismen ist die Frage nach ihrem Ursprung. Die konventionelle Vorstellung ist, dass Viren als molekulare Piraten Gene von ihren Wirtszellen entwenden und für ihre eigene Zwecke nutzen. Wenn das so ist, dann sollten die Gene der viralen Kanäle eine höhere Ähnlichkeit mit Genen für  $K^+$ -Kanäle aus ihrem Wirt haben als untereinander. Da zwei Wirte von Viren, die  $K^+$ -Kanalgene tragen, inzwischen vollständig sequenziert wurden, konnte diese Hypothese getestet werden. Ein ausgiebiger bioinformatischer Vergleich von Kanalsequenzen aus Viren bzw. aus Wirtszellen zeigt jedoch, dass die viralen Kanäle untereinander eine höhere Ähnlichkeit haben als zu irgendeinem Wirtsgen [4]. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass die Familie der Algenviren, die sich durch ein großes Genom aus doppelsträngiger DNA auszeichnet, in Vorzeiten einen gemeinsamen Wirt hatte, der nicht mehr existiert. Auch eine radikalere Interpretation ist möglich, nach der diese Viren selbst die vierte Domäne des Lebens sind und damit möglicherweise sogar der Ursprung von Genen für  $K^+$ -Kanäle in höheren Organismen [4]. Für die Hypothese, nach der in der Evolution auch ein Gentransfer von Viren zu höheren Organismen stattgefunden haben könnte, gibt es immer mehr unterstützende Befunde.

## Überraschungen bei der Proteinsortierung

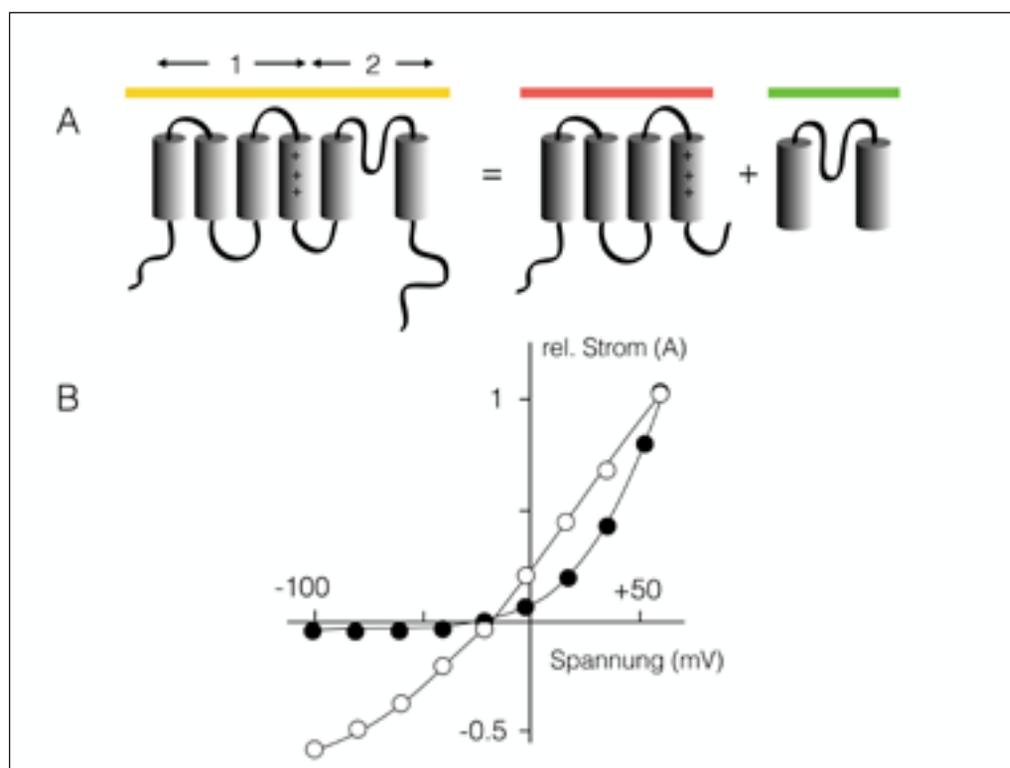
Die experimentellen Arbeiten mit viralen  $K^+$ -Kanälen stecken voller Überraschungen. Nachdem aus Viren, die aus dem Süßwasser gewonnen wurden, schon mehrere  $K^+$ -Kanäle isoliert worden waren, die alle in Zellen funktionell waren, wurde auch ein Gen für einen  $K^+$ -Kanal in einem Virus entdeckt, der eine Braunalge im Meerwasser infiziert [5]. Bei Expressionsstudien zeigte sich, dass obgleich das Kcv-Protein dem Kcv-Kanal sehr ähnlich ist, das erstgenannte Kanalprotein nicht in den sekretorischen Weg und damit nicht zur Plasmamembran, sondern in die Mitochondrien sortiert wird (Abb. 2). In weiteren Arbeiten hat sich gezeigt, dass eine Manipulation von wenigen Aminosäuren am C-terminalen Ende des Proteins ausreicht, um diese Sortierung wieder umzukehren und den Kanal wie alle anderen Kanäle zur Plasmamembran zu schicken [5]. Was erst einmal wie eine Kuriosität aussieht, kann eine große Bedeutung für das Verständnis von zellulären Prozessen haben. In der humanen Zellbiologie ist bekannt, dass mehrere Membranproteine einschließlich  $K^+$ -Kanäle sowohl in der Plasmamembran als auch in den Mitochondrien zu finden sind.

Bisher ist vollkommen unbekannt, wie diese Sortierung von sehr ähnlichen Proteinen an die beiden so unterschiedlichen Zielorte funktioniert. Die einfach gebauten viralen Kanäle und die Identifizierung eines Sortierungsmotivs im C-Terminus könnten ein Schlüssel sein, um dieses bisher ungeklärte Prinzip der dualen Sortierung von Proteinen molekular zu verstehen. An der Stelle sollte erwähnt werden, dass viele Dinge, die wir in zellbiologischen oder molekularbiologischen Lehrbüchern finden, in der Tat erst bei Viren entdeckt wurden. Viren müssen für ihre eigene Replikation Prozesse benutzen, die ihnen von ihren Wirtszellen zur Verfügung gestellt werden. Nachdem man entdeckt hatte, wie Viren in Zellen eindringen oder wie Viren ihre Membran mit der Membran in den Wirtszellen fusionieren, fand man heraus, dass auch die Wirtszellen selbst ähnliche Proteine oder Prozesse nutzen, um die gleichen Vorgänge zu bewerkstelligen.

### Ideale Basis für synthetische Kanäle

Nachdem Biologen in den vergangenen Dekaden Struktur- und Funktionsbeziehungen von einzelnen Proteinen oder Proteindomänen sehr

gut verstanden haben, kam die Idee auf, in einer Art ingenieurwissenschaftlichen Herangehensweise Proteine mit neuen Eigenschaften im Labor zu kreieren. Dabei werden wie beim Bauen mit Legosteinen einzelne Proteinkomponenten verschiedener Herkunft über gentechnische Verfahren miteinander verknüpft. Idealerweise sollte das Produkt eines solchen Proteinengineerings die funktionellen Eigenschaften von beiden Proteinkomponenten miteinander verbinden. Inspiriert von dieser Idee wurde in verschiedenen Ansätzen versucht, synthetische Ionenkanäle im Labor herzustellen. Die meisten dieser Ansätze, bei denen als Baustein eine Kanalpore aus höheren Organismen genommen wurde, erwiesen sich als wenig erfolgreich. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich, dass die Kanalproteine aus höheren Organismen so sehr spezialisiert sind, dass sie keine Verbindung mit anderen Proteinen tolerieren. Das ist ganz anders bei den kleinen viralen  $K^+$ -Kanälen. Die sehr schlichte Architektur dieser Proteine und die Tatsache, dass sie keine Koevolution in Zellen oder mit anderen Proteinkomponenten durchlaufen haben, machen sie zu idealen Bausteinen für die Konstruktion von synthetischen Kanälen. Ein erfolgreiches Beispiel für einen solchen synthetischen Kanal ist der Nachbau eines spannungsabhängigen  $K^+$ -Kanals (= Kv-Kanal) [6]. Für diese besonders wichtige Klasse von  $K^+$ -Kanälen ist bekannt, dass sie im Wesentlichen aus zwei funktionellen Komponenten aufgebaut sind (Abb. 3). Eine funktionelle Komponente ist die Kanalpore, die aus den letzten zwei Transmembrandomänen und dem dazwischen gespannten Loop besteht. Die zweite funktionelle Domäne, die Sensordomäne, wird von den ersten vier Transmembrandomänen gebildet. Wichtig hierbei ist die vierte Transmembrandomäne, die sehr viele positiv geladene Aminosäuren trägt und mit dieser Ladung das elektrische Potenzial über die Membran wahrnimmt. Sehr aktuell für das Verständnis der Funktion dieser wichtigen Proteine, die unter anderem für die Repolarisation von Aktionspotenzialen in Nerven und Muskeln verantwortlich sind, ist die Frage nach der mechanischen Kopplung zwischen der Sensor- und der Porendomäne. Um diese Frage experimentell zu beantworten, wurde mehrfach versucht, synthetische Kanäle zu bauen, die aus definierten Elementen, nämlich einer unabhängigen Pore und einer Sensordomäne, aufgebaut sind. Ein solches einfaches System sollte zeigen, wie eine Bewegung der Sensordomäne im elektrischen Feld der Membran die Schalteigenschaften der Kanalpore beeinflusst. Ein solcher synthetischer Kv-Kanal konnte nun in der Tat im Labor gebaut



**Abb. 3** (A) Schematische Struktur von spannungsabhängigen Kanälen, wie sie in Nerven und Muskeln funktionieren mit einer Porendomäne [Bereich 2] und einer Sensordomäne [Bereich 1]. Durch die Fusion von zwei unabhängigen Domänen, der Sensordomäne aus einer Phosphatase (rot) und dem viralen Kcv (grün) entsteht ein Kanal der die Summe der Einzelkomponenten (gelb) widerspiegelt. (B) Durch Kopplung mit der Sensordomäne wird der Kcv-Kanal, der alleine wie ein ohmscher Widerstand funktioniert (offene Symbole), zu einer Diode, die bevorzugt Auswärtsstrom leitet (geschlossene Symbole).

Daten von Dr. Cristina Arrigoni, Universität Mailand

# protein engineering



**Gerhard Thiel**, Jg. 1957, studierte an der Universität Bremen und an der UC Davis (USA) Biologie. 1989 promovierte er in Bremen über ein Thema zum Membrantransport in Pflanzen. Nach einer Postdoczeit in Cambridge (UK) und Göttingen habilitierte er 1995 im Fach Botanik. Seit 2000 ist er Professor an der TU Darmstadt und leitet die Arbeitsgruppe Membranbiophysik.

*Bild: Jürgen Brickmann*



**Anna Moroni**, Jg. 1960, studierte Agrarwissenschaften an der Universität Mailand (Italien) und promovierte 1992 nach einem Zwischenaufenthalt an der University of Toronto (Kanada) und an der Columbia University in New York (USA) wiederum in Mailand im Fach Biologie. In der Promotion beschäftigte sie sich mit Fragen des Membrantransports in Pflanzen. Ihre Postdoczeit verbrachte sie im Department of Physiology an der Universität Mailand wo sie an dem Schrittmacherkanal im Sinusknoten des Herzens arbeitete. Im Jahr 1999 erhielt sie ihre erste unabhängige Position als Reseacher an der Universität Mailand. Seit 2003 leitet sie zuerst als Associate Professor und ab 2008 als Full Professor eine Arbeitsgruppe, die sich mit der Biophysik von Ionenkanälen beschäftigt.

bioRxiv

[www.biofroxx.com](http://www.biofroxx.com)

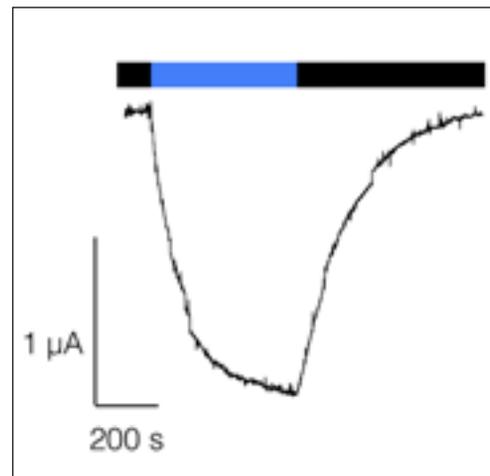
werden, indem der virale Kcv-Kanal, der nicht mehr ist als die Pore eines komplexen  $K^+$ -Kanals, mit einer Sensordomäne für Membranspannung verbunden wurde [5]. Interessanterweise stammt die Sensordomäne nicht von einem Kanal, sondern von einer Phosphatase aus der Schlauchseescheide (*Ciona intestinalis*), einem sessilen Manteltier, das man im Mittelmeer findet. In der Phosphatase sorgt die Sensordomäne für eine Spannungsabhängigkeit des Enzyms. Durch die Verbindung der zwei Proteindomänen aus fremden Organismen war es möglich, den viralen  $K^+$ -Kanal Kcv spannungsempfindlich zu machen. Das synthetische Protein vereint die funktionellen Eigenschaften der Kanalpore mit der Spannungsempfindlichkeit der Sensordomäne [6]. Aus dem ohmschen Widerstand der Kanalpore wird eine Diode, die bevorzugt Auswärtsstrom leitet (Abb. 3). Durch Variieren der einzelnen Bauteile in dem synthetischen Kanal kann man nun systematisch untersuchen, wie die Sensoreigenschaften auf die Kanalpore übertragen werden. Hier zeichnet sich jetzt schon eine zentrale Rolle für die Länge der Verbindung zwischen den Bauteilen, dem sogenannten Linker, ab [6].

Die viralen Kanäle eignen sich jedoch nicht nur zum Nachbauen; sie können auch für den Bau von Kanälen mit ganz neuen funktionellen Eigenschaften wie z.B. einer Schaltung durch Licht verwendet werden. Ein viel beachteter Ansatz in der aktuellen Forschung ist die sogenannte Optogenetik. Hier werden lichtempfindliche Proteine benutzt, um in Zellen in einer nicht invasiven Art und Weise physiologische Prozesse zu steuern. Da in diesem Feld ein

Bedarf für einen lichtschtbaren  $K^+$ -Kanal besteht und die Natur selbst keine solchen Proteine bereitstellt, wurde ein synthetischer Kanal mit diesen Eigenschaften im Labor hergestellt [7]. Dazu wurde der schon mehrfach genannte kleine virale  $K^+$ -Kanal mit einer kleinen Proteindomäne aus dem Blaublichtrezeptor von Hafer gekoppelt. Nach vielen Optimierungsschritten zeigte der Kanal, der für sich genommen keine Abhängigkeit gegenüber Licht aufweist, eine Sensitivität gegenüber einem Licht/Dunkel-Wechsel. Während der Kanal im Dunkeln nur wenig aktiv ist, kann er durch Blaublicht angeschaltet werden (Abb. 4). Damit verbindet der synthetische Kanal wiederum die individuellen Eigenschaften der einzelnen Proteinkomponenten. Der Blaublichtrezeptor aus der Pflanze sensiert spektralspezifisch Licht und überträgt eine daraus folgende Konformationsänderung auf die Kanalpore [7].

### Resümee

Der kurze Überblick sollte zeigen, wie interessant virale Proteine sind. Viren stehen unter einem großen Mutationsdruck und gleichzeitig müssen sie die Gene für essenzielle Proteine möglichst klein halten, damit das virale Genom in das begrenzte Volumen der Viruskapside passt. Diese Faktoren zusammen generieren eine nahezu unbegrenzte große Bibliothek an funktionellen Proteinvarianten, aus der man sehr viel über Struktur- und Funktionsbeziehungen in Proteinen lernen kann und die gleichzeitig wegen ihrer einfachen Struktur große Vorteile für ein Proteinengineering bieten.



**Abb. 4** Blaublichtinduzierter Strom in einer *Xenopus* Oozyte, die einen synthetischen Kanal, bestehend aus dem viralen Kanal Kcv und Teilen eines Blaublichtrezeptors aus Hafer, exprimieren. Bei einer negativen Haltespannung erzeugt blaues Licht ( $455\text{ nm}$ , ca.  $30\mu\text{Wmm}^{-2}$ ) einen Einstrom von  $K^+$  in die Zelle; der Prozess ist reversibel im Dunkeln.

Daten von Sabrina Gazzarrini, Universität Mailand

→ [thiel@bio.tu-darmstadt.de](mailto:thiel@bio.tu-darmstadt.de)  
→ [anna.moroni@unimi.it](mailto:anna.moroni@unimi.it)

#### Literatur

- [1] Plugge, B. et al. (2000) *Science* 287, 1641–1644
- [2] Stolto, F. et al. (2014) *Virology* 467, 103–111
- [3] Braun, C.J. et al. (2014) *Biochim. Biophys. Acta* 1838, 1096–1103
- [4] Hamacher, K. et al. (2012) *PLoSOne* 7, e38826
- [5] Bals, J. et al. (2008) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 12313–12318
- [6] Arrigoni, C. et al. (2013) *J. Gen. Physiol.* 141, 389–3895
- [7] Cosentino, C. et al. (2015) *Science* 348, 707–710

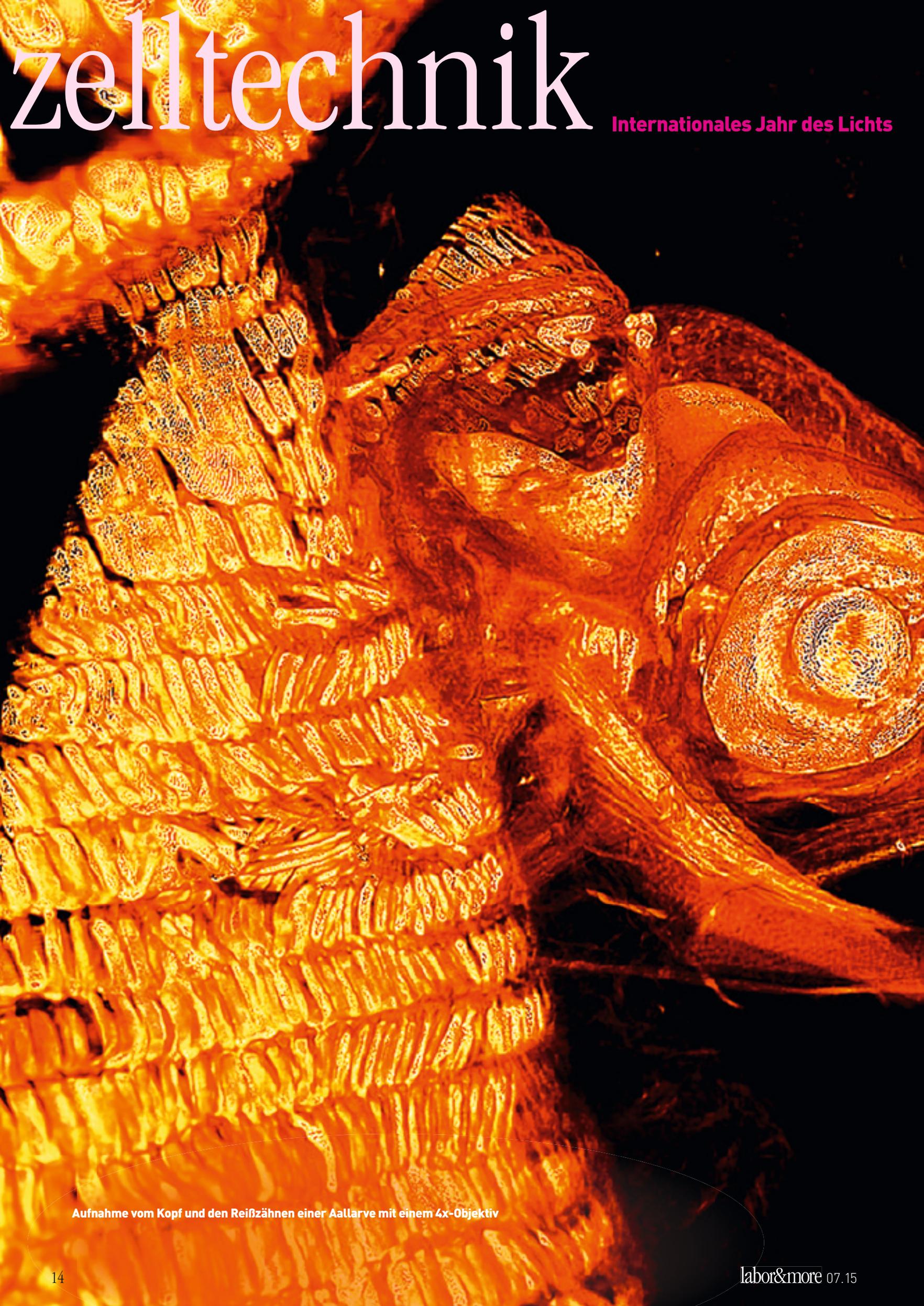
Quelle: Matthias Keil, Montreal; Aufmacherbild: Jürgen Bricmann

...mehr als 20.000 Artikel ab  
sofort im WebShop verfügbar...

**BIOFROXX**  
Solutions for Science

# zelltechnik

Internationales Jahr des Lichts



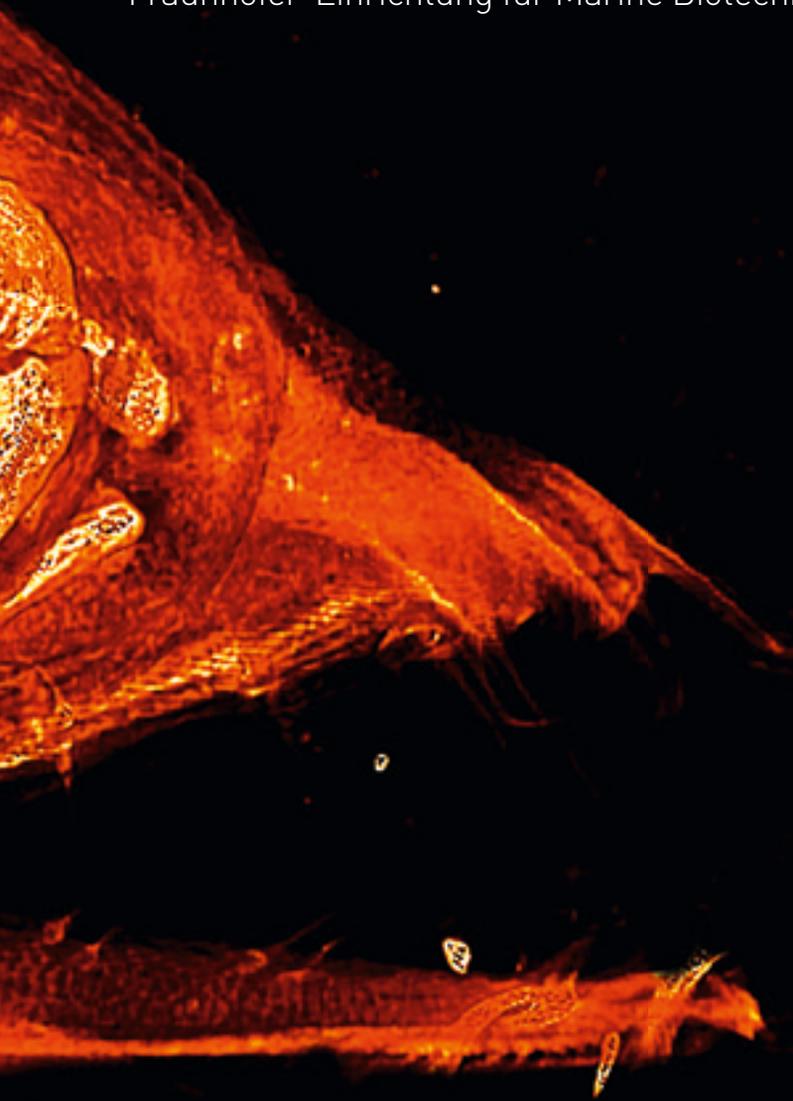
Aufnahme vom Kopf und den Reißzähnen einer Aallarve mit einem 4x-Objektiv

# Die gläserne Zelle

Röntgenmikroskopie zur Untersuchung von Zellkulturen, Organismen und Geweben

Miriam Voigt, Charlotte Walter und Dr. Daniel H. Rapoport

Fraunhofer-Einrichtung für Marine Biotechnologie EMB, Lübeck



**Seit der Renaissance der Stammzellforschung und dem Aufkommen des Tissue Engineering nimmt das Interesse an dreidimensionalen Zellkulturen stetig zu. Die meisten Arbeiten dieser Art bemühen sich, die native Umgebung der Zellen im Organismus nachzubilden. An der Lübecker Fraunhofer EMB soll die 3D-Zellkultur in Hydrogelen jedoch ganz generisch als Plattformtechnologie für die effiziente Zellvermehrung entwickelt werden. Eines der Hauptprobleme aller 3D-Zellkulturen ist die Beobachtung der Zellen. Eine Lösung bietet die Röntgenmikroskopie. Diese Methode, die in der Halbleitertechnik Routine ist, fristet in den Lebenswissenschaften bislang ein wenig beachtetes Dasein. Zu Unrecht. Denn mittels Röntgenmikroskopie lassen sich zelluläre Auflösungen erzielen und die dreidimensionale Anordnung von Zellen in Geweben und Zellaggregaten aufklären.**

## Durchblicken

Das erste richtige Buch, das wir in der Schule lasen, hieß „Das gläserne Rätsel“. Es war die Geschichte Wilhelm Conrad Röntgens und seiner Entdeckung der „X-Strahlen“. Röntgen, der Experimentalphysiker war, hat in Zeiten, in der die gestrenge Trennung der Disziplinen als Tugend galt, bereits in seiner ersten Veröffentlichung (1895) auf die Verwendbarkeit seiner X-Strahlen für die medizinische Diagnostik verwiesen. Anfangs waren es hauptsächlich Knochen und Fremdkörper, die mit den X-Strahlen sichtbar gemacht werden konnten. Weiche Gewebe und Organe blieben zunächst unsichtbar.

Dies liegt am Kontrastmechanismus, mit dem Röntgenbilder entstehen. Es handelt sich in der Regel um den einfachsten Kontrast überhaupt, den Amplitudenkontrast. Röntgenstrahlen werden in verschiedenen Materialien unterschiedlich absorbiert. Wo viele Röntgenstrahlen „stecken bleiben“ (z. B. im Knochen), bleibt es dunkel, während Bereiche, die relativ ungehindert durchdrungen werden, heller abgebildet werden.

## Mikroskopie und Hochauflösung

Röntgenstrahlen, so wunderbar sie sich zum Durchleuchten vieler Materialien eignen, haben gerade deswegen auch ein gravierendes technisches Manko: Ein Röntgenmikroskop ist nicht ohne Weiteres konstruierbar. Das liegt daran, dass der Brechungsindex fast aller Materialien für Röntgenstrahlen praktisch eins ist; deswegen gibt es bis heute so gut wie keine Röntgenoptik. Röntgenapparate arbeiten deswegen in der Regel linsenlos, ohne optische Elemente. Die Auflösung dieser Anordnungen hängt von der Auflösung des Detektors und einem geometrischen Faktor ab. Im Grunde funktioniert ein Röntgengerät wie ein Diaprojektor. Man durchleuchtet das Objekt und wirft sein Amplitudenbild auf einen Schirm bzw. Detektor.

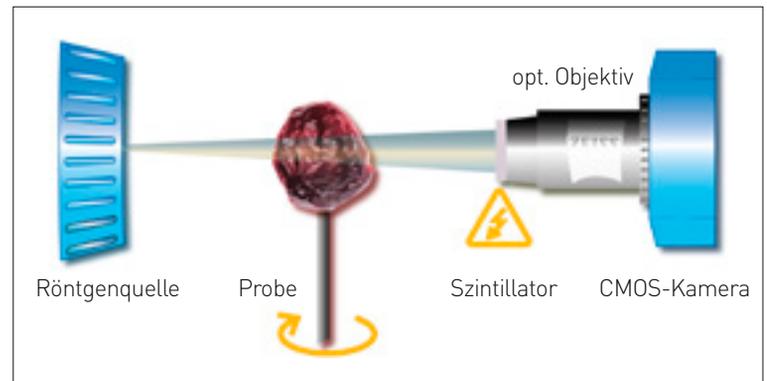
Will man ohne Röntgenoptik zu höheren Auflösungen, muss man sich eines Tricks bedienen. Dieser Trick besteht in der Verwendung eines Szintillators. Der absorbiert die Röntgenquanten unter Aussendung von Lichtblitzen. Ein Szintillator „übersetzt“ ein Röntgen-Amplitudenbild in ein Amplitudenbild im sichtbaren Spektralbereich. Dieses Szintillationsbild kann mit einem herkömmlichen Objektiv vergrößert und auf eine Kamera projiziert werden.

## 2D zu 3D: eine Aallarve

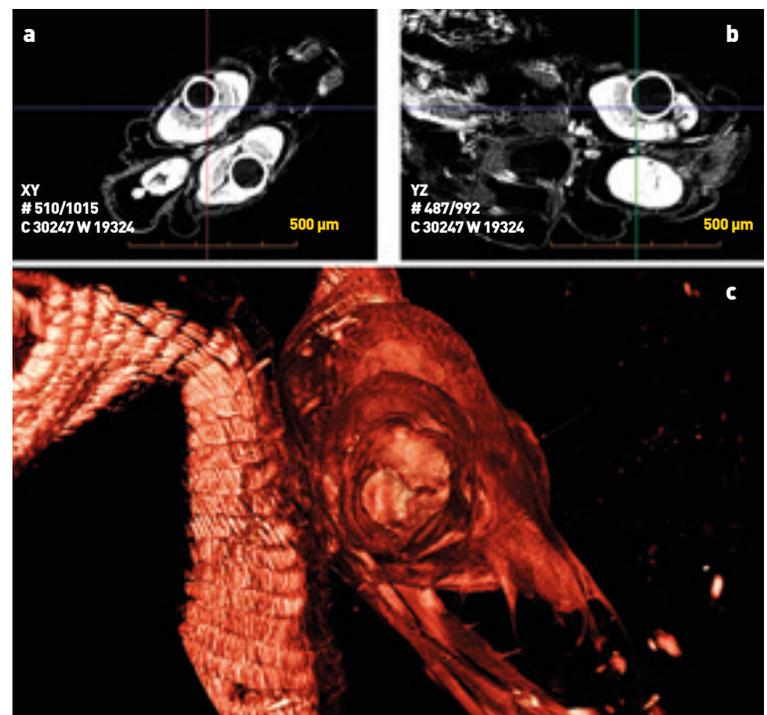
Aus Abbildung 1 geht hervor, dass im Röntgenmikroskop zunächst nur zweidimensionale (2D) Projektionen entstehen. Probendetails, die im Strahlengang hintereinanderliegen, lassen sich auf diese Weise nicht voneinander unterscheiden. Um die vollständige „vorn-hinten“-Information zu erhalten, wird die Probe im Strahlengang gedreht. Bei dieser Tomographie werden einige hundert bis tausend Projektionen aufgenommen. Danach können die Daten durch Rückprojektion in das ursprüngliche Probenvolumen zu einem volumetrischen (XYZ)-Datensatz rekonstruiert werden.

Die Leistungsfähigkeit dieser Methode soll an der Larve eines Aals demonstriert werden (ca. 1,0 x 0,3 cm). Sie wurde in 100% Ethanol fixiert und mit Phosphorwolframsäure angefärbt. Diese Färbung ist nicht nur einfach und ungiftig, sondern liefert auch exzellenten Kontrast und eine scharfe Differenzierung von unterschiedlichem Gewebe [Metscher et al., 2009]. Nach der Färbung muss die Probe so fixiert werden, dass sie sich über mehrere Stunden für die Aufnahme der Projektionen nicht bewegt. Dazu können die Proben entweder in Hydrogelen eingebettet oder in konischen Gefäßen festgeklemmt werden.

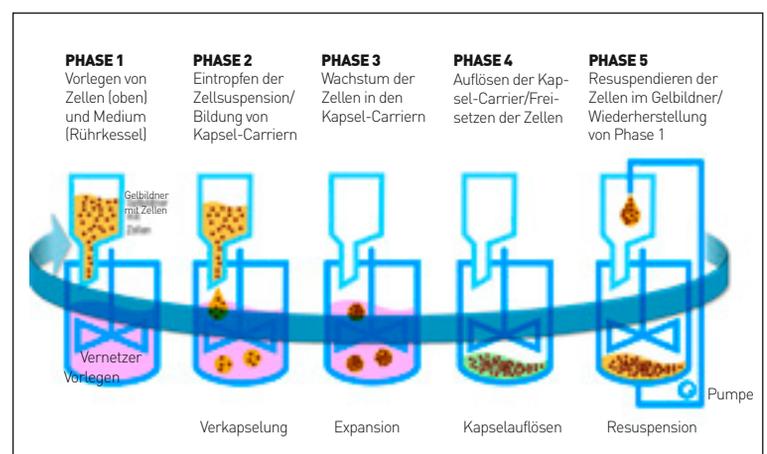
Die Aallarve wurde mit einem 4x-Objektiv aufgenommen. Von besonderem Interesse war der Kopf, um die Reißzähne in diesem Larvenstadi-



**Abb. 1** Schematischer Aufbau eines Röntgenmikroskops. Es gibt zwei Vergrößerungen, eine geometrische (Dia-Projektor-Prinzip) und eine optische (Objektiv). Am Szintillator wird das Röntgenbild in den sichtbaren Spektralbereich „übersetzt“.



**Abb. 2** Kopf einer Aallarve. Mit einer Auflösung von 1,6 µm pro Voxel lassen sich Zähne, Glaskörper der Augen, verschiedene Kammern des Gehirns, der Schlund, das Herz und die Muskulatur der Larve deutlich abbilden.



**Abb. 3** Kreislaufprozess für einen kapselbasierten Bioreaktor. Dargestellt sind die einzelnen Phasen von der Verkapselung und Kultivierung bis zur Wiederbereitstellung der Zellen. Vorteile dieses voll automatisierbaren Kultivierungsprozesses sind sowohl die einfache Inokulation und Zellernte als auch der mechanische Schutz der Zellen in der Kapsel-Mikro-Umgebung.

### Orientierung geben.

Die ganze Wertschöpfungskette der Biotechnologie auf einen Blick.

### Kontakte knüpfen.

Mit internationalen Networking- und Partnering-Angeboten.

### Up to date bleiben.

Mit den aktuellen Themen Bioeconomy, Personalized Medicine Technologies und BioIT.

**6.–8. Oktober 2015**  
**Hannover • Germany**

[biotechnica.de](http://biotechnica.de)



Ein Ticket. Zwei Messen.  
Mit Ihrem BIOTECHNICA  
Ticket können Sie gleichzeitig  
die LABVOLUTION besuchen.

um deutlich abzubilden. Je höher die Auflösung, desto länger dauern die Aufnahmen; die hier erzielte Auflösung von 1,6 µm erfordert ca. 8 h Aufnahmezeit. Maximal kann das Xradia 510 Versa ca. 800 nm auflösen; solche hochauflösenden Aufnahmen dauern bis zu 72 h.

