



succidia

ZKZ 75010

Fokus Wasser

# labor & more

04.15

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

*„Wie das Wasser auf  
die Erde kam.“*

Der Astronom Prof. Dr. Johannes Viktor Feitzinger beschreibt wie die wichtigste Flüssigkeit des Lebens den Weg vom Kosmos auf unseren Planeten fand.

## Nützlich

Viren im Pflanzenschutz  
Prof. Dr. Johannes A. Jehle

## Natürlich

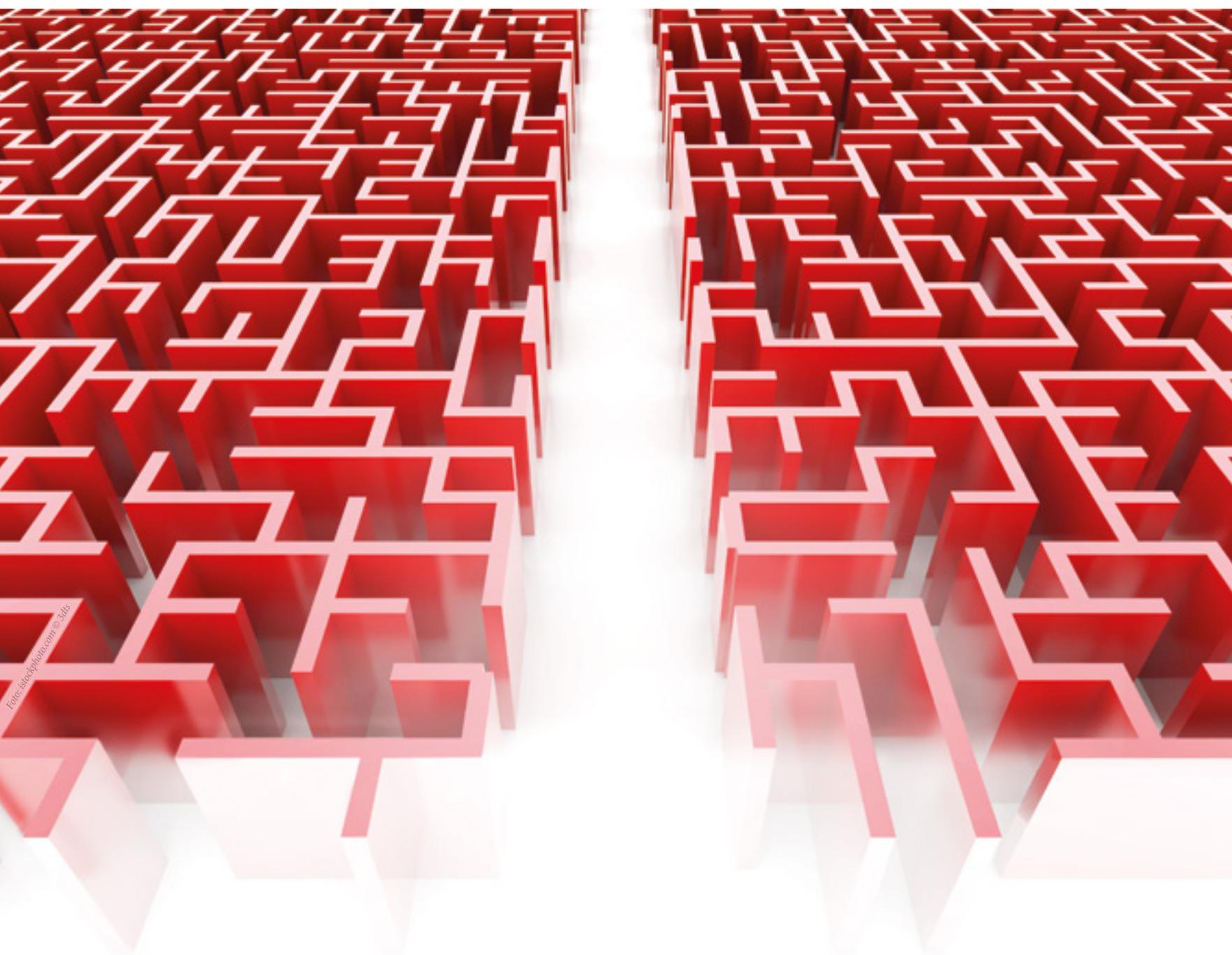
Molekulare Erkennung in Wasser  
Prof. Dr. Stefan Kubik

## Langlebig

Mikroplastik in der Umwelt  
Prof. Dr. Gerd Liebezeit

# Besser als Suchmaschinen

Die clevere Suche für Chemie, Life Sciences und Analytik



Jetzt testen!

[www.chemie.de/clever-suchen](http://www.chemie.de/clever-suchen)

Die Fachportale von CHEMIE.DE bieten die clevere Suche für Chemie, Life Sciences und Analytik, die das Finden von Fachinformationen schneller machen, weil ausschließlich fachbezogene Ergebnisse angezeigt werden.

 **CHEMIE.DE**<sup>®</sup>  
Information Service

## Im richtigen Licht

**In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts schufen viele Städte die Position eines Stadtschreibers – eine kommunale Auszeichnung für Schriftsteller und Literaten. Meist für einen Zeitraum von einem Jahr durften die Ausgezeichneten kostenfrei wohnen und auch sonst fehlte ihnen wenig. Die Aufgabe des Stadtschreibers war meist nur vage formuliert. Er (oder sie) sollte alles aufschreiben, was ihm (oder ihr) auffiel und dies in eine literarische Form bringen. Einige der Ausgezeichneten beeinflussten die deutsche Literatur als Autoren oder als Auftraggeber literarischer Arbeiten.**

Die Redaktion von labor&more hat sich für das Internationale Jahr des Lichts 2015 (siehe dazu l&m 2/15) das Ziel gesetzt, in jeder Ausgabe einen Beitrag zu bringen, der sich mit dem Thema Licht befasst. Frau Prof. Dr. Johanna Stachel, Vizepräsidentin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, erläuterte in Ihrem Beitrag in der Februarausgabe die Hintergründe für diese Initiative der Vereinten Nationen. Der Beitrag in diesem Heft ist der Lichtkunst gewidmet. Wir konnten den Frankfurter Chemiker und Lichtkünstler Dr. Leonhard Kießling für einen Beitrag zu diesem Thema gewinnen. Die geneigte Leserschaft wird sich fragen, wie dies zum eingangs erwähnten Stadtschreiber passt. Die Erklärung ist einfach: Wie der Stadtschreiber den Geschichten aus seiner Gastgeberkommune nachjagt und daraus Kunst schafft, ist auch Leonhard Kießling stets auf der Suche nach neuen Eindrücken. Er sammelt alles auf, was im weitesten Sinne mit Licht zu tun hat. Sein Werkzeug ist nicht die Feder (bzw. der Laptop), sondern die Kamera. Seine Aufzeichnungen sind Dokumentationen – sie sind aber auch Kunst. Dinge in einem anderen Licht sehen, scheint sein Motto zu sein. Der Lichtschreiber Kießling jagt Licht und Farbe hinter her – vom Universum bis zum Mikrokosmos.

Doch diese Ausgabe von labor&more ist nicht allein der Lichtkunst gewidmet. Für einen Schwerpunkt haben wir die elementaren Themen-

gebiete Wasser und Umwelt aufgegriffen. Prof. Dr. Stefan Kubik von der TU Kaiserslautern berichtet über molekulare Erkennungsprozesse von synthetischen Cyclopeptiden und anorganischen Anionen und zeigt auf, wie der Syntheschemiker von der Natur lernen kann. Prof. Dr. Gerd Liebezeit von der Universität Oldenburg widmet sich in seinem Beitrag „Mikroplastik in der Umwelt“ der Problematik des zunehmenden Plastikmülls in unserer Welt und den Möglichkeiten, diesen Müll, vor allem Mikroplastik, wieder zu entfernen. Der Beitrag „Wasser im Welt- raum“ von Prof. Dr. Johannes Viktor Feitzinger von der Ruhr-Universität Bochum streift eine Fragestellung, die insbesondere durch die Rosetta-Mission der ESA (siehe die Berichte von Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner sowie Dr. Stephan Ulamec vom DLR in labor&more 03.14) in die öffentliche Aufmerksamkeit gerückt wurde: Wie kam das Wasser auf die Erde? Schließlich zeigt Prof. Dr. Johannes Jehle vom Julius Kühn-Institut in Darmstadt auf, dass Viren nicht nur Masern, Grippe und Ebola verbreiten können, sondern dass es auch solche gibt, die sehr nützlich für die Menschheit sind.