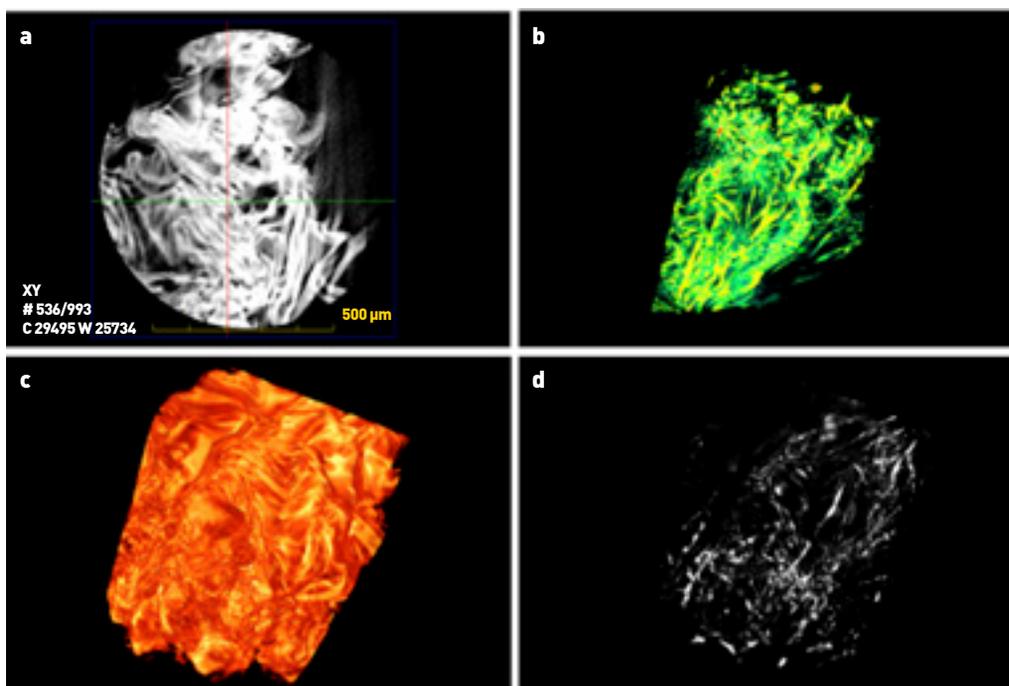
## Von Zellen in Gelen

Für die Abbildung kleiner Organismen wird die Röntgenmikroskopie zwar nicht so häufig genutzt wie Licht-, Fluoreszenz- und Elektronenmikroskopie, aber vereinzelt wurden solche Arbeiten bereits publiziert. Im Folgenden aber wollen wir Neuland mit dem Röntgenmikroskop betreten. Uns interessieren Zellen, die in Hydrogelen wachsen. Von dieser „kapselbasierten Zellkultur“ erhoffen wir uns entscheidende Verbesserungen bei der Vermehrung adhärent wachsender Zellen.

Die großtechnische und effiziente Herstellung adhärent wachsender Zellen ist nach wie vor eine ungeklärte technische Fragestellung. An Anwendungen hingegen fehlt es nicht: Sowohl in der personalisierten Medizin als auch in der therapeutischen Antikörperherstellung gibt es großen Bedarf. Derzeit erfolgt die Kultivierung adhärent wachsender Zellen auf Carriern oder in Hohlfasersystemen. Die Vermehrung kann nur in bestimmten Dichtebereichen stattfinden (500–50.000 Zellen/cm<sup>2</sup>) und ist deshalb auf

den Faktor 10<sup>2</sup>–10<sup>3</sup> beschränkt. Für großtechnische Anwendungen wären Vermehrungsfaktoren >10<sup>6</sup> erstrebenswert. An der Fraunhofer EMB in Lübeck wurde ein zyklisch arbeitendes Reaktorprinzip entwickelt und bereits zum Patent angemeldet. Abbildung 3 stellt das Prinzip schematisch dar. Der Prozess beginnt mit dem Bereitstellen der Zellen als Suspension in einem Gelbildner. Die Zellsuspension wird tropfenweise in das Kulturmedium gegeben, das einen Vernetzer enthält und zur Kapselbildung führt. Die entstandenen Zellkapseln werden kultiviert (Expansion ca. um eine Größenordnung). Das Freisetzen der Zellen erfolgt durch Zugabe eines gelaufösenden Agens. Zu guter Letzt werden die Zellen wieder im Gelbildner resuspendiert und für die erste Phase bereitgestellt.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Carrier-Verfahren kann der Reaktor auch bei sehr kleinen Startzellzahlen bereits in seiner Endgröße betrieben werden. Weil die Zellen mehrheitlich im Innern der Kapseln wachsen, wird das Reaktorvolumen bei hoher Volumenbelegung wesentlich effizienter genutzt. Der Schutz vor Scher- und Prallkräften ermöglicht höhere Stoffströme und dadurch höhere Besiedlungsdichten. Die herkömmlichen Schritte der Inokulation/Zellernte entfallen und werden durch die Prozesse des Verkapselns bzw. Kapselauflösens ersetzt. Schließlich wachsen die Zellen in einer dreidimensionalen Umgebung, was sowohl für die



**Abb. 4** Röntgenmikroskopische Aufnahmen von Zellen in einer dextranbasierten Kapsel. In 4a) ist die 2D-Projektion der xy-Ebene innerhalb des Hydrogels zu sehen. Zur verbesserten Darstellung wurden die rekonstruierten Aufnahmen digital eingefärbt (4b, c). Nach Erhöhung der virtuellen Transparenz aus Bild c) sind in d) zellähnliche Strukturen zu erkennen. Die Auflösung der Bilder beträgt 850 nm und wurde mit einem 4x-Objektiv erzielt.



# zelltechnik

Internationales Jahr des Lichts



**Daniel H. Rapoport**, Jg. 1971, studierte Chemie an der TU Berlin. Er promovierte am Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik über Rastersondenmikroskopie mit Hochfrequenzsignalen. Seit 2008 ist er Arbeitsgruppenleiter der Arbeitsgruppe Zelltechnologie an der Fraunhofer EMB.



**Miriam Voigt**, Jg. 1985, studierte von 2005 bis 2010 an der Fachhochschule in Lübeck Chemieingenieurwesen. Anschließend wurde sie an der Fraunhofer EMB als Ingenieurin eingestellt und ist für die Entwicklung neuer Technologien und Geräte im Bereich Zellkultur tätig.



**Charlotte Walter**, Jg. 1986, studierte von 2006 bis 2011 an der Universität Hamburg Chemie. Ihre Masterarbeit schrieb sie in Biochemie und Molekularbiologie. Seit Anfang 2012 arbeitet sie als Doktorandin an der Fraunhofer EMB.

verbesserte Funktionalität als auch für den Erhalt der Identität der Zellen in Kultur wichtig ist. Bei allen genannten Vorteilen der kapselbasierten Zellkultur gibt es auch einen Nachteil: Die Zellen lassen sich schlecht im Inneren der Kapseln mikroskopieren. Die herkömmliche Analyse durch Dünnschnitte mit anschließender Färbung ist aufwendig und die fragilen Schnitte gelingen nicht immer. Hier spielt die Röntgenmikroskopie ihre entscheidenden Stärken aus. Obwohl es wegen des zunächst schlechten Kontrastes ungewöhnlich ist, diese Technik an Hydrogelen anzuwenden, können mit geeigneten Kontrastmitteln sehr einfache Abbildungen des dreidimensionalen Wachstums der Zellen im Innern der Kapseln erzeugt werden. Die röntgenmikro-

skopische Analyse des Zellwachstums erfolgte beispielhaft an einem modifizierten dextranbasierten Hydrogel. In Abbildung 4 sind erste Aufnahmen dieses Gels mit Zellen zu sehen.

Die Röntgenmikroskopie ermöglicht also, bei Verwendung passender Färbemethoden in Organismen und Geweben durchsichtig zu belassen, was wir nicht sehen wollen und selektiv zu beleuchten, was uns interessiert. Von Goethe ist überliefert, dass er meinte, die Klarheit eines Glases Wasser könne am besten bewiesen werden, indem man es hinhält. Durch das Röntgenmikroskop werden die Organismen zum Wasserglas. Hingucken und verstehen müssen wir selbst.

→ [daniel.rapoport@emb.fraunhofer.de](mailto:daniel.rapoport@emb.fraunhofer.de)



**Tierfreunde können hier alles lernen, wenn Hund, Katze, Pferd und andere den Doktor brauchen.**

THE MAIN EVENT OF LABORATORY INDUSTRY OF UKRAINE

**LAB VIII INTERNATIONAL EXHIBITION**  
**CompLEX LABComplex**

ANALYTICS LABORATORY BIOTECHNOLOGY HI-TECH

**20-22 october 2015**

KYIV EXPO PLAZA Ufi Ukraine Kyiv

Supported by:

The Verkhovna Rada Committee of Ukraine on Healthcare Ministries and institutions Field-oriented associations and unions

Organizers:



General partner:



Partners:



To participate in the exhibitions:  
For participation in scientific-practical and business programs:

+380 (44) 206-10-15 @ expo@labcomplex.com

+380 (44) 206-10-99 @ marketing@labcomplex.com

[www.labcomplex.com](http://www.labcomplex.com)

INTERNATIONAL PARTICIPATION AND ATTENDANCE

FULL RANGE OF EQUIPMENT, LABORATORY FURNITURE, EXPANDABLE MATERIALS, INTEGRATED SOLUTIONS AND SERVICES FOR EQUIPING AND MODERNIZATION OF LABORATORIES

INDUSTRY, BIOTECHNOLOGY, MEDICINE, SCIENCE

NEW TRADEMARKS, WORLD BRANDS, INNOVATIONS AND TECHNOLOGIES

COMPLEX OF ACTUAL SCIENTIFIC-PRACTICAL EVENTS FOR SPECIALISTS OF LABORATORY MARKET

UKRAINIAN LABORATORY SCHOOL

LABDemo-Tours – SPECIALIZED TECHNICAL EXCURSIONS

BusinessPoint PROGRAMS, BuyersProgram

LABInnovations – ZONE OF OPEN PRESENTATIONS

## Know-how für zellbasierte Technologien



Röntgenmikroskopie in den Life Sciences

Prof. Dr. Charli Kruse

Fraunhofer-Einrichtung für  
Marine Biotechnologie EMB, Lübeck

Die Lübecker Fraunhofer-Einrichtung für Marine Biotechnologie beschäftigt sich, seit sie 2008 entstanden ist, mit der Entwicklung von Technologien rund um das Thema Zelle. Das umfasst sowohl die Anwendung von Zellen als Therapeutikum und in der Diagnostik als auch Geräteentwicklungen, um Zellen effizient zu vermehren, zu manipulieren, zu transportieren und zu charakterisieren. Ich darf sagen, dass wir in einigen dieser Geschäftsfelder mittlerweile eine internationale Spitzenposition innehaben. Die Einblicke, die wir in die Physiologie von Zellen gewinnen konnten, sind deswegen so einmalig, weil wir es gelernt haben, Zellen von allen Vertebratengruppen – vom Fisch bis zum Menschen – zu kultivieren, zu vermehren und zu manipulieren und das von unterschiedlichsten Organen. Neben der Kultivierung und Behandlung von Zellen ist die Etablierung organotypischer Systeme eine Herausforderung, der sich die EMB seit ihrer Gründung gestellt hat. Inzwischen haben wir auch hierfür verschiedene stabile Systeme etabliert, die wir regelmäßig auf unserer Homepage vorstellen. Für diese Modelle werden aber künftig neue Auswerteverfahren benötigt, die wir teilweise im Haus entwickeln. Mit dem Institutsneubau, den wir in diesem Jahr beziehen konnten, ergab sich die Möglichkeit, auch Teile unseres hierfür benötigten Equipments auf High-end-Niveau zu bringen. In dem Zusammenhang haben wir uns entschlossen, das in vorangegangenem Beitrag vorgestellte Röntgenmikroskop anzuschaffen. Von dieser Investition erhoffen wir uns nicht nur selbst neue

**Charli Kruse**, Jg. 1960, studierte Marine Ökologie an der Universität Rostock. Er promovierte dort im Bereich Zoologie/Tierphysiologie. Nach verschiedenen Forschungsaufenthalten habilitierte er an der Universität zu Lübeck im Fach „Molekulare Biologie“ und erwarb in diesem Fach auch seine Venia legendi. Im Jahr 2004 übernahm er die Leitung seiner ersten Fraunhofer-Arbeitsgruppe, erhielt 2007 eine außerplanmäßige Professur, wurde 2013 geschäftsführender Direktor der Fraunhofer-Einrichtung für Marine Biotechnologie, die aus der Fraunhofer-Arbeitsgruppe hervorgegangen ist. Im Jahr 2011 nahm er den Ruf auf den Lehrstuhl für medizinische und marine Biotechnologie an der Universität zu Lübeck an.

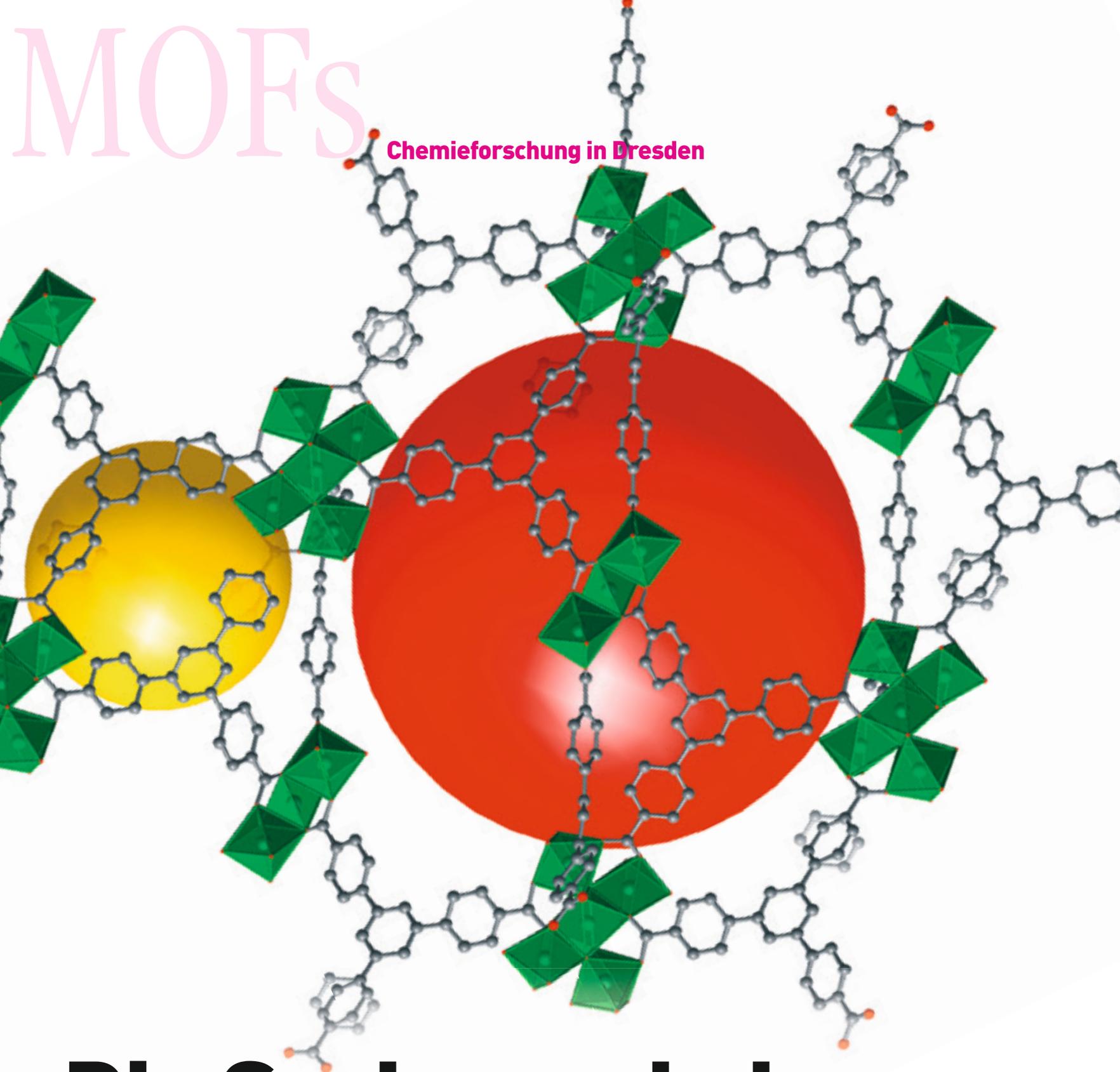
Einsichten in die dreidimensionale Anordnung von Zellen, sondern auch neue Kunden zu gewinnen, die von ähnlichen Fragestellungen bewegt werden.

Wir glauben, mit dem Röntgenmikroskop in den Lebenswissenschaften ein einmaliges Know-how anzubieten, das dringend benötigte Innovationen im Bereich zellbasierter Technologien beschleunigen kann.

→ [charli.kruse@emb.fraunhofer.de](mailto:charli.kruse@emb.fraunhofer.de)

# MOFs

Chemieforschung in Dresden

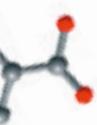


# Die Suche nach der unendlichen Leere

Metallorganische Gerüstverbindungen – Rekordhalter der Porosität

Prof. Dr. Stefan Kaskel

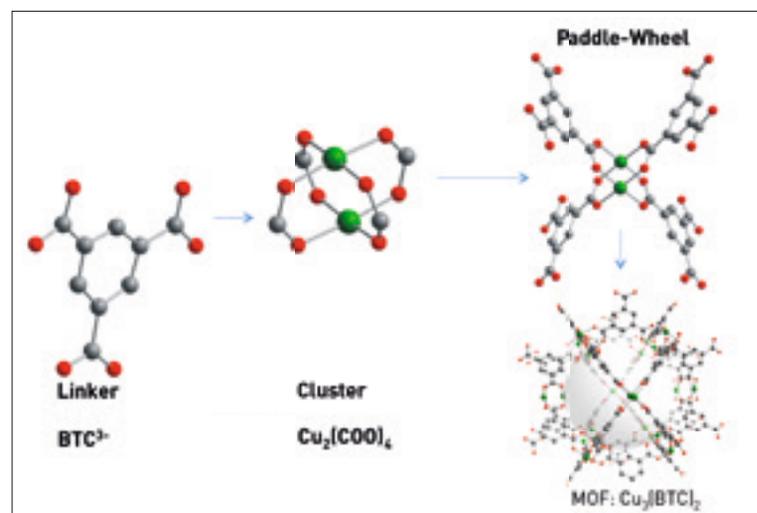
Institut für Anorganische Chemie, Technische Universität Dresden



**Metallorganische Gerüstverbindungen haben in den letzten Jahren Rekordwerte in Bezug auf die spezifische Oberfläche erreicht. Über 7.000 m<sup>2</sup>/g sind erreichbar! Ihr modularer Aufbau und die große Zahl an Funktionalitäten, die ins Gitter eingebaut werden können, lassen sie für vielfältige Anwendungen interessant und vielversprechend erscheinen.**

### Metallorganische Gerüstverbindungen – der Lego-Baukasten für Anorganiker

Bestehend einfach ist der Aufbau der metallorganischen Gerüstverbindungen (MOFs). Man nimmt einfach eine Di- oder Tricarbonsäure, z. B. Terephthalsäure, und setzt mit Übergangsmetallsalzen um, z.B. Zink- oder Kupfernitrat. In Lösung bilden sich dann die anorganischen Cluster, z.B. Zn<sub>4</sub>O-Cluster oder Cu<sub>2</sub>(OOC-)<sub>4</sub>-Schaufelräder (Abb. 1) [1–3], die als Knotenpunkte fungieren und die Carbonsäuremoleküle an die Ecken von sehr symmetrischen Polyedern (Oktaeder, Quadrate) positionieren. Durch den bi- oder trifunktionellen Aufbau der Carbonsäuren (Linker-Moleküle) können nun die Cluster in drei Dimensionen unendlich vernetzt werden. Dieses Strukturprinzip, federführend von Omar Yaghi, Susumu Kitagawa sowie Gérard Férey entdeckt, hat zu einer Vielzahl neuer Verbindungen geführt, die extrem hohe Porositäten, maßgeschneiderte Porengrößen sowie funktionelle Gruppen auf der inneren Oberfläche aufweisen, welche für unterschiedliche Anwendungen genutzt werden können [4]. So sind heute über 10.000 metallorganische Gerüstverbindungen bekannt. Rekorde liegen bei ca. 7.000 m<sup>2</sup>/g innere Oberfläche (BET) – damit übersteigen die Werte deutlich die von klassischen Adsorbentien (Aktivkohlen und Zeolithen) realisierten spezifischen Oberflächen.



**Abb. 1** Modularer Aufbau von MOFs am Beispiel von Cu<sub>3</sub>(BTC)<sub>2</sub>

# Analytische HPLC-Trennung

Spitzenqualität für absolute Zuverlässigkeit

Sie suchen nach geeigneter Qualitätskontrolle in der Produktion von Arznei, Chemikalien oder Lebensmitteln und Getränken?

Wir bieten Ihnen unser umfassendes Portfolio bester Lösungen für die analytische HPLC-Trennung plus engagierte anwendungstechnische Beratung – damit Sie Ihre analytischen Aufgaben sorgfältig erledigen können.



[www.merckmillipore.com/analytical-hplc](http://www.merckmillipore.com/analytical-hplc)



Merck Millipore ist ein Unternehmensbereich von 

Merck Millipore und das M-Logo sind eingetragene Marken der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland. © 2015 Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland. Alle Rechte vorbehalten.

# MOFs

## Chemieforschung in Dresden

Die ersten Materialien wurden Ende der 1990er-Jahre synthetisiert. Heute kann man sagen: Die Zahl der metallorganischen Gerüstverbindungen ist nahezu explodiert. So kristallisieren sich nach ca. 15 Jahren akademischer Forschung nun die ersten potenziellen Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen heraus: Energiespeicherung, Gastrennverfahren, Katalyse etc. Ebenso haben sich bereits erste kleine Firmen gegründet, welche metallorganische Gerüstverbindungen für Forschungszwecke oder auch als Muster für die Industrie anbieten.

### Anwendungsfeld Energiespeicherung

Schon früh wurden MOFs als Energiespeicher für Gase wie z.B. Wasserstoff und Methan postuliert [5]. Wasserstoff jedoch kann nur bei niedrigen Temperaturen gespeichert werden (77K). Daher gelten Wasserstoffspeicher, basierend auf MOFs, als Langfristforschungsthema. Im Gegensatz dazu kann Methan (Erdgas) bei Raumtemperatur und Drücken zwischen 30 und 100 bar [6–10] gespeichert werden. Hierbei ergeben sich deutliche Vorteile in Bezug auf die Kapazität. So können bis zu dreifach größere Mengen Methan in einem MOF-basierten Speicher im Vergleich zu einer leeren Druckgasflasche (Abb. 2) adsorbiert werden. DUT-49 gehört dabei zurzeit weltweit zu den Rekordhaltern in Bezug auf die gravimetrische Methanspeicherkapazität (Abb. 3) [7]. Trotzdem gibt es noch eine Reihe von Herausforderungen, bevor derartige MOF-Speicher in den Markt kommen können. So entstehen beim Tanken große Wärmemengen (Adsorptionenthalpie), die abgeführt werden müssen. Hierzu sind geeignete Wärme-Management-Konzepte zu entwickeln. Zudem sind Massmärkte schwierige Einstiegsmärkte für neue Materialien aufgrund des hohen Preisdrucks. Federführend wird die Kommerzialisierung derzeit bei BASF vorangetrieben, wo man bereits Modellfahrzeuge mit derartigen Erdgas speichern, basierend auf MOF, entwickelt hat. Besonders attraktiv sind dabei Märkte, die eine Verteilerstruktur im mittleren Druckbereich (60 bar) avisiert. In Nordamerika sind zudem Erdgas getriebene Fahrzeuge auf dem Vormarsch, da die Schiefergasförderung zu niedrigen Gaspreisen geführt hat.

Die große freiwerdende Wärme bei Adsorptionsprozessen kann jedoch auch zur Latentwärmespeicherung genutzt werden. Derartige Systeme werden bspw. in Klimaanlage und Wärmepumpen eingesetzt (Abb. 4) [11–13]. Hier werden typischerweise Zeolithe und SiO<sub>2</sub>-Materialien eingesetzt. MOFs eignen sich jedoch auch hervorragend aufgrund ihrer hohen Was-

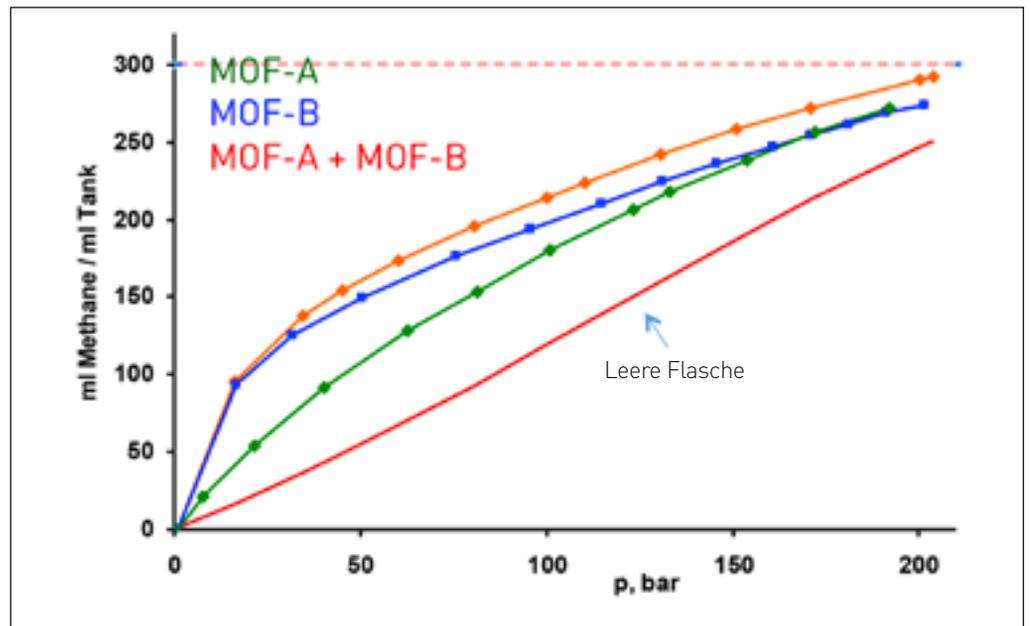


Abb. 2 Methanentladungskurven von MOF-gefüllten Tankflaschen (bei 20°C)

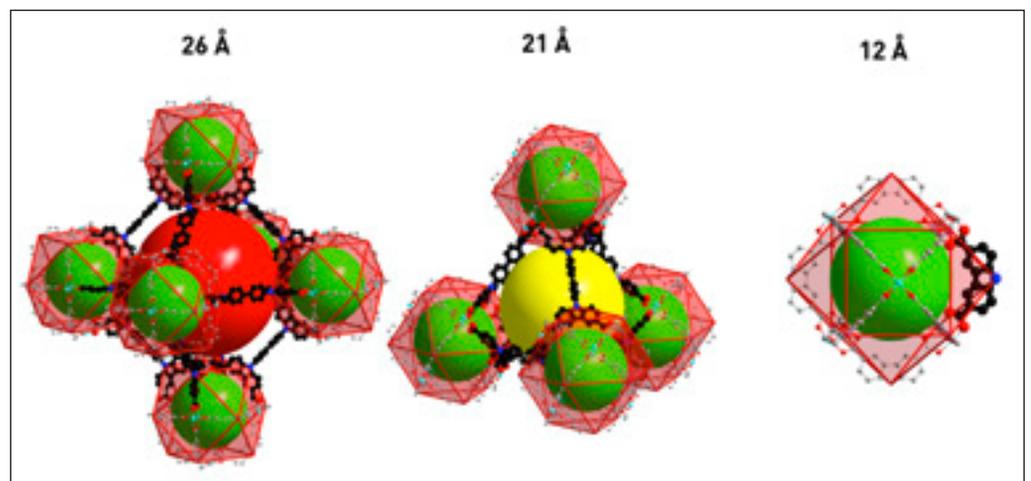


Abb. 3 Multimodale Porenstruktur in DUT-49 (DUT = Dresden University of Technology) mit Angabe der Porengröße



Abb. 4 Mit MOF beschichteter Wärmetauscher  
Bild: DECHEMA Roadmap MOF

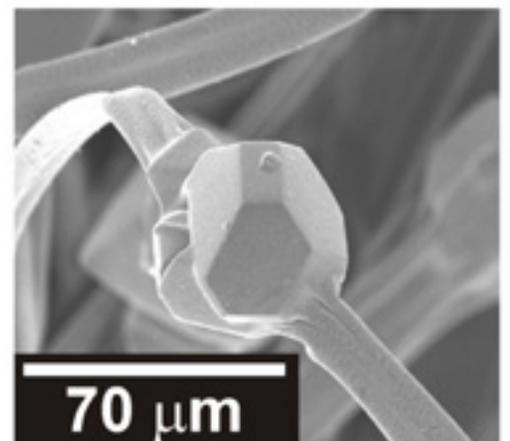


Abb. 5 Integration von MOFs in Fasern durch Elektrospinnen

seraufnahmekapazität. Zudem kann der Partialdruck (relative Luftfeuchte), bei der das MOF das Wasser aufnimmt bzw. abgibt, durch Einstellung von Porengrößen und die Integration von hydrophoben Gruppen auf der inneren Oberfläche variabel eingestellt werden. Auf diese Weise kann der Energiebedarf stark optimiert werden.

### Gase reinigen und trennen

Eine Stärke der MOFs ist die modulare Einstellung von Porengrößen und funktionellen Gruppen. Auf diese Art und Weise können aus Gasgemischen sehr selektiv bestimmte Moleküle entfernt werden [14]. Ein gutes Beispiel ist die Entfernung von schwefelhaltigen Komponenten (z.B. Thiophen) aus Kraftstoffen oder Schwefelwasserstoff aus Luft [15, 16]. Derartige Trennverfahren sind für die Reinigung von Kraftstoffen, die Reinigung von Atemluft, aber auch für industrielle Verfahren von Bedeutung. So könnte man sich vorstellen, mittels MOF-Materialien auch anspruchsvollere industrielle Trennverfahren wie z.B. die Propan/Propen-Trennung zu bewerkstelligen, die industriell destillativ extrem energieaufwendig ist. Erste Arbeiten zeigen, dass bestimmte Materialien aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Aufnahme von Propen und Propan prinzipiell geeignet sind, derartige Trennungen zu bewerkstelligen [17–19].

MOFs können zudem in Gasfiltern für die Reinigung von toxischen Gasen eingesetzt werden. Hierzu werden MOFs in Textilien integriert, z.B. durch Elektrosinnen (Abb. 5).

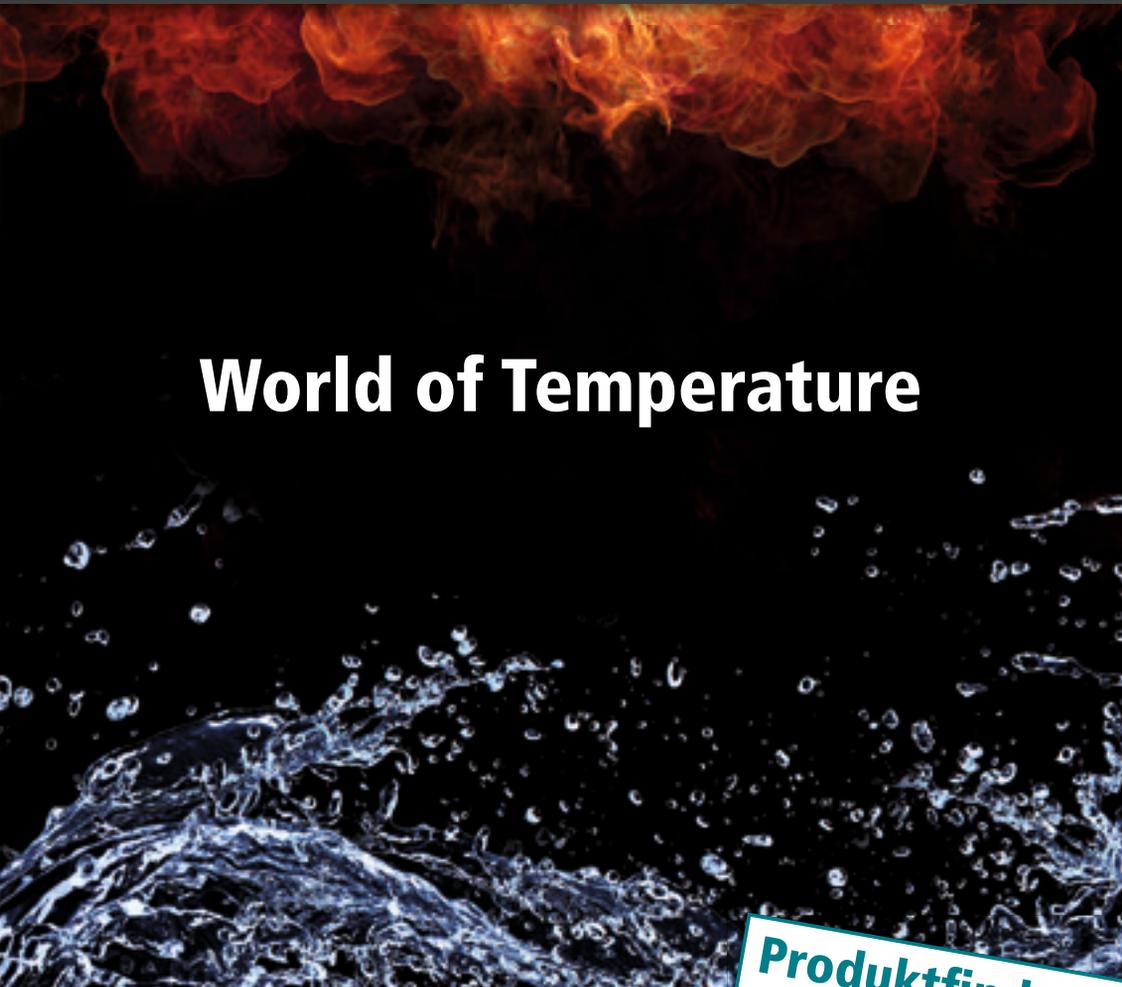
### MOF-Sensoren und Katalyse

Durch definierte Eigenschaftsänderungen wie z.B. der Farbe bei der Aufnahme von Molekülen, aber auch die Gewichtsänderung eignen sich MOFs sehr gut für die Integration in Sensoren [20, 21]. Sie können so für die Überwachung von Raumluft dienen oder auch die Langzeit-Feuchtemonitorierung innerhalb von industriellen Umgebungen unterstützen. Schon früh wurden von Forschungsgruppen MOFs als Katalysatoren eingesetzt. Die Möglichkeit, unterschiedliche Metalle in den Größenstrukturen zu verankern, führt zu zahlreichen potenziellen Anwendungen im Bereich der Katalyse. So wurden heute bereits rhodiumhaltige MOFs publiziert [22], die für Hydrierungen geeignet sind. Ebenso existieren palladiumhaltige MOFs. Trotz dieser naheliegenden Anwendungen ist zu sagen, dass das Verständnis der katalytischen Aktivität noch in den Kinderschuhen steckt. Ein wirkliches Ver-

ständnis der Aktivität und damit auch der gezielten Nutzung katalytisch aktiver Zentren in MOFs ist nur erreichbar, wenn man die Defektchemie dieser Materialien verstehen und nutzen kann. So ist davon auszugehen, dass in MOFs zahlreiche Defekte durch fehlende Metallzentren vorliegen, aber auch Metallzentren, die Abweichungen von der idealen Geometrie aufweisen, gebildet werden können. Problematisch ist auch, dass Metalle, welche katalytisch aktiv sind, häufig ihre Koordinationssphäre im Laufe

eines Katalysezyklus ändern. Sind sie Teil eines rigiden Netzwerks, so ist dies nicht möglich. Wenn sie andererseits ihre Koordination ändern, bricht das Netzwerk zusammen. Auch dieses inhärente Problem zeigt, dass katalytisch aktive Zentren nur als defekte Fehlstellen oder Fremdatome eingebaut werden können. Ein alternatives Konzept nutzt die funktionellen Gruppen von Linkern zur Koordination weiterer Metalle. Auf diese Weise wurden z.B. hochselektive und

SUPERIOR TEMPERATURE TECHNOLOGY FOR A BETTER LIFE



# World of Temperature

**Produktfinder**  
[www.julabo.com](http://www.julabo.com)

### Hochpräzise Temperieren ist unser Meisterwerk

JULABO Temperierlösungen sind weltweit in den Labors im Einsatz. Sie sind hochpräzise, genau und leistungsstark. JULABO Geräte temperieren von -95 °C bis +400 °C in Wissenschaft, Forschung und Industrie.

**Julabo**  
 THE TEMPERATURE CONTROL COMPANY



# MOFs

## Chemieforschung in Dresden



Abb. 6 Aufskalierung von MOF-Produkten in Dresden bis in den 10 kg-Maßstab

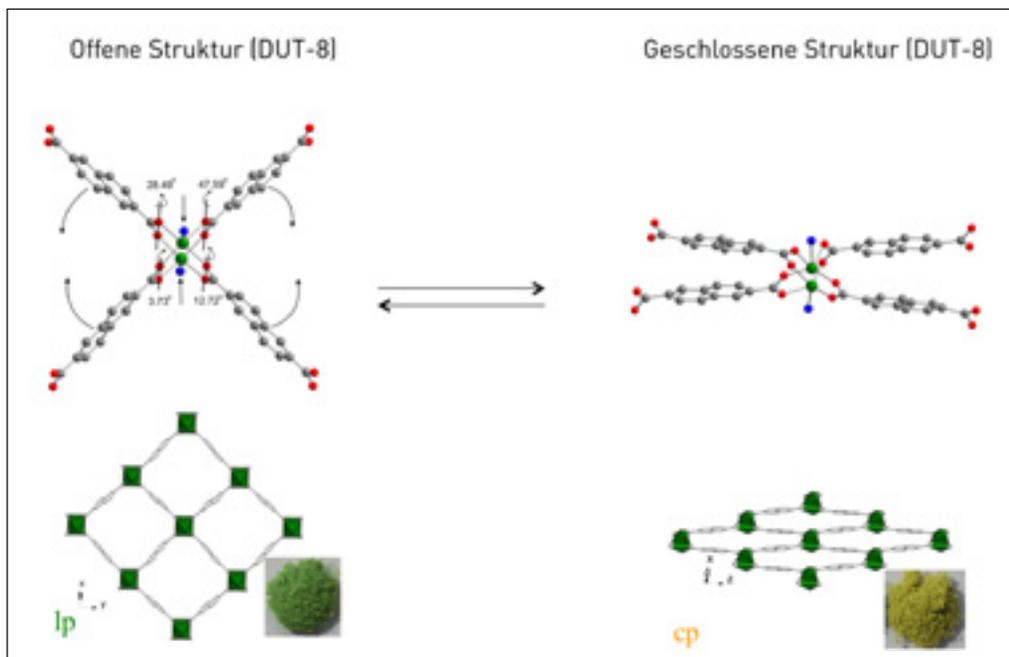


Abb. 7 Schaltbare MOFs können reversibel ihre Struktur von einem geschlossenen zu einem offenen Zustand ändern.

auch sehr aktive enantioselektive Katalysatoren generiert [23].

Die Aufskalierung von MOFs ist heute als beherrschbar anzusehen. Anfang des Jahrtausends wurden MOFs in Milligrammengen in Form von Einkristallen synthetisiert (Abb. 6). Mittlerweile kann man viele MOFs im 10-kg-Maßstab synthetisieren und auch die Formgebung wurde bereits entwickelt (Kugeln, Monolithe etc.) [24]. Zwar sind die Preise aufgrund der geringen produzierten Mengen noch relativ

hoch, es ist aber abzusehen, dass der Preis unter 100 EUR/kg gesenkt werden kann, wenn die Synthesen in größeren Maßstäben durchgeführt werden.

### MOF-Schalter

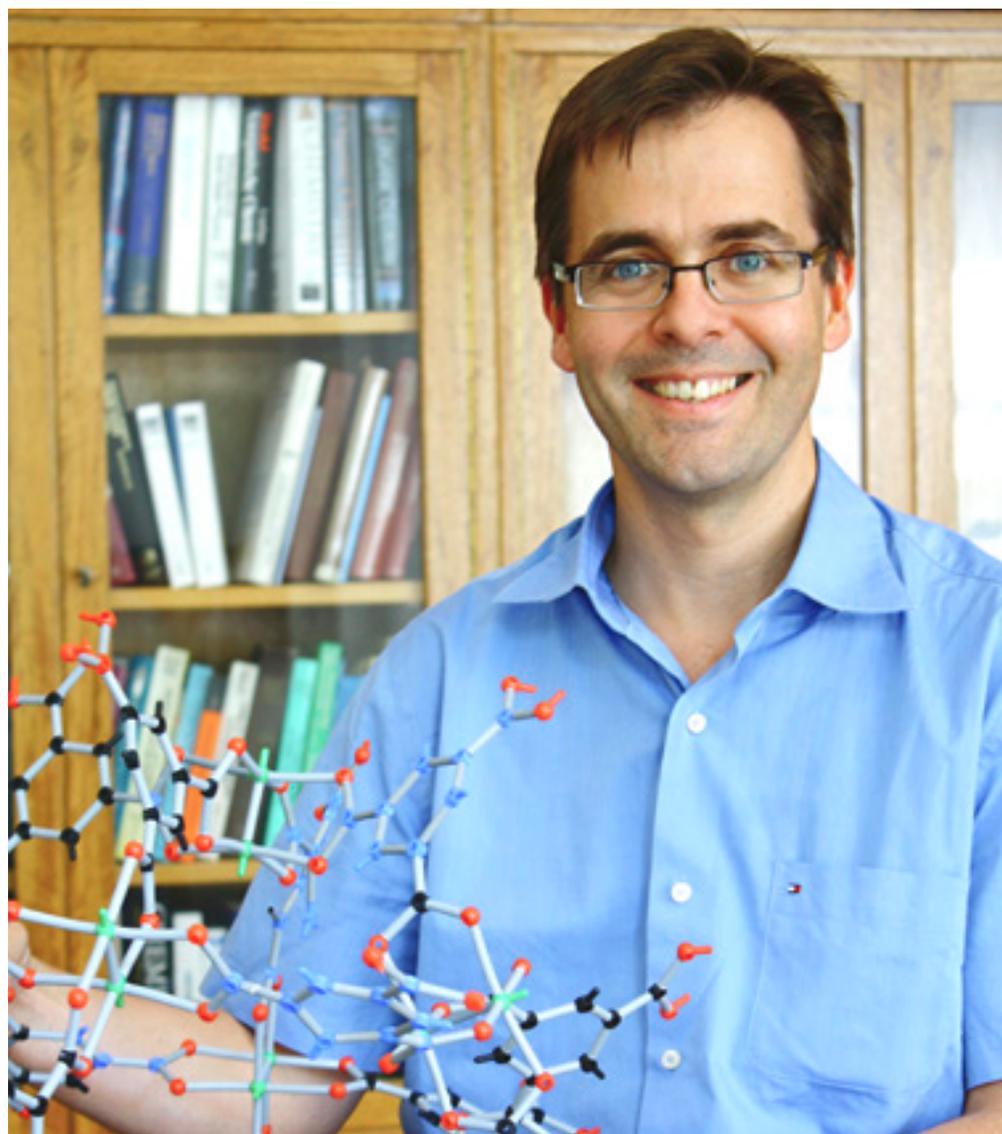
Die faszinierendste Eigenschaft von MOFs ist jedoch, dass sie ihre Porosität auch schalten können [25]. So existieren eine Reihe von Materialien, die in Abhängigkeit vom jeweiligen

Druck ihre Poren entweder auf- oder zumachen. Sie werden auch als atmende MOFs bezeichnet. Dabei schalten alle Elementarzellen in einem MOF gleichzeitig von einer porösen offenen Struktur in eine geschlossene Struktur bzw. umgekehrt (Abb. 7). Durch Schalten gelangt man so von einem Material, das unporös ist, zu einem Material mit einer spezifischen Oberfläche von bis zu mehreren  $1.000\text{m}^2/\text{g}$  des Materials. Getriggert werden diese Schaltvorgänge durch kleine Moleküle bei einem ganz bestimmten Partialdruck. Dieses druckinduzierte Schaltverhalten ist einzigartig und wird auch als „gating“ oder „atmen“ der MOFs bezeichnet [25, 26].

### Ausblick

Die Welt der MOFs entwickelt sich geradezu exponentiell. Während in den ersten Jahren die MOF-Synthese und grundlegende Eigenschaften im Fokus standen, geht der Trend heute stärker in Richtung Systemintegration und Produktentwicklung. Aktuelle Trends zielen auf die Integration in elektronische Systeme ab [27, 28]. Zu dieser Thematik wurde 2015 ein neues DFG-Schwerpunktprogramm bewilligt. Hierzu wird es nötig sein, auch Bandstrukturen, Ladungstransportmechanismen und magnetische Eigenschaften intensiver zu beleuchten. Der modulare Aufbau hat aber auch Organiker und Polymerchemiker inspiriert, nach Wegen zu suchen, metallfreie dreidimensionale Netzwerke nach dem Lego-Prinzip aufzubauen. Die Suche nach neuen porösen Materialien und ihren Eigenschaften scheint keine Grenzen zu kennen. Es gibt noch viel Neues zu entdecken!

→ [stefan.kaskel@chemie.tu-dresden.de](mailto:stefan.kaskel@chemie.tu-dresden.de)



**Stefan Kaskel**, Jg. 1969, studierte Chemie und promovierte 1997 an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Danach ging er für zwei Jahre als Postdoc an das Ames Laboratory und die Iowa State University zu John Corbett. Anschließend forschte er als Gruppenleiter am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung unter der Leitung von Ferdi Schüth im Bereich der Entwicklung neuer poröser Materialien. 2004 schloss er seine Habilitation an der Ruhr-Universität Bochum ab und nahm im gleichen Jahr den Ruf auf eine C4-Proessur für Anorganische Chemie an der TU Dresden an. Seit 2008 leitet er in Personalunion das Geschäftsfeld Chemische Oberflächen- und Reaktionstechnik am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der porösen Materialien (MOFs, Kohlenstoffmaterialien, mesoporöse Materialien, Zeolithe), Nanomaterialien, Batteriematerialien mit Fokus im Bereich der Lithium-Schwefel-Batterie und Beschichtungsverfahren. Am Fraunhofer IWS werden zudem Plasmatechnologien, CVD-Anlagen sowie Rolle-zu-Rolle-Produktionsmethoden entwickelt.

#### Literatur

- [1] Chui, S. S.-Y. et al. (1999) *Science*, 283, 1148
- [2] Meek, S. T. et al. (2011) *Adv. Mater.* 23, 249
- [3] Kaskel, S. (2005) *Nachr. Chem.* 53, 394
- [4] Furukawa, H. et al. (2013) *Science*, 341
- [5] Rosi, N. L. et al. (2003) *Science* 300, 1127
- [6] Senkowska, I. & Kaskel, S. (2008) *Microporous Mesoporous Mater.* 112, 108
- [7] Stoeck, U. et al. (2012) *Chem. Commun.* 48, 10841
- [8] Gándara, F. et al. (2014) *J. Am. Chem. Soc.* 136, 5271
- [9] Peng, Y. et al. (2013) *J. Am. Chem. Soc.* 135, 11887
- [10] He, Y. et al. (2014) *Chem. Soc. Rev.* 43, 5657
- [11] Jeremias, F. et al. (2013) *Dalton Trans.* 42, 15967
- [12] Henninger, S. K. et al. (2012) *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2625
- [13] Kaskel, S. et al. (2014) *Positionspapier metallorganische Gerüstverbindungen (MOFs)*, DECHEMA Frankfurt, M.
- [14] Barea, E. et al. (2014) *Chem. Soc. Rev.* 43, 5419
- [15] Müller, U. et al. (2006) *J. Mater. Chem.* 16, 626
- [16] Nickerl, G. et al. (2014) *Inorg. Chem. Front.* 1, 325
- [17] Hara N. et al. (2014), *J. Membr. Sci.* 450, 215
- [18] Li, K. et al. (2009) *J. Am. Chem. Soc.* 131, 10368
- [19] Liu, D. et al. (2014) *J. Membr. Sci.* 451, 85
- [20] Hu, Z. et al. (2014) *Chem. Soc. Rev.* 43, 5815
- [21] Kreno, L. E. et al. (2011) *Chem. Rev.* 112, 1105
- [22] Nickerl, G. et al. (2014) *J. Mater. Chem. A* 2, 144
- [23] Ma, L. Q. et al. (2009) *Chem. Soc. Rev.* 38, 1248
- [24] *Materials Center* <http://www.metal-organic-frameworks.eu/>
- [25] Schneemann, A. et al. (2014) *Chem. Soc. Rev.* 43, 6062
- [26] Férey, G. & Serre, C. (2009) *Chem. Soc. Rev.* 38, 1380
- [27] Talin, A. A. et al. (2014) *Science* 343, 66
- [28] Stavila, V. et al. (2014) *Chem. Soc. Rev.* 43, 5994

# Es weiß

# was Sie essen

## EVOLUTION<sup>3</sup>

### TRIPLE QUADRUPOLE GC-MS/MS

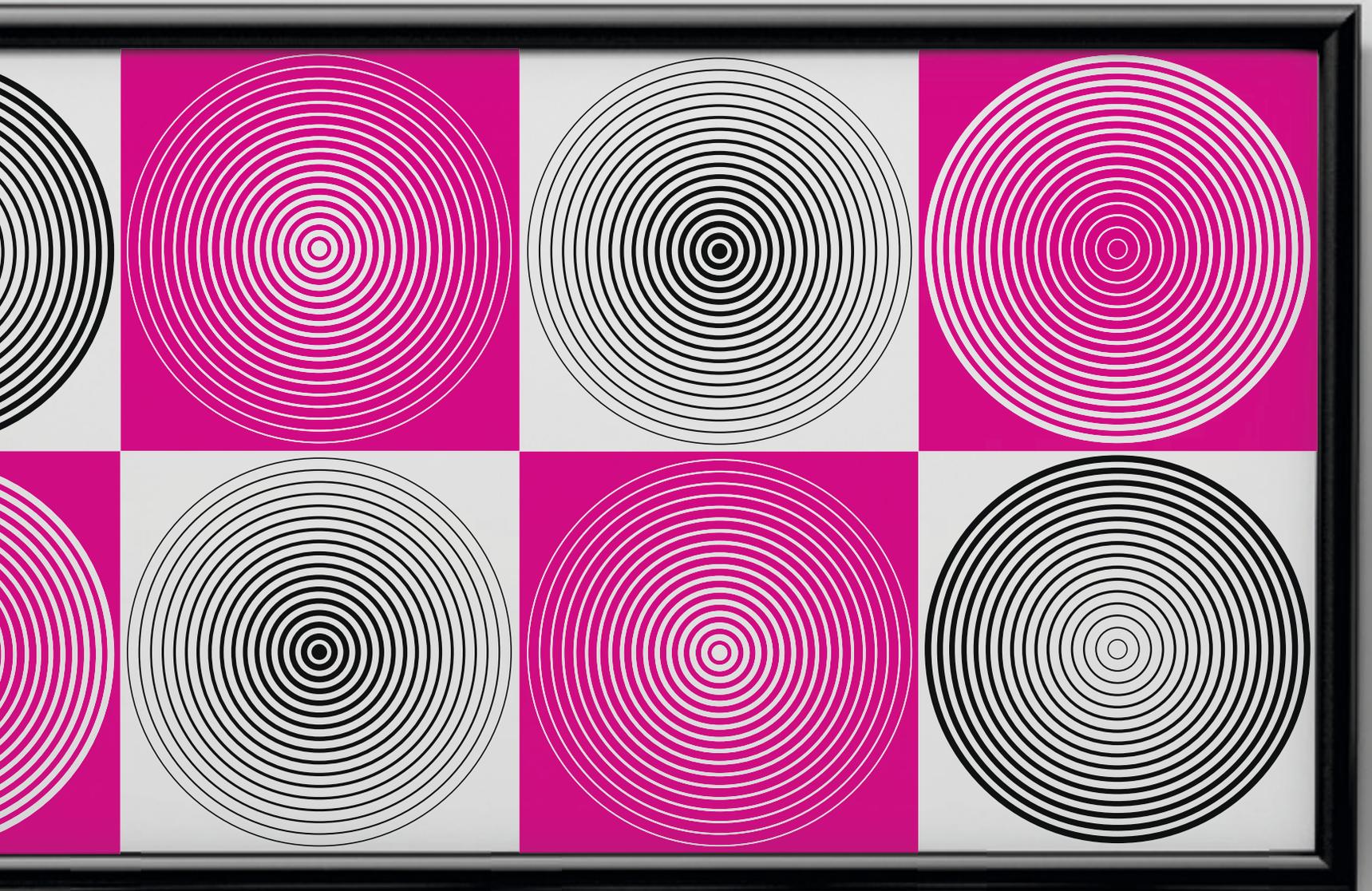
#### Promotion-Aktion MS/MS Upgrade

für Ihr Agilent 5973, 5975, 5977 MSD  
befristet bis zum 31.12.2015



## CHROMTECH

[www.chromtech.de](http://www.chromtech.de)

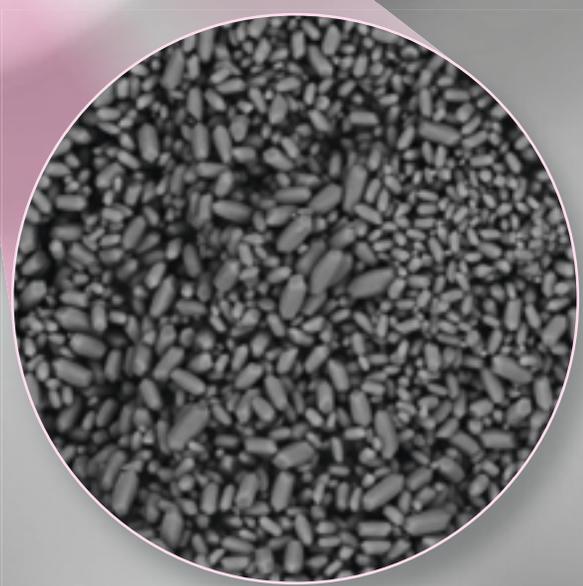


## Kristalle im Ohr

Gleichgewicht aus Staub gebaut ... ganz schön kompliziert!

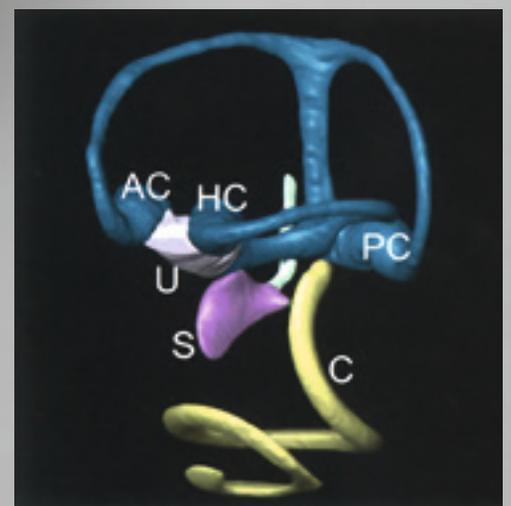
Prof. Dr. Dr. h.c. Rüdiger Kniep (Emeritus)

Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe



**Unser Innenohr – oder allgemein das Innenohr von Wirbeltieren – besteht aus einer komplexen Anordnung von mit Flüssigkeit gefüllten Säckchen und Kanälen, in denen sich die Gehör- und Gleichgewichtsorgane befinden. Die in Abbildung 1 dargestellte Übersicht ist dem erst kürzlich in labor & more (8.14) veröffentlichten Artikel von Prof. Dr. Bernd Fritsch (University of Iowa) über die Bedeutung und Funktion von Haarsinneszellen im Innenohr entnommen.**

Haarsinneszellen sind in der Lage, mechanische Energie in elektrische Signale umzuwandeln und sind Bestandteile von Sensorsystemen, die Informationen (z. B. an das Gehirn als zentraler Steuereinheit) übermitteln. Diese Verknüpfung spielt beim Gleichgewichtssinn eine wesentliche Rolle und entscheidet letztendlich darüber, ob wir an Schwindelattacken leiden, die der Mediziner als „paroxysmalen Lagerungsschwindel“ bezeichnet. Für derartige Attacken werden Degenerations- oder Alterserscheinungen bei den Rezeptoren der Schwerkraftsensoren (Positionen U und S in Abb. 1) verantwortlich



**Abb. 1** Membranöses (häutiges) Labyrinth im Innenohr (hier: Maus; aus labor&more 8.14; Beitrag Prof. Fritsch) mit den Gleichgewichtsorganen U und S (Utriculus und Sacculus)

# Otokonien

## Chemieforschung in Dresden

gemacht. U und S kennzeichnen die sogenannte Maculae, die etwa senkrecht zueinanderstehende Paare bilden und Utriculus (U) bzw. Sacculus (S) genannt werden. Als Rezeptoren (für Bewegungs- oder Beschleunigungsvorgänge) in den Maculae fungieren kleine, als Otokonien (griechisch: Ohrenstaub) bezeichnete Biominerale, die im Hauptbestandteil (> 95 Gew.-%) aus Calcit (der stabilen Form des Calciumcarbonats,  $\text{CaCO}_3$ ) bestehen und als Minoritätskomponente Proteine enthalten. Bereits hier soll darauf hingewiesen werden, dass Calcit im Gegensatz zu Apatit (vereinfacht  $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ ), dem anorganischen Hauptbestandteil unserer Knochen und Zähne, sehr anfällig gegen chemische Angriffe ist, wie sie etwa durch chemische Veränderungen in der die Otokonien umgebenden Flüssigkeit (Endolymph) erfolgen können. Hinzu kommt, dass Biominerale als nanostrukturierte anorganisch-organische Kompositsysteme eine ausgeprägte Mosaikstruktur aufweisen, wodurch chemische Angriffe signifikant erleichtert werden. Jede Macula enthält mehrere Tausend Otokonien (s. Vergrößerung S. 27), die über ein Gelkissen mit Haarsinneszellen in Kontakt stehen, sodass Informationen über Lageveränderungen im Otokonienverbund weitergeleitet werden. Die charakteristische Form intakter („gesunder“) Otokonien ist in Abbildung 2 gezeigt. Die mittlere Größe (Länge) variiert zwischen  $5\mu\text{m}$  und  $20\mu\text{m}$ . Otokonien sind bereits einige Tage nach unserer Geburt vollständig ausgebildet und müssen uns in dieser Form und Funktion das ganze Leben begleiten.

Obwohl hier nur Ohrenstaub zur Diskussion steht, ergeben sich essenzielle Fragestellungen, die auf Grundprinzipien der Evolution zurückgehen, die Optimierung von Funktionseinheiten und Funktionsmaterialien in lebenden Systemen. Auf den Punkt gebracht, stellen sich also die Fragen nach Bildung, Struktur, Habitus und Funktionalität.

### ... ein glücklicher Zufall!

Wie kommt man als Chemiker zu einem so speziellen Thema? Die Geschichte erstreckt sich zwar über einige Jahrzehnte, ist aber schnell erzählt: erste Kontakte zu Otokonien über ein kleineres Projekt mit der HNO-Klinik an der Universität Düsseldorf im Jahre 1985. Etwa zehn Jahre später Etablierung einer Arbeitsgruppe „Biominalisation“ an der TU Darmstadt und Beschäftigung mit Flurapatit-Gelatine-Nanokompositen mit dem Ziel, die Bildung von Knochen- und/oder Zahnstrukturen im Laboratorium nachzuahmen. Erweiterung der Thematik auf Carbonat-Apatit (im Jahr 2005 am MPI-CPFS, Dresden), um dem Biosystem chemisch näherzukommen; bei diesen Experimenten (Gegenstromdiffusion in Gelatinegel Matrices) entstand – damals überraschend – in geringer Menge auch ein calcitbasiertes Komposit in der charakteristischen Form von Otokonien (s. Abb. 2). Unerwartet war damit ein persönlicher „Otokonien-Kreis“ geschlossen, der natürlich reizte, näher in Angriff genommen zu werden. Es war allerdings unabdingbar, über medizinische Kompetenz verfügen zu können. Dabei half zunächst Prof. Dr. Dr. h. c. Thomas Zahnert (Universitätsklinikum Dresden); eine besonders enge Zusammenarbeit hat sich schließlich mit Prof. Dr. Leif Erik Walther (Universität Heidelberg/Mannheim) etabliert. Am MPI-CPFS in Dresden leitet Jana Buder das Laboratorium zur Biominalisation (s. Abb. 3), das die zentrale Schaltstelle für unsere Otokonien-Forschung bildet.

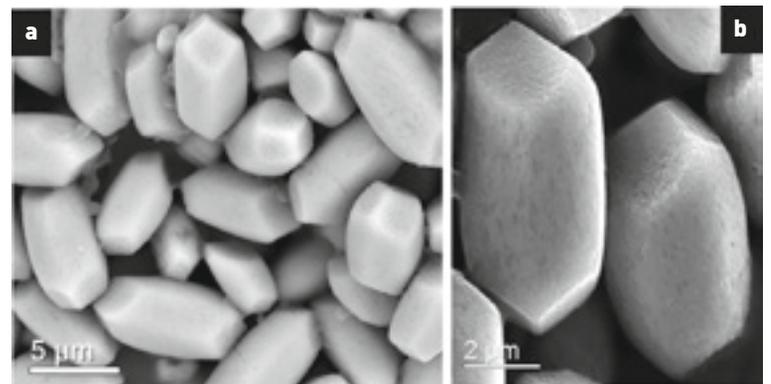
### ... vom Zufall zum „Aha“!

Über die umfangreichen Arbeiten, die schließlich zur Erkenntnis führten, dass die Strukturen der „künstlichen“ (biomimetischen) und menschlichen (biogenen) Otokonien identisch sind, kann hier nicht berichtet werden. Einen tieferen Einblick in die besonderen Problemstellungen ermöglichen

die Übersichtsartikel [1] und [2] mit entsprechenden Literaturziten. Im vorliegenden Beitrag steht das Prinzipielle im Vordergrund.

Die Zufallsbeobachtung, Otokonien im Laboratorium züchten zu können, erwies sich als reiner Glücksfall, bestand damit doch die Möglichkeit, ohne größere Probleme ihre zeitabhängige Formentwicklung zu untersuchen (s. Abb. 4) und der wesentlichen Frage nach ihrer Bildung näherzukommen: Die Formentwicklung (Morphogenese) verläuft über den Zustand eines „Trompetentierchens“ (a in Abb. 4) mit schnell wachsenden „Ärmchen“ (insgesamt sechs) und einem nanostrukturierten, langsamer wachsenden „Bauch“ (b u. c in Abb. 4) zur fertigen Otokonie, deren Oberfläche aus 3+3 sogenannten Rhomboederflächen ( $60^\circ$  gegeneinander verdreht), verbunden über einen rundlichen „Bauch“, besteht. Die Röntgenbeugungsmuster von Otokonien sind charakteristisch für Calcit-Einkristalle (s. Abb. 5), woraus folgt, dass ihr Volumen eine 3D-periodische Anordnung der Calcium- und Carbonationen aufweist. Für klassische Einkristalle untypisch sind jedoch gerundete Flächen. Der „Bauch“ der Otokonien und die ebenen Rhomboederflächen lassen sich allerdings mit einem periodischen Aufbau des Otokonienvolumens aus nanoskaligen Calcit-Rhomboedern erklären (s. Abb. 5).

Das anisotrope Wachstum von Otokonien (s. Abb. 4) deutet bereits auf eine besondere innere Architektur, die über schrittweise Auflösung der Calcit-Komponente mit EDTA (Komplexbildung) auch tatsächlich sichtbar ist. Abbildung 6 zeigt, dass der „Bauch“ sehr schnell aufgelöst



**Abb. 2** Menschliche Otokonien (Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen). a Übersicht; b Detailansicht



**Abb. 3** Otokonien-Forschung am MPI-CPFS in Dresden. Jana Buder mit Gegenstromdiffusionszelle (links oben), am Lichtmikroskop (links unten) und am Rasterelektronenmikroskop (rechts)

wird, während die „Ärmchen“ größeren Widerstand leisten. Gleichzeitig wird die Kompositstruktur durch die verbleibende organische Komponente (Proteine) deutlich, die in wässrigem Medium die äußere Form der Otokonie beibehält. Im Rasterelektronenmikroskop erscheint ein Netz aus Fibrillen, das die „oberen und unteren Ärmchen“ miteinander verbindet. Die Bilder lassen vermuten, dass die „Ärmchen“ einen gemeinsamen Berührungspunkt haben. Die Tatsache, dass die biomimetischen Otokonien im Vergleich zu den menschlichen Spezies deutlich größer werden (können), bietet natürlich den Vorteil der einfacheren Handhabung bei allen Untersuchungen. Details zur inneren Architektur in Bezug auf die äußere Form von Otokonien sind in Abbildung 7 zusammengefasst. Das Bruchstück einer partiell angelösten Otokonie zeigt, dass der „Bauch“ eher porös und die „Ärmchen“ eher kompakt strukturiert sind. Damit wird auch das richtungsabhängige Auflösungsverhalten (s. Abb. 6) verständlich. Zusammenfassend: Das Innere von Otokonien besteht aus einer kompakten „Hantel“, die von einem porösen „Bauch“ umgeben ist. Der Evolution ging es also um eine besondere Dichteverteilung und nicht nur um ein homogenes Schwerkraftsteinchen!

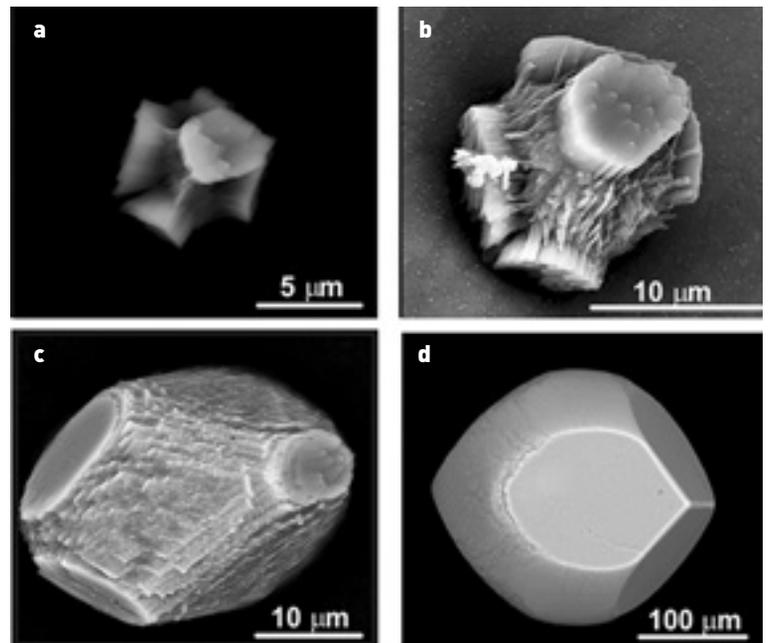
### ... kurz zur „Organik“

In Biomineralen als Kompositsystemen ist die organische Komponente in der Minorität, sie übernimmt allerdings wesentliche Funktionen bei Keimbildung, Formentwicklung und Materialeigenschaften. Etwa 3 Gew.-% mit Zuckerseitenketten versehene Faserproteine spielen bei Otokonien die entscheidende Rolle, die allerdings noch nicht vollständig verstanden ist. Sicher ist, dass die Anlagerung von Calciumcarbonat (und hier verfügen wir über atomistische Simulationen [2]) zur Versteifung der Biomakromoleküle führt, und genau das wird auch mit Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) beobachtet: Aus Abbildung 8 geht hervor, dass calcifizierte Proteinfibrillen in die kompakten „Ärmchen“ der Otokonien parallel zueinander (im Abstand von etwa 25 nm) eingelagert sind. Die Fibrillen stoßen dann senkrecht aus den Rhomboederflächen heraus und bilden die Verknüpfungsfäden zwischen benachbarten Otokonien. Im porösen „Bauchbereich“ sind die Fibrillen als eher ungeordnetes Netz vorhanden (s. Abb. 6). Bleibt noch zu konstatieren, dass Gelatine bis zu 1 Gew.-% kovalent gebundene Saccharide enthält, die bei der Herstellung aus unlöslichem Kollagen nicht abgespalten werden.

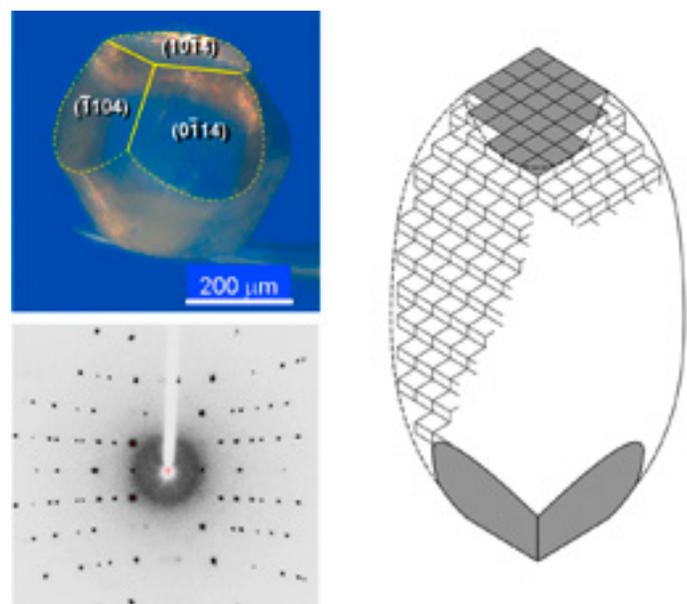
### ... einige Ideen zur Funktion

„Da stelle mer uns mal ganz dumm...“, und sammeln einfach alle Beobachtungen zusammen. Jede Macula enthält Tausende von Otokonien, die als „Rasen“ in Kontakt mit einem Gekissen stehen, in dem sich die Haarsinneszellen befinden. Der Kontakt mit dem Gekissen wird über Proteinfibrillen hergestellt, die aus den Otokonien herauswachsen, diese untereinander verknüpfen (s. Abb. 9) und insgesamt ein Fibrillennetz ausbilden. So sind die Otokonien in einem Fibrillennetz „gefangen“. Das die Otokonien enthaltende Fibrillennetz wird von einer Flüssigkeit (Endolymphe) stabilisiert, sodass sich das Bild von in der Endolymphe in einem räumlich begrenzten Bereich schwebenden Otokonien anbietet. Diese Situation gilt für den Ruhezustand. Jede Bewegung des Systems (insbes. Linearbeschleunigungen) führt zu Lageveränderungen im Otokonienrasen, die von den Haarsinneszellen wahrgenommen werden.