Wir wünschen allen Leserinnen und Lesern eine unterhaltsame Lektüre.

→ **Prof. Dr. Jürgen Brickmann**

Wissenschaftlicher Direktor, succidia AG

## Ihre Partner für ein reines Umfeld



**Besuchen Sie uns:**  
LOUNGES 2015 in Stuttgart  
19. - 21. Mai 2015 · Stand F2.5



a schunk company

Weiss GWE GmbH  
www.gwe.de



BDK Luft- und Reinraumtechnik GmbH  
www.bdk-online.de



a schunk company

Weiss Klimatechnik GmbH  
www.wkt.com

### biotechnologisches

10 pflanzenschutz



#### Die nützlichsten Viren für die Menschheit

Prof. Dr. Johannes A. Jehle

### sichtbares

40 licht&kunst

#### Skizzen eines Lichtschreibers

Dr. Leonhard Kießling



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015

### basics

- 01 editorial
- 04 nachgedacht
- 05 Buchtipps
- 06 researched
- 08 markt&forschung
- 39 wasser&more
- 46 messe&tagung
- 47 naturstoff
- 48 &more
- 50 was es alles gibt
- 53 Impressum
- 54 Ende.

### wasserchemisches

**Im Fokus: Wasser**

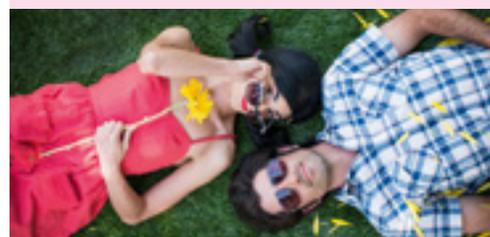
16 wasser&more



#### Wasser im Weltraum

Prof. Dr. Johannes Viktor Feitzinger

22 supramolekulare chemie



#### Der Natur abgesehen

Prof. Dr. Stefan Kubik

28 ökotoxikologie

#### Mikroplastik in der Umwelt

Prof. Dr. Gerd Liebezeit

34 wassermanagement

#### Neue Schadstoffe im Wasserkreislauf

Susanne Huckele, Dr. Thomas Track

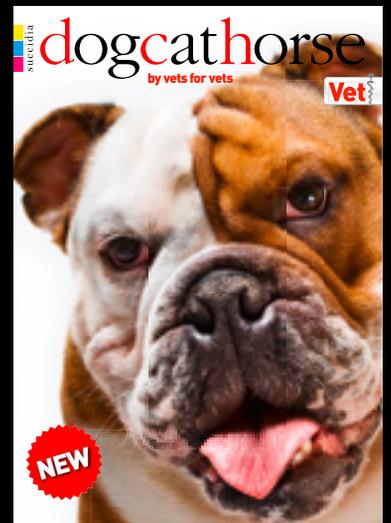
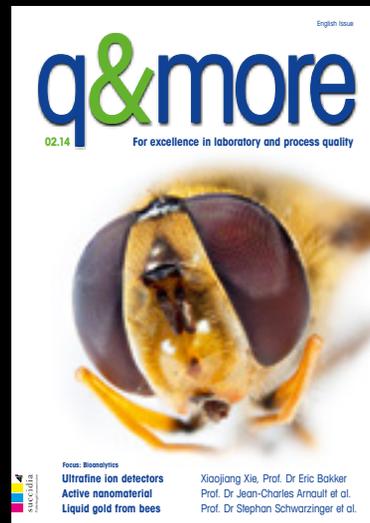
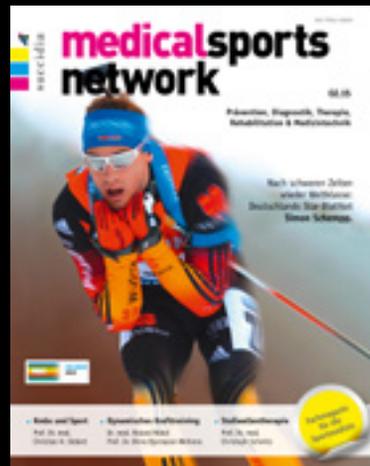




# MEHRwert

- ➔ Renommierete Autoren
- ➔ Opulentes Design
- ➔ Internationales Leistungsspektrum

**Marktkennntnis und Know-how seit über 40 Jahren – einfach das beste Angebot für anspruchsvolle Leserzielgruppen in der Chemie und Biotechnologie, der Pharmaforschung, der Prozesstechnik sowie der Sport- und Veterinärmedizin**



# nachgedacht



*Jeder will alt werden,  
niemand will altern*

Am 1. April starb die Japanerin Misao Okawa im Alter von 117 Jahren. Nur sechs Tage später starb als Nachfolgerin des ältesten Menschen auf der Erde die US-Amerikanerin Gertrude Weaver im Alter von 116 Jahren. Damit leben nach Angaben der Gerontology Research Group weltweit nur noch drei Menschen, die im 19. Jahrhundert geboren wurden. Die derzeit älteste bekannte Person ist nun demzufolge die US-Amerikanerin Jeralean Telley. Sie wurde am 23. Mai 1899 geboren. Kaum vorstellbar, was ein Mensch in einer Zeitspanne von über 100 Jahren erlebt haben muss. Die Altersrekorde in der Tierwelt sind ebenfalls eindrucksvoll: Ein Afrikanischer Elefant bringt es auf 60 Jahre wild lebend und auf 80 Jahre in Gefangenschaft. Affen können je nach Art zwischen 36 und 60 Jahre alt werden. Während Delfine rund 20 Jahre erreichen, schafft es ein Finnwal auf 116 Jahre. Seychellen-Riesenschildkröten können 152 Jahre alt werden.

Niemand will jung sterben, aber altern will man schon gar nicht. Aus biologischer Sicht leisten Zellen in einem langlebigen Organismus immense Arbeit. Mit jeder Zellteilung muss das gesamte Erbgut kopiert und korrekt an die neue Zelle weitergegeben werden – und das möglichst fehlerfrei. Der Alterungsprozess im Körper ist unausweichlich. Denn mit jeder Kopie verkürzen sich die Telomerenden, bis es zur genetischen Instabilität kommt. Die zelluläre Seneszenz tritt ein und vorbei ist es mit glatter Haut, fitten Gelenken und schnell feuernenden Gehirnzellen. Hinzu kommt, dass durch Umweltein-

flüsse und durch die Zellatmung in den Mitochondrien radikale Sauerstoffspezies entstehen, die das Erbgut angreifen, Mutationen verursachen und die Wahrscheinlichkeit für Krebs erhöhen. Obwohl die Biomaschinerien unglaublich effektiv arbeiten, bleibt der biologische Zerfall unausweichlich. So schwer es für die Menschheit ist, der Kreislauf des Lebens ist nun mal Gesetz der Natur. Wie kann es anders sein?

Wie wäre es hiermit: Eine Qualle (wissenschaftlicher Name: *Turritopsis dohrnii*), die ein italienischer Forscher 1999 im Mittelmeer entdeckt hat, kann, wenn sie alt wird, ihre Zellen von Grund auf erneuern. Anschließend steigt sie vom Meeresboden als jugendliche Qualle wieder auf. Wünscht sich das nicht jeder, zu sehen an den von Schönheitschirurgen bearbeiteten Puppen auf den roten Teppichen dieser Welt. Doch die Natur kennt keine halben Sachen. Sämtliche Zellen im Körper würden sich reprogrammieren, auch die im Gehirn. Damit wäre das neuronale Netzwerk zerstört, das sich über all die Jahre aufgebaut hat. Unser Ich und damit auch unsere Persönlichkeit und Identität wären dahin und man könnte den neuen Körper genauso gut oder schlecht zu schätzen wissen wie ein Neugeborenes. Überflüssig wären Sex und damit das Verlieben, Heiraten, eine Familie gründen und mit den Enkeln spielen. Mir scheint es so, als hätte jene Qualle ein einsames Leben.