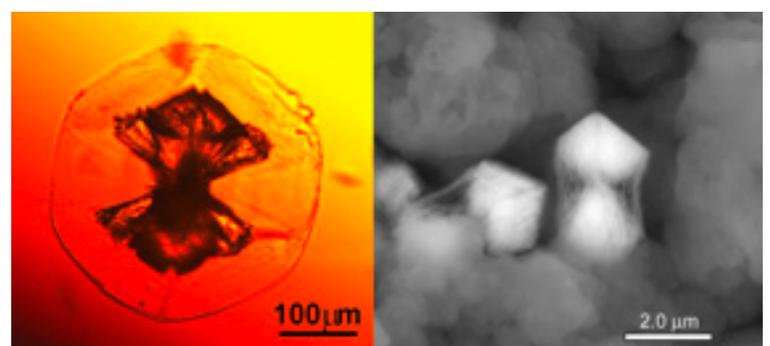
So weit, so gut ...! Welche Bedeutung hat aber die besondere innere Architektur der Otokonien? Zunächst einmal zum „Bauch“, dessen Porensystem mit Endolymphe gefüllt sein wird. Diese Situation erinnert an Wassertanks in Schiffen, die der Lagestabilisierung dienen. Dies gilt wohl



**Abb. 4** Formentwicklung biomimetischer Otokonien. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Wachstum durch Gegenstromdiffusion in Gelatine-Gel-Matrix. Entwicklungsdauer etwa eine Woche



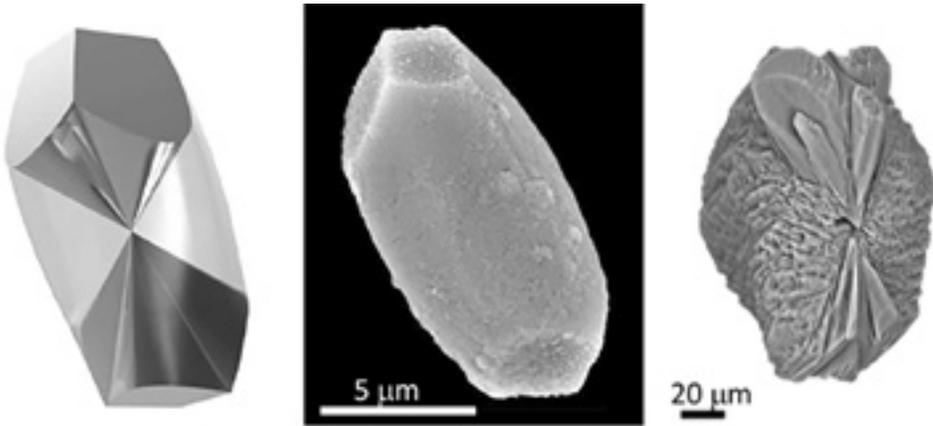
**Abb. 5** Lichtmikroskopische Aufnahme einer Otokonie (links oben) mit zugehörigem Röntgenbeugungsmuster (MoKα, links unten). Schematische Darstellung des Aufbaus einer Otokonie durch 3D-periodische Anordnung rhomboedrischer Nano-Untereinheiten (rechts)



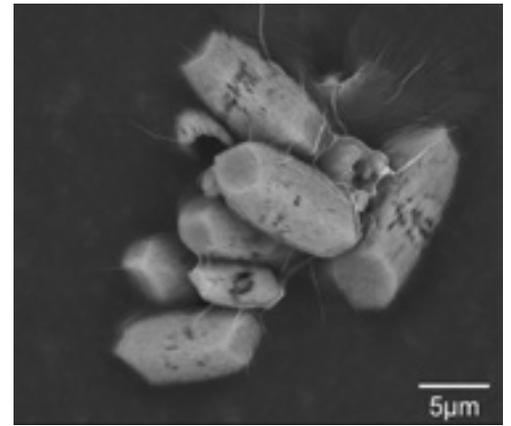
**Abb. 6** Lichtmikroskopische Aufnahme einer biomimetischen Otokonie nach partieller Auflösung der Calcit-Komponente mit EDTA (links). Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer entsprechend behandelten menschlichen Otokonie (rechts)

# Otokonien

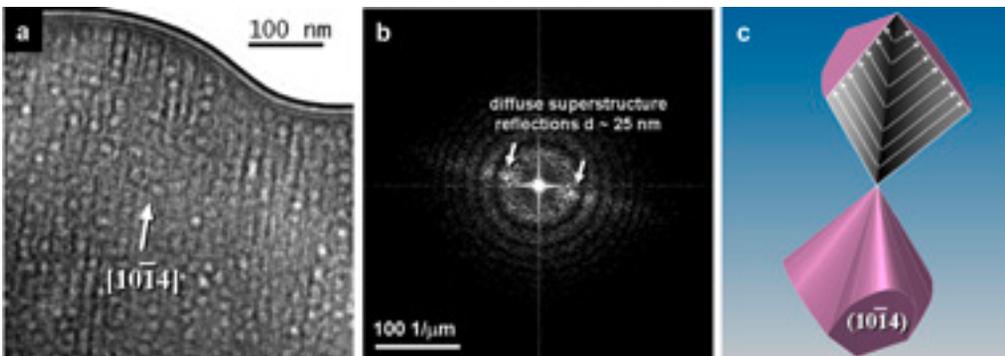
Chemieforschung in Dresden



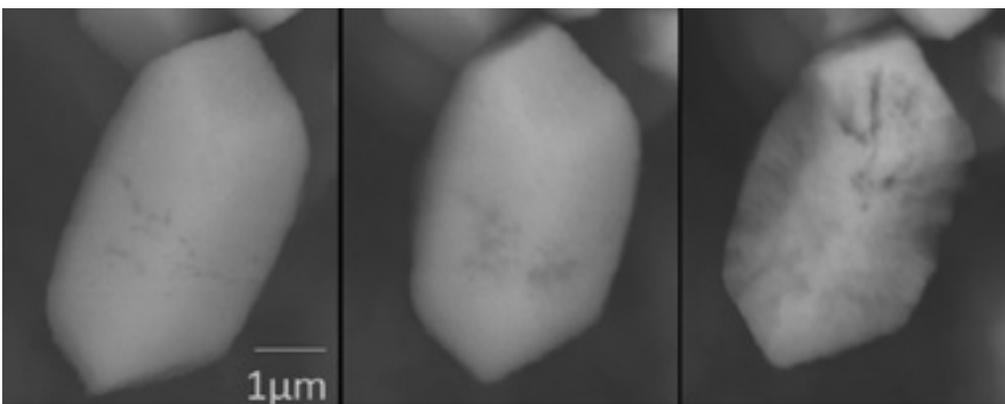
**Abb. 7** Modell der „Hantel/Bauch-Architektur“ einer Otokonie (links) zusammen mit rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen, einer intakten menschlichen Otokonie (Mitte) und dem Fragment einer partiell aufgelösten biomimetischen Otokonie (rechts)



**Abb. 9** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von menschlichen Otokonien, die über Fibrillen miteinander verknüpft sind. Die Otokonien sind altersbedingt degeneriert und weisen Auflösungserscheinungen im „Bauchbereich“ auf.



**Abb. 8** Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme aus dem „Hantelbereich“ einer biomimetischen Otokonie (a) mit parallel zueinander verlaufenden Fibrillen (Überstruktur, b) sowie Orientierung der Fibrillen im „Hantelbereich“ (c)



**Abb. 10** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen einer menschlichen Otokonie vor (links oben) und nach 10 min Behandlung mit Gentamicin (rechts unten). Bildsequenz in 2 min-Schritten

auch für die Otokonien, deren ringförmiger „Bauch“ die geringste Dichte im Volumen aufweist. Nun zur spezifisch dichteren, kompakten Hantel: Auf den ersten Blick erscheint es so, als ob der Schwerpunkt der Hantel im Zentrum des Otokonienvolumens liegt. Das bedeutet gleichzeitig, dass die begrenzenden Rhomboederflächen von gleicher Größe sein müssen, wie das idealisierte Bild in Abbildung 7 (links) auch zeigt. Nach ersten genaueren Untersuchungen sind die Rhomboederflächen an einem Otokonium aber tatsächlich von unterschiedlicher Größe, und zwar in dem Sinne, dass die Dichteverteilung im Volumen nicht zentrosymmetrisch ist. Wenn also Linearbeschleunigungskräfte auf ein Otokonium wirken, so resultieren Lageveränderungen, die nicht allein einer homogenen trägen Masse entsprechen, sondern zusätzliche Bewegungen beinhalten, die man als „Rütteln im/am Fibrillennetz“ beschreiben kann. Auf diese Weise werden Beschleunigungsvorgänge eines Gesamtsystems (z. B. Mensch) mit optimaler Wirkung auf das die Haarsinneszellen umgebende Gelkissen übertragen.

## ... Degeneration und Schwindelattacken

Eingangs ist bereits gesagt worden, dass das Mineral Calcit (die Hauptkomponente der Otokonien) gegenüber chemischen Angriffen in wässriger Lösung nur geringe Stabilität aufweist. Chemische Veränderungen in der Endolymphe (z. B. als Reaktion auf Entzündungen) sind geeignet, zu An- bzw. Auflösungserscheinungen der Calcit-Komponente zu führen. Diese treten zuerst immer im porösen „Bauchbereich“ auf (s. Abb. 9), und werden, wenn andere Gründe hierfür nicht bekannt sind, als altersbedingte Degeneration beschrieben. So können sich Oto-



**Rüdiger Kniep**, Jg. 1945, studierte Chemie und Mineralogie an der Technischen Universität in Braunschweig. Nach seiner Promotion am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart und der Technischen Universität in Braunschweig (1973) war er Postdoc (1974) und Professor (1979) am Institut für Anorganische Chemie und Strukturchemie der Universität Düsseldorf, C4-Professor für Anorganische Chemie am Eduard-Zintl-Institut der Technischen Universität Darmstadt (1987) und wurde Direktor und Wissenschaftliches Mitglied am Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe (seit 1998). Emeritus seit 2012.

konien (bzw. Fragmente von Otokonien) aus dem Fibrillenverband lösen und in die ebenfalls mit Endolymphe gefüllten Bogengänge des Gleichgewichtsorgans (s. Abb. 1) hineinwandern. Dem Gehirn werden dann widersprüchliche Informationen übermittelt, die zu Schwindelattacken führen. Die verirrten Otokonien lassen sich in manchen Fällen durch bestimmte Kopfbewegungen (hier hilft der Arzt!) wieder in die Maculae zurückbefördern. Die Beschwerden sind dann – zumindest kurzzeitig – behoben.

Man könnte also geneigt sein, der Evolution eine Fehlentwicklung in Bezug auf die anorganische Komponente der Otokonien zuzuschreiben. Zu berücksichtigen ist hier allerdings, dass das mittlere Lebensalter des Menschen erst seit neuerer Zeit signifikant steigt. Ein anderer Punkt ist wohl viel schwerwiegender, wenn wir den zunehmenden Einsatz von Pharmazeutika in Betracht ziehen. Hierzu ein Beispiel: Obwohl

Aminoglykoside (wie z. B. Gentamicin) als ototoxisch eingestuft sind, werden sie als Antibiotika breit eingesetzt. Die Ototoxizität von Gentamicin wird in erster Linie in Zusammenhang mit dem Verlust von Haarsinneszellen diskutiert. Entscheidender aber ist wohl, dass das Gentamicin-Molekül auf Calciumionen als Komplexbildner wirkt. Tatsächlich verursacht Gentamicin die irreversible Zerstörung von Otokonien durch Auflösung der Calcit-Komponente, wie in Abbildung 10 eindrucksvoll gezeigt ist. ...es gibt noch viel zu tun!

→ [ruediger.kniep@cpfs.mpg.de](mailto:ruediger.kniep@cpfs.mpg.de)

*Literatur*

- [1] Kniep, R. et al. (2014) *Cryst. Res. Technol.* 49, 4–13  
 [2] Kniep, R. (2015) *Pure Appl. Chem.* DOI: 10.1515/pac-2015-0201

Bild: [istockphoto.com](http://istockphoto.com), [urfiguss](http://urfiguss)



Alles was Sie brauchen...

## DIE NEUEN MAILINGS

...regelmäßig und günstig!

- Top-Angebote
- Neuheiten
- Sonderpreise

**0800/56 99 000**  
gebührenfrei

[www.carlroth.de](http://www.carlroth.de)



LABORBEDARF



LIFE SCIENCE



CHEMIKALIEN



**CARL ROTH GmbH + Co. KG**  
 Schoemperlenstr. 3-5 · 76185 Karlsruhe  
 Tel. 0721/56 06 0 · Fax 0721/56 06 149  
 info@carlroth.de · www.carlroth.de

# aerogele

Chemieforschung in Dresden

## Eine luftige Brücke zwischen Nano- und Makrowelt

Eigenschaften und Anwendungsfelder  
hochporöser Festkörper

Dr. Christoph Ziegler und Prof. Dr. Alexander Eychmüller

Physikalische Chemie, Technische Universität Dresden

**Ist es möglich, aus einem Glas Marmelade sämtliche Flüssigkeit zu entfernen, ohne dass sich die Form des fruchtigen Brotaufstrichs signifikant verändert? So oder so ähnlich soll eine Wette zwischen Herrn Kistler und einem Freund vor knapp einhundert Jahren gelautet haben. Verbunden mit dem Gewinn der Wette ist die Erfindung von Aerogelen durch Kistler, die 1931 im Fachmagazin Nature veröffentlicht wurde [1]. Kistler erkannte bereits damals, dass nichts dagegen sprechen sollte, Aerogele aus allen möglichen Materialien herzustellen.**



Silikat-Aerogele sind in der Lage, ein Vielfaches ihres Eigengewichts zu tragen und zeigen zudem hervorragende Isolationseigenschaften.

# aerogele

Chemieforschung in Dresden

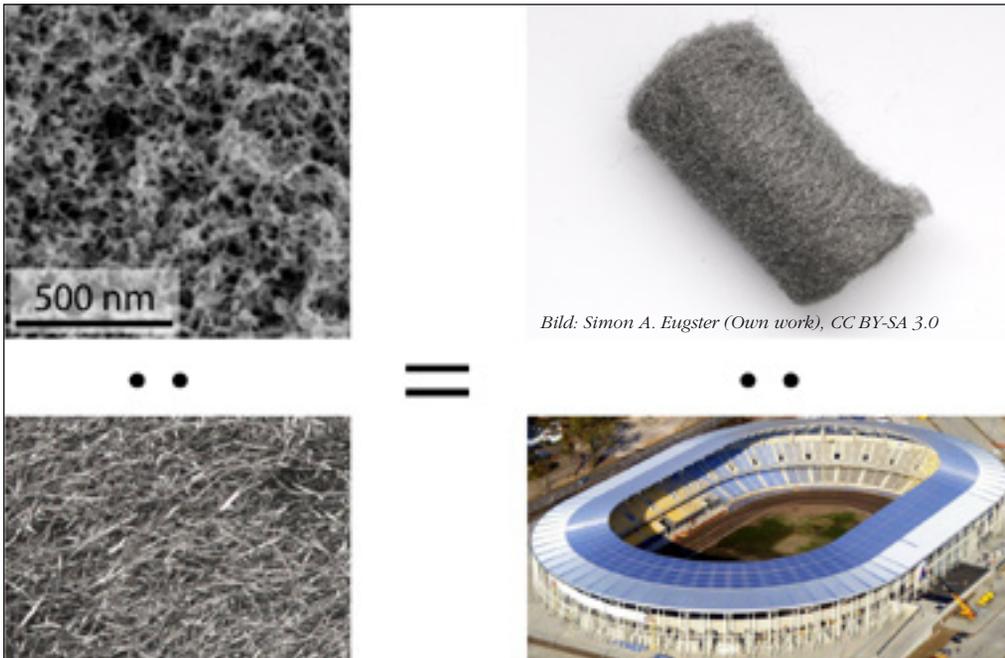
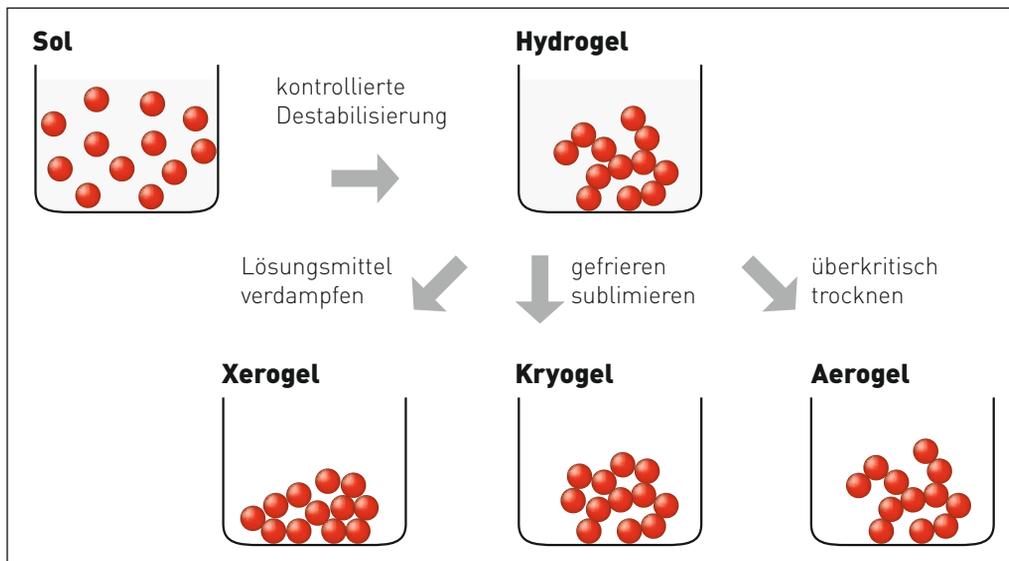


Bild: Simon A. Eugster (Own work), CC BY-SA 3.0

**Abb. 1** Nur mithilfe der Elektronenmikroskopie kann man die ultrafeinen Netzwerkstrukturen von Aerogelen sichtbar machen (oben links). Der Durchmesser der Nanodrähte verhält sich zum Durchmesser einer Stahlwollefaser genauso wie die Größe des Stahlwollschwamms zur Größe eines Fußballstadions.



**Abb. 2** Schematische Darstellungen der Gelbildung und der unterschiedlichen Varianten das Lösungsmittel aus der Porenstruktur zu entfernen.

So weit, so gut. Doch was sind Aerogele eigentlich? Bei Aerogelen handelt es sich um hochporöse Materialien mit einer extrem kleinen Dichte. Sie bestehen aus einem selbststützenden, dreidimensionalen Netzwerk aus nanoskaligen Drähten eines Feststoffes, dessen Poren mit Luft (altgriechisch  $\alpha\epsilon\rho$ ) gefüllt sind (Abb. 1). Aerogele halten aktuell zahlreiche materialrelevante Rekorde, darunter auch den für das Material mit der geringsten Dichte. Gerade einmal 0,45 tausendstel Gramm wiegt ein würfelzuckergroßes Stückchen eines Kohlenstoff-Aerogels und ist damit sogar leichter als Luft [2].

Direkt sind Aerogele allerdings nicht zugänglich und erfordern stets die Zwischenstufe des Gels, einem kolloidalen Festkörpernetzwerk, das über das gesamte Volumen von einer Flüssigkeit durchdrungen wird. Die Flüssigkeit aus dem Netzwerk kann auf unterschiedliche Arten entfernt werden (Abb. 2). Trocknet das Gel durch Verdunstung des Lösungsmittels, so wird durch die starken Kapillarkräfte ein Großteil des fragilen Netzwerkes zerstört und es entsteht ein stark geschrumpftes Xerogel (von griechisch  $\chi\epsilon\rho\acute{o}s$  „trocken“). Die starken Kapillarkräfte können verhindert werden, indem das Gel zunächst

eingefroren und das Lösungsmittel im Anschluss durch Sublimation entfernt wird. Bei den so entstandenen Kryogelen (von griechisch  $\kappa\rho\upsilon\omicron\varsigma$  „kalt“) wird das Netzwerk jedoch oft durch das Einfrieren negativ beeinflusst. Ein vollständiger Erhalt der feinen Netzwerkstruktur ist nur durch überkritisches Trocknen möglich, wodurch sowohl Kapillarkräfte als auch die beim Gefrieren auftretenden Kräfte vermieden werden.

## Bedeutung und Anwendung

Die mit Abstand größte Bedeutung unter allen Aerogelen, sowohl in der Forschung als auch in der Wirtschaft, beanspruchen die Silikat-Aerogele (s. Aufmacherillustration) für sich – zumindest bis jetzt noch. Bereits in den 1940er-Jahren entstand die erste kommerzielle Silikat-Aerogel-Produktion, die sich aber nicht halten konnte. In den 1970er- und 1980er-Jahren erfuhren Silikat-Aerogele zumindest in der Forschung eine Renaissance, indem ihre Anwendung als Speichermaterial für Flüssigbrennstoffe bzw. als Tscherenkow-Detektoren in der Kern- und Teilchenphysik untersucht wurden. In den Fokus des öffentlichen Interesses gelangten Silikat-Aerogele dann in den 1990er-Jahren, als die amerikanische Weltraumbehörde NASA diese Materialien für ihr „Stardust“-Projekt einsetzte, um Materie aus dem Schweif eines Kometen zu sammeln und zurück zur Erde zu transportieren.

Anfang der 2000er-Jahre kam es zu einer regelrechten Aerogel-Revolution. Die Gruppe um Nicholas Leventis untersuchte die Quervernetzung von Silikat-Aerogelen mittels Polymeren und fand einen signifikanten Einfluss auf deren mechanische Eigenschaften [3]. Der größte Fortschritt gelang jedoch Stephanie Brock und ihren Mitarbeitern, indem sie Halbleiternanopartikel zum Gelieren brachten [4]. Das Besondere an dieser Methode ist, dass die optischen Eigenschaften der Nanopartikel im makroskopischen Gel erhalten blieben. Genau an dieser Stelle wird die Brücke zwischen Nano- und Makrowelt „sichtbar“.

Die größenabhängigen Materialeigenschaften werden in den Nanowissenschaften bereits seit Jahrzehnten intensiv untersucht. So verändern sich beispielsweise die optischen Eigenschaften von Cadmiumtellurid, wenn die Teilchen einen Durchmesser von nur wenigen Nanometern erreichen. Makroskopisch ein schwarzer Festkörper, können die Nanopartikel desselben Materials je nach Größe in unterschiedlichen Farben lumineszieren. Diese Farbenvielfalt von Halbleiternanopartikeln beruht auf der Veränderung der Bandlücke dieser Materialien aufgrund quantenmechanischer Effekte. Nicht nur Halbleiter-

materialien zeigen bei einer eingeschränkten Partikelgröße vom Festkörper abweichende Eigenschaften. Auch Edelmetalle wie Silber und Gold verändern ihr optisches Erscheinungsbild, sobald ihre Partikelstrecken weniger als 100 nm betragen. In diesen Partikeln kann Licht als elektromagnetische Welle eine kollektive Oszillation des freien Elektronengases anregen. Durch die Anregung eines solchen Plasmons wird Licht einer bestimmten Wellenlänge absorbiert, was wiederum zur Farbigkeit dieser Nanopartikelsysteme führt. Je nach Material, Größe und Form der Partikel verändert sich die charakteristische Wellenlänge des absorbierten Lichts.

## Die Forschung

Unsere langjährige Erfahrung und die daraus resultierende Expertise auf dem Gebiet der Nanopartikelsynthese unterschiedlichster Materialien machten das Aufgreifen der von Stephanie Brock eingeführten Aerogelsynthesestrategie für uns sehr naheliegend. Im Unterschied zur klassischen Sol-Gel-Route, bei der das zwischenzeitlich gebildete Sol meist nicht isoliert werden kann, sondern direkt weiter zum Gel vernetzt wird, ermöglichte uns die neue Strategie, auf alle bei uns in der Arbeitsgruppe hergestellten Kolloide zurückzugreifen. Dabei stellten sich allerdings sofort neue Herausforderungen. Waren wir die Jahre davor stets auf der Suche nach einer Möglichkeit, die Partikel möglichst lang stabil in Lösung zu behalten, versuchten wir nun, diese Partikel kontrolliert zu destabilisieren.

Im Jahr 2009 gelang es uns an der TU Dresden erstmals, stabile Suspensionen aus Edelmetallnanopartikeln kontrolliert in Hydro- und Aerogele zu überführen und damit das Feld der Aerogele um eine neue Klasse zu erweitern [5]. In der Zwischenzeit hat sich auf dem Gebiet der metallischen Aerogele einiges getan. Diese herausragenden Materialien zeigen unter anderem exzellente Eigenschaften in der Elektrokatalyse, was ihnen eine potenzielle Anwendung in Brennstoffzellen ermöglicht [6–8]. Metallische Aerogele können Brennstoffzellen leichter, billiger und gleichzeitig effizienter machen. Um Materialien gezielt für bestimmte Anwendungen optimieren zu können, muss man ihren Aufbau und Bildungsmechanismus verstehen. Wir wissen bereits, dass sich bimetallische Gele in ihrem innersten Aufbau voneinander unterscheiden [9]. Bimetallische Gele werden aus zwei unterschiedlichen Metallsolen hergestellt, die Metalle liegen folglich zunächst separiert vor. Diese Separierung ist im fertigen



**Alexander Eychmüller**, Jg. 1958, studierte Physik an der Georg-August-Universität Göttingen. Er promovierte am MPI für Biophysikalische Chemie bei A. Weller und K.H. Grellman und war Postdoc an der UCLA (bei M. A. El-Sayed), am HMI in Berlin (bei A. Henglein) und an der Universität Hamburg (bei H. Weller). Seit 2005 hat er die Professur für Physikalische Chemie an der TU Dresden inne. Er ist Autor von etwa 300 Veröffentlichungen in Peer-reviewed-Journalen, wobei sich die Mehrzahl mit der Synthese und Charakterisierung von nanoskopischen Objekten sowie ihren photophysikalischen, elektrochemischen und strukturellen Eigenschaften beschäftigt.



**Christoph Ziegler**, Jg. 1984, studierte Chemie an der Technischen Universität Dresden. Dort promovierte er in Physikalischer Chemie im Jahr 2012 über die Synthese und Anordnung von Edelmetallnanopartikeln. Anschließend war er Postdoktorand am Institut für Molekulare Zellbiologie der Universität Münster und beschäftigte sich mit der Formkontrolle von Gold Nanostrukturen mittels DNA-Origami. Seit 2014 ist er wieder an der TU Dresden im ERC Advanced Grant Projekt AEROCAT als Untergruppenleiter tätig. Hier befasst er sich hauptsächlich mit der Synthese und der Aufklärung des Bildungsmechanismus von gemischten Metall/Metalloxid-Aerogelen.

# aerogeale

Chemieforschung in Dresden

Gel allerdings nicht mehr zwingend vorhanden. So gibt es Metallkombinationen, bei denen sich eine Legierung aus den beiden Metallen bildet und wieder andere Kombinationen, bei denen das eine Metall von dem anderen umschlossen wird.

Neben den rein metallischen Aerogelen konnten wir auch aus wässrigen Halbleiternanopartikelsuspensionen lumineszierende Hydro- und Aerogele herstellen [10]. Kombiniert man diese Halbleiternanopartikel mit Goldnanopartikeln so können gemischte Gele erhalten werden, deren optische Eigenschaften sich je nach Zusammensetzung einstellen lassen [11].

Um aus stabilen Nanopartikelsuspensionen Gele herzustellen, ist außer der kontrollierten Destabilisierung eine weitere Strategie denkbar. Dazu werden die Nanopartikel zunächst mit Molekülen funktionalisiert, welche eine Vernetzung untereinander ermöglichen. Wir an der TU Dresden haben dazu Tetrazolderivate genutzt, die über ihre komplexierende Wirkung mittels multivalenter Kationen verbunden werden können. Mit dieser Strategie war es uns möglich, gemischte Aerogele aus unterschiedlichen Halbleiternanopartikeln und aus Metall- und Halbleiternanopartikeln herzustellen [12–14]. Besonders bemerkenswert hierbei ist die Möglichkeit, die erhaltenen Gele wieder in die ursprüngliche Sole überführen zu können. Es ist lediglich ein starker Komplexbildner nötig, der die Kationen zwischen den Tetrazollinkern wieder entfernen und damit die Bindung unter den Nanopartikeln aufheben kann.

## Neue Möglichkeiten

Die schier unbegrenzte Zahl an Kombinationen möglicher Nanopartikel und die damit verbundene Zahl unterschiedlichster Eigenschaften machen viele Anwendungsfelder für Aerogele denkbar. Lumineszierende Gele könnten in LEDs, Sensoren und lichtumwandelnden Schichten Einsatz finden. Metallische Aerogele haben bereits ihr Potenzial in der Elektrokatalyse gezeigt. Gemischte Aerogele aus Metallen und Metalloxiden sind nahezu perfekte Kandidaten für die heterogene Katalyse und insbesondere für die Gasphasenkatalyse [15]. Bis jetzt haben wir diesen großartigen und vielversprechenden Materialien noch lange nicht alle Geheimnisse entlocken können. Gerade bei der Erklärung und Beeinflussung des genauen Bildungsmechanismus der Gele tappen wir noch etwas im Dunkeln. Aktuell setzen wir jedoch alles daran, dies zu ändern. Derzeit befassen sich mehr als zehn Doktoranden und Postdoktoranden allein in unserer Arbeitsgruppe mit der Erforschung dieser

faszinierenden Materialien. Außerdem pflegen wir eine ausgezeichnete Kooperation mit der theoretischen Chemie, um die Geheimnisse der Aerogele noch besser verstehen zu können. Wir sind zuversichtlich, dass wir viele der verbliebenen Rätsel lösen können, bevor sich Kistlers Entdeckung der Aerogele zum 100. Mal jährt. Wetten?

→ [christoph.ziegler@chemie.tu-dresden.de](mailto:christoph.ziegler@chemie.tu-dresden.de)  
→ [alexander.eychmueller@chemie.tu-dresden.de](mailto:alexander.eychmueller@chemie.tu-dresden.de)

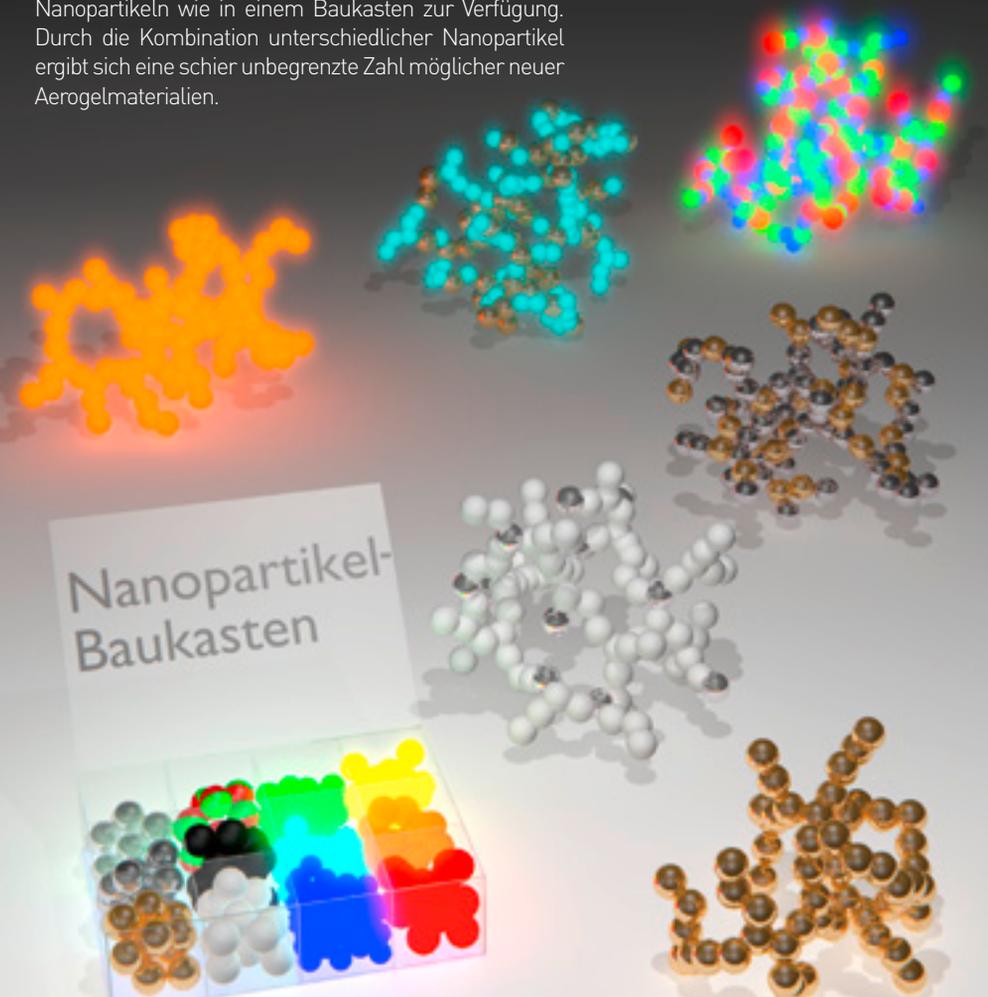
## Literatur

- [1] Kistler, S. S. (1931) *Nature*, 127, 741
- [2] Sun, H. et al. (2013) *Adv. Mater.*, 25, 2554
- [3] Leventis, N. et al. (2002) *Nano Lett.*, 2, 957
- [4] Moberg, J. L. et al. (2005) *Science*, 307, 397
- [5] Bigall, N. C. et al. (2009) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 48, 9731
- [6] Liu, W. et al. (2013) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52, 9849
- [7] Liu, W. et al. (2012) *Angew. Chem. Int. Ed.*, 51, 5743
- [8] Liu, W. (2015) *Acc. Chem. Res.*, 48, 154
- [9] Herrmann, A.-K. et al. (2014) *Chem. Mater.*, 26, 1074
- [10] Gaponik, N. et al. (2008) *Adv. Mater.*, 20, 4257
- [11] Hendel, T. et al. (2013) *Adv. Funct. Mater.*, 23, 1903
- [12] Lesnyak, V. et al. (2010) *ACS Nano*, 4, 4090
- [13] Lesnyak, V. et al. (2011) *J. Am. Chem. Soc.*, 133, 13413
- [14] Wolf, A. et al. (2012) *J. Phys. Chem. Lett.*, 3, 2188
- [15] Ziegler, C. et al. (2015) submitted

# Aerogele

## Eine luftige Brücke zwischen Nano- und Makrowelt

Uns steht eine riesige Vielfalt an synthetisch zugänglichen Nanopartikeln wie in einem Baukasten zur Verfügung. Durch die Kombination unterschiedlicher Nanopartikel ergibt sich eine schier unbegrenzte Zahl möglicher neuer Aerogelmaterialien.



Nanopartikel-Baukasten

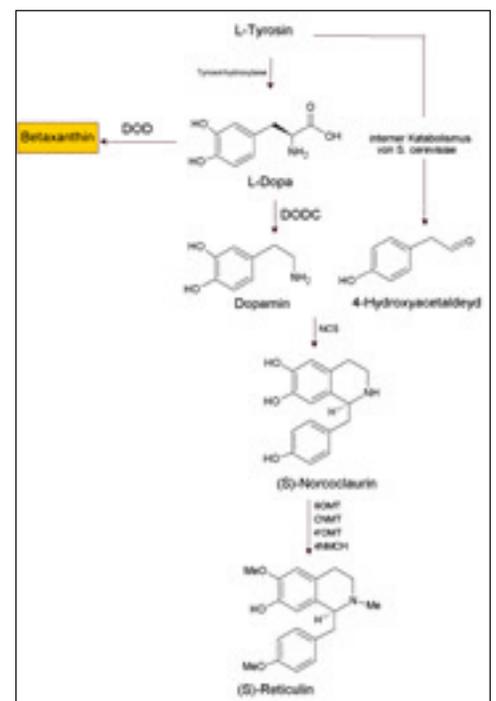
## Aus Bierhefe und Glucose zu Opiaten

Morphin wird klassisch aus Schlafmohn (*Papaver somniferum*) gewonnen und ist ein Hauptalkaloid des Opiums. Morphin und andere Opiate wie Codein oder der krampflösende Wirkstoff Papaverin enthalten als Strukturelement die Benzylisochinolineinheit. Die Biosynthese von Morphin und auch aller anderen, natürlich vorkommenden Opiumalkaloide erfolgt aus dem Alkaloid Reticulin. Die Totalsynthese ist schwierig und liefert nur geringe Ausbeuten. Nun haben J. E. Dueber und seine Arbeitsgruppe gezeigt, dass Reticulin, die Schlüsselsubstanz aller Benzylisochinoline, aus Bierhefe (*Saccharomyces cerevisiae*) und Glucose gewonnen werden kann. Ausgangssubstanz dazu ist Tyrosin, das enzymatisch in L-3,4-Dihydroxyphenylalanin (L-DOPA) überführt wird. Dazu ist aber *S. cerevisiae* nicht fähig, deswegen wurde dazu ein Enzym (Tyrosinhydroxylase) aus der Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) verwendet. Überprüft wurde seine Aktivität über das gelbe Pigment Betaxanthin, das aus L-DOPA durch Reaktion mit DOPA-Dioxygenase (DOD) entsteht, dessen Bildung mit bloßem Auge schon erkennbar ist und die Aktivität der Tyrosinhydroxylase anzeigt. Cu-haltige Tyrosinasen

findet man in vielen Organismen zur Bildung von Melanin. Mit der DOPA-Decarboxidase (DDC) wird nun L-DOPA in Dopamin überführt. Zusammen mit 4-Hydroxyacetaldehyd (4HPAA), einem Produkt, das endogen beim Aminosäureabbau von *S. cerevisiae* entsteht, kondensieren die beiden Moleküle zum Rückgradmolekül (S)-Norcoclaurin. Katalysator ist dabei die Norclaurinsynthese (NCS). Um Reticulin herzustellen, sind vier weitere Reaktionsschritte erforderlich. Drei Enzyme katalysieren Methylierungen: 6-O-Methyltransferase (6OMT), Coclaurin-N-Methyltransferase (CNMT) und 4'-O-Methyltransferase (4'OMT). Varianten davon in *P. somniferum* arbeiten auch in *S. cerevisiae*. Das vierte Enzym ist das Cytochrom P450, die N-Methylcoclaurin hydroxylase (NMCH). Mit dem Reticulin steht damit eine Substanz zur Verfügung, aus der sich eine Palette von Benzylisochinolinen herstellen lässt.

→ GS

Literatur  
Dueber, J.E. et al. (2015) Nat. Chem. Biol., DOI:10.1038/nchembio.1816



Synthese der Morphin-Vorstufe Reticulin

## Assistent® = Präzision & Vielfalt



**Dosieren leicht gemacht...**  
mit Assistent® Liquid Handling Produkten

Das Dosieren von aggressiven und nicht aggressiven Flüssigkeiten (Säuren, Laugen oder Lösungen) gehört zur Routinearbeit im Labor. Von Assistent® gibt es dazu praxis-erprobte Geräte mit hohem Bedienkomfort – z.B. Flaschendosiergeräte mit verschiedenen Volumina; Kolbenhubpipetten mit Fixvolumen oder variablen Volumina von 5-5000 µl, Handdispenser und Pipettierhilfen.

Detail-Informationen ... erhalten Sie im Internet, im großen Assistent®-Katalog oder direkt bei Ihrem Labor-Fachhändler.

Glaswarenfabrik **Karl Hecht GmbH & Co KG**  
97647 Sondheim/Rhön - Germany  
Telefon (09779) 808-0 - Telefax (09779) 808-88

Es gibt mehrere tausend Präzisions-Instrumente und -Geräte mit dem Markenzeichen Assistent®



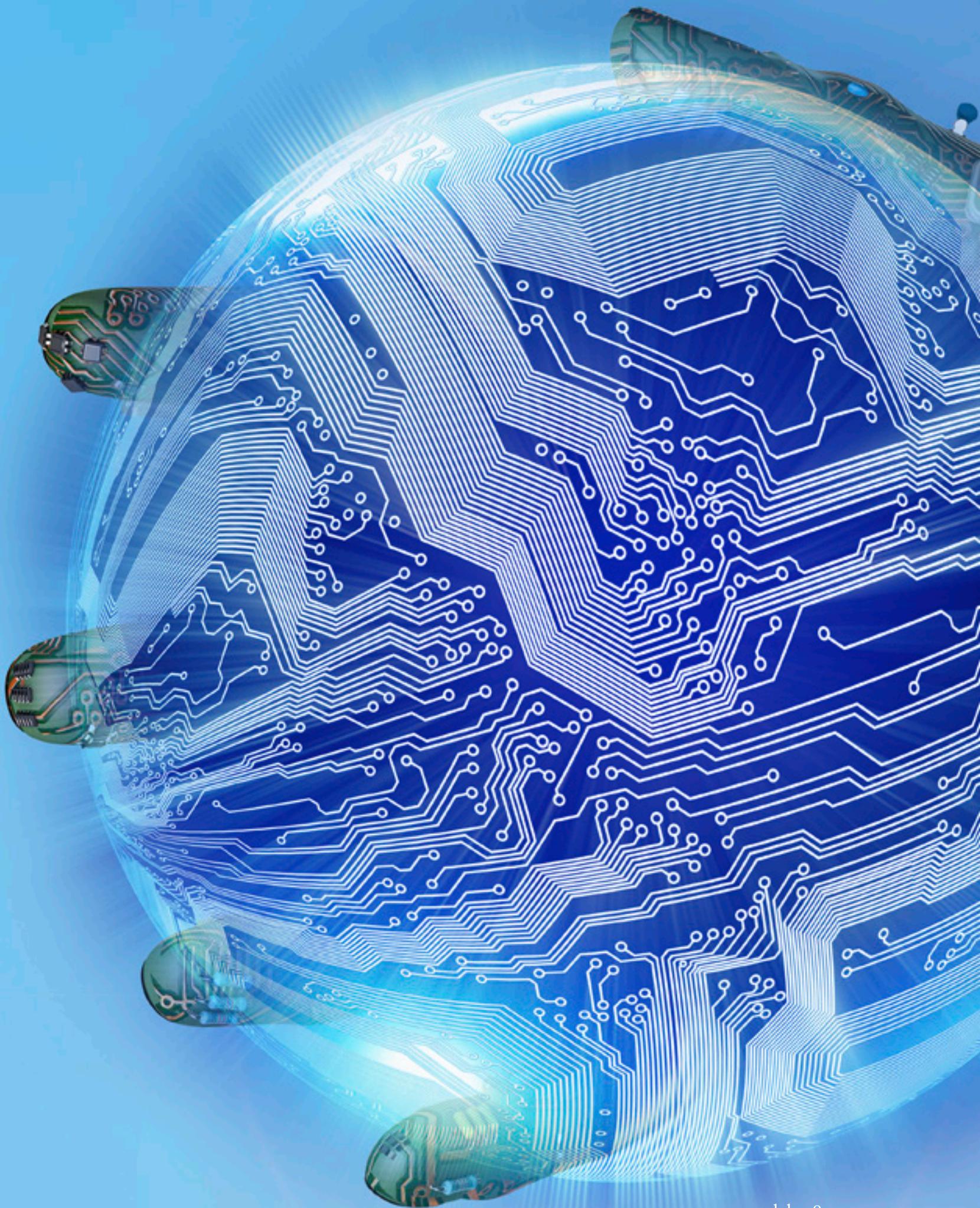
Assistent®-Präzisions-Instrumente & -Geräte für Arzt und Labor  
Niederlassungen in Frankreich, Österreich und in der Schweiz

Alle Assistent®-Produkte im Internet: <http://www.hecht-assistent.de> E-mail: [info@hecht-assistent.de](mailto:info@hecht-assistent.de)

Auf der MEDICA in Düsseldorf (16.-19.11.2015) finden Sie uns in Halle 1, Stand C 26

# mikroelektronik

Chemieforschung in Dresden



# Zukunftsziel „atomare Elektronik“

Möglichkeiten durch die Miniaturisierung der elektronischen Welt

Prof. Dr. Michael Ruck und Prof. Dr. Gotthard Seifert

Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie der Technischen Universität Dresden

**Anorganische Halbleiter sind die Grundlage unserer heutigen Informations- und Kommunikationstechnologie, die unser tägliches Leben in zuvor ungeahntem Ausmaß durchdringt und zunehmend unsere Gesellschaft formt. Noch haben wir nicht die ultimative Grenze der Funktionalität, das atomare Niveau erreicht, aber wir sind auf gutem Wege.**

# mikroelektronik

## Chemieforschung in Dresden



**Michael Ruck**, Jg. 1963, studierte Chemie an der Universität Karlsruhe, wurde 1991 an der Universität Stuttgart promoviert und habilitierte sich 1997 an der Universität Karlsruhe. 2000 wurde er zum Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Dresden berufen. Seit 2010 ist er zudem Max-Planck-Fellow am MPI für Chemische Physik fester Stoffe in Dresden. Seit 2014 ist Michael Ruck Sprecher des DFG-Schwerpunktprogramms 1708 und ab Mitte 2015 Prorektor der TU Dresden.



**Gotthard Seifert**, Jg. 1953, studierte Chemie an der TU Dresden, wurde 1979 promoviert und habilitierte sich 1988 an der TU Dresden. Bis 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter/apl. Professor an der TU Dresden, in den Jahren 1998–2001 an der Universität Paderborn und 2001–2012 Professor für Physikalische Chemie an der TU Dresden. Seit 2012 ist er Professor für Theoretische Chemie an der TU Dresden. Seit 2011 ist Gotthard Seifert Beiratsmitglied des Max Planck Instituts Physik komplexer Systeme in Dresden, seit 2012 Mitglied des DFG-Fachforums Chemie und seit 2013 Beirat im Gerhardt Schmidt Minerva Center.

*Bild: Knut Vietze*

Die Region zwischen Dresden, Freiberg und Chemnitz ist Europas größter Mikroelektronikstandort mit etwa 51.000 Beschäftigten in rund 2.100 Unternehmen. Neben der laufenden Produktion und der Fortentwicklung etablierter Technologien gibt es weit gefächerte Aktivitäten in der Erforschung von neuen Technologieansätzen. Hierbei arbeiten Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen Hand in Hand. An der TU Dresden wurde im Jahr 2012 im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder das „Center for Advancing Electronics Dresden“ (CfAeD) etabliert, in dem sich vor allem die grundlagenorientierte Forschung bündelt, um die Entwicklung neuer Technologien voranzutreiben. Diese Technologien bilden die Grundlage, Schaltungen mit einem hohen Integrationsgrad, hoher Geschwindigkeit, niedrigem Stromverbrauch, hoher Robustheit und Flexibilität bei niedrigem Kosten zu realisieren.

Ein Kernpunkt ist „die“ große Herausforderung der Mikroelektronik des 21. Jahrhunderts: Im Zuge fortschreitender Miniaturisierung stoßen die gegenwärtige CMOS-Technologie ebenso wie das Standardverfahren zur Strukturierung von anorganischen Halbleitermaterialien, die Fotolithografie, an ihre physikalischen Grenzen. Neue Materialien und Verfahren werden benötigt, um Bauelemente und Schaltkreise auf der Nanometerskala – also auf atomarer Längenskala – zu konstruieren. Der Beitrag der experimentellen und theoretischen Chemie zur Bewältigung dieser Herausforderung ist evident, stellt doch die Längenskala am Übergang von Nanostrukturen zu Molekülen eine angestammte Domäne der Chemie dar.

## Verfügbarkeit

In neuerer Zeit wurden vielfältige Ansätze zur Synthese und Charakterisierung von ein- und zweidimensionalen Nanostrukturen als Basis für neue Konzepte in der atomaren Elektronik verfolgt. Für die Arbeiten zu Einzelschichten des Graphits, dem Graphen, wurden A. Geim und K. Novoselov mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Aufbauend auf den umfangreichen Arbeiten an Schichtverbindungen in den 70er- und 80er-Jahren wurden jüngst auch die Einzelschichten von zahlreichen anderen Schichtmaterialien isoliert und untersucht. Dabei sind insbesondere die Metalldichalkogenide (z.B.  $\text{MoS}_2$ ) und auch der schwarze Phosphor zu nennen. Bereits in den 90er-Jahren war es mit der Synthese der Kohlenstoffnanoröhren (carbon nanotubes, CNTs) gelungen, quasi-eindimensionale Nanostrukturen von Schichtverbindungen zu erzeugen und zu untersuchen. Aktuell werden z.B. im Rahmen des CfAeD Transistoren für den Hochfrequenzbereich auf der Basis von CNTs entwickelt. Angeregt durch den Erfolg bei der Herstellung von CNTs wurde die mögliche Existenz von tubularen Nanostrukturen anderer Schichtverbindungen vorhergesagt und ihre Synthese realisiert. Hierfür wurden wiederum Metalldichalkogenide eingesetzt, aber auch das Element Bismut. Die Theorie zeigt dabei die möglichen Existenzbereiche der entsprechenden Nanostrukturen und ihre elektronischen Eigenschaften auf.

Für die gezielte Herstellung derartiger Materialien ist zugleich die Entwicklung neuer präparativer Ansätze unabdingbar. Wir haben uns hier im

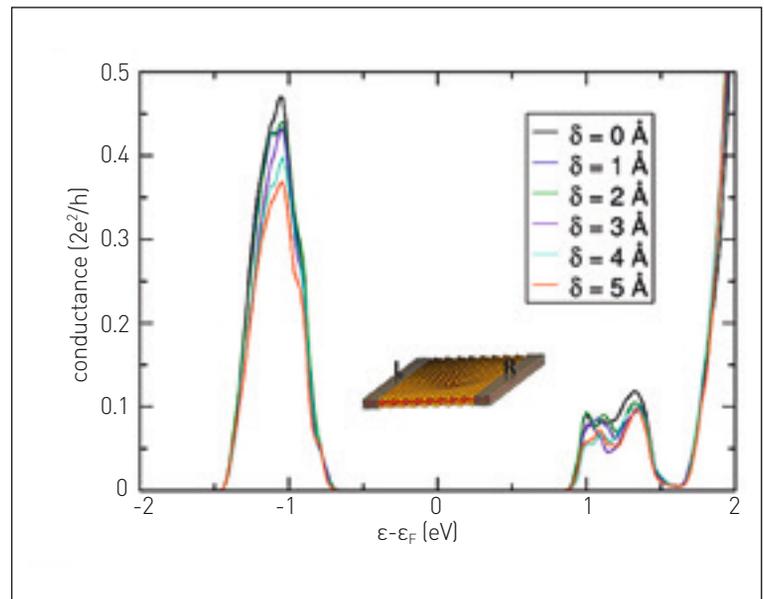
Besonderen den Niedertemperatursynthesen unter Einsatz von Mikrowellenstrahlung sowie der Nutzung von Ionischen Flüssigkeiten als Reaktionsmedien verschrieben. Letztere Aktivitäten führten zur Initiierung des DFG-Schwerpunktprogramms „Materialsynthese nahe Raumtemperatur“ (SPP 1708), das im Jahr 2014 eingerichtet wurde.

### Funktion

Jenseits der Verfügbarkeit hinreichend stabiler (Sub-)Nanometer-Strukturen gilt es, zahlreiche weitere Hürden auf dem Weg zur atomaren Elektronik zu überwinden. Dazu gehören die Limitierung von Defekten, die Beherrschung der Dotierung, die Kontaktierung und die Steuerung des elektronischen Transports auf der Nanometerskala. Das Verständnis des elektronischen Schalt- und Transportverhaltens einzelner Nanostrukturen und deren Kombination zum elektronischen Schaltkreis sind entscheidende Schritte in der Realisierung einer atomaren Elektronik. Dazu bedarf es geeigneter Methoden für eine Multiskalensimulation zur Identifizierung und Optimierung geeigneter molekularer Strukturen für neuartige elektronische Bauelemente, ihre Integration in Schaltkreise und das entsprechende Design dieser Schaltkreise. Hierzu wurden auch in Dresden effiziente Verfahren zur Berechnung der Struktur, Stabilität und Dynamik der elektronischen Eigenschaften von Nanostrukturen sowie des Elektronentransports durch die entsprechenden Bauelemente entwickelt und angewendet.

Mechanische Stabilität und der Einfluss mechanischer Belastungen sind für elektronische Anwendungen im nanoskaligen Bereich außerordentlich wichtig. Durch Simulation der Nanoindentation einer frei stehenden zweidimensionalen MoS<sub>2</sub>-Schicht (Abb. 1) konnten wir beispielsweise zeigen, dass MoS<sub>2</sub> ein robustes Material für eine flexible Elektronik darstellt.

Während nach jahrzehntelanger Optimierung die Kontakte in der siliziumbasierten Elektronik heute kaum noch ein Problem darstellen, spielen sie in der nanoskaligen Elektronik oft eine entscheidendere Rolle als das Halbleitermaterial selbst. Deshalb stellt die Realisierung der optimalen Kontaktierung in elektronischen Nanostrukturen eine große Herausforderung dar. In Abbildung 2 wird gezeigt, wie die Variation des Metalls (Au vs. Ti) durch die unterschiedlichen Bindungseigenschaften des Metalls zum



**Abb. 1** Quantenleitfähigkeit von MoS<sub>2</sub>-Monoschichten. In der Abbildung ist die berechnete Quantenleitfähigkeit (Conductance) als Funktion der Größe der Deformation ( $\delta$ ) der MoS<sub>2</sub>-Monoschichten dargestellt. Die Energie ist relativ zur Fermi-Energie ( $\epsilon_F$ ) angegeben. Es ist deutlich zu erkennen, dass sich selbst bei großen lateralen Auslenkungen (Deformation) der Schicht das elektronische Transportverhalten nur wenig verändert. (Nach T. Lorenz et al., Nanotechnology 25 (2014) 445201.)

Schwefel die Ladungsträgerinjektion vom Kontakt (Metall) in die Halbleiternanostruktur (hier eine Einzelschicht von MoS<sub>2</sub>) entscheidend beeinflusst. Während sich zwischen dem Gold und der MoS<sub>2</sub>-Schicht eine relativ hohe (Schottky-)Barriere aufbaut, können die Elektronen nahezu barrierefrei vom Titan in die Halbleiterschicht eindringen.

Die Eigenschaften der Materie auf der Längenskala von einem Nanometer können sich deutlich von denen im Bereich von 20 Nanometern und darüber unterscheiden. Unter anderem geht die zu übermittelnde Information beim Transport durch einen nur wenige Atome dicken Metalldraht bereits auf kurzen Strecken verloren. Die Kohärenzlänge in einer MoS<sub>2</sub>-basierten Nanostruktur ist kleiner als 20 nm. Hoffnung auf eine Lösung für dieses fundamentale Problem erwächst aus einem jüngst



**KUGEL**  
medical



**IHR SPEZIALIST FÜR LABOR, PATHOLOGIE & HISTOLOGIE**

**MADE IN GERMANY**

[www.KUGEL-medical.de](http://www.KUGEL-medical.de)

# mikroelektronik

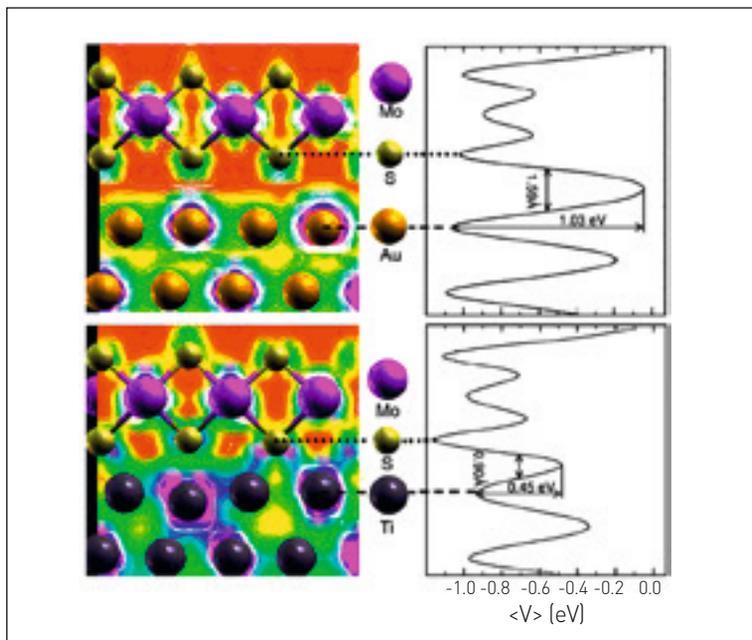
## Chemieforschung in Dresden

entdeckten Quantenzustand der Materie: An der Oberfläche sogenannter topologischer Isolatoren (TIs) existieren besondere metallische Zustände, in denen Spin und Impuls eines Leitungselektrons aneinander gekoppelt und gleichzeitig geschützt sind. Als Folge davon wird die Streuung dieser Elektronen aufgehoben und der Strom- und Spintransport verläuft (nahezu) verlustfrei. Die Stabilisierung kann so stark sein, dass dieser quantenmechanische Effekt sogar bei Raumtemperatur Bestand hat.

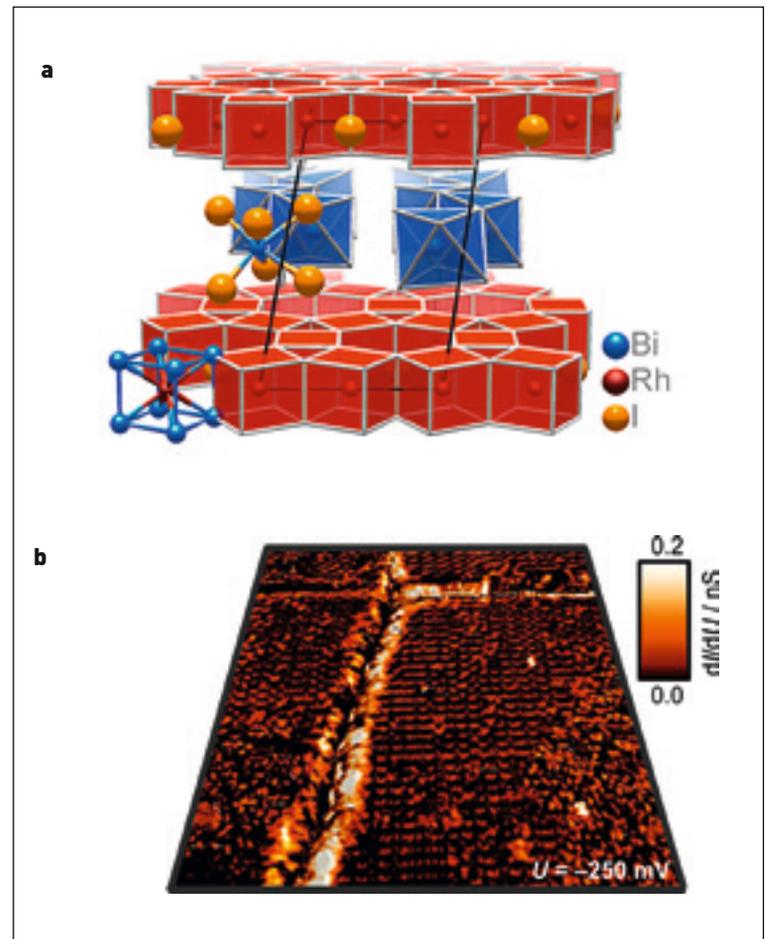
Unglücklicherweise müssen mehrere Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein, damit ein TI vorliegt. Es bedarf einer besonderen elektronischen Struktur, die das Material im Inneren isolierend bzw. halbleitend macht. Die Bandlücke muss zudem durch (möglichst starke) Spin-Bahn-Kopplung entstanden sein, und es müssen bestimmte Symmetrieeigenschaften gelten. Es verwundert daher nicht, dass bis heute die außergewöhnliche Eigenschaft eines TIs nur an sehr wenigen potenziell nutzbaren Materialien experimentell nachgewiesen werden konnte.

Wegen der Notwendigkeit einer starken Spin-Bahn-Kopplung konzentriert man sich bei der Suche auf Verbindungen mit einem hohen Anteil an schweren Elementen. Physikalische Eigenschaften, Toxizität und Handelspreis führen unmittelbar auf Bismut als Element der Wahl. Tatsächlich ist  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  der bisher am intensivsten erforschte TI, wobei die isotrope Ausprägung seiner TI-Eigenschaft Probleme für die Anwendung birgt. Günstiger erscheinen schichtartig aufgebaute Halbleiter, deren topologisch geschützte, elektronisch leitfähige Zustände nur entlang der Schichtkanten auftreten. Letztere bilden dann unmittelbar die gewünschten, nur wenige Atome breiten Leiterbahnen.

Als erstes Material, das all diese Rahmenbedingungen erfüllt, konnten wir  $\text{Bi}_{14}\text{Rh}_3\text{I}_9$  präsentieren. In der Struktur der chemisch recht robusten Verbindung wechseln sich intermetallische Schichten aus Bismut und Rhodium mit salzartigen Schichten aus Bismut und Iod ab (Abb. 3). Durch enge Kooperation von Chemikern und Physikern in Dresden und



**Abb. 2** Elektronenstruktur an der Schnittstelle zwischen einer  $\text{MoS}_2$ -Monoschicht und Gold (Au) bzw. Titan (Ti). Auf der rechten Seite ist das elektrostatische Potential  $\langle V \rangle [z]$  in einer Schnittebene entlang Mo-S-Au/Ti dargestellt. Deutlich ist die breite und hohe Potentialbarriere zwischen Au und S gegenüber der schmalen und deutlich kleineren Barriere zwischen Ti und S zu erkennen. (Nach I. Popov et al., PRL 108 [2012] 156802.)



**Abb. 3** Der topologische Isolator  $\text{Bi}_{14}\text{Rh}_3\text{I}_9$ . a In der Kristallstruktur wechseln sich intermetallische Netze aus rhodiumzentrierten Bismut-Würfeln (rot) mit salzartigen Iodibismutat-Ketten (blau) ab (Nach B. Rasche et al., Nature Mater. 12 [2013] 422.). b Mittels Rastertunnelmikroskopie kann der topologisch geschützte Zustand (helle Bereiche) entlang einer künstlich geschaffenen Stufe auf der Kristalloberfläche sichtbar gemacht werden. (Nach C. Pauly et al., Nature Phys. 11 [2015] 338.)

# SUCCIDIA4T

## & MORE

Marketing Kommunikation – Neue Ideen – Tipps und Chancen für beste Geschäfte

4. Quartal-Ausgabe

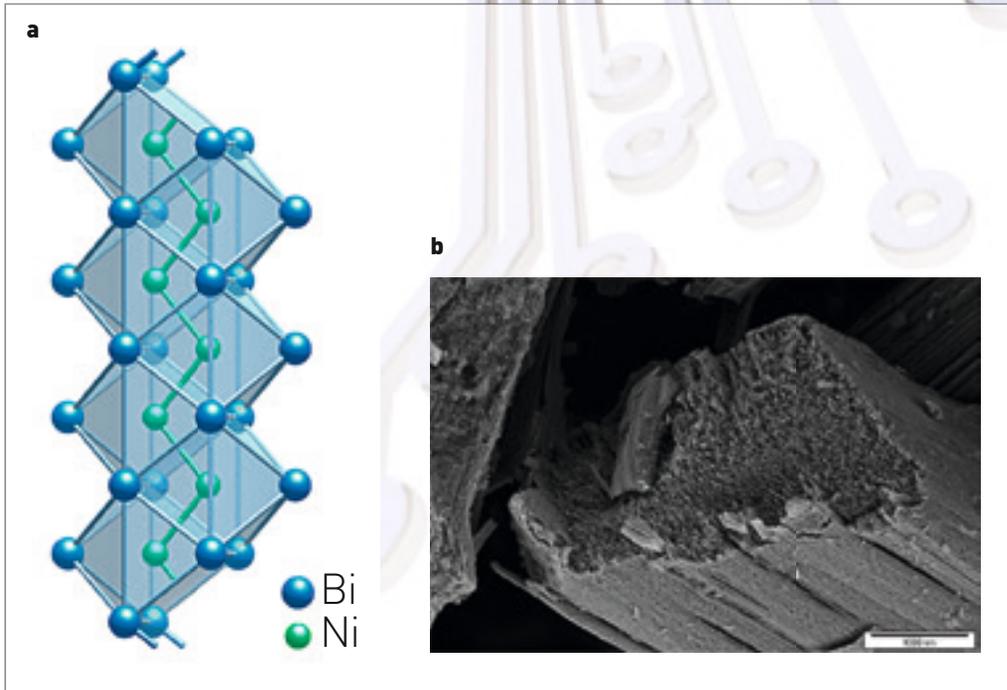
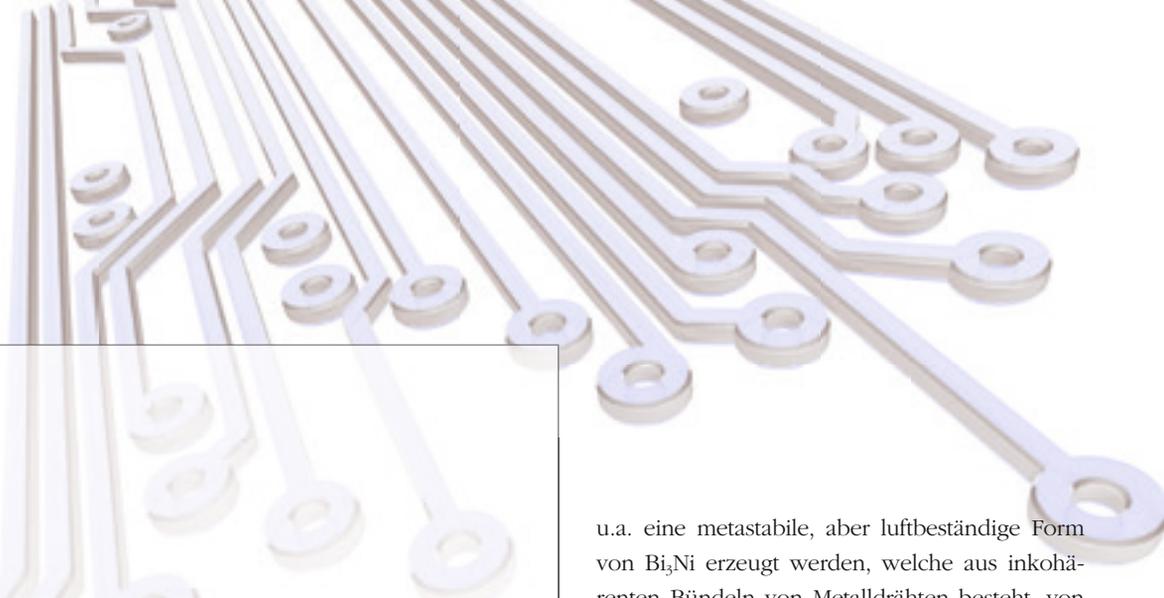
labor&more  
07.15

labor&more  
06.15

# Ohne „M“ geht nix

Geplagte Marketing-Manager wissen es längst – nichts ist so vergänglich wie ein im Herbst noch so optimistisch verabschiedeter Etat. Wenn die Kontrollen ihr Spiel beginnen, sind die ersten Opfer die im Marketing Verantwortlichen. Das ist ganz einfach, man weiß ja sowieso nicht so genau, was bringt

← Die Zeitung für Kunden.



u.a. eine metastabile, aber luftbeständige Form von  $\text{Bi}_3\text{Ni}$  erzeugt werden, welche aus inkohärenten Bündeln von Metalldrähten besteht, von denen jeder nur noch vier Atome im Querschnitt hat (Abb. 4). In diesem unkonventionellen Material koexistieren Ferromagnetismus und Supraleitung, zwei Phänomene, die sich nach klassischer Auffassung gegenseitig ausschließen. Strukturierung auf atomarer Längenskala kann also auch Funktionalität generieren, die im meso- und makroskopischen Bereich unbekannt ist.

### Schlussbemerkung

Die Entwicklung der atomaren Elektronik ist wie auch bei anderen innovativen Forschungsfeldern nur in Kooperation zwischen verschiedenen (Teil-)Disziplinen möglich. Nicht zuletzt dadurch wird es zu einer außerordentlich interessanten und für jeden beteiligten Wissenschaftler fordernden Thematik. Wir dürfen gespannt sein, welche neuen Möglichkeiten aus der weiteren Miniaturisierung der elektronischen Welt im Laufe der nächsten Jahrzehnte erwachsen werden.

→ [michael.ruck@tu-dresden.de](mailto:michael.ruck@tu-dresden.de)  
 → [gotthard.seifert@tu-dresden.de](mailto:gotthard.seifert@tu-dresden.de)

*Bild: istockphoto.com, grandeduc, Henrik5000, Maartje van Caspel*

**Abb. 4**  $\text{Bi}_3\text{Ni}$ -Nanodrähte. a Nur drei Bismutatome und ein Nickelatom bilden den Querschnitt von intermetallischen Fasern, die etwa einen halben Nanometer dick sind. b In amorphem  $\text{Bi}_3\text{Ni}$  liegen diese in parallelen, aber ungeordneten Bündeln vor. Die innere Oberfläche zwischen den Faserbündeln ist für die Koexistenz von Supraleitung und Ferromagnetismus entscheidend. (Nach T. Herrmannsdörfer et al., PRB 83 (2011) 140501.)

Aachen gelang es, an speziell gezüchteten Kristallen die TI-Eigenschaften in aufwändigen Experimenten, die durch quantentheoretische Modellierungen begleitet wurden, zweifelsfrei nachzuweisen. Besonders eindrucksvoll ist die experimentelle Visualisierung der topologisch geschützten Zustände entlang der Kanten der intermetallischen Schichten (Abb. 3).

Die Verbindung  $\text{Bi}_4\text{Rh}_3\text{I}_9$  steht nicht allein, sondern gehört zu einer beachtlich großen Klasse metallreicher Hybridverbindungen, in denen intermetallische (leitende) und salzartige (isolierende) Struktureinheiten nebeneinander vorliegen. Aus einigen lässt sich in sanften heterogenen Reaktionen die Salzkomponente herauslösen, ohne dass die Kristalle zu Pulver zerfallen. So konnte



## ROTATIONSVERDAMPFER RC 600 TÄGLICH EINSATZSTARK

### Fit für den Praktikumsbetrieb:

- **Direkt einsatzbereit:** Zentrale Bedienung aller Funktionen über Folientastatur mit denkbar einfacher Handhabung.
- **Rundum robust:** Konstruktion und Details des Gerätes sind auf intensive Beanspruchung ausgelegt.
- **Kompakt und sicher:** Kabelloses Heizbad mit Ausguss, fixierte Schlauchführung, einfacher Kolbenwechsel.
- **Passend fürs Budget:** Variable System-Pakete inklusive Vakuum und Kühlung stehen zur Auswahl.

[www.knflab.de](http://www.knflab.de)



## Die Künstler unter den Kunststoffen

Design und Synthese neuer funktionaler Polymerarchitekturen

Prof. Dr. Brigitte Voit

Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

**Im Bereich der polymeren Materialien bzw. der Kunststoffe wird schon seit Langem zwischen zwei verschiedenen Klassen unterschieden: den Strukturwerkstoffen und den Funktionspolymeren, die in ihrer Bedeutung in etwa vergleichbar sind mit den Arbeitern und den Künstlern. Zu den einen zählen die Massenkunststoffe wie Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und PVC, aber auch die technischen Kunststoffe wie Polyester und Polyamide. Diese erfüllen ihre Aufgabe maßgeblich dadurch, dass sie eine Form oder ein Bauteil mit bestimmten mechanischen Eigenschaften bilden, ob es nun eine Verpackungsfolie ist oder auch der Kotflügel für ein Auto. Die Klasse der Funktionspolymere ist komplexer, diese müssen eine Funktion erfüllen oder diese in einen Werkstoff einführen, sie agieren dabei entweder als Solisten oder entfalten ihre Wirkung im Konzert mit anderen Werkstoffen.**

re



# funktionspolymere

Funktionspolymere sind oft nicht sichtbar und nicht greifbar, aber enorm wichtig. Sie finden sich in Hygieneprodukten als Stabilisatoren oder Absorbentien, sie verändern die Rheologie, das Aussehen und die Oberflächeneigenschaften von Materialien, sie bringen Funktionen ein wie Komplexfähigkeit, Ionen- und elektrische Leitfähigkeit, oder Bioaktivität. Und wichtig für die Forscher: Für die Entwicklung von Funktionspolymeren kann man noch kreativ sein, kann und muss auch alle Möglichkeiten der Chemie ausnutzen, und Geld und Kosten spielen nicht gleich die ausschlaggebende Rolle, sondern eher der potenzielle Nutzen.

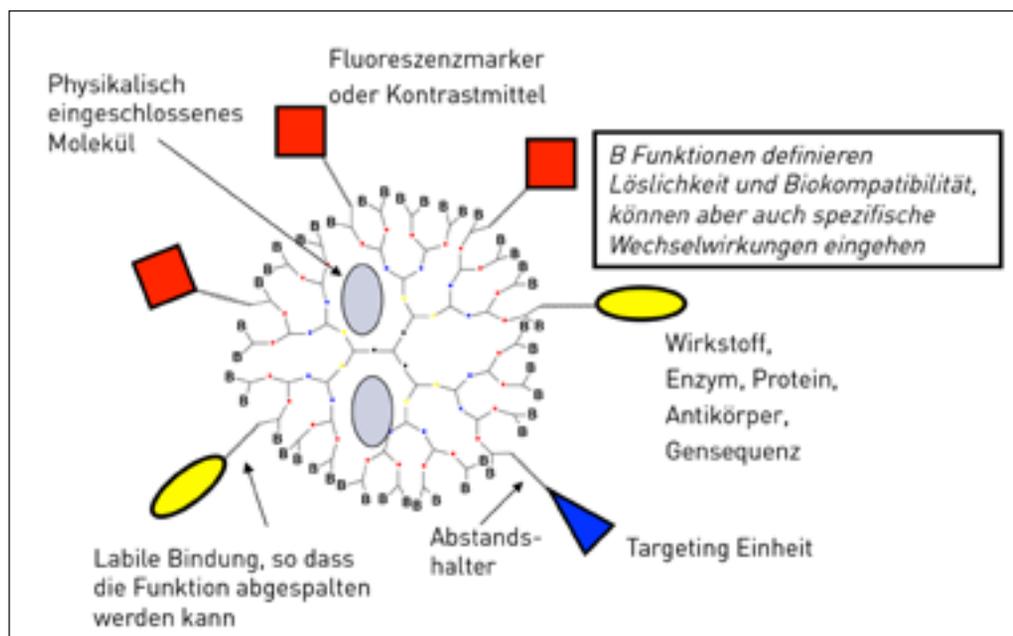
## Multifunktionalität ist gefragt

In aktuellen Forschungsaktivitäten zu polymeren Materialien verschwimmen langsam die Grenzen zwischen Struktur- und Funktionsmaterialien: Kunststoffe müssen nun „multifunktional“ sein, eine Eigenschaft alleine ist nicht mehr ausreichend. Ein Hochleistungsverbundwerkstoff für den Einsatz im Flugzeugbau soll natürlich optimale mechanische Eigenschaften besitzen, aber gleichzeitig eine Sensorfunktion eingebaut haben, sodass online erkannt wird, ob eine Schädigung erfolgt (structural health monitoring); Lacke sollen nicht nur ihre klassische Schutzfunktion erfüllen und Kratzfestigkeit aufweisen, sie müssen auch schmutzabweisend sein und am besten „selbstheilend“. Ein Implantatmaterial soll nicht nur – temporär – einen Knochen ersetzen, sondern soll aktiv mit dem Gewebe wechselwirken, das richtige Zellwach-

tum induzieren, Entzündungen aktiv bekämpfen und sich genau zur richtigen Zeit wieder vollständig in biologische Komponenten abbauen.