Ich weiß nicht, was ein Mensch wie Misao Okawa zum Thema Altern sagen würde. Ich kann mir nur vorstellen, dass ein begrenztes Leben

auch ein bewusstes Leben beschert und ich damit möglichst viele schöne Momente anstrebe. Jeder Konflikt mit einem anderen Menschen lehrt, wie man miteinander umgehen sollte; jede Hürde, die man nimmt, bildet weiter; jede Falte erinnert an eine Sorge, die man überwunden hat und jede Speckrolle ruft den Geschmack der Schokoladentorte hervor, die man letzte Woche genießen durfte. Ich bin mir sicher, Misao und jeder Mensch, der alt werden durfte, hatten eine Reihe ganz ähnlicher Momente, an die sie sich in ihrem Leben erinnern konnten – bei der Qualle bezweifle ich das.



→ **Carmen Klein,**  
Redaktion

Bild: © istockphoto.com | BleachedPink

# Buchtipf

Bert te Wildt

## Digital Junkies

Internetabhängigkeit und ihre Folgen für uns und unsere Kinder

„Zahlen lügen nicht“, hat mir mal jemand gesagt. Wenn sie richtig erhoben sind, und davon wollen wir mal ausgehen, dann sind sie in diesem Fall mehr als schockierend. In den deutschsprachigen Ländern verfügen laut den von Bert te Wildt zusammengetragenen Daten über 90% der Bevölkerung über einen Internetzugang. Nach vorsichtigen Schätzungen sind über 5 Mio. Menschen von einer „problematischen oder pathologischen Internetnutzung betroffen“. Der jugendliche Durchschnittsdeutsche im Alter zwischen zwölf und 19 Jahren verbringt in diesen acht Lebensjahren ein ganzes Jahr im Internet. Das ist die eine erschreckende Seite. Die andere ist, dass Internetabhängigkeit noch um die Anerkennung als Krankheitsbild kämpfen muss. Nach der Lektüre dieses Buches muss sich das eigentlich ändern.

Die drei süchtig machenden Genres sind Onlinespiele (Rollenspiele), Cybersex und soziale Netzwerke. Zwischen acht und 16 Stunden verbringen die schwer Betroffenen im Internet – täglich. Ein Leben mitten in der analogen Gesellschaft ist damit nicht mehr möglich. Der Autor stellt fest, dass die Internetabhängigkeit einer Depression, sozialer Ängstlichkeit und den Symptomen von ADHS und Autismus ebenso folgt als auch vorausgehen kann. Entsprechend hoch ist der therapeutische Aufwand, die angerichteten Schäden wieder zu heilen.

Das Buch Digital Junkies ist mit seinen sechs Kapiteln sehr gut aufgebaut: Der Diagnose folgen die verschiedenen Suchtvarianten (Spiele, Sehnsucht, Sex) und die Ursachen (medial, sozial, individuell). Die zweite Hälfte des Buches befasst sich mit Behandlungsmöglichkeiten und beinhaltet, wie ich finde, die wichtigsten Kapitel: Prävention und gesellschaftlicher Umgang mit dem Internet, den te Wildt als „Kult ums Netz“ bezeichnet.

Bert te Wildt ist Arzt und Psychotherapeut, hat bereits 2002 eine Sprechstunde für Menschen mit medienassoziierten psychischen Erkrankungen gegründet und zählt damit sicher zu den Vorreitern unter den Medizern, die sich um die Betreuung und Behandlung von Internetabhängigen kümmern. Er sagt, dass er sich mit seinem Buch an diejenigen richtet, die wissen möchten, wie man Internetabhängigkeit erkennen und behandeln kann. Ich würde den Leserkreis aber nicht so bescheiden einschränken. Das Buch sollte jeder lesen! Und Pflichtlektüre sollte es für alle Eltern, Pädagogen und Politiker sein. Nämlich alle diejenigen, die an den entscheidenden Stellen sitzen und Schlimmeres, besonders für die Kinder, verhindern könnten. Der Autor schließt das Buch mit einem exzellenten Vergleich: „Wenn es heute zu echten Naturkatastrophen kommt, können wir uns zwar nicht immer sicher sein, ob sie etwas mit den Umweltsünden der industriellen Revolution zu tun haben. Für die Verschmutzung unseres geistigen Klimas durch die digitale Revolution tragen wir allerdings die volle Verantwortung.“ Also, lesen und handeln Sie.

*(Für labor&more gelesen von Dr. Wolfram Marx)*

*Der Autor PD Dr. Bert te Wildt ist leitender Oberarzt der Ambulanz der Klinik für Psychosomatik und Psychotherapie des LWL-Universitätsklinikums der Ruhr-Universität Bochum. An der LWL-Klinik bietet er eine Spezialsprechstunde für Medienabhängige an.*

Bert te Wildt

### Digital Junkies

Internetabhängigkeit und ihre Folgen für uns und unsere Kinder

Droemer Verlag 2015

Hardcover, 384 Seiten

**ISBN: 978-3-426-27656-3**

### Gewinnen mit labor&more

Unter allen Einsendungen per E-Mail mit dem Stichwort „Digital Junkies“ verlosen wir drei Exemplare der Neuerscheinung von Dr. Bert te Wildt.

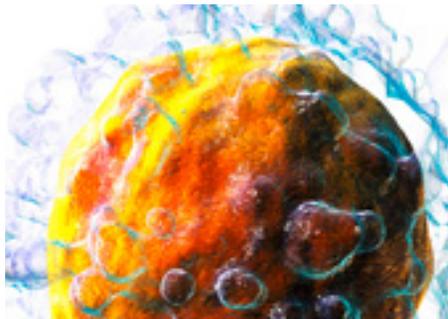
→ [win@laborandmore.de](mailto:win@laborandmore.de)

Einsendeschluss ist der 29. Mai 2015.  
Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.



## Immunologie

### Vitamin E bügelt Gendefekt aus



Ein weißes Blutkörperchen, auch T-Zelle genannt, trägt auf seiner Oberfläche spezielle Strukturen, mit denen es Fremdkörper spezifisch erkennt.

Bild: Blausen.com, CC BY 3.0 via Wikimedia Commons

Erhöhte UV-Strahlung lässt im Körper freie Radikale entstehen. Dadurch kommt der Körper unter oxidativen Stress, was das Immunsystem schwächt. Dies wiederum begünstigt die Vermehrung u.a. von Herpesviren. Neben UV-Strahlung führen auch andere Umwelteinflüsse zu einem hohen oxidativen Stress im Körper, z.B. Luftverschmutzung, Rauchen oder Alkoholkonsum und nicht zuletzt Infektionen. Und immer wieder ist die Rede davon, dass man mit entsprechender Vitaminnahrungsergänzung die freien (Sauerstoff-)Radikale bekämpfen kann. Forscherinnen und Forscher aus der Gruppe von Manfred Kopf, Professor am Institut für molekulare Gesundheitswissenschaften der ETH Zürich, sind nun von diesen Fragen ausgehend auf ein Phänomen gestoßen, das die Auswirkungen von oxidativem Stress auf Immunzellen erklärt. Dringt ein Fremdkörper wie ein Virus in den Körper ein, reagieren T-Zellen mit starker und rascher Vermehrung. Fehlt den Immunzellen das Reparatur-Enzym Gpx4 (oder ist es defekt), sterben die sich teilenden T-Zellen ab, das Immunsystem kann die Erreger nicht eliminieren und die Infektion wird chronisch. Das Enzym ist dafür zuständig, oxidative Schäden an der Zellmembran zu reparieren.