Themen gerade dieser Art prägen die aktuellen Forschungsschwerpunkte des Leibniz-Instituts für Polymerforschung Dresden e.V., einer außeruniversitären Forschungseinrichtung, die als Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft eine sehr enge Beziehung zur Technischen Universität Dresden unterhält und aktiver Partner im sogenannten DRESDEN concept ist. Mit seinen fünf gemeinsamen Professuren mit der TU Dresden – Organische Chemie der Polymere (Makromolekulare Chemie), Physikalische Chemie und Physik der Polymere, Biofunktionelle Polymermaterialien (alle angesiedelt in der Fakultät Mat/Nat, Fachrichtung Chemie und Lebensmittelchemie), Polymerwerkstoffe (Fakultät Maschinenwesen, Werkstoffwissenschaft) und Theorie der Polymere (Fakultät Mat/Nat, Fachrichtung Physik) –, die auch den fünf einzelnen IPF-Instituten entsprechen, ist das Institut ideal aufgestellt, gerade Funktionalität und Materialeigenschaften zu verknüpfen.

Im Arbeitskreis von Frau Prof. Brigitte Voit und somit im IPF-Institut Makromolekulare Chemie, das sich mit dem Design und der Synthese von „multifunktionalen“ Polymerarchitekturen beschäftigt, liegt der Schwerpunkt auf den Funktionspolymeren als „Solisten“, Polymeren also, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaft eine Funktion alleine erfüllen und nicht im Verbund mit Strukturpolymeren. Im Folgenden sollen aktuelle Arbeitsschwerpunkte an drei konkreten Beispielen verdeutlicht werden.

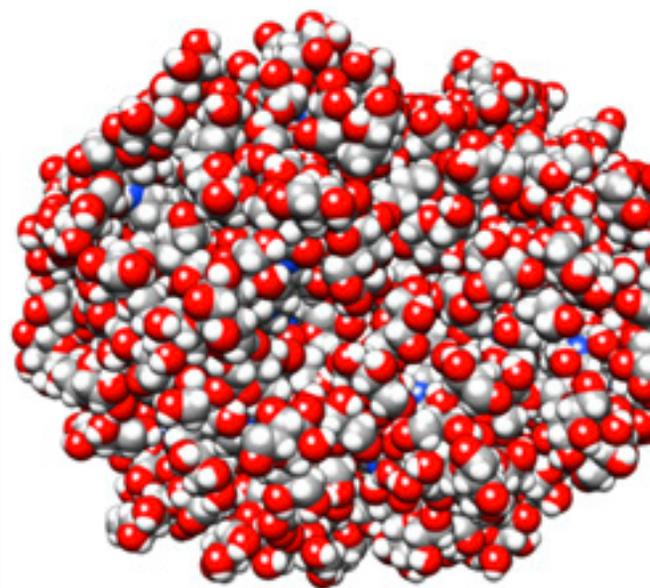


**Abb. 1** Schematische Darstellung eines multifunktionalen Dendrimermoleküls als potenzieller Wirkstoffträger

## Glycodendrimere – Wege ins Gehirn <sup>[1]</sup>

Dendrimere sind baumartig verzweigte, große (polymere) organische Moleküle, die sich im Gegensatz zu den üblicherweise linearen Polymerketten durch eine globulare Struktur und eine hohe Anzahl an funktionellen Endgruppen auszeichnen (Abb. 1). Über gezielte Variation dieser Funktionsgruppen kann Multifunktionalität in ein einzelnes, nanoskaliges (3–10 nm) Makromolekül eingebracht werden, die globulare Struktur erlaubt zudem den Einschluss von kleineren Molekülen wie z.B. Wirkstoffen. Eine Modifizierung der Dendrimeren in der äußeren Hülle durch Zuckereinheiten, sogenannte Oligosaccharide – was in Glycodendrimeren resultiert (Abb. 2: Beispiel eines Polypropylenimin-Glycodendrimeren) –, erlaubt auf der einen Seite eine gute Wasserlöslichkeit, erhöht aber gleichzeitig auch signifikant die Bioverträglichkeit und kann für spezifische Biowechselwirkungen ausgenutzt werden.

Im AK Voit unter der Leitung von Dr. Dietmar Appelhans werden solche Glycodendrimere realisiert, in der chemischen Struktur optimiert und mit Partnern wie z.B. der Gruppe von Frau Professor Barbara Klajnert-Maculewicz an der Universität Lodz bezüglich der biomedizinischen Anwendung getestet. Kürzlich ist es gelungen zu zeigen, dass diese spezifischen, multifunktionalen Polymerarchitekturen nicht nur eine ausgezeichnete Zell- und Blutverträglichkeit aufweisen, sondern auch die wichtige



**Abb. 2** Molecular Modelling eines Polypropylen-Dendrimeren der 5. Generation mit einer dichten Oligosaccharid-Schale (Molmasse: ~ 70.000 g/mol; Durchmesser: 6,4 nm; rot: Sauerstoffatome, weiß: Wasserstoffatome, grau: Kohlenstoffatome, blau: Stickstoffatome). Die Computersimulation wurde von Marek Maly (University of J.E. Purkinje, Ústí nad Labem, Czech Republic) durchgeführt.



**Frau Prof. Brigitte Voit in einem Syntheselabor am IPF Dresden. Der Kolben links enthält eine Lösung eines Monomeren, das nach Polymerisation in ein halbleitendes Polymer (als Lösung im Kolben rechts) überführt wurde. Die Veränderung der Farbe der Lösungen ist ein Zeichen für die Erhöhung der Ladungskonjugation, also des Erreichens einer Leitfähigkeit im Material beim Übergang von Monomer zu Polymer.**

**Brigitte Voit**, Jg. 1963, studierte Chemie an der Universität Bayreuth, wo sie 1990 promovierte. 1991/1992 arbeitete sie als Postdoktorandin bei Eastman Kodak in Rochester, USA an hochverzweigten Polyestern. Ihre Habilitation legte sie 1996 an der TU München zum Thema „Dendritische Polymere“ ab. Im August 1997 übernahm sie die Leitung des Institutes Makromolekulare Chemie im Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. (IPF Dresden) und wurde gleichzeitig auf eine C4/W3-Professur für „Organische Chemie der Polymere“ an der TU Dresden berufen. Im September 2002 wurde sie zudem zur Wissenschaftlichen Direktorin des IPF Dresden bestellt, eine Position, die sie weiterhin wahrnimmt. Das IPF Dresden ist ein der anwendungsorientierten Grundlagenforschung verpflichtetes, außeruniversitäres Forschungsinstitut der Leibniz-Gemeinschaft und zählt mit über 450 Mitarbeitern zu einer der größten Polymer-

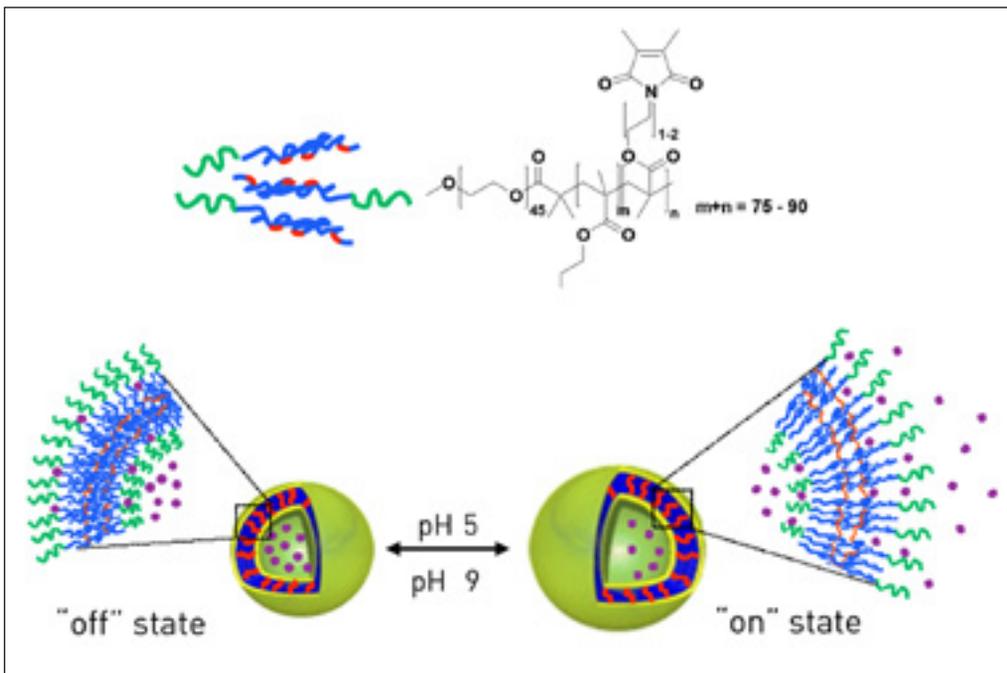
Forschungseinrichtungen in Deutschland. Durch ihre Mitwirkung am „European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden“ (ECEMP), dem „Centre for Regenerative Therapies Dresden“ (CRTD), dem Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed) und der „Dresden International Graduate School for Biomedicine and Bioengineering“ (DIGS-BB) bildet sie die enge Kooperation mit der TU Dresden im „DRESDEN concept“ ab. Für die Jahre 2014 und 2015 wurde Frau Prof. Voit zur Präsidentin der European Polymer Federation gewählt. Der Arbeitsschwerpunkt von Frau Prof. Voit liegt auf der Synthese verschiedener multifunktionaler Polymerarchitekturen für die Anwendung in der Biomedizin und Biotechnologie, in Mikrosystemen und der Sensorik, in der organischen Elektronik, aber auch in Beschichtungen und als Additive.

Blut-Hirn-Schranke überwinden können [2]. Dies ist notwendig, wenn man Therapeutika für sogenannte neurodegenerative Erkrankungen wie Alzheimer entwickeln möchte. In In-vitro-Experimenten wurden die Wechselwirkungen mit essenziellen Peptiden und Proteinen für Alzheimer und Prionerkrankungen untersucht und erkannt, dass unter bestimmten Bedingungen PPI-Glycodendrimere die Plaque-Bildung ver-

hindern, also die Bildung von großen, toxischen Peptid-/Protein-Aggregaten. In allerersten Tierversuchen in Kooperation mit einer Forschergruppe aus Barcelona konnte zudem nachgewiesen werden, dass sich bei an Alzheimer erkrankten Mäusen nach intranasaler Verabreichung einer gewissen Menge an Glycodendrimern die kognitiven Fähigkeiten wieder verbessern. Glycodendrimere sind sicher nicht

kurzfristig ein Therapeutikum für Alzheimer und andere neurodegenerative Erkrankungen, aber mit ihrer Hilfe gelingt es, wichtige biologische Interaktionen von Peptiden/Proteinen im Gehirn zu verstehen und Designhinweise für potenzielle Therapeutika zu liefern, die auch die Blut-Hirn-Barriere überwinden können.

# funktionspolymere



**Abb. 3** Chemische Struktur eines amphiphilen Blockcopolymeren und schematische Darstellung der nach Selbstassemblierung und UV-Vernetzung resultierenden pH-responsiven Polymersomen: Je nach pH-Wert quillt oder entquillt die Polymer-Doppelschichtmembran, welche die Hülle des Vesikels darstellt. Nur im gequollenen Zustand können Wirkstoffe durch die Membran diffundieren und freigesetzt werden.

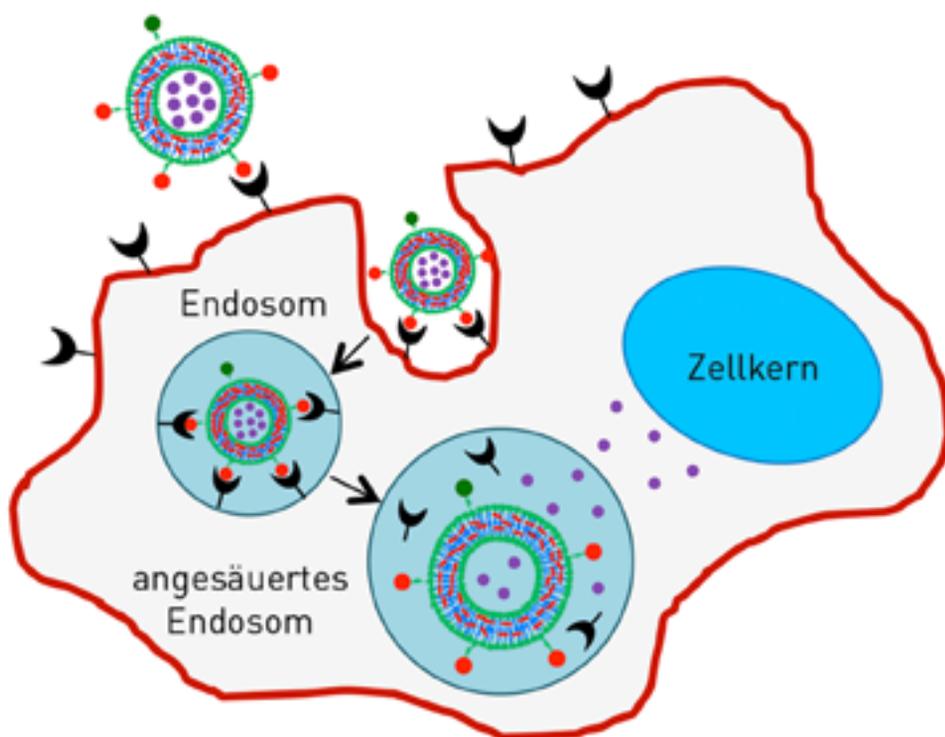
some amphiphile Blockcopolymeren im Labor synthetisiert. Durch korrekte Einstellung der Blocklängen und deren Polarität mittels kontrollierter Synthesemethoden wie der ATRP (Atom Transfer Radical Polymerisation) können diese Polymermoleküle in Vesikel selbstorganisieren (Abb. 3).

Der Schwerpunkt in den Arbeiten des AK Voit liegt nun darauf, die Polymersome „responsiv“ zu machen, d.h., eine Veränderung der Polymersomeigenschaften durch einen äußeren Stimulus zu induzieren. Konkret sollte es möglich sein, die Durchlässigkeit der Vesikelmembran, die durch die Blockcopolymeren gebildet wird, pH-abhängig zu schalten, von einem „off-state“ in einen „on-state“, in dem eine Diffusion von kleinen Molekülen durch die Vesikelmembran möglich wird (Abb. 3). Durch eine photochemische Vernetzung und somit Stabilisierung der Polymersome-Membran gleich nach der Selbstassemblierung gelingt es, diesen Schaltprozess reversibel zu gestalten und somit polymere Nanoreaktoren zu erzeugen. Durch Optimierung der chemischen Zusammensetzung und gezielte Einführung von funktionellen Gruppen wie z.B. Targeting-Einheiten in die Blockcopolymeren können diese Polymersome als pH-sensitive Drug Carrier eingesetzt werden, die nach Aufnahme in die Krebszellen, in denen ein leicht saures Milieu herrscht, den Wirkstoff gezielt freisetzen (Abb. 4) [4].

Diese sehr robusten nanoskaligen Kapseln (100–150 nm Durchmesser) können aber auch in der Biotechnologie für enzymatische Reaktionen eingesetzt werden. Enzyme können in den Polymersomen verkapselt werden, was sehr deutlich die Langzeitaktivität der Enzyme erhöht. Durch gezielte Einstellung des pH-Wertes kann die Enzymreaktion gestartet, aber auch wieder gestoppt werden. Auch Kaskadenreaktionen sind möglich, die den Einsatz von mehreren Enzymen erfordern (Abb. 5) [5].

## Leitfähige Polymere – die Basis für kostengünstige und flexible Elektronik

In den letzten Jahren haben sich die Kommunikationstechniken stark verändert. Heutzutage ist alles und jeder zu jeder Zeit online, ungeheure Datenmengen werden in kürzester Zeit verarbeitet und übertragen. Auch Maschinen und Technologien „kommunizieren“ drahtlos und werden elektronisch überwacht. Neben der hochintegrierten siliziumbasierten Mikroelektronik, die eine immer schnellere und effizientere Prozessierung von Daten auf kleinstem Raum erlaubt, entwickelt sich gerade die sogenannte „Consumer-Elektronik“ rasant in Form

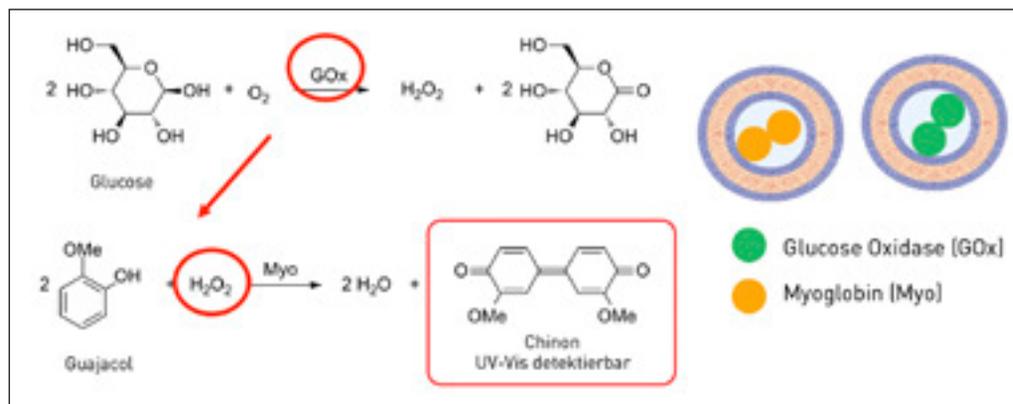


**Abb. 4** Photovernetztes und pH-sensitives Polymersom, beladen mit einem Antikrebswirkstoff und ausgestattet mit Targeting-Einheiten, die an die Zelloberflächen von Krebszellen binden. Endosomalere Einschuss der Polymersome in die Zelle und Freisetzung des Wirkstoffes in saurer Umgebung.

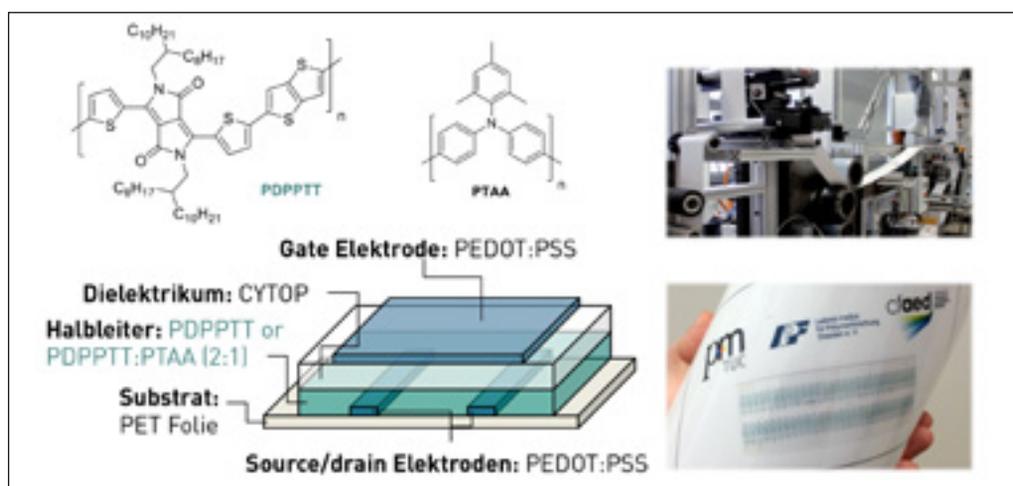
## Polymersome – auf dem Weg zur künstlichen Zelle<sup>[3]</sup>

Weitere nanoskalige Objekte, die eine wichtige Rolle in den Arbeiten des AK Voit spielen, sind sogenannte „Polymersome“, polymere Analoga

von Liposomen, die als Container und Kompartimente essenzielle Funktionen in den Zellen übernehmen. Während Liposome durch auf Fettsäure basierenden, natürlichen amphiphilen Molekülen gebildet werden, werden für Polymer-



**Abb. 5** Polymersome als pH-sensitive Nanoreaktoren für Enzymkaskadenreaktionen im Eintopfverfahren: Zwei Enzyme, Glucoseoxidase (GOx) und Myoglobin (Myo), werden separat in Polymersome eingekapselt und zusammen mit Glucose und Guajacol bei pH 8 in ein Reaktionsgefäß gegeben. Glucose wird durch GOx, das in ein Polymersom eingeschlossen ist, zu Wasserstoffperoxid und einem Glucosederivat umgesetzt. Im Folgenden kann dann Guajacol mit Wasserstoffperoxid mittels Myoglobin zu einem Farbstoff (Chinon) umgesetzt werden. Die Reaktion zum Farbstoff wird nur detektiert, wenn das Reaktionsmedium auf pH 6 eingestellt wird und die Polymersom-Membran quillt. Bei Rückkehr zu pH 8 stoppt die Enzymkaskadenreaktion.



**Abb. 6** Schematische Darstellung eines rein polymerbasierten Organischen Feld-Effekt-Transistors (OFETs) mit den chemischen Strukturformeln des verwendeten neu entwickelten Blendsystems aus polymeren Halbleitern. Die OFETs wurden in einem klassischen Druckverfahren (rechts oben) in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Prof. Hübler [TU Chemnitz, Lehrstuhl Printmedientechnik] und dem Exzellenzcluster cfaed [TU Dresden] auf eine flexible PET-Folie aufgebracht (rechts unten). CYTOP: kommerzielles fluorhaltiges Polymer, PEDOT:PSS: kommerzielles leitfähiges Polymer Poly-3,4-ethylen-dioxythiophen (dotiert mit Natrium-Polystyrolsulfonat), PET: Polyethylenterephthalat

von Smart Phones, Smart Watches, Tablets, Smart Textiles bis hin zum intelligenten Kühlschrank und unzähligen elektronischen RFID-Tags für inzwischen nahezu alle Waren. Eine wichtige Entwicklung ist in diesem Zusammenhang die sogenannte „organische“ oder auch flexible oder gedruckte Elektronik. Diese basiert nicht auf dem typischen hochkristallinen Silizium als Halbleiter, sondern verwendet organische kleine, aber auch zunehmend polymere Moleküle als Halbleiter, und findet Einsatz zur Herstellung von organischen Feldeffekttransistoren (OFETs), die kostengünstige Basis für die oben genannten Consumer Elektronik und die drahtlose Kommunikation, aber auch für die

Organische Photovoltaik (OPV) und Organische Leuchtdioden (OLEDs). Ganz wesentliche Elemente der organischen Elektronik sind die deutlich kostengünstigeren Herstellungsverfahren wie z.B. ein einfaches Druckverfahren sowie die große Freiheit in Gestaltung und Anwendung durch die Verwendung von flexiblen Substraten. Polymere Halbleiter zeigen gerade in den Möglichkeiten der Nutzung von kostengünstigen Druckverfahren und der Erzeugung von stabilen, flexiblen dünnen Schichten großes Potenzial, müssen aber für hochwertige Anwendungen mit hohen Schaltzeiten und schneller Datenübertragung in ihren Halbleitereigenschaften, aber auch der Lebensdauer verbessert werden.

Im AK Voit unter Leitung von Dr. Anton Kiriy liegt ein Schwerpunkt auf Design und Herstellung von neuen, sehr gut prozessierbaren polymeren Halbleitern mit deutlich erhöhter Ladungsmobilität bei gleichzeitig guter Licht- und Luftstabilität und unter Nutzung hoch-effizienter Synthesemethoden [6]. Neben der Synthese der neuen Polymere werden physikalische Phänomene wie der Einfluss der Anordnung der Polymermoleküle im Film und damit der Prozessbedingungen auf die Mobilität der Ladungsträger untersucht. Kürzlich konnten mit Partnern in den USA (Prof. Facchetti, Polyera) [7], an der TU Chemnitz und dem Exzellenzcluster Advancing Electronics Dresden (cfaed) an der TU Dresden OFETs mit ausgezeichneten Ladungsträgerbeweglichkeiten und damit sehr guten Taktzeiten gedruckt werden, die ausschließlich aus polymeren Materialien bestehen – vom flexiblen PET-Substrat über den kommerziell erhältlichen polymeren Leiter PEDOT:PSS als Elektrode, den neu entwickelten polymeren Halbleiter PDPPTT bis hin zum polymeren Dielektrikum (Abb. 6).

Diese Beispiele sollen verdeutlichen, wie wichtig es auch heute noch ist, gerade auch für die weitere Entwicklung von nachhaltigen Zukunftstechnologien und Fortschritten in biomedizinischen Fragestellungen und Therapien neue Polymerstrukturen zu entwickeln und synthetisch zu realisieren. Allerdings müssen diese Polymere genau auf ihre Funktion und Anwendung hin konzipiert und optimiert werden. Dies erfordert eine sehr enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der Polymerchemiker mit Physikern und Ingenieuren, aber insbesondere auch den anwendungsnahen Disziplinen wie Medizin oder Informationstechnologie.

→ [voit@ipfdd.de](mailto:voit@ipfdd.de)

#### Literatur

- [1] Appelbans, D., Klajnert-Maculewicz, B., Janaszewska, A., Lazniewskab, J., Voit, B. (2015) *Chem. Soc. Rev.* 44, 3968–3996
- [2] Janaszewska, A., Ziemba, B., Ciepluch, K., Appelbans, D., Voit, B., Klajnert, B., Bryszewska, M., (2012) *New Journal of Chemistry* 36, 350–353
- [3] Huang, X. & Voit, B. (2013) *Polymer Chemistry* 4, 435–443; Gaitzsch, J., Huang, X., Voit, B., *Chem. Rev.* 2015, in print
- [4] Yassin, M. A., Appelbans, D., Wiedemuth, R., Formanek, P., Boye, S., Lederer, A., Temme, A., Voit, B., (2015) *Small* 13, 1580–1591
- [5] Gräfe, D., Gaitzsch, J., Appelbans, D., Voit, B. (2014) *Nanoscale* 6, 10752–10761
- [6] Senkowsky, V., Sommer, M., Tkachov, R., Komber, H., Heuken, M., Voit, B., Huck, W. T. S., Petr, A., Kiriy, A., (2011) *J. Am. Chem. Soc.* 133, 19966–19970; Tkachov, R., Senkowsky, V., Beryozkina, T., Boyko, K. A., Bakulev, V., Lederer, A., Sabre, K., Voit, B., Kiriy, A., (2014) *Angew. Chem.* 126, 2434–2439
- [7] Karpov, E., Zhao, W., Raguzin, I., Beryozkina, T., Bakulev, V., Al-Husseini, M., Häußler, L., Stamm, M., Voit, B., Facchetti, A., Tkachov, R., Kiriy, A., (2015) *ACS Applied Materials & Interfaces* 7, 12478–12487; Schmidt, G. C., Hofst, D., Haase, K., Hübler, A. C., Karpov, E., Tkachov, R., Stamm, M., Kiriy, A., Haidu, F., Zabn, D. R. T., Yan, H., Facchetti, A., (2014) *J. Mater. Chem. C* 2, 5149

Bild: © istockphoto.com, RapidEye

# weingeist&more

## Die Niederkunft flüchtiger Geister

### Aromen des Odenwalds

Prof. Dr. Jürgen Brickmann &  
Prof. Dr. Paul G. Layer

**Wo ist er wohl zum ersten Mal vom Himmel herab gefahren, der Geist? Nein, nicht der Heilige, obwohl auch der hier gemeinte immer zu Ritualen, zu Festen, zum Rausch, zur Verrückung (in andere Welten) und Entzückung, zum Mystischen, also doch zum Heiligen, wesentlich beigetragen hat, und der heute vielen sinnverlustigen Menschen wohl zu einem ihrer letzten heiligen Refugien geworden ist, nachdem sie mit dem trinitarischen Geist nicht mehr viel anfangen können. Wir reden vom Weingeist, und wie man ihn in hoher Qualität in Flaschen bringt.**

#### Zur Urgeschichte vom Hochprozentigen

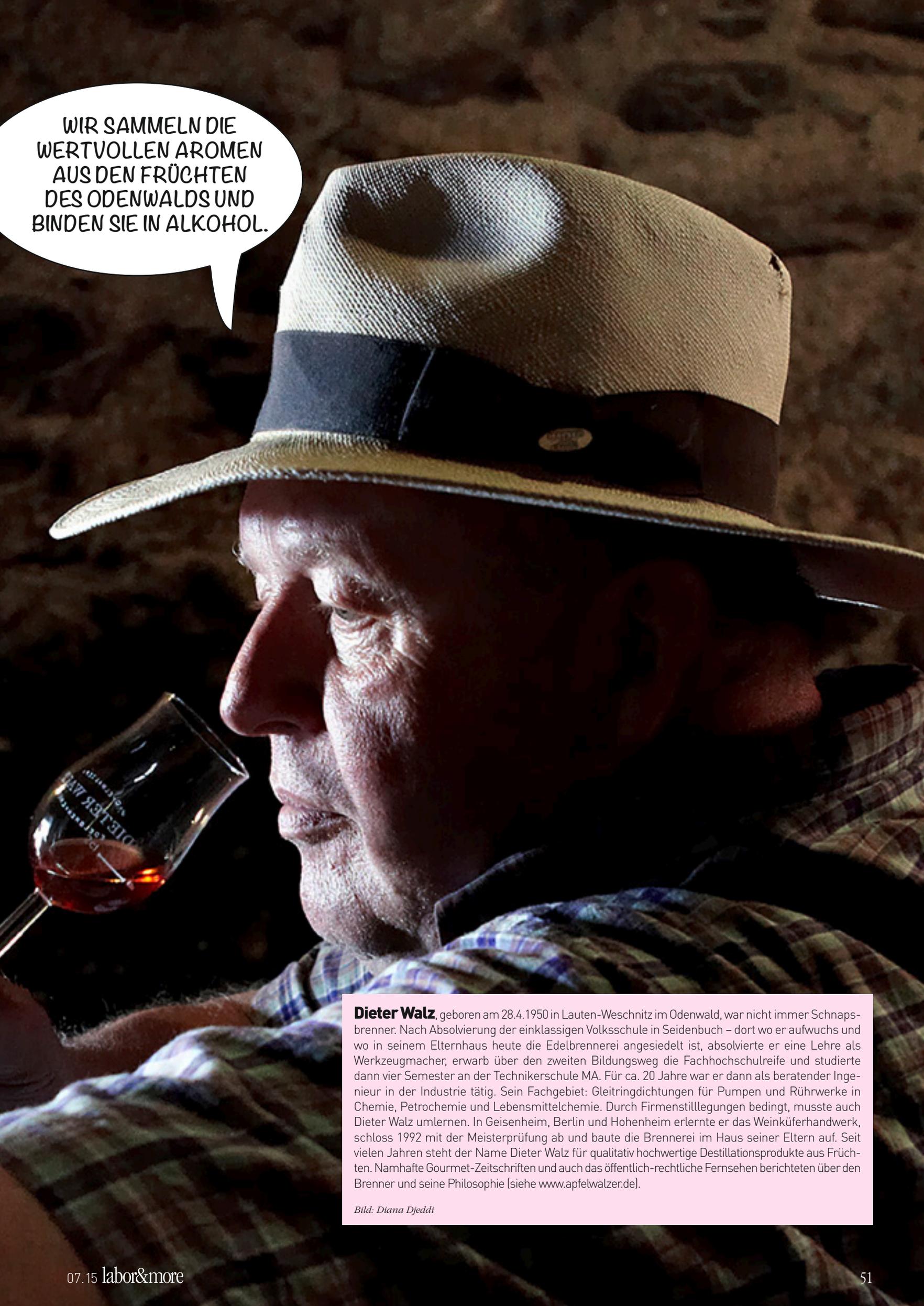
Um herauszufinden, seit wann es hochprozentige alkoholische Getränke gibt, landet an im Sagenhaften. Es kursieren Geschichten, nach denen sich Kamele am vergorenen Dattelsaft, den sie in schattigen Palmenhainen aus Pfützen genüsslich schlürften, besoffen haben sollen? Die alkoholische Gärung ist ein Naturprozess, der vom Menschen nicht erfunden, sondern nur entdeckt werden musste. Vielleicht hat sie der Frühmensch einfach den Tieren abgeschaut, auch heutige Topftechnik ist ja oft nichts anderes als Bionik. Diesen Prozess selbst in die Hand zu nehmen und zu optimieren, ist dem frühen Menschen sicherlich leicht gefallen: schon immer haben Sex, Drugs und Rock 'n Roll die Welt bewegt. Man darf demnach annehmen, dass die Verwendung von Alkohol als Rauschmittel auf frühsteinzeitliche Zeiten zurückgeht. Von den Ursprüngen von Wein und Bier wissen wir Genaueres: deren Herstellung und Genuss sind uns aus ägyptischen Quellen aus dem dritten Jahrtausend v. Chr. verlässlich bestätigt. Im ersten Buch Mose im Alten Testament wird von Noahs Weinberg berichtet, den er als Erstes nach der Sintflut gepflanzt haben soll. Aber wann hat der Mensch die Herstellung von hochprozentigem Alkohol aus Wein oder vergorenen Früchten erlernt, wann wurde die Brennkunst erfunden? Wo ist er wohl, der soeben erkaltete Geist, zum ersten Mal vom Deckel eines irdenen Gefäßes, in dem ein keltischer Schamane oder ein sume-

rischer Priester seinen wunderheilenden Sud aufkochte, einem in Schmerzen verkrümmten Menschlein auf seine eiternde Wunde, gar seine höllisch schmerzenden Zähne getropfelt und hat ihm unerwartete Linderung verschafft? Wir wissen es nicht. Doch auch diese Kunst muss – so vermuten wir – weit in prähistorische Zeiten zurückreichen.

#### Alkohol – nur ein Genussmittel?

Wenn der Ursprung der Destillationskunst aber tatsächlich (erst) im islamischen Raum und Zeiten liegt – wie uns berichtet wird –, so dürften wir annehmen, dass das gebrannte Destillat zunächst als Heilmittel (Desinfektion, Anästhesie, Schmerzlinderung, etc.), evtl. auch als Basis zur Herstellung von Parfums und Kosmetika eingesetzt wurde. Es sei mit Sternchen aber doch angemerkt, dass Muhammads strenge Regeln hin und wieder hintergangen wurden, weil der Name Alkohol aus dem Arabischen „al khul“ abgeleitet so viel heißt wie „etwas Feines“, was doch auf heimliche Verkostung des „Feinen“, also Verführung von Geschmacksknospen hindeuten könnte. Die Mauren sollen jedenfalls eine Brenntechnik nach Spanien gebracht haben, wo sie in Klöstern schnell aufgegriffen wurde.

Albertus Magnus (1193–1280) hat sich nicht nur als Bischof von Regensburg betätigt, sondern sich auch alchemistisch intensiv mit der Weindestillation befasst. Ab dieser Zeit haben sich die Brenntechnik, und mit ihr die Brände, schnell über ganz Europa verbreitet, nicht zuletzt als hoffnungsvolle Mittel gegen die grassierende Pest. Erst Paracelsus (1493–1541) führte den Begriff Alkohol als *alcohol vini* für den Weingeist, bzw. die Essenz des Weines, hierzulande ein. Der hochkonzentrierte Alkohol war nicht nur als Heilmittel von großem Interesse, sondern mehr und mehr auch, weil man mit dem Brennen einen Weg zur Verwertung von Obst und dessen Konservierung gefunden hatte. Denn Obst verdirbt bekanntlich schnell; aber auch Weine, besonders auch der als Alltagsgetränk auf dem Land weit verbreitete Apfelwein (Cidre, etc.) ist nur begrenzte Zeit haltbar (schon nach einem Winter wird er meist durch Essigsäurebildung ungenießbar).



WIR SAMMELN DIE  
WERTVOLLEN AROMEN  
AUS DEN FRÜCHTEN  
DES ODENWALDS UND  
BINDEN SIE IN ALKOHOLO.

**Dieter Walz**, geboren am 28.4.1950 in Lauten-Weschnitz im Odenwald, war nicht immer Schnapsbrenner. Nach Absolvierung der einklassigen Volksschule in Seidenbuch – dort wo er aufwuchs und wo in seinem Elternhaus heute die Edelbrennerei angesiedelt ist, absolvierte er eine Lehre als Werkzeugmacher, erwarb über den zweiten Bildungsweg die Fachhochschulreife und studierte dann vier Semester an der Technikerschule MA. Für ca. 20 Jahre war er dann als beratender Ingenieur in der Industrie tätig. Sein Fachgebiet: Gleitringdichtungen für Pumpen und Rührwerke in Chemie, Petrochemie und Lebensmittelchemie. Durch Firmenstilllegungen bedingt, musste auch Dieter Walz umlernen. In Geisenheim, Berlin und Hohenheim erlernte er das Weinküferhandwerk, schloss 1992 mit der Meisterprüfung ab und baute die Brennerei im Haus seiner Eltern auf. Seit vielen Jahren steht der Name Dieter Walz für qualitativ hochwertige Destillationsprodukte aus Früchten. Namhafte Gourmet-Zeitschriften und auch das öffentlich-rechtliche Fernsehen berichteten über den Brenner und seine Philosophie (siehe [www.apfelwalzer.de](http://www.apfelwalzer.de)).