Quelle: [www.ethz.ch](http://www.ethz.ch)  
Originalveröffentlichung: *J. Exp. Med.*, 2015,  
DOI: 10.1084/jem.20140857

## Bionanotechnologie

### Ein Werkzeugkasten für den Bau beweglicher DNA-Nanomaschinen

Wissenschaftler der Technischen Universität München (TUM) stellen neue DNA-Nanoobjekte vor: einen Roboter mit beweglichen Armen, ein Buch, das sich öffnet und schließt, ein schaltbares Zahnrad und einen Aktuator. Faszinierende Objekte, doch ihre eigentliche Bedeutung liegt woanders: Sie zeigen einen völlig neuen Ansatz, dreidimensionale DNA-Bausteine zu verbinden und zu konfigurieren: Statt wie bisher Stränge von DNA-Basenpaaren wie einen Reißverschluss zusammenzufügen, klinkt man gegleiche Formen wie Puzzleteile ineinander. Die neue Technik bereitet den Weg für anwendbare Nanomaschinen mit beweglichen Teilen. Außerdem liefert sie einen Werkzeugkasten, mit dem sich die Selbstmontage von DNA-Bausteinen einfacher programmieren lässt.

Quelle: [www.tum.de](http://www.tum.de)  
Originalveröffentlichung: *Science*, 2015,  
DOI: 10.1126/science.aaa5372

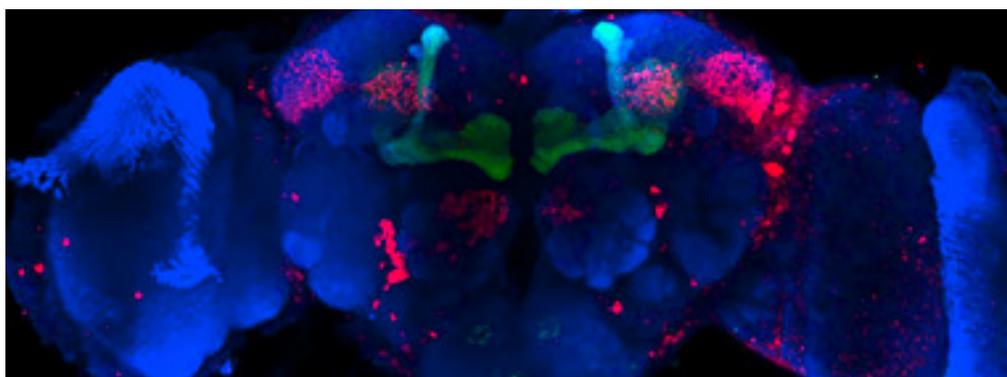


Nanoroboter mit beweglichen Armen: im Entwurf (oben) und wie die Forscher ihn mit TEM beobachten konnten.

Bild: H. Dietz / TUM

## Neurologie

### Hintergrundrauschen in Nervenzellen als Ursache der Aufmerksamkeitsstörung?



**Abb. 1** Mikroskopische Aufnahme eines Drosophila-Gehirns (blau). Die Synapsen zweier Typen von Nervenzellen sind grün und rot markiert.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Universitätsklinikums Freiburg haben möglicherweise einen Mechanismus dafür gefunden, warum Kinder und Erwachsene an mangelnder Aufmerksamkeit, hoher Ablenkbarkeit und Hyperaktivität leiden. Für das sogenannte Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Syndrom (ADHS) könnte es von Bedeutung sein, dass Nervenzellen verstärkt reizenabhängig aktiv sind. Eine solche Aktivität ohne äußere Reize wird als Hintergrundrauschen bezeichnet. Bei

den erwachsenen Testpersonen mit ADHS war das Rauschen verstärkt. Damit steht eventuell erstmals ein Test zur Verfügung, mit dem ADHS im Gehirn diagnostiziert werden kann. Bislang wird die Erkrankung anhand der Krankengeschichte und psychologischer Tests festgestellt.

Quelle: [www.uniklinik-freiburg.de](http://www.uniklinik-freiburg.de)  
Originalveröffentlichung: *PLoS ONE*, 2015,  
DOI: 10.1371/journal.pone.0118271

### Evolutionsbiologie

## Tödliche Parasiten erfinden das Rad neu



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme zweier Trypanosomen (blau), die im Blut schwimmen. Bei der runden Struktur handelt es sich um ein rotes Blutkörperchen.  
Bild: zug/Christopher Jackson

Berner Forschende haben in Trypanosomen, einzelligen Parasiten, eine Art winzige Maschine entdeckt, die den Transport von Proteinen durch die Zelle steuert. Dieser Fund könnte helfen, eine der wichtigsten Fragen der Evolutionsbiologie zu beantworten: Wie entstanden komplexe Zellen? Trypanosomen sind die Exoten unter den Einzellern: Sie haben sich über Hunderte von Jahrmillionen isoliert von anderen Organismen entwickelt und unterscheiden sich daher stark von diesen. Für Evolutionsbiologen sind die Parasiten interessant, weil sie Einblicke in die Frühphase komplexer Lebensformen bieten.

Quelle: [www.kommunikation.unibe.ch](http://www.kommunikation.unibe.ch)

Originalveröffentlichung: *Nature Communications*, 2015, DOI:10.1038/ncomms7646

### Materialforschung

## Vom Tabak zum Cyberholz



ETH-Wissenschaftler bauten aus Zellen der Tabakpflanze den mit Abstand empfindlichsten Temperatursensor.

Bild: Daniele Flo / ETH Zürich

Um einen extrem empfindlichen Temperatursensor zu entwickeln, bedienen sich Forschende am Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETH Zürich temperaturempfindlicher pflanzlicher Zellen. Allerdings ahmten sie nicht die Eigenschaften dieser Zellen nach, sondern entwickelten ein Hybridmaterial, das neben synthetischen Komponenten auch die pflanzlichen Zellen enthält. So gelang es, den mit Abstand empfindlichsten Temperatursensor zu entwickeln, der seine Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur ändert.

Quelle: [www.etbz.ch](http://www.etbz.ch)

Originalveröffentlichung: *PNAS*, 2015,

DOI: 10.1073/pnas.1421020112

## Ihr Labor. Unterwegs. Spectroquant® Move für die Desinfektions- kontrolle

Alles, was Sie unterwegs für die Wasseranalyse benötigen:  
Mit dem kleinen, tragbaren Colorimeter weisen Sie verlässlich alle wichtigen Parameter zur Desinfektionskontrolle (Cl<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>/ClO<sub>2</sub>/CyA/pH) in Trinkwasser und Abwasser nach.

- **Schnelle** und einfache mobile Analysen mit nur einem Gerät
- **Große Bandbreite** an Messbereichen – 100 Parameter programmiert
- **IP-Schutzklasse 68** – zuverlässige Analysen auch in feuchter und staubiger Umgebung
- **Präzise Messresultate** durch analytische Qualitätssicherung und Dokumentation



NEU



[www.merckmillipore.com/move-disinfection-control](http://www.merckmillipore.com/move-disinfection-control)

Merck Millipore ist eine Sparte von  MERCK

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

# mikroskopie

Internationales Jahr des Lichts

## Zuschauer bei der Zellteilung sein

14. Tag der Mikroskopie in Jena



Keynote Speaker Peter O'Toole, York University, zeigt die Vorteile der Airyscan-Mikroskopie.

**Als der Zeiss-Mitarbeiter August Köhler 1904 die Fluoreszenz entdeckte, arbeitete er an einem Ultraviolett (UV)-Mikroskop und untersuchte einen Kristall. Durch Zufall beobachtete er ein Leuchten. Was zunächst wie ein störender Nebeneffekt erschien, entwickelt sich zu einem besonderen Nutzen in der Mikroskopie. Heute können Forscher mit modernen Verfahren der Fluoreszenzmikroskopie Strukturen betrachten, die sogar das von Ernst Abbe postulierte Auflösungslimit von Lichtmikroskopen umgehen.**

Auf dem 14. Tag der Mikroskopie von Zeiss im Volksbad Jena stand das Thema Zellteilung im Mittelpunkt. Höhepunkt in diesem Jahr waren die neu in den Markt eingeführten Laser-Scanning-Mikroskope LSM 800 und LSM 880. Die Zeiss LSM 8 Familie mit Airyscan ermöglicht eine höhere Bildauflösung bei geringer Belastung der Proben durch Anregungslicht. Den Eröffnungsvortrag hielt Dr. Peter O'Toole, Leiter des renommierten Labors für Mikroskopie und Zytometrie der Universität York. Zeiss blickt bereits auf eine mehrjährige Zusammenarbeit mit dem britischen Wissenschaftler bei der Anwendungsentwicklung von Mikroskopsystemen zurück.

Rund 480 Anwender aus Forschung, Lehre und klinischer Routine hatten sich angemeldet, um die aktuellen Licht- und Elektronenmikroskopsysteme live zu erleben. In Vorträgen, Workshops und vor allem im Gespräch mit Spezialisten konnten sie neue Impulse für ihre Arbeit gewinnen und sich untereinander austauschen.

→ CK

### IVD-Branche

## Labordiagnostik wird vom Wachstumsmarkt entkoppelt

Die Diagnostika-Industrie erzielte im Jahr 2014 einen Umsatz von 2,189 Mrd. Euro in Deutschland. Damit verzeichnet die Branche der In-vitro-Diagnostica-Hersteller (IVD) im Vergleich zum Vorjahr einen geringfügigen Marktrückgang von 0,1 %. Dieses Ergebnis gab der Verband der Diagnostica-Industrie (VDGH) nach Vorliegen der Marktzahlen für das vierte Quartal 2014 in Berlin bekannt. Während in der Labordiagnostik (Reagenzien und Geräte) ein Umsatzwachstum von 0,7 % erzielt wurde, gingen die Umsätze für Schnelltests, Point-of-Care-Testing und Tests in der Eigenanwendung beim Patienten um 1,3 Prozentpunkte zurück. Insgesamt erzielt die Diagnostika-Industrie sieben Achtel des Inlandsumsatzes mit Reagenzien. Geräte, Instrumente und Services machen 12,4 % des Gesamtmarktes aus.

→ [www.vdgh.de](http://www.vdgh.de)

### Milliardendeals

## Mylan wirft Auge auf irische Perrigo

Der US-Pharmakonzern Mylan will den irischen Konkurrenten Perrigo kaufen. Die noch nicht förmliche Offerte liege insgesamt bei 28,9 Mrd. US-Dollar, teilte der größte amerikanische Generikahersteller mit. Mylan biete 205 US-Dollar je Aktie in bar und Aktien. Eine förmliche Offerte könne folgen. In der Pharmabranche gab es zuletzt mehrere gigantische Übernahmen und Fusionen. So will sich der US-Pharmakonzern Abbvie den Krebsmedikamente-Hersteller Pharmacyclics einverleiben. Das Geschäft wird auf einen Wert von rund 21 Mrd. Dollar taxiert. Der deutsche Pharmakonzern Merck KGaA arbeitet an der 17 Mrd. Dollar schweren Übernahme des US-Laborausrusters Sigma-Aldrich. Dagegen war die 117 Mrd. Dollar schwere Übernahme der britischen Astra-Zeneca durch den US-Konzern Pfizer im vergangenen Jahr geplatzt.

→ [www.mylan-dura.de](http://www.mylan-dura.de)

### Verbundprojekt

## Hirndoping in Studium und Beruf nimmt zu

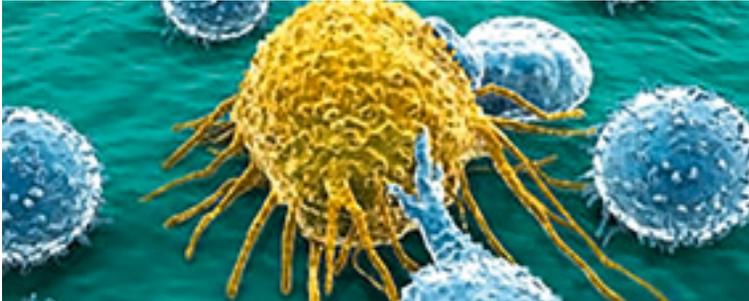
Um im Job belastbarer zu sein, nehmen laut des aktuellen DAK-Gesundheitsreports immer mehr Beschäftigte in Deutschland verschreibungspflichtige Medikamente ein, ohne dass dafür eine medizinische Indikation vorliegt. Sie dopen ihr Gehirn mit Substanzen zur geistigen Leistungssteigerung, zur Bekämpfung von Nervosität oder zur Stimmungsverbesserung. Dieses sogenannte „Pharmakologische Neuroenhancement“ betreiben jedoch nicht Topmanager in großem Umfang, sondern eher Beschäftigte mit einer einfachen Arbeit und einem unsicheren Arbeitsplatz. Wie ein Mensch überhaupt dazu kommt, Medikamente oder Drogen einzunehmen, um mehr leisten zu können, wo sich die Konsumenten über die Substanzen informieren und welche Rolle Ärzte und Apotheker beim Thema Hirndoping spielen, widmen sich Wissenschaftlicher der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) und der Universitätsmedizin Mainz im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts „Pharmakologisches Neuroenhancement – Zwischen planbarem Wissenstransfer und nicht intendierten Rückwirkungen“. Ziel ist es, den Wissenstransfer systematisch zu untersuchen und hinsichtlich seiner gesellschaftlichen Auswirkungen zu analysieren. Die Forschungsergebnisse sollen der Prävention von Hirndoping dienen.

→ [www.uni-mainz.de](http://www.uni-mainz.de)

# markt & forschung

## Partnerschaft

### Merck und Pfizer starten Studie zu Avelumab



Merck und Pfizer haben den Start einer internationalen Phase-III-Studie zur Bewertung der Wirksamkeit und Sicherheit der Prüfsubstanz Avelumab für die Krebsimmuntherapie und die Behandlung des ersten Patienten bekannt gegeben. Die Prüfung von Avelumab erfolgt im Vergleich zu Docetaxel bei Patienten mit nicht-kleinzelligem Bronchialkarzinom (NSCLC) des Stadiums IIIb/IV, deren Krebserkrankung nach vorausgegangener platinbasierter Doublet-Therapie fortgeschritten ist.

→ [www.merck.de](http://www.merck.de)

## Webkonferenz

### Bayers „One Health“-Ansatz thematisiert zoonotische Krankheiten

Fast die Hälfte der Weltbevölkerung ist mit mindestens einer Art von Vektorkrankheit infiziert. Diese Krankheiten werden von Parasiten auf Tiere und Menschen übertragen und haben starken Einfluss auf die öffentliche Gesundheit und die globale Wirtschaft. Mit der vierten jährlichen CVBD® (Companion Vector-Borne Diseases)-Webkonferenz am 13. Mai 2015 treibt Bayer den „One Health“-Ansatz (multidisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Veterinär- und Humanmedizinern sowie Experten für öffentliche Gesundheit) weiter voran, um Bewusstsein für vektorübertragene Krankheiten und Möglichkeiten zum Schutz vor Parasiten zu schaffen. Der „One Health“-Ansatz der Webkonferenz wird von einer Gruppe weltweit anerkannter Experten für Erforschung und Vermeidung von vektorübertragenen zoonotischen Krankheiten vertreten. Die kostenfreie Registrierung für die CVBD-Webkonferenz ist unter [www.cvbdweb-conference.com](http://www.cvbdweb-conference.com) möglich.

→ [www.healthcare.bayer.de](http://www.healthcare.bayer.de)

## Antrittsvorlesung

### Der molekulare Fingerabdruck



V.l.n.r.: Prof. Dr. Thomas Knepper, Dekan und Vizepräsident für den Fachbereich Chemie & Biologie, und Prof. Dr. Klaus Schneider  
Bild: Hochschule Fresenius

Spätestens seit Sherlock Holmes wissen wir, dass jeder Mensch durch seinen einzigartigen Fingerabdruck identifizierbar ist. Die Erkenntnis, dass dieser weit mehr preisgibt als nur die Identität eines Menschen, ist hingegen jünger und Forschungsgegenstand von Prof. Dr. Klaus Schneider. In seiner Antrittsvorlesung am 17. März schilderte er Anfänge und Entwicklung des molekularen Fingerabdrucks, der mittlerweile Einzug in die Biomedizin hält. Tatsächlich entwickelte schon der Gründer der Hochschule, Carl Remigius Fresenius, forensische Verfahren wie die zuverlässige Arsenanalyse für Vergiftungsstraftaten und Mordfälle. Auch heute spielt die Forensik in den Studiengängen des Fachbereichs Chemie & Biologie eine große Rolle.