*Bild: Diana Djeddi*

# weingeist&more

Wenn man aus ihnen (rechtzeitig) aber einen Brand herstellt, so sind diese Spirituosen – bei richtiger Handhabung – als hochpreisige Produkte nahezu unbegrenzt über viele Jahrzehnte haltbar. Bekanntlich waren zu Kriegszeiten Alkoholika jeglicher Art auf dem Schwarzmarkt immer gängige Währungen.

## Die Kunst des Brennens

Was steckt nun hinter der Technik der Alkoholdestillation, dem „Brennen“. Es handelt sich dabei um die – mehr oder weniger vollständige – Abtrennung des Alkohols und anderer flüchtiger Aromastoffe aus alkoholischen Flüssigkeiten vom Wasser. Flüchtige Stoffe deutet schon auf das Trenngeheimnis hin: Alkohol, hier genauer der Ethylalkohol (Ethanol, früher Äthanol) hat einen niedrigeren Siedepunkt als Wasser (78,4 °C). Beim langsamen Erhitzen über seinen Siedepunkt verdampft der Alkohol als Gas, während das Wasser selbst erst bei 100 °C vollständig in Wasserdampf übergeht. Der aufsteigende Alkoholdampf trifft auf eine gekühlte Haube und eine Kühlröhre, schlägt sich dort wieder als Flüssigkeit nieder und wird schließlich in einem Gefäß aufgefangen.

Klingt einfach, ist ja nichts anderes, als wenn man Wasser zum Kochen bringt und es sich dann anschließend am Deckel des Topfes niederschlägt. Aber schon die Alten sprachen von der Brennkunst und dies zurecht. Denn in der Maische von vergorenen Früchten befindet sich ein Sammelsurium verschiedener Inhaltsstoffe; viele davon bereichern das Aroma (Aldehyde, Ester, etc.), andere sind aber unerwünscht, weil sie dem Geschmack abträglich, oder gar giftig sind. Besonders der Methylalkohol (Methanol) ist hier zu erwähnen, der sich bei Vergärung von Steinobst (Pflaumen, Zwetschgen, Mirabellen) in solchen Konzentrationen bildet, dass er – wenn er beim Brennen nicht gründlich abgetrennt wird – dem Säufer lebensgefährlich werden kann. Schon mäßige Mengen (5–10 ml reinen Methanols) können zur Erblindung führen, und weniger als ein Liter (20–50 ml dto.) schlecht gebrannten Zwetschgenwassers kann – an einem Abend getrunken – einen Menschen vom Delirium ins Totenreich hinüber bringen. Alle diese flüchtigen Stoffe haben unterschiedliche Siedepunkte, heißt, sie gehen bei verschiedenen Temperaturen in den gasförmigen Zustand über; für Methanol geschieht dies bei 64,7 °C. Die Kunst des Brenners besteht darin, ein Destillat mit möglichst vielen günstigen, aber möglichst wenigen schädlichen Inhaltsstoffen herzustellen. Nur mit sehr viel Erfahrung kann ein Brenner zum Künstler reifen. Er muss

## Erstaunliches zu Alkohol-Prozenten

Wenn jemand von einem 40%-igen Whiskey spricht, so ist dies eine höchst ungenaue Angabe. Dies hat mit der Volumenkontraktion zu tun: Mischt man 1 Liter Wasser mit 1 l reinem Alkohol in einem Messzylinder, so wird man verwundert sein, dass man nicht 2 l Flüssigkeit in seinem Zylinder vorfindet, sondern nur etwa 1,94 l. Wie kann das denn sein, es sind immerhin 60 ml auf der Strecke geblieben, hat man denn etwas verschüttet? Der Grund liegt darin, dass der Alkohol „sich verdünnen möchte“. Alkohol zieht Wasser, was man etwa nach einer durchzechten Nacht gegen Morgen im Hals spürt: man sehnt sich förmlich nach Wasser. Oder im Histologielabor, wo man biologische Gewebeprobe mit verschiedenen Alkoholen fixiert, d. h. ihnen das Wasser entzieht und sie für die Weiterbearbeitung stabil und haltbar macht. Zu unserer Verdünnungsrechnung zurück: wenn wir 1 kg Wasser (= 1 l) mit 1 kg reinem Alkohol vermischen (spez. Dichte von Ethanol = 790 g/l), dann erhalten wir aufgrund der Massenkonstanz von Substanzen 2 kg Gemisch. Dies muss beim Verdünnen von Spirituosen immer berücksichtigt werden. Am besten rechnet man deshalb über die Gewichtsprozent (Beispiel 40 Vol.-% Alkohol entsprechen nur 34,5 Gew.-%; oder 40 Gew.-% entsprechen 45,8 Vol.-%) Darauf beruht die Unterscheidung zwischen Volumen- und Gewichtsprozent bei Spirituosen. (Beispiel: 40 Vol.-% Alkohol entsprechen nur 34,5 Gew.-%; oder 40 Gew.-% entsprechen 45,8 Vol.-% – eine Übungsaufgabe aus der Studienveranstaltung Allgemeine Chemie für alle Naturwissenschaftler, bzw. solche, die es werden wollen).

Noch verwunderlicher und weitgehend unbekannt sind die Angaben in Proof-%, also Angaben anglo-amerikanischen bzw. mitteleuropäischen Alkohol-Prozenten. Obwohl heute beim Whisky der Alkoholgehalt meist in Vol.-% angegeben wird, sollte man doch immer genau hinschauen und wird hin und wieder stutzig mit dem Kopf schütteln. Wenn Scotch Whisky mit 70 % brit. Proof angeboten wird, dann entspricht dies tatsächlich einer Spirituose mit 40 Vol.-% (d. h., 1 % britische Proof entspricht 0,57 Vol.-%); die Amerikaner haben die Umrechnung vereinfacht, denn dort bedeuten 1 % Proof genau 0,5 Vol.-%. Die Proof-Angabe leitet sich davon her, dass 100 % Proof als die Alkoholkonzentration definiert wurde, ab der ein mit Whisky getränktes Schießpulver mit blauer Flamme brennt, was bei 57,15 Vol.-% der Fall ist (heute noch bei der Brennprobe, z. B. von Rum anwendbar, über 40 Vol.-% brennbar).

sein Ausgangsmaterial bestens einschätzen können, denn nur vergorene Maische aus vollreifem, gesundem, ausgelesenem Obst kann edle Brände liefern. Ferner muss er seine Brennanlage beherrschen, um somit den ganzen Brennvorgang gezielt steuern zu können. Besonders die Temperaturführung (Geschwindigkeit des Erhitzens) muss er mit geschicktem Händchen steuern, damit alle relevanten Substanzen Schritt für Schritt voneinander getrennt werden. Fährt der Brenner die Temperatur zu schnell hoch, werden die einzelnen Fraktionen zu stark verschmiert und die Trennung bleibt unbefriedigend.

## „Saubere“ Brände

Im Normalbetrieb wird die gesamte Destillatmenge eines Brennvorgangs in einen Vor-, Mittel- und Nachlauf getrennt und separat aufgefangen. Der Vorlauf enthält die leicht flüchtigen Stoffe, wie Ethylacetat, Aceton und Methanol; der Vorlauf weist zwar den höchsten Alkoholgehalt auf, gleichzeitig aber auch stark reizende Stoffe, insbesondere das giftige Methanol. Er wird verworfen. In Kriegszeiten der Knappheit hat man den Vorlauf zum „Einreiben“ benutzt, also zum Desinfizieren von Wunden, etc., was man aber besser wegen der Giftstoffe unterlassen sollte. Aus dem Mittellauf, der aus Ethanol,

Aromastoffen und Wasser sich zusammensetzt und dessen Alkoholgehalt bei der Destillation von anfangs etwa 75 % auf unter 50 % Alkohol absinkt, wird das eigentliche Produkt, die Spirituose, hergestellt. Der Nachlauf läuft bei weniger als 45 % ab und enthält die Fuselöle (höhere Alkohole); auch er wird verworfen. Die Kunst des Brennens zu beherrschen, heißt also, einen optimal komponierten Mittellauf zu erzielen.

Ein Brand, wenn er gut sein soll, läuft aber nicht fix und fertig von der Destillationsanlage. Noch hat der Brenner nicht seine ganze Kunst ausgespielt. In großen Glasballons muss das Destillat nämlich nun in einem guten Keller (Temperatur, Dunkelheit und Luftfeuchte müssen optimal sein) möglichst lange lagern und dabei reifen. Dabei wird dem Brand viel von seiner anfänglichen Schärfe genommen, er wird weich und samtig und entwickelt hierbei erst sein volles Aroma.

## Die Brennergilde

Schon seit jeher war es für einen Bauern, der einige Obstbäume besaß, gang und gäbe, aus seinen Früchten Fruchtwein herzustellen und diesen dann zu Obstbrand zu verarbeiten. Vielfach wurde die vergorene Maische direkt destilliert. Die Rezepte und Anweisungen zum Brennen waren dabei gehütete Familiengeheimnisse.

Der Obrigkeit war es egal, welche Qualität das Produkt hatte, das dann unter der Bezeichnung Obstler unter die Leute gebracht wurde. Hauptsache, die Kasse stimmte – die Branntweinsteuer war und ist bei vielen „Hochprozentigen“ der Kosten bestimmende Faktor. Diese Tatsache förderte vielerorts das Schwarzbrennen, das eher als Kavaliersdelikt denn als Steuerhinterziehung angesehen wurde. Doch zurück zur Qualität. Gute Obstbrände sind teuer – sie müssen teuer sein, denn auch hier gilt der altbekannte Satz „Weniger ist mehr“.

## Edelbrenner

Die Redaktion von labor&more besuchte in großer Besetzung (Claudia Schiller, Jörg Peter Matthes und Jürgen Brickmann) in Begleitung unseres fachkundigen Beiratsmitglieds Paul Layer (der selbst einmal das Brenngewerbe gelernt hatte) einen Künstler auf diesem Gebiet, den Edelbrenner Dieter Walz, um einiges vom Geheimnis des Brennens zu lernen und natürlich auch, um die köstlichen Produkte zu probieren. Wer eine Industrieanlage erwartet hatte, lag gründlich daneben. Die Edelbrennerei Dieter Walz befindet sich mitten im schönsten Teil des Odenwalds, in Seidenbuch, einem Ortsteil von

Lindenfels. Im alten Elternhaus wird das Obst von der eigenen Streuobstwiese im unterhalb gelegenen Glattbach und von anderen Odenwälder Wiesen zu hochwertigen Produkten der Kelterei und der Destillationskunst verarbeitet. Die Brennerei verbindet in harmonischer Weise Tradition mit fortschrittlicher Technologie. Heute ist Dieter Walz eine Ikone. Weit über den Odenwaldkreis sind seine Obstbrände berühmt und gefragt. Sicher hat er auch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, doch ein Großteil der Arbeit – vom Anpflanzen der Obstbäume bis zum Abfüllen der Brände – bleibt bei ihm hängen.

Wir fragten Dieter Walz nach seinen Geheimnissen. Sein simples Credo: Die große Kunst des Brennens besteht darin, das Aroma der Früchte unverfälscht einzufangen und im Destillat zu binden. Dies gelingt auf natürliche Weise nur, wenn die Früchte vollreif geerntet und sehr frisch verarbeitet werden. Wenn man ins Kalkül zieht, dass es bei Weintrauben ca. 500 Aromastoffe bzw. deren Vorstufen gibt, scheint eine solche Aufgabe schwer lösbar. Hier kommt die Hand (oder der Gaumen) des Künstlers ins Spiel. Bei der Beurteilung und Klassifikation von Weinen werden zunehmend analytische Methoden eingesetzt. Man weiß, wie viele Nanogramm eines bestimmten Aromastoffes pro

Liter in einer gegebenen Probe enthalten sind, aber man weiß in der Regel nicht, ob der Wein besser schmeckt, wenn man die Konzentration von einem dieser Stoffe verändert. Immer noch spielen die Urteile von Weintestern die ausschlaggebende Rolle, wenn es darum geht, einen bestimmten Wein zu beurteilen. Bei Obstbränden ist es ähnlich. Wenn Dieter Walz postuliert, dass er die Aromen des Odenwalds einfängt, dann weiß er, was er tut: Die Technik ist vorbildlich und wohl definiert. Die Kunst besteht in der Einstellung von Parametern: Aufheizgeschwindigkeit, die Kriterien für die Abgrenzung von Vorlauf, Mittellauf und Nachlauf und vieles mehr. Die Kriterien für die Parametereinstellung werden natürlich durch physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten grob vorbestimmt, das Feintuning der Werte bleibt das Geheimnis des Brennens. Hier kommt Kunst ins Spiel. Wir raten jeder Leserin und jedem Leser (diesem besonders), einmal Gebrauch von einer Demoveranstaltung bei Dieter Walz ([www.apfelwalzer.de](http://www.apfelwalzer.de)) zu machen: Lassen Sie Ihr Auto zu Hause und genießen Sie die Aromen des Odenwalds.

→ [brickmann@succidia.de](mailto:brickmann@succidia.de)

→ [layer@bio.tu-darmstadt.de](mailto:layer@bio.tu-darmstadt.de)

*Bilder: Jürgen Brickmann | Jörg Peter Matthes | Claudia Schiller*

## Brennanlagen

Man unterscheidet grundsätzlich diskontinuierliche von kontinuierlichen Brennverfahren, wobei die ursprünglichen Verfahren alle diskontinuierlich waren. Die vergorene Maische (bzw., der zu brennende Wein, etc.), das Brenngut wird in einen Brennbottich (Blase) eingebracht, der erhitzt wird (früher war dies ein Holzfeuer; heute Gas- oder Elektroheizungen). Der Bottich geht in eine darüber liegende Brennkammer (Helm) über, die mit ihrer verjüngten Mündung in ein wieder nach unten ausgerichtetes Kühlrohr endet. Beim Erhitzen steigen Dämpfe in den Helm hoch. An den oberen Außenwänden des Helms wird es wieder kühler, was die Kondensation der Dämpfe einleitet. Im Kühlrohr (z.B. außen mit kaltem Wasser gekühlt) bildet sich das vollständige Kondensat (als Destillat bezeichnet), was über einen Auslaufstutzen aufgefangen wird. In regional verschiedenen Ausführungen wird dieses Verfahren bis heute, vor allem auch in Kleinbrennereien (auch Abfindungsbrennereien) noch viel benutzt. Dabei kann eine wesentliche Verfeinerung des Brandes über Doppelbrand-Verfahren erreicht werden. Dabei wird der Brennvorgang mindestens zweimal, oder sogar mehrfach wiederholt (auch Gleichstromdestillation genannt). Nach dem ersten Brand im sog. Raubbrand ist noch der ganze Alkohol, aber auch Giftstoffe und der Fusel enthalten, während alle Feststoffe aus der Maische (z.B. Kerne) abgetrennt sind. Erst im zweiten Brenngang, dem Feinbrand, wird ein hochwertiger Edelbrand erreicht. Aus 100 l Raubbrand erhält man etwa 25 l Feinbrand. Das klassische Material für Destillationsanlagen stellt Kupfer dar, weil er leicht formbar ist, beste Wärmeleitfähigkeit zeigt und katalytisch zur Reduktion schwefelhaltiger Stoffe beiträgt. So wird guter Scotch-Whiskey ausschließlich in Kupferblasen gebrannt. Aber auch Edelstahlanlagen (oft auch als Edelstahl-Kupfer-Anlagen) sind bestens geeignet.

Natürlich sind die Techniken im Laufe der Jahrhunderte ständig verbessert worden, bis hin zu vollautomatischen Großanlagen. Bei der heute gängigen

Brenntechnik in Kleinbetrieben kommt häufiger die sogenannte Gegenstromdestillation zum Einsatz. Hierbei wird die Maische in der Blase erhitzt, so dass Dämpfe aller flüchtigen Stoffe (inkl. Wasserdampf) aufsteigen. In einer aufgesetzten Destillationskolonne mit mehreren Glockenböden wird nun eine schrittweise Anreicherung der flüchtigeren Stoffe erreicht. An der Wand jedes Kolonnensegments wird der Dampf in höherprozentigen Alkoholdampf und in alkoholärmeres Phlegma getrennt; das Phlegma fließt über einen Überlauf wieder in den nächst niederen Boden zurück. Auf dem höheren Boden muss der aufsteigende Dampf durch die Flüssigkeit, die auf dem Boden steht, hindurch, wodurch die weniger flüchtigen Stoffe „gebremst“, also zurückgehalten werden. Im Überlauf fließen sie wieder auf die tieferliegende Kammer zurück. Von unten nach oben kommt es zu schrittweiser Anreicherung des Alkoholgehaltes im Dampfgemisch (Rektifikation; Trennung von Leicht- und Schwersiedern). Die Regelung des Flüssigkeitsstandes auf den Böden wie auch der Brenntemperatur (Destillationsgeschwindigkeit) ist hierbei für die Qualität des Brandes (Aromaerhaltung) entscheidend. Bei der Gegenstromdestillation hat man es also mit zwei Dampfströmen zu tun, dem wasseranreichernden Phlegmastrom von oben nach unten, und dem alkoholtragenden Dampfstrom von unten nach oben, der nach oben immer alkoholreicher wird und über das Geistrohr entweicht. Zur Gewinnung großer Mengen Agraralkohols (z.B. aus Getreide, Kartoffeln) in sogenannten Verschlussbrennereien kommen häufig kontinuierliche Destillationsverfahren zum Einsatz. In großen Kolonnen mit zahlreichen Glockenböden wird ständig Maische in die Blase eingebracht und der Alkohol hochprozentig angereichert. Das so gewonnene Destillat kann – je nach Produktziel – in einer zweiten Rektifizieranlage weiter verfeinert werden.



ICH WAR DER ERSTE BRENNER, DER EIN RÜHRWERK IN DEN KESSEL EINGEBAUT HAT. HIER SIND MIR DIE ERFAHRUNGEN AUS MEINER ZEIT ALS INGENIEUR IN DER INDUSTRIE SEHR HILFREICH GEWESEN. AUSSERDEM HABEN WIR DIE STEUEREINHEIT FÜR VOR-, MITTEL- UND NACHLAUF KONSTRUIERT.



MIT DEM KÜHLWASSER BESCHICKE ICH EINE FUSSBODENHEIZUNG IM VORRAUM OHNE EINEN LITER ÖL MEHR ZU VERBRAUCHEN.



SIE STELLEN HOCHWERTIGE BRÄNDE HER. WELCHE FAKTOREN SIND AUSSCHLAGGEBEND FÜR GUTE QUALITÄT?

ÄHNLICH WIE IM WEINBAU ENTSTEHT QUALITÄT AUF DER OBSTWIESE. AM BAUM VOLL AUSGEREIFTE FRÜCHTE SIND VORAUSSETZUNG FÜR EINEN GUTEN BRAND. BEISPIEL IST DIE MIRABELLE NANCY. WENN DER BAUM DIE FRUCHT LOSLÄSST, IST SIE REIF. ICH LEGE ERNTENETZE UNTER DIE BÄUME – ÄHNLICH WIE BEI DER OLIVENERNTE. NACH DEM EINSAMMELN WERDEN DIE FRÜCHTE NOCH AUF EINEM VERLESEBAND HANDVERLESEN.



WIR SAMMELN DIE WERTVOLLEN AROMEN AUS DEN FRÜCHTEN DES ODENWALDS UND BINDEN SIE IN ALKOHOL.

Dieter Walz auf seiner Obstwiese



NUR WAS ICH IN DEN MUND NEHMEN WÜRD E UND MEINE FRAU AUF DEN KUCHEN LEGT, KOMMT INS FASS.



ES GEHT DOCH IMMER NUR UM DEN MITTELLAUF.

JA, DEN MUSS MAN SORGFÄLTIG BRENNEN.



WENN ER SO LANGSAM LÄUFT, SO EIN FEINES STRÄHLCHEN, DANN WIRD ER BUTTERZART.





PASST!

Eine erste Analyse ...



DER VORLAUF GEHT RUNTER BIS AUF 70%, ODER?

NEIN, DEN VORLAUF SCHEIDE ICH MIT 0,8 L AB. DA SIND DANN DIE ALDEHYDE, DIE ESSIG-ESTER UND ANDERES DRIN - ABER NOCH KEIN ALKOHOL.



BEI MIR BEKOMMEN SIE MEHR ALS BEI JEDER BANK. BEI MIR BEKOMMEN SIE 60% AUF DIE HAND.

D. Walz, P. Layer, J. P. Matthes (von links)



BEI EINER HOLZFASSREIFUNG VERLIERE ICH IN EINEM TROCKENEN KELLER WASSER, IN EINEM FEUCHTEN KELLER ALKOHOL. WASSER IST MIR IN DIESEM ZUSAMMENHANG LIEBER.



NORMALERWEISE BRENNEN SIE DIE MAISCHE. VERARBEITEN SIE AUCH APFELWEIN?

ICH MACHE AUCH EINEN BRAND AUS APFELWEIN, DER DANN IM EICHENFASS GEREIFT WIRD. DER HEISST BEI MIR DANN BASTUS. DIE FRANZOSEN NENNEN IHN CALVADOS.



WAS IST DER UNTERSCHIED ZWISCHEN GEIST UND BRAND?

J. P. Matthes, D. Walz, J. Brickmann beim Probieren

DER GEIST IST IMMER DIE PREISWERTE ALTERNATIVE ZUM BRAND. BEI EINEM BRAND WIRD DER FRUCHTZUCKER IN ALKOHOL VERGOREN UND DANN DESTILLIERT. BEERENFRÜCHTE WIE ERDBEEREN, HIMBEEREN ODER JOHANNISBEEREN HABEN NUR DIE HÄLFTE AN ZUCKER IM VERGLEICH ZU APFEL UND BIRNE. AUS 100 KG HIMBEEREN BEKOMME ICH 5 L BRAND ABER 50 L GEIST. BEI EINEM GEIST WIRD DER FRUCHTZUCKER NICHT VERGOREN. DIE FRÜCHTE WERDEN MIT EINEM NEUTRALEN ALKOHOL ANGESETZT. DER ALKOHOL LÖST AUS DEN FRÜCHTEN DIE FARBE UND DIE AROMEN - MANCHMAL DIE ZUNGE, ABER NIE PROBLEME. ANSCHLIESSEND WIRD ALLES NOCH EINMAL ZUM GEIST DESTILLIERT.



Monika Schauer, der gute Geist des Brenners Dieter Walz, bei der Präsentation der großen Produktskala

# Buchtipps



Für Sie gelesen von  
Dr. Wolfram Marx

Bernhard Kegel

## Die Herrscher der Welt

Wie Mikroben unser Leben bestimmen

Es gibt eine bis heute kaum abschätzbare Zahl an Mikrobenarten, gesprochen und geschrieben wird aber nur über die wenigen medizinisch-pathologisch relevanten. Über die große Masse an unproblematischen oder gar hilfreichen Keimen ist vergleichsweise wenig bekannt. Die Forschung hat sie nicht in den Mittelpunkt gerückt, vielleicht, weil sie zu unspektakulär sind. Dies war ein falscher Schluss. Die neuesten molekularbiologischen Methoden, allen voran das Next Generation Sequencing, haben einen anderen Blick auf das Leben, und wie Bernhard Kegel in seinem Buch hervorragend entwickelt, auch auf die Evolution ermöglicht. Kegel „widmet sich seinem Thema aus biologischer Sicht, nicht aus medizinischer“.

Das macht es so stark. „Im Mittelpunkt steht primär der gesunde Körper, nicht der kranke. Es handelt in großen Teilen von den Vorteilen, die Wirte genießen, die sich mit Bakterien und anderen Einzellern zusammenschließen.“ Das Mikrobiom rückt zunehmend in den Mittelpunkt der Forschung, weil man nach und nach erkennt, dass die Entwicklung eines gesunden Individuums von den mit ihm vergesellschafteten Mikroben ab- und zusammenhängt. Jede Oberfläche, auch des Menschen, ist von Mikroben besiedelt. Jede Region hat dabei quasi ihr eigenes Mikrobiom. Um es an dem Süßwasserpolyphen Hydra zu verdeutlichen: Das Mikrobiom an den Tentakelspitzen ist anders zusammengesetzt als in Mundnähe oder dem Gastralraum bzw. am Kolonienrand oder im -zentrum.

Kegel hat die Vielfalt der Mikroben und die Vielfalt der (chemischen) Wechselwirkungen zwischen Wirt und Mikrobe anhand einiger Organismen (z.B. Hydra, Korallen, Heuschrecken, Sepie, Mensch) im Detail beleuchtet. Er unterhält die Leserschaft mit überraschenden Erkenntnissen über die Beeinflussung von Tieren bei ihrer Partnerwahl, der Signalgebung für die als Einzelindividuen lebenden Wanderheuschrecken sich zu großen Schwärmen zu sammeln, der Abhängigkeit



mancher Individuen bei der Nahrungsbeschaffung oder dem Einfluss auf das Immunsystem von und durch die Mikroben. *Fazit: Sehr gut gewähltes Thema. Sehr gut erzählt. Sehr empfehlenswert!*

Der Autor: Bernhard Kegel studierte Chemie und Biologie an der Freien Universität Berlin und war anschließend in der Forschung tätig. Er arbeitet als ökologischer Gutachter und Lehrbeauftragter. Seit 1993 veröffentlichte Bernhard Kegel mehrere Romane und Sachbücher. Seine Bücher wurden mit mehreren Publizistikpreisen ausgezeichnet.

Bernhard Kegel

### Die Herrscher der Welt

Wie Mikroben unser Leben bestimmen

DuMont Buchverlag 2015

Hardcover, 382 Seiten

ISBN: 978-3-8321-9773-5

Auch als E-Book erhältlich

### Gewinnen mit labor&more

Unter allen Einsendungen per E-Mail mit dem Stichwort „Die Herrscher der Welt“ verlosen wir ein Exemplar des Buches von Bernhard Kegel.

→ [win@laborandmore.de](mailto:win@laborandmore.de)

Einsendeschluss ist der 28. August 2015.

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

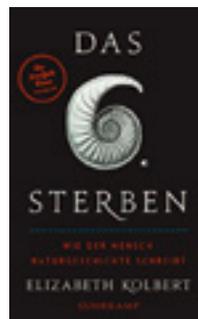
Elizabeth Kolbert

## Das sechste Sterben

Wie der Mensch Naturgeschichte schreibt

Es ist nicht ihr erstes Buch zur Umweltproblematik. Aber diesmal hat es die Autorin in den Olymp des Journalismus geschafft: Pulitzer-Preis 2015 in der Kategorie „General Nonfiction“. Elizabeth Kolbert ist im Zuge ihrer Recherchen für diese Geschichte sicher

einmal um die Welt gereist. Sie hat Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen (Botaniker, Zoologen, Anthropologen, Meeresbiologen und Geologen) interviewt und zum Teil vor Ort bei ihrer Arbeit begleitet. Sie beschreibt die Entstehung des Konzepts vom Aussterben seit seiner ersten Formulierung durch Georges Cuvier um 1800 bis heute. Sie berichtet über die aktuelle Erforschung der Veränderungen in der Natur und zwingt die Leser, über die Bedrohung der erstaunlichen natürlichen Vielfalt durch das



menschliche Verhalten nachzudenken. Die fünf früheren Massenaussterbeereignisse beruhten zum Beispiel auf Vereisung (Oberordovizium), Erwärmung und Veränderung der chemischen Verhältnisse (Ende Perm) und einem Asteroideinschlag (Ende Kreidezeit). Das sechste ist ein menschengemachtes Aussterben mit vielen Ursachen: die interkontinentale Durchmischung von Pflanzen- und Tierarten, das Verbrennen fossiler Rohstoffe und infolge davon der steigende CO<sub>2</sub>-Anteil in Luft und Meer sowie die Erwärmung der Atmosphäre und der Meere oder die simple Vernichtung von Lebensräumen (Rodung, Zersiedelung, Umweltverschmutzung etc.). Aber vor allem verlaufen die Veränderungen so rasant, dass sich viele Spezies an die neuen, menschenverursachten Bedingungen nicht anpassen können. Kolbert veranschaulicht dies an bereits ausgestorbenen Spezies und an solchen, die kurz vor dem Aussterben stehen und um deren Überleben einige engagierte Menschen kämpfen.

Es gibt nur zwei Kritikpunkte, die aber beide nichts mit der Autorin zu tun haben: Ich hätte es begrüßt, wenn man bei der Übersetzung des Titels und Untertitels „The Sixth Extinction: An Unnatural History“ die korrekte Übersetzung (wenigstens extinction mit Aussterben) gewählt hätte. Zum anderen ist das Buch mit Schwarz-Weiß-Fotografien schlecht illustriert. Das erinnert an eine ausgestorbene Technologie und im Jahr 2015 geht da mehr. *Fazit: Dieses gut geschriebene und recherchierte Buch ist absolut lesenswert!*

Die Autorin: Elizabeth Kolbert ist Journalistin und Autorin. Sie schrieb unter anderem für die New York Times, seit 1999 arbeitet sie für das angesehenen Magazin The New Yorker.

Elizabeth Kolbert

### Das sechste Sterben

Wie der Mensch Naturgeschichte schreibt

Suhrkamp Verlag 2015

Gebunden, 313 Seiten

ISBN: 978-3-518-42481-0

Auch als E-Book erhältlich

### Gewinnen mit labor&more

Unter allen Einsendungen per E-Mail mit dem Stichwort „Das sechste Sterben“ verlosen wir ein Exemplar des Buches von Elizabeth Kolbert.

→ [win@laborandmore.de](mailto:win@laborandmore.de)

Einsendeschluss ist der 28. August 2015.

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



## Interfakultäres Institut für Zellbiologie (IFIZ)



10. – 11. September 2015 | Industrial Cell Technology Symposium

## Zell- und gewebebasierte Technologien im industriellen Maßstab

Das „6th Annual Meeting | Industrial Cell Technology | Symposium“ findet in den neuen Räumlichkeiten der Fraunhofer-Einrichtung für Marine Biotechnologie EMB in Lübeck statt. Das Symposium wird sich künftig jährlich mit dem Kongress für Industrielle Zelltechnik abwechseln und dient der Vertiefung ausgewählter Themen. In diesem Jahr wird es Vorträge zu den Themen Bioprocessing Techniques, Live Cell Imaging und Quality Control geben. Begleitend zum Industrial Cell Technology Symposium findet eine Posterausstellung und die Verleihung eines Best Poster Awards in der Fraunhofer EMB statt. Poster können noch bis zum 01/09/2015



eingereicht werden (per E-Mail an: AMICT-symposium@emb.fraunhofer.de)  
→ [www.emb.fraunhofer.de](http://www.emb.fraunhofer.de)

06. – 08. Oktober 2015 | Biotechnica/Labvolution

## Sonderschau smartLAB hat Premiere

Zwei Messen, eine Eintrittskarte – die Deutsche Messe AG veranstaltet erstmals in diesem Jahr die Biotechnica sowie gleichzeitig die neue Labvolution und holt damit die große Branchenvielzahl nach Hannover. Mit der Labvolution kommt nun zum bestehenden Feld der Labortechnik für die Biotechnologie die ganze Welt der Labortechnik für Branchen wie Chemie, Pharma, Medizintechnik, Umwelttechnik, Qualitätskontrolle oder Lebensmittelindustrie für Forschungs-, Analyse-, Produktions- und Ausbildungslabore

hinzu. Ein Highlight zur Premiere wird die Sonderschau smartLAB sein. In dem erstmals vorgestellten Projekt hat eine Arbeitsgruppe aus Wissenschaftlern und Unternehmen ein intelligentes Musterlabor entwickelt und umsetzt, das zeigt wie sich das Laborleben in Zeiten der Digitalisierung verändern wird. Parallel dazu läuft ein Forumsprogramm zu den verschiedenen Aspekten des Labors 4.0.

→ [www.biotechnica.de](http://www.biotechnica.de)

14. – 16. Oktober 2015 | BioJapan

## Asiens größtes Partnering-Event

Nahezu alle Bereiche der Biotechnologie werden auf der BioJapan, Yokohama, in Seminaren und im Partnering eine Rolle spielen. Die Veranstalter rechnen mit mehr als 12.000 Besuchern, etwa 750 Ausstellern und 8.000 Partnering-Meetings während der dreitägigen Veranstaltung. BioJapan ist die Leitveranstaltung der Biotechnologie- und Pharmabranche in Japan und hat sich in den letzten Jahren zum größten Partnering-Event Asiens entwickelt. Zahlreich vertreten sind renommierte Forschungsinstitute, japanische Universitäten und Dienstleister für die Pharmabranche. Ein wichtiger Bestandteil der Messe sind auch die Pavillons japanischer Bio-Regionen und die offiziellen Länderbeteili-



gungen mit ihren vielen innovativen Biotechfirmen als Unteraussteller.

*Bild: BioJapan*

→ [biojapan@ics-inc.co.jp](mailto:biojapan@ics-inc.co.jp)

## NOVEL CONCEPTS IN INNATE IMMUNITY

23–25 September 2015  
Tübingen, Germany

### Topics

- Pattern recognition receptors
- Inflammation and inflammasomes
- Innate lymphoid cells
- Granulocytes and Myeloid
- suppressor cells
- Host-Microbiome interactions
- Antifungal innate responses
- Antiviral innate responses
- Innate Immunity and Disease



[www.innate-immunity-conference.de](http://www.innate-immunity-conference.de)

**In vielen Matrices sind Verunreinigungen jeglicher Art unerwünscht. Um den Grad der Verunreinigungen zu überprüfen, kann die Probe anhand zahlreicher Parameter analysiert werden. Verunreinigungen durch organische Verbindungen, die größte aller Stoffgruppen mit ca. 40 Millionen bekannter Verbindungen<sup>1</sup>, lassen sich mit nur einem Parameter erfassen: TOC – total organic carbon – gilt als Maß für die Verunreinigung durch organische Substanzen.**

## Vielseitig einsetzbar

Die TOC-Analyse

Sascha Hupach, Shimadzu Deutschland GmbH

**Autosampler  
ASI-L am TOC-L**



### **Analysemethode zur Bestimmung des TOC**

Bei der meistverwendeten Analysenmethode zur Bestimmung des TOC wird die Probe zunächst mit einer Mineralsäure (meistens HCl) angesäuert. Hierbei werden die vorhandenen anorganischen Kohlenstoffverbindungen wie Carbonate und Hydrogencarbonate zu Kohlendioxid umgesetzt. Mit einem Spülgas wird die Probe dann von dem entstehenden Kohlendioxid befreit. Ein Aliquot der vorbereiteten Probe wird anschließend auf einen heißen Katalysator injiziert. Die enthaltenen organischen Verbindungen werden zu Kohlendioxid umgesetzt und mit einem Trägergas zu einem NDIR-Detektor befördert, der die Menge an Kohlendioxid detektiert.

### **Automatisiert und effizient: moderne Analysemethoden**

Moderne Analysensysteme wie der TOC-L von Shimadzu übernehmen die gesamte Probenvorbereitung, also das Ansäuern und Ausgasen, automatisch. Für die komplette Umsetzung werden ein effizienter Platinkatalysator und eine Verbrennungstemperatur von 680 °C verwendet. Diese Verbrennungstemperatur bietet einen entscheidenden Vorteil: Sie liegt unterhalb des Schmelzpunktes der gängigen Salze. Denn während die organischen Substanzen komplett umgesetzt werden, bleiben anorganische Salze wie Natriumchlorid auf dem Katalysator zurück und reichern sich dort mit jeder Injektion an. Bei höheren Temperaturen entstehen Salzschnmelzen, die die aktiven Stellen des Katalysators blockieren.

Die Verbrennungstemperatur von 680 °C erhöht somit die Standzeit des Analysators und verringert den Wartungsaufwand.