→ [www.hs-fresenius.de](http://www.hs-fresenius.de)

**EINFACH  
GUT  
STERILISIEREN**

**HMC  
EUROPE**  
Sterilisationstechnik

## Autoklaven für die Mikrobiologie

Kammervolumen  
von 16 - 150 Liter

Beste Qualität  
Höchster Komfort  
Bezahlbar



[www.hmc-europe.com](http://www.hmc-europe.com)



HMC-Europe GmbH  
Sterilisationstechnik

Kellerstr. 1  
84577 Tüßling

Telefon: +49 8633 505 20 -0  
Fax: +49 8633 505 20 -99

# pflanzenschutz

## Die nützlichsten Viren für die Menschheit

Mehrzweckwaffe mit ungewöhnlichem biotechnologischen Potenzial

Prof. Dr. Johannes A. Jehle

Institut für Biologischen Pflanzenschutz,  
Julius Kühn-Institut, Darmstadt

**Masern, Grippe, Ebola – bei Viren denkt man meistens an gefährliche, bisweilen sogar tödliche Krankheitserreger. Diese Eigenschaften macht sich der biologische Pflanzenschutz zu Nutze, indem Insektenviren zur Bekämpfung von Schädlingen in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt werden. Und dies völlig selektiv und ungefährlich für Mensch und Umwelt.**

### Die Schlafsucht der Seidenraupen

Als im Jahr 1865 die damals bedeutende südfranzösische Seidenproduktion vor dem Kollaps stand, weil die Seidenraupen an den beiden Krankheiten Pebrine (Flecksucht) und Flacherie (Schlafsucht) dahinsiechten, beauftragte die Zentralregierung in Paris den damals bereits berühmten Louis Pasteur persönlich, sich des Problems anzunehmen. Und so verbrachte Pasteur mehrere Sommer im Midi, um die Ursachen und Gegenmaßnahmen dieser Insektenkrankheiten, von denen man heute weiß, dass sie von dem Mikrosporidium *Nosema bombycis* und einem Insektenvirus verursacht werden, zu erforschen. Zwar sollte es noch mehrere Jahrzehnte dauern, bis Viren als submikroskopische infektiöse Agentien entdeckt wurden, doch gelten die damaligen Arbeiten Pasteurs über die Krankheiten der Seidenraupe bis heute als Meilenstein der Insektenpathologie. Was Pasteur nicht wissen konnte: Die Schlafsucht der Seidenraupen wird

von einem Virus verursacht, welches zur heute größten bekannten Virengruppe, den so genannten Baculoviren, gehört.

### Uralte Viren für neue Aufgaben

Baculoviren wurden von über 600 verschiedenen Insekten isoliert und befallen ausschließlich die Larvenstadien von Arten der Ordnungen Lepidoptera (Schmetterlinge), Hymenoptera (Hautflügler) und Diptera (Zweiflügler). Sie haben ein doppelsträngiges zirkuläres DNA-Genom mit einer Größe von 90-180 kbp, das für 90-190 Proteine kodiert [1].

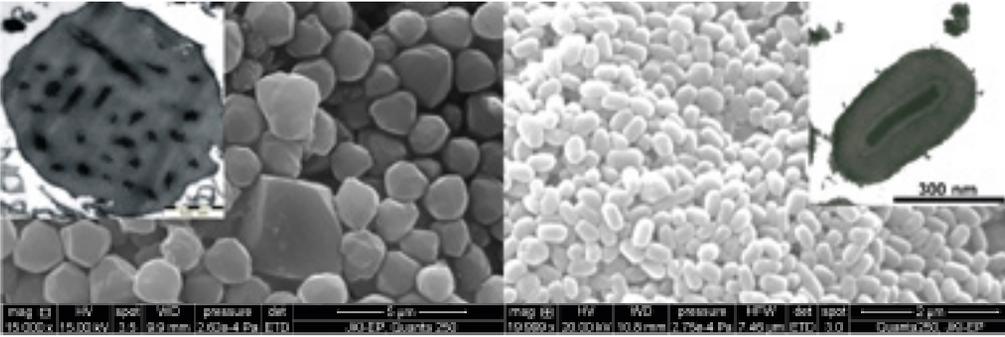
Die Viren haben ihren Ursprung vermutlich in der Karbonzeit vor über 300 Mio. Jahren und haben sich im Laufe ihrer Evolution extrem eng an die Lebensweise von Insekten angepasst. Als natürliches Insektenpathogen tragen Baculoviren oftmals zum vorübergehenden Zusammenbruch von Insektenpopulationen bei, wenn diese zu



*„Of all viruses known to mankind,  
baculoviruses are the most beneficial  
from an anthropocentric viewpoint.“*

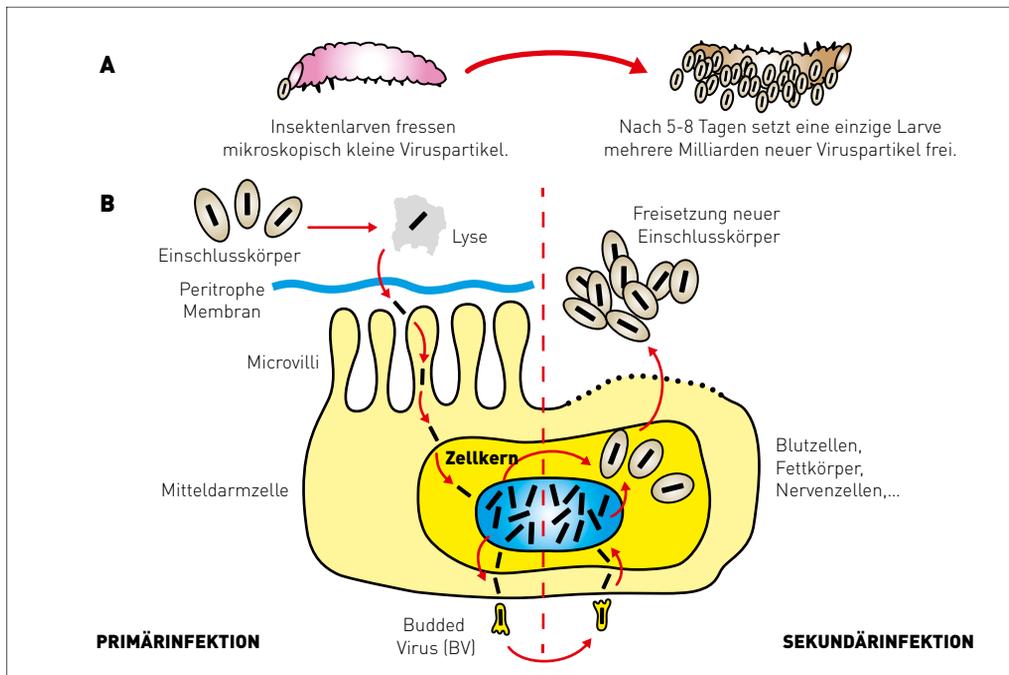
*Lois Miller (1945–1999)*

# pflanzenschutz

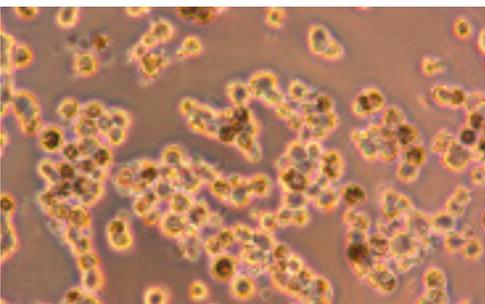


**Abb. 1** Rasterelektronische Aufnahmen von Nucleopolyhedroviren (NPV) (links) und Granuloviren (GV) (rechts). Die Insets zeigen transmissionsemikroskopische Aufnahmen eines einzelnen Einschlusskörpers. Man beachte die unterschiedliche Größe der Einschlusskörper (Maßstab!) und Anzahl von Viruspartikeln in den Einschlusskörpern bei NPV und GV.

Bilder: JKI, K. Riebert-Pöggeler, A. Huger und R. Kleespies



**Abb. 2** Infektionszyklus des Apfelwicklergranulovirus. A) Die im Einschlusskörper eingeschlossenen Viruspartikel werden mit dem Fraß aufgenommen. Die infizierte Larve stirbt innerhalb weniger Tage. Die Larvenkadaver zerfließen häufig und setzen neue Einschlusskörper frei. B) Die aufgenommenen Einschlusskörper lösen sich unter den alkalischen Bedingungen (hoher pH-Wert!) des Mitteldarms auf (Lyse) und setzen die infektiösen Viruspartikel frei. Diese überwinden die peritrophe Membran und binden an die Microvilli der Mitteldarmzellen. Die Viruspartikel werden zum Zellkern transportiert, wo sich ein virogenes Stroma bildet und eine erste Vermehrung stattfindet (Primärinfektion). Aus dieser Primärinfektion gehen neue, nicht eingeschlossene Viren (Budded Virus, BV) hervor, die sich mit der Zellmembran der infizierten Wirtszelle umgeben. Dadurch sind sie für die Immunabwehr des Wirtes nicht erkennbar. Die nicht eingeschlossenen Viren (BV) verursachen Sekundärinfektionen in anderen Zelltypen wie z.B. Hämocyten oder Fettkörperzellen. Erst gegen Ende des Vermehrungszyklus werden wieder eingeschlossene Viren gebildet, die durch den Zerfall der infizierten Zellen und des Larvenkadavers freigesetzt werden.



**Abb. 3** NPV-infizierte Zellkultur von *Agrotis ipsilon* (100-fach vergrößert). Man beachte die gut sichtbaren viralen Einschlusskörper in den Kernen der infizierten Zellen.

Bild: JKI, G. Guehi Alletti

Monsterdichten heranwachsen. Eine Hauptanpassung an die Biologie ihrer Wirte stellt die Bildung eines Einschlusskörpers dar. Während die meisten tierischen Viren von einer Membran zellulären Ursprungs umgeben und dadurch sehr labil gegen alkoholische Lösungen oder Detergentien sind, umhüllen sich Baculoviren mit einem Proteinpanzer, dem so genannten Einschlusskörper, der ihr Überdauern außerhalb eines Wirtes über einen längeren Zeitraum erlaubt (siehe Abb. 1). Er hat damit dieselbe ökologische Funktion wie eine bakterielle oder pilzliche Spore. Der Einschlusskörper wird mit der Nahrung von den Insektenlarven aufgenommen, er löst sich im alkalischen Mitteldarm auf und setzt seine tödliche Virenpackung frei. Zunächst werden Epithelzellen des Mitteldarms infiziert, von dort breitet sich die Infektion in andere Organe aus und die befallenen Larven sterben innerhalb weniger Tage unter Freisetzung von Milliarden neuer Einschlusskörper (Abb. 2). Um ihre Vermehrung zu optimieren, bedienen sich Baculoviren genetischer Waffen, die sie sich im Laufe der Evolution vermutlich von ihren Wirten oder auch von Bakterien entliehen haben. Hierzu zählt zum Beispiel ein Gen für eine Ecdysteroid-Glycosyl-Transferase, die in den Häutungsstoffwechsel der Larven eingreift und diesen blockiert [2]. Dadurch wird der Todeskampf der Larven so lange hinausgezögert, bis die Replikation der Viren vollständig abgeschlossen ist. Eine virus-kodierte Protease und Chitinase, wahrscheinlich bakteriellen Ursprungs, dienen schließlich dazu, die Kutikula der Larvenkadaver aufzulösen, wodurch die neu synthetisierten Einschlusskörper effizienter in der Umwelt verteilt und von neuen Larven gefressen werden können.

## Baculoviren als Protein-Expression-Factories

Der Einschlusskörper von Baculoviren besteht aus einem einzigen Protein, dem so genannten Polyhedrin, das von den befallenen Zellen am Ende der Infektion in extrem großen Mengen (bis zu 60% des Zellproteins) exprimiert wird (Abb. 3). Gleichzeitig wird dieses Protein für die eigentliche Replikation der Viren in Zellkultur nicht benötigt. Deshalb kann dessen kodierendes offenes Leseraster (ORF) durch ein beliebiges ORF ersetzt werden, wodurch ein heterologes Protein exprimiert wird. Auf der spezifischen Funktion des sehr starken Promotors des Polyhedrin-Gens beruht das 1983 auf Basis des *Autographa californica* Nucleopolyhedrovirus (AcMNPV) entwickelte Baculovirus-Expressionvektor-System, das die Expression heterologer

Proteine in Insektenzellen ermöglicht und eines der leistungsstärksten eukaryontischen Expressionssysteme darstellt [3]. Dieses wird heute nicht nur für Forschungszwecke, sondern insbesondere in der Pharmazie zur Expression rekombinanter Impfstoffe eingesetzt. Beispielsweise wird ein rekombinanter Impfstoff gegen humane Papillomaviren, die Zervixkarzinome (Gebärmutterhalskrebs) verursachen, mithilfe des Baculovirus-Expressionsvektor-System hergestellt.

### **Baculoviren als biologische Pflanzenschutzmittel**

Neben der biotechnischen Anwendung des Expressionssystems haben Baculoviren eine weitere nützliche Rolle für den Menschen – nämlich als biologische Pflanzenschutzmittel. Hier greift man auf ihre hohe Virulenz und ihre ausgeprägte Wirtsspezifität für einzelne Insektenarten zurück. Nach intensiven Entwicklungsarbeiten und umfangreichen Sicherheitsstudien, die bereits in den 1960er-Jahren begannen, werden heute weltweit etwa 30 verschiedene Baculoviren zur biologischen Bekämpfung von Schadinsekten eingesetzt. Sie gelten derzeit als die unbedenklichsten und spezifischsten Insektizide auf dem Markt. Allein das im Apfelanbau zur Bekämpfung der Obstmade eingesetzte Apfelwicklergranulovirus (CpGV) ist in mehr als 30 Ländern als Pflanzenschutzmittel zugelassen und wird weltweit praktisch in allen Apfel- und Birnenanbaugebieten eingesetzt (Abb. 4, 5). In Deutschland wird es auf ca. 30% der Kernobstfläche angewandt [4]. Es ist ein Schlüsselmittel zur Obstmadenbekämpfung im Bioanbau und auch für den Klein- und Hausgarten wegen seiner Unbedenklichkeit gut geeignet.

Aufgrund der hohen physikalischen Stabilität des Einschlusskörpers können die Viren über lange Zeit einfach gelagert und mit konventionellen

landwirtschaftlichen Spritzgeräten ausgebracht werden. Ihre UV-Sensibilität limitiert ihre Persistenz in der Umwelt, was aber andererseits dazu führt, dass die Viren bis zu 10-mal pro Saison gespritzt werden. Kein anderes Insektizid darf annähernd oft im Laufe einer Saison verwendet werden.