## Relevanter Indikator in der Umweltanalytik

Eines der größten Einsatzgebiete des TOC ist die Umweltanalytik. Von Trinkwasser über Oberflächenwässer und Meerwasser bis hin zu Abwässern werden nahezu alle flüssigen Umweltproben hinsichtlich ihres TOC-Gehaltes analysiert und bewertet. In zahlreichen Verordnungen wie der Trinkwasserverordnung oder der Abwasserverordnung wird der TOC als zu untersuchender Parameter aufgeführt. Auch in Feststoffen wie Böden, Bauschutt oder anderen Abfällen ist der Gehalt an organischen Verbindungen von großer Bedeutung. So wird beispielsweise Abfall u.a. durch verschiedene TOC-Grenzwerte einer Deponieklasse zugeordnet. Auch im Feststoffbereich wird der TOC in unterschiedlichen Verordnungen gelistet, etwa in der Abfallablagerversordnung oder in der Deponieverordnung.

## TOC in der pharmazeutischen Industrie

Ein weiterer großer Anwendungsbereich ist die pharmazeutische Industrie. Wasser ist einer der meistverwendeten Arzneiträger – zudem wird es zur Herstellung von Medikamenten verwendet sowie zum Reinigen von Geräten und Reaktoren, die der Herstellung von Medikamenten dienen. Hier ist es von größter Wichtigkeit, reines Wasser zu verwenden. Die entsprechenden Arzneibücher wie die Europäische Pharmakopöe geben daher Grenzwerte für verschiedene Wässer an. So darf z.B. ein Injektionswasser oder ein Reinstwasser zur Herstellung von Medikamenten nicht mehr als 0,5 mg/l TOC enthalten.

Werden Medikamente im Batch-Verfahren hergestellt, wird der Reaktor nach jeder hergestellten Charge nach einem festgelegtem Verfahren gereinigt. Diese sogenannte Reinigungsvalidierung belegt die Wirksamkeit der Reinigung. Auch hier kommt der TOC zur Anwendung: Der letzte Spülschritt (final Rinse) wird auf den TOC-Gehalt untersucht. Wird dabei ein festgesetzter Grenzwert unterschritten, ist die Reinigung nachweislich erfolgreich gewesen. Der Vorteil des TOC gegenüber der Analyse bestimmter Wirkstoffkomponenten besteht darin, dass nicht nur organische Anteile aus der Herstellung erfasst werden, sondern auch zur Reinigung verwendete Tenside. Die Reinigungsvalidierung

wird auch in anderen Bereichen genutzt. Werden in einer Produktionsanlage mehrere Produkte hergestellt, beispielsweise unterschiedliche Pflanzenschutzmittel, kann auch hier der TOC die erfolgreiche Reinigung analytisch belegen, um Querkontaminationen aus verschiedenen Prozessen zu vermeiden.

## Auch zur Beurteilung anorganischer Chemikalien geeignet

Zur Herstellung von chemischen Erzeugnissen benötigt man möglichst „reine“ Ausgangsstoffe, denn die Verunreinigungen der Edukte sind oft auch die Verunreinigungen der Produkte. Zudem können je nach Herstellungsprozess auch Störungen durch die Verunreinigungen auftreten – oder bestimmte Bauteile reagieren empfindlich auf Störstoffe. Nicht zuletzt müssen auch die anorganischen Produkte auf Verunreinigungen untersucht werden. Auch in diesem Segment kommt der TOC als Parameter immer mehr zur Anwendung. Er kann hier natürlich nur zur Beurteilung von anorganischen Chemikalien eingesetzt werden: Säuren, Laugen, Salze und Solen werden daher immer mehr hinsichtlich ihres TOC-Gehaltes untersucht.

Der TOC entspricht je nach analytischer Fragestellung auch der Biomasse. Ob bei der Herstellung von Biogas, etwa aus Gülle, oder bei der Umwandlung von Kohlendioxid in Algenbiomasse – man benötigt schnelle und aussagekräftige Angaben zur vorhandenen Biomasse im Wasser. TOC ist hier ein durchaus gefragter Parameter.

## Schutz der Geräte bei der TOC-Analyse

Die Unterschiedlichkeiten der verschiedenen Applikationen stellen ungleiche Herausforderungen an ihre Analytik. Neben den verschiedenen Konzentrationsbereichen liegen unterschiedliche Bedingungen vor wie z.B. der Salzgehalt oder die Partikelzahl. Neben einer hervorragenden Partikelgängigkeit bietet Shimadzu für die TOC-L Serie auch ein Kit für salzhaltige Proben an. Durch eine spezielle Katalysatormischung und ein speziell geformtes Verbrennungsrohr können die Standzeiten des Analysators bis um das 10-Fache erhöht werden. Die große Herausforderung bei einer TOC-Analyse in chemischen Erzeugnissen ist es, Schutzmechanismen zu entwickeln, um die Geräte und ihre Komponenten zu schonen sowie Schaden durch beispielsweise Säuredämpfe oder hohe Salzfrachten abzuwenden. Hier bietet die TOC-L Serie von Shimadzu mehrere Gaswäscher und Optionen an, die eine gefahrlose Analytik ermöglichen.



**Sascha Hupach** ist Chemielaborant und seit 2008 Produktspezialist für TOC/Summenparameter bei Shimadzu Deutschland GmbH in Duisburg.

## Auch geringe Probenmengen zur Analyse nutzbar

Zudem verfügen die TOC-Analysatoren der TOC-L Serie über eine automatische Verdünnungsfunktion für Proben. Dadurch können Matrixeffekte und Salzgehalte reduziert werden. Die Verdünnungsfunktion ermöglicht darüber hinaus die automatische Erstellung von Kalibrierkurven aus einer Stammlösung – auch in äquidistanten Konzentrationsabständen. Ein weiterer großer Vorteil ist der hochsensitive NDIR-Detektor, der es erlaubt, geringste Mengen der Probe zu injizieren. Durch die Verringerung des Injektionsvolumens werden Salzbelastung und Matrix für den Katalysator minimiert. Stehen nur geringe Probenmengen zur Verfügung, kann ein Kit genutzt werden, das die TOC-Bestimmung automatisiert ermöglicht. Selbst Kleinstmengen im µl-Bereich können zur Analyse verwendet werden. Hierzu kann man schnell und einfach ein manuelles Injektions-Kit einsetzen.

## Ideale Rahmenbedingungen für beste Ergebnisse

Der TOC ist ein vielseitiger Parameter, der in den verschiedensten Bereichen erfolgreich eingesetzt wird – von der Analyse organischer Verunreinigungen bis zur Beurteilung anorganischer Chemikalien. Um in jedem Bereich die besten Ergebnisse zu erzielen und die Standzeit des Gerätes möglichst weit zu erhöhen, ist es wichtig, das System auf die jeweiligen Applikationen einzustellen. Sinnvolles Zubehör und die richtigen Module und Kits sind dafür unverzichtbar. Hier bietet die TOC-L Serie viel Zubehör, um der Vielseitigkeit des Parameters TOC gerecht zu werden.

→ [info@shimadzu.de](http://info@shimadzu.de)

Literatur

[1] [http://de.wikipedia.org/wiki/Organische\\_Chemie](http://de.wikipedia.org/wiki/Organische_Chemie)

Bild: [istockphoto.com](http://istockphoto.com), [najin](http://najin)



# ISSAID 2015

8<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONGRESS OF FAMILIAL MEDITERRANEAN FEVER AND SYSTEMIC AUTO-INFLAMMATORY DISEASES

30/9–3/10/2015  
DRESDEN (DE)

SATELLITE MEETING  
3<sup>RD</sup> INTERNATIONAL MEETING ON NON-BACTERIAL OSTEITIS (CNO)

29/9–30/9/2015



conventus  
CONGRESSMANAGEMENT

© www.fotolia.de/digi\_dresden

# was es alles

## Temperiergeräte

### Im Zeichen der Zukunft



Weltpremiere der neuen Thermostatenlinie  
Lauda Pro

Bild: Claudia Schüller

Zukunftsorientierung ist für Lauda zum einen das frühzeitige Erkennen relevanter Marktveränderungen und den damit verbundenen Chancen und zum anderen die Fähigkeit, schnell und flexibel darauf zu reagieren. Auf der ACHEMA konnte das von Dr. Gunther Wobser als Geschäftsführendem Gesellschafter geleitete Familienunternehmen seine Innovationskraft zeigen und u.a. die neue Thermostatenlinie Lauda Pro als Weltneuheit präsentieren, deren Kennzeichen ein abnehmbares Multi-Touch-Display, eine energiesparende Luft-/Wasser-Hybridkühlung und der Einsatz natürlicher Kältemittel sind.

„ONE with the FUTURE“ – das Messemotto ist auch für den beratungsintensiven Geschäftsbereich Heiz- und Kühlsysteme richtungsweisend. Performance und Zuverlässigkeit müssen heute mehr



Dr. Gunther Wobser, Geschäftsführender Gesellschafter von Lauda

Bild: Carmen Klein

denn je mit Energieeffizienz und steigendem Umweltbewusstsein in Einklang gebracht werden. So hat Lauda in den letzten drei Jahren die Menge der eingesetzten flourhaltigen Kältemittel um 40% reduziert.

Mit der Gründung von Lauda Scientific wurde zu Beginn des Jahres eine Weichenstellung für die Zukunft vollzogen. Die neue Tochtergesellschaft präsentierte dem Fachpublikum zwei neue Geräte: das TD 3+, ein anwenderfreundliches Tensiometer zur Bestimmung der Grenz- und Oberflächenspannung, und das Duo.Visc Messgerät, das platzsparend eine exakte und normgerechte Viskositätsindexbestimmung mit zwei thermisch getrennten Bädern ermöglicht.

(CS)

→ [www.lauda.de](http://www.lauda.de)

→ [www.lauda-scientific.de](http://www.lauda-scientific.de)

## Zellkulturtechniken

### Lösungsorientierter Bioprozess-Workflow

Eppendorf fokussierte sich auf der ACHEMA auf die Eppendorf-Workflows und stellte Produktneuheiten wie die Zentrifuge 5920R, den CryoCube F570h sowie den BioFlo 320 vor. In einem gläsernen Labor demonstrierte das Unternehmen Lösungen rund um Zellkulturanwendungen und pflegte den persönlichen und anwendungsorientierten Dialog mit dem Kunden.

Die Eppendorf-Spezialisten zeigten direkt in der Anwendung, wie innovative Produkteigenschaften weit verbreitete Probleme im Bioprozess-/Zellkulturlabor lösen. So etwa ist bei den Eppendorf Cell Culture Plates eine einfache und schnelle Identifizierung der Wells durch kontrastreiche, individuelle Well-IDs und alphanumerische OptiTrack®-Beschriftung möglich. Ebenso ergeben sich Vorteile, wenn die äußeren Wells umgebenden Graben befüllt werden können und so der „Edge Effect“ verhindert wird. Weiterhin ermöglicht das „Chimney Well“-Design das Befüllen der Well-Zwischenräume der kompletten Platte,



Die Applikations-Spezialisten von Eppendorf zeigen im Messlabor die Lösungen rund um Zellkulturanwendungen.

Bild: Carmen Klein

sodass Temperaturschwankungen zwischen den einzelnen Wells ausgeglichen werden. Darüber hinaus wurden intelligente Lösungen vorgestellt, die eine Reduktion der Komplexität im Laboralltag ermöglichen.

(CK)

→ [www.eppendorf.de](http://www.eppendorf.de)

## Farb- und Bildanalysetechnologien

### Farberfassung für das neue Jahrtausend



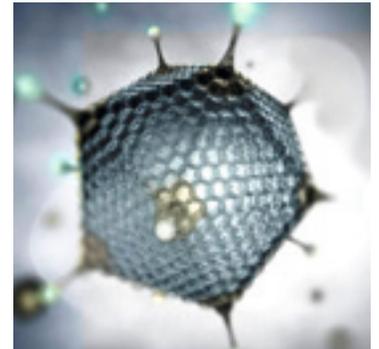
Die Techkon Color Catcher Glassware macht aus der Google Glass Datenbrille ein leistungsfähiges Farberfassungsgerät. Absolute Lab- and RGB-Farbwerte sowie die nächstliegenden Farbtöne des RAL Classic Farbfächers werden im Display der futuristischen Brille eingeblendet. Techkon's Farb- und Bildanalysetechnologie macht aus Smartphones und Wearables nützliche Farberfassungs- und Bildanalysegeräte für Consumer- und Industrieanwendungen. Im Rahmen der Google Explorer Technologiepartnerschaft hat das Techkon Innovation Lab nun die Techkon Color Catcher Technologie erfolgreich auf die Google Glass Plattform portiert.

→ [www.colorcatcher.de](http://www.colorcatcher.de)

## Die nächste Generation für Gentherapie und Impfstoffe

### Virale Vektoren nächster Generation für Gentherapie und Impfstoffe

Virale Vektoren sind aktuell und zunehmend ein Topthema in der Arzneimittelentwicklung. Insbesondere geht es um verbesserte Gewebespezifische Transduktionen und bessere Reinheiten und Titer. Sirion Biotech ist in Europa Ansprechpartner Nummer eins mit über 500 Einzelprojekten für über 150 Klienten, sowohl bei AAV, Lentivirus und Adenovirus. Führende Pharmahersteller und Forschungsinstitute von Tokio bis San Francisco vertrauen auf die erfahrenen Entwickler. Es geht um virale Vektorennetze für gentherapeutische Anwendungen, Immunisierungsstrategien oder die Regenerative Medizin.



→ [www.sirion-biotech.de](http://www.sirion-biotech.de)

## Puls-Entladungsdetektor

### Detektion bis in den unteren ppb Bereich

Der Puls-Entladungsdetektor (PDD) von Vici basiert auf dem Helium-Photoionisationsprinzip (HID/PID). Das Detektorsignal von sowohl organischen als auch organischen Verbindungen ist über einen weiten Bereich linear. Ebenso liefern „fixed gases“ ein positives Signal bei einer kleinsten nachweisbaren Menge im unteren ppb Bereich. Der Gaschromatographie Detektor PDD ist der ideale Ersatz für FID in Bereichen, wo der Einsatz von Wasserstoff oder einer offenen Flamme problematisch ist, wie z. B. in der petrochemischen Industrie und in Raffinerien. Durch die Zugabe von Edelgasen wie Argon, Krypton oder Xenon zum Helium



kannte die Selektivität des Detektors auf spezifische Aliphate, Aromate, Amine und andere Verbindungen verstärkt werden.

→ [www.vici.com](http://www.vici.com)

## Kontaminationsfreies Wasser

### DNA-freies Wasser für die PCR

DNA-Kontaminationen führen in der PCR-Analytik oft zu einem Verlust der Sensitivität eines Assays oder schlimmenfalls zu falschen positiven Ergebnissen. Aus diesem Grund ist kontaminationsfreies Wasser ein wichtiger Bestandteil in einer Vielzahl von molekularbiologischen Anwendungen. Hier zählen u.a. der molekulardiagnostische Nachweis von Bakterien und Pilzen, als auch die Sterilitätsprüfung von biotechnologischen pharmazeutischen und medizinischen Produkten, sowie SNP und Mutationsanalysen. Molzym's DNA-freies Wasser ist frei von amplifizierbarer DNA und ermöglicht so ein sicheres und hochsensitives PCR.



→ [www.molzym.com](http://www.molzym.com)



Are you looking to grow your business in a developed Asian market?



Register as a visitor using media code: **CPKR475**

URL: [www.cphi.com/korea/visit/register](http://www.cphi.com/korea/visit/register)



- 01** South Korea's generic market is projected to grow on average 5% per year between 2013 – 2018 to a staggering \$23.84 Bln.
- 02** South Korea closely ranks after China and India as the third "best outsourcing destination" in Asia.<sup>1</sup>
- 03** Korea Drug Development Fund (KDDF) will promote the development of the Korean biotechnology sector in the Asia Pacific region aiming to produce 10 new treatments by 2019.
- 04** Investment in R&D and related facilities is very active and establishment of plants according to the international standards is increasing.

<sup>1</sup> The changing dynamics of pharma outsourcing in Asia, PwC.

**CPhI** korea

icse P-mec BioPh

7 - 9 September 2015 • COEX • Seoul



## Mikrowellen-App für Smartphone und Tablet PC

CEM bietet eine neue App zur Steuerung der Mikrowellen-Laborgeräte an. Mit dieser iLink-App können auf Tablet-PCs und Smartphones mehrere Mars6 Labor-Mikrowellengeräte kontrolliert und angesteuert werden. So kann der Anwender jederzeit im Büro oder gar außerhalb des Labors den aktuellen Status der Mars6-Mikrowellen ablesen. Es werden Mikrowellenleistung, Temperatur, Druck und die aktuelle Laufzeit visualisiert. Zusätzlich können zur Dokumentation die Proben-ID, Reagenzien, Einwaage, Probenbeschreibung und sogar Bilder eingefügt werden.

[www.cem.de](http://www.cem.de) | [www.mikrowellen-aufschluss.de](http://www.mikrowellen-aufschluss.de)



## Automatisch speichern zur Archivierung und Dokumentation

OptiMelt steinschnelles, genaues und einfach zu bedienendes Messgerät zur automatischen Bestimmung von Schmelzpunkten oder Schmelzbereichen von chemischen und pharmazeutischen Substanzen. Bis zu drei Messproben werden simultan analysiert. Ein großes Beobachtungsfenster mit beleuchteter Vergrößerungslinse erlaubt es zusätzlich zur Anzeige die Messung jederzeit zu verfolgen. Einzugebensind die Start- und Stopptemperatur sowie deren Änderungsgeschwindigkeit. Die Auflösung beträgt 0,1°C. Durch die eingebaute Kamera können automatische Messungen erfolgen. Das Ergebnis erscheint an einer großen LCD-Anzeige oder über die mitgelieferte Software am PC. Das Gerät liefert ständig Bilder und Angaben zu Schmelzpunkt und -bereich.

[www.si-gmbh.de](http://www.si-gmbh.de)



## At-Line-Elementanalyse in Laborqualität

Spectroscout auf der Achema 2015 sein neues Variantes des RFA-Spektrometers Spectroscout bekannt. Das portable Gerät ermöglicht die Elementanalyse in Laborqualität unmittelbar in der Nähe des Fertigungsprozesses („At-Line“), unterstützt so eine zeitnahe Qualitätskontrolle und trägt zur Steigerung der Produktivität bei. Das Spectroscout stellt eine deutlich günstigere Alternative zur At-Line-Installation größerer und teurerer Laborgeräte dar und ist insbesondere für Hersteller von Produkten im Bereich Chemie, Kosmetik, Futter und Lebensmittel, Metallbeschichtung oder Pharmazie das Gerät der Wahl.

[www.spectro.de/scout](http://www.spectro.de/scout)



## Tipps für beste Pipettierergebnisse

Für die zahlreichen Wissenschaftler, die mit manuellen Pipetten arbeiten, präsentiert Integra im praktischen Posterformat eine informative, illustrierte Anleitung für beste Pipettierergebnisse. Aufbauend auf langjähriger Pipettiererfahrung stellt Integra eine Anleitung mit Ratschlägen und Hinweisen vor, die zu besseren und genaueren Pipettierergebnissen führen. Die Empfehlungen sind in die Bereiche „Bevor Sie beginnen“, „Korrekt Pipettieren“ und „Optimierung der Pipettierergebnisse“ aufgeteilt. Jeder Abschnitt hält Erklärungen, weshalb die vorgeschlagenen Methoden die besten Ergebnisse erzielen. Wenn Sie diesen Leitfaden als PDF-Datei oder als Wandposter für Ihr Labor herunterladen möchten, besuchen Sie die Website von Integra Biosciences.

[www.integra-biosciences.com/sites/promotions/beste-pipettierergebnisse.html](http://www.integra-biosciences.com/sites/promotions/beste-pipettierergebnisse.html)

## Neue Proben- und Reagenzgefäße

Semadeni Plastics Markt hat das Sortiment mit verschiedenen neuen Reagenzröhrchen und Probengefäßen wie z.B. den praktischen 5ml-Reaktionsgefäßen erweitert. Die neuen Artikel können in Katalog und Webshop im Kapitel Life Science unter 'Röhrchen und Reaktionsgefäße' gefunden werden.



[www.semadeni.com](http://www.semadeni.com)

## Für kurzes Zentrifugieren von Reaktionsgefäßen

Die Assistent®-Mini-Zentrifuge Sprout von Carl Hecht gibt es mit leicht zu bedienender Funktionstaste, ergonomisch gestalteter Abdeckung und mit integrierter Start/Stopp-Funktion für einhändiges Bedienen. Der schnell beschleunigende Motor startet erst, wenn der Deckel geschlossen ist. Der Rotorenwechsel wird durch einen Klickverschluss wesentlich vereinfacht.



[www.hecht-assistent.de](http://www.hecht-assistent.de)

## Referenzmessgeräte mit Pt100 oder Thermoelement

Almemo®-Messgeräte mit höchster Auflösung bis zu 0,001 K sind optimal für Labor oder Kalibrierwesen. Messbereiche von -200,00 bis +1.300,00 °C sowie die Anbindung an PC oder Netzwerke sind möglich. Zusätzlich sind die aufsteckbare Messwert-Speicher und eine Auswertungssoftware optional (inkl. DAkkS-Kalibrierzertifikat).



[www.ahlborn.com](http://www.ahlborn.com)

## Westfalen Gruppe erwirbt Mehrheitsanteil an Medica Technik

Die Westfalen Gruppe aus Münster hat einen Mehrheitsanteil von 80% an Medica Technik erworben. Die restlichen 20% der Anteile hält Mitgesellschafter und Geschäftsführer Dr. Michael Ebener. Die Westfalen Gruppe hat kommissarisch Lutz Markowicz, Leiter Bereich Gase Ausland, zum weiteren Geschäftsführer des Unternehmens benannt.



[www.westfalen.com](http://www.westfalen.com)



## labor&more

### Verlag

succidia AG  
Verlag und Kommunikation  
Rösslerstr. 88 · 64293 Darmstadt  
Tel. +49 6151-360 56-0  
Fax +49 6151-360 56-11  
info@succidia.de · www.succidia.de

### Herausgeber

Jörg Peter Matthes [JPM]<sup>1</sup>

### Wissenschaftlicher Direktor

Prof. Dr. Jürgen Brickmann [JB]<sup>2</sup>  
brickmann@succidia.de

### Redaktion

Claudia Schiller [CS], Leitung<sup>3</sup>  
schiller@4t-da.de

Dr. Wolfram Marx [WM]<sup>4</sup>  
marx@succidia.de

Carmen Klein [CK]<sup>5</sup>  
klein@succidia.de

Prof. Dr. Jürgen Brickmann [JB]  
brickmann@succidia.de

Jörg Peter Matthes [JPM]  
jpm@4t-da.de

Dr. Gerhard Schilling [GS]  
g.j.schilling@t-online.de

### Wissenschaftliche Beratung

Dr. Gerhard Schilling [GS]<sup>6</sup>  
g.j.schilling@t-online.de

### Anzeigenverkauf

Julia Klomann<sup>7</sup>  
klomann@succidia.de

Heiko Rothmann<sup>8</sup>  
rothmann@succidia.de

### Anzeigenverwaltung

Svenja Rothenhäuser<sup>9</sup>  
rothenhaeuser@succidia.de

### Konzeption, Layout, Produktion

4t Matthes+Traut Werbeagentur  
www.4t-da.de

Monika Müller<sup>10</sup> · mueller@4t-da.de  
Tel. +49 6151-8519-29

Angelique Göll<sup>11</sup> · goell@4t-da.de  
Tel. +49 6151-8519-91

### Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Philippe A. Bopp  
Department of Chemistry,  
Université Bordeaux 1, Frankreich

Prof. Dr. Horst Hahn  
Geschäftsführender Direktor,  
Institut für Nanotechnologie,  
Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr. h.c. Henning Hopf  
Institut für Organische Chemie,  
Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. Rüdiger Kniep  
Direktor Anorganische Chemie,  
Max-Planck-Institut für Chemische  
Physik fester Stoffe, Dresden

Prof. Dr. Paul G. Layer  
Entwicklungsbiologie und  
Neurogenetik, Institut für Zoologie,  
Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr. Reinhard Renneberg  
Full Professor of Analytical Biotechnology  
Hong Kong University of Science and  
Technology (HKUST), Hongkong, China

### 11. Jahrgang – 10 Ausgaben p.a.

+ 4 internationale Ausgaben  
z. Z. gilt die Anzeigenpreisliste 09/2014.

### Preis

Einzelheft 15 €

Jahresabo (10 Ausgaben)  
Deutschland: 115 € zzgl. 7% MwSt.

Ausland: 134,50 €

### Heftbestellung

laborundmore@succidia.de

### Druck

Frotscher Druck GmbH  
Riedstraße 8 · 64293 Darmstadt  
www.frotscher-druck.de

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit schriftlicher Genehmigung und Quellenangabe gestattet. Der Verlag hat das Recht, den redaktionellen Beitrag in unveränderter oder bearbeiteter Form für alle Zwecke, in allen Medien weiter zu nutzen. Für unverlangt eingesandte Bilder und Manuskripte übernehmen Verlag und Redaktion sowie die Agentur keinerlei Gewähr. Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung des Autors.

ZKZ 75010  
ISSN 1866-5217



Mitglied der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e. V. (IVW), Berlin



Der CO<sub>2</sub>-neutrale Versand mit der Deutschen Post



Verlag & Kommunikation

[www.laborundmore.de](http://www.laborundmore.de)

# Ende



Quelle: [www.facebook.com/NASA](http://www.facebook.com/NASA)

**Vorbeiflug  
geglückt!**

„Hallo, Pluto!“

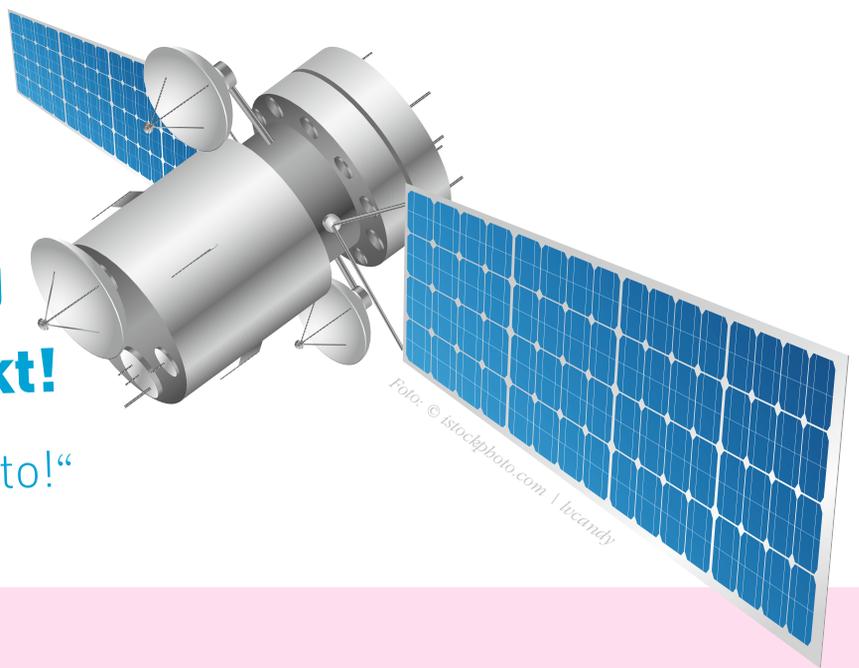


Foto: © istockphoto.com | lucandy

**Arzt zu Patient:**

„Warum rennen Sie aus dem OP-Saal?“

**Patient:**

„Die Schwester hat gesagt:  
Regen Sie sich nicht auf, das ist nur eine  
einfache Blinddarmoperation.  
Sie werden es schon schaffen!“

**Arzt:**

„Was ist daran so schlimm?“

**Patient:**

„Sie hat es nicht zu mir,  
sondern zum Chirurgen gesagt.“

Na klar,

die ständige Beschleunigung in den Veränderungen der Menschheit und des Planeten verbindet sich heute mit einer Intensivierung der Lebens- und Arbeitsrhythmen zu einem Phänomen, das einige als „rapidación“ bezeichnen, wenn auch die Veränderung ein Teil der Dynamik der komplexen Systeme ist, steht doch die Geschwindigkeit, die das menschliche Handeln ihr heute aufzwingt, im Gegensatz zu der natürlichen Langsamkeit der biologischen Evolution.

Papst Franziskus, Enzyklika LAUDATO SI', Über die Sorge für das gemeinsame Haus, Juni 2015

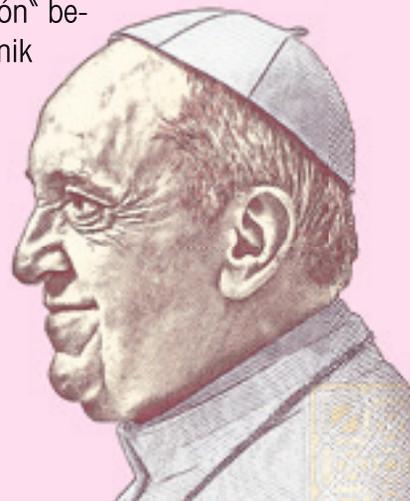
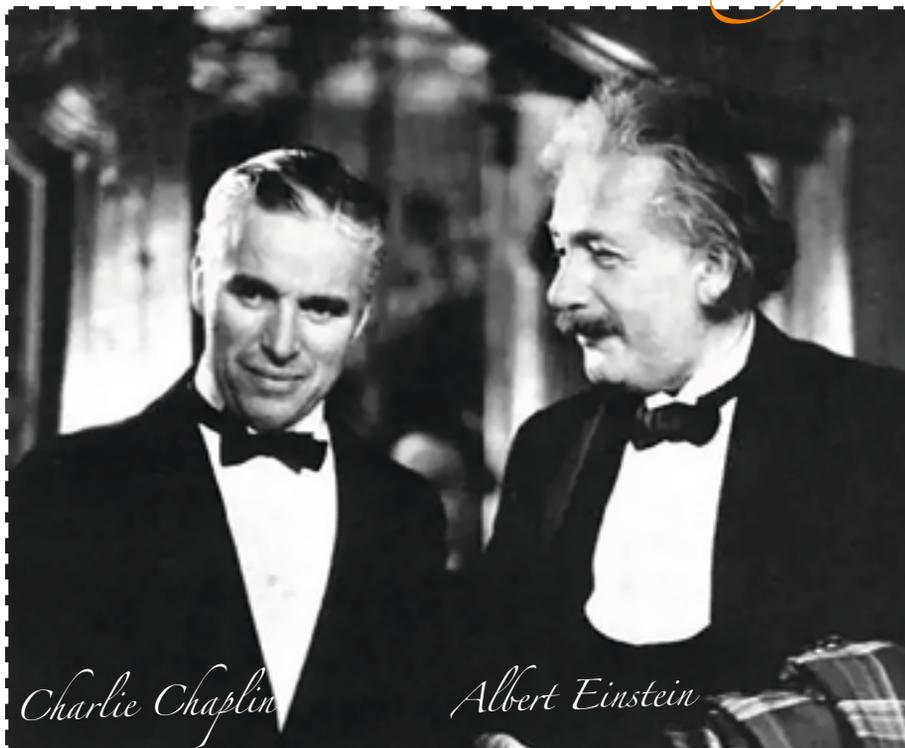


Foto: © istockphoto.com | Kokkai Ng

## Zwei Legenden in einem Bild



Quelle: [www.9GAG.com](http://www.9GAG.com)

Charlie Chaplin

Albert Einstein

*Ein Tag ohne Lachen  
ist ein verlorener  
Tag.*

Charlie Chaplin

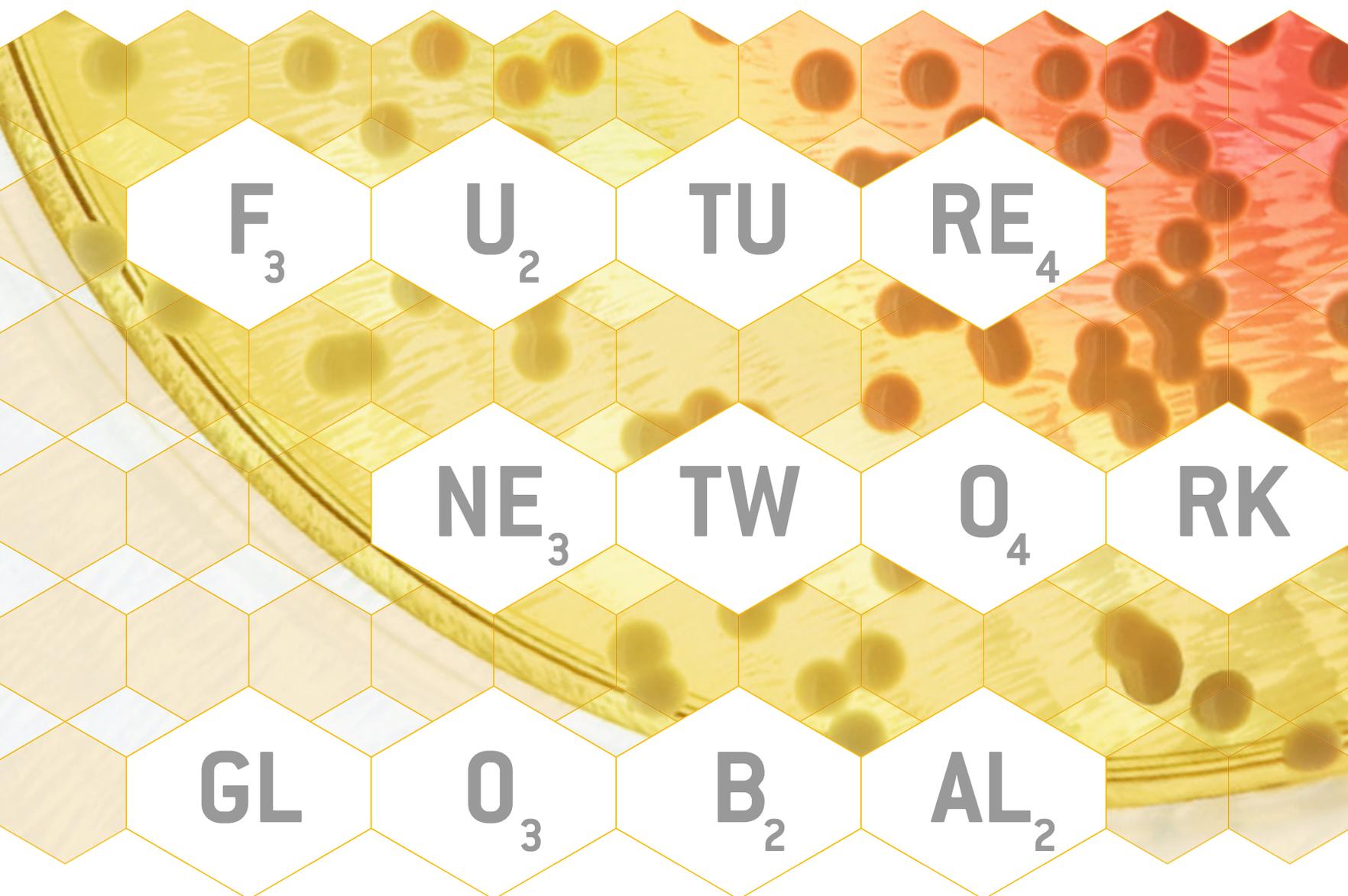
*Intelligente  
Menschen lösen Probleme,  
Genies verhindern sie.*

Albert Einstein



Messe München  
International

Connecting Global Competence



## Elementary to your success.

The world's largest network of trade fairs for laboratory technology, instrumental analysis and biotechnology features the complete range of products and services for all of your laboratory needs—in industry and research. The scientific highlight is the analytica conference, where the international elite discusses analysis trends in chemistry and the life sciences.

October 8–10, 2015  
Hyderabad

8th International Trade Fair for  
Laboratory Technology, Analysis,  
Biotechnology and Diagnostics  
[www.analyticaindia.com](http://www.analyticaindia.com)

 **INDIA LAB EXPO**  
2015



analytica Anacon India



# Impress Yourself

## Die neuen Eppendorf Cell Culture Consumables

Ihre Zellen werden von dieser komplett neuen Produktlinie begeistert sein. Über 50 Jahre Erfahrung haben wir für die Eppendorf Cell Culture Consumables auf den Punkt gebracht. Mit innovativem Design, vorbildlicher Sicherheit und Reinheit. Von Experten entwickelt. Für Perfektionisten. Impress yourself!

- > Herausragende Qualität, Klarheit, Reinheit und Sterilität für konsistente Zellkulturbedingungen
- > Verbessertes Design für mehr Sicherheit und Ergonomie
- > Maximaler Schutz während Inkubation, Lagerung und Transport



[www.eppendorf.com/cc](http://www.eppendorf.com/cc)