### **Erstmalig Resistenz gegen kommerzielle Viruspräparate**

Der häufige und oft ausschließliche Einsatz des Apfelwicklergranulovirus, insbesondere im Bioanbau, führte zur Entstehung von Apfelwicklerpopulationen mit einer ausgeprägten Virusresistenz. Diese wurde erstmalig 2004 in Süddeutschland beobachtet. Heute kennt man fast 40 resistente Apfelwicklerpopulationen in sieben mitteleuropäischen Ländern, darunter in Frankreich, Italien, Schweiz, Österreich, Tschechien und den Niederlanden [5]. Es handelte sich hierbei um die erste beobachtete Freilandresistenz gegen ein kommerzielles Baculovirusprodukt, schockierend war das bis zu 100.000-fache Resistenzniveau einzelner Populationen. Auf der Basis von Kreuzungsexperimenten, die in unserem Labor durchgeführt wurden, konnte nachgewiesen werden, dass das Resistenzallel dominant vererbt wird und auf dem Z-Chromosom des Apfelwicklers lokalisiert ist. Das Z-Chromosom ist eines der Geschlechtschromosomen des Apfelwicklers und dem menschlichen X-Chromosom vergleichbar, wobei anders als beim Menschen männliche Apfelwickler homogametisch, also vom Typ ZZ sind, während Apfelwicklerweibchen heterogametisch sind, also einen ZW-Typ aufweisen. Die Kombination aus Z-chromosomaler und dominanter Vererbung, wie sie bei der CpGV-Resistenz beobachtet wurde, stellt einen besonders effizienten Vererbungsmodus dar, der unter Selektionsdruck zu einer schnellen Eliminierung anfälliger Individuen und

15. Juni 2015

# INDEPENDENCE DAY

Entering a new level of flexibility

**WALDNER**

ACHEMA 2015 15. – 19. JUNI 2015, FRANKFURT AM MAIN, HALLE 4.1, STAND J38

# pflanzenschutz



**Johannes Jehle**, Jg. 1961, studierte Biologie an den Universitäten München und Göttingen. Es folgten ein DAAD-Forschungsaufenthalt in Westafrika und ein phytomedizinisches Aufbaustudium an der Universität Göttingen. Er promovierte 1994 an der TU Braunschweig und war im Anschluss Postdoc an der Universität Wageningen (Niederlande). 1996 trat er in den Landesdienst in Rheinland-Pfalz ein. Bis 2009 leitete Jehle eine Arbeitsgruppe am Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum in Neustadt/Wstr. Seit 2010 leitet er das Institut für Biologischen Pflanzenschutz, einem Fachinstitut des Bundesforschungsinstituts für Kulturpflanzen (Julius Kühn-Institut). Von 1999 an war er Lehrbeauftragter für das Fach Genetik an der Universität Mainz, wo er sich 2006 habilitierte. Im Frühjahr 2012 erhielt er eine außerplanmäßige Professur an der TU Darmstadt. Seine Forschungsinteressen gelten der Diversität und Evolution von Insektenviren, Virustaxonomie, molekulare Virus-Insekten-Interaktion und der Entwicklung biologischer Pflanzenschutzverfahren. Jehle hat über 130 Zeitschriftenartikel und Buchkapitel verfasst und ist Mitglied zahlreicher Fachorganisationen, darunter Convenor der Working Group „Microbial and Nematode Control of Invertebrates“ der IOBC, Vizepräsident der Society for Invertebrate Pathology und zugewähltes Mitglied des Senats der Bundesforschungsinstitute des BMEL.

damit zu einem sehr schnellen Aufbau resistenter Populationen führt [6]. Für die betroffenen Apfelanbauer war dies zunächst ein existenzbedrohender Worst-Case.

## Neue Virusisolate helfen Obstbauern

Erfreulicherweise konnten sehr schnell weitere CpGV-Isolate entdeckt werden, die überraschenderweise in der Lage waren, die beobachtete Resistenz zu brechen. Obwohl der Resistenzmechanismus bei den Insekten noch nicht entschlüsselt ist, konnte nach mehrjährigen umfangreichen molekularen Analysen die Ursache der Resistenzbrechung aufgeklärt werden [7]. Nachdem die Genome mehrerer resistenzbrechender CpGV-Isolate sequenziert wurden, konnte nur ein einziger gemeinsamer Unterschied zwischen allen resistenzbrechenden Isolaten und dem resistanz anfälligen kommerziellen Isolat gefunden werden: Das kommerziell verwendete Isolat enthielt eine Insertion von 24 Nukleotiden in einem essenziellen Gen namens pe38, dessen genaue Funktion allerdings noch nicht entschlüsselt ist. Durch die Insertion wurde ein kurzes, nur vier Aminosäuren langes Motiv im

dazugehörigen Protein des resistanz anfälligen CpGV-Isolats verdreifacht. Wurde dieses Gen aus dem Virusgenom entfernt, verlor das Virus seine Infektiosität auch für anfällige Larven. Wurde das Gen pe38 hingegen von einem resistanz brechenden Isolat in das resistanz anfällige kommerzielle Isolat übertragen, wurde dieses auch für resistente Apfelwickler infektiös. Damit war der Nachweis erbracht, dass die CpGV-Resistenz offensichtlich gegen das virale Gen pe38 gerichtet ist, dieses aber bei resistanz brechenden Virusisolaten in einer anderen Form vorliegt. Damit steht ein genetischer Marker zur Verfügung, der eine einfache Identifizierung resistanz brechender CpGV-Isolate ermöglicht.

## Perspektiven

Einige der resistanz brechenden Virusisolate sind mittlerweile zugelassen und tragen dazu bei, die resistenten Apfelwicklerpopulationen in Schach zu halten. Ob und wie schnell der Apfelwickler auch gegen diese Virusisolate eine Resistenz nachrüsten kann, bleibt abzuwarten. Es ist ein genetischer Wettkampf auf Leben und Tod. Als Konsequenz der aufgetretenen Resistenz ver-

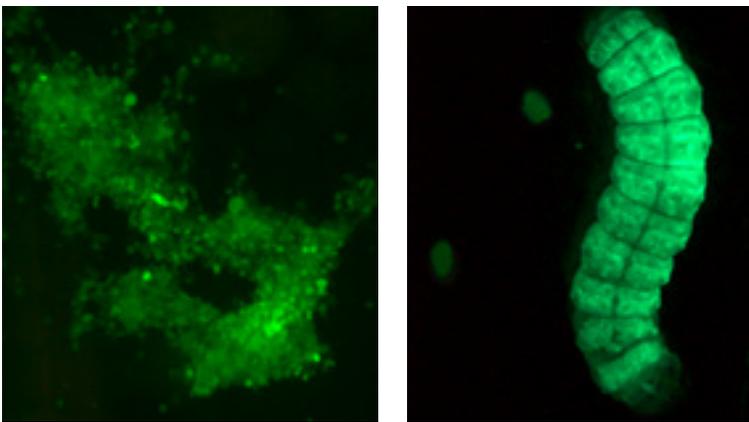
bietet sich eine weithin unbekümmerte und ausschließlich auf einem einzigen Präparat beruhende Bekämpfungsstrategie des Apfelwicklers. Vielmehr muss auch im Bioanbau, dem wegen des Verzichts auf chemische Pestizide nur eingeschränkte Möglichkeiten der Schädlingsbekämpfung zur Verfügung stehen, im Sinne eines wirkungsvollen Resistenzmanagements ein größeres Repertoire an Bekämpfungsoptionen bereitgehalten werden. Hierzu bietet sich die Kombination mit weiteren biologischen und biotechnischen Verfahren an.

Erfreulicherweise wurde das Phänomen einer Resistenz gegen kommerzielle Baculoviruspräparate bisher nur beim Apfelwicklergranulovirus beobachtet. Bei anderen Baculoviren wie z.B. den Nucleopolyhedroviren scheint diese Gefahr geringer, da hier ein Einschlusskörper mehrere 100 Viruspartikel enthält, die sich in ihrer genetischen Ausstattung geringfügig voneinander unterscheiden können. Diese genetische Heterogenität innerhalb der viralen Einschlusskörper sollte es Insekten erschweren, eine Resistenz zu entwickeln.

Das Baculovirus-Expressionsvektorsystem und dessen biotechnologische Anwendung, Ba-



**Abb.3** Larve des Apfelwicklers (Obstmade), *Cydia pomonella*: weltweit verbreiteter Hauptschädling im Apfelanbau  
Bild: DLR Rheinpfalz, S. Asser-Kaiser



**Abb.5** (links) Apfelwicklerzellkultur, infiziert mit Green Fluorescent Protein (GFP)-markiertem Virus. Infizierte Zellen leuchten grün; (rechts) Apfelwicklerlarve, infiziert mit GFP-markiertem Virus  
Bilder: JKI, J. Frank

culoviren als biologische Pflanzenschutzmittel und neuere Forschungslinien zur Verwendung von Baculoviren als ungefährliche Genfähren in der somatischen Gentherapie, sind herausragende Beispiele, wie die vielfältigen biologischen Eigenschaften dieser Viren nutzbringend für den Menschen eingesetzt werden können. Nicht zuletzt wegen dieser Eigenschaften bezeichnete die große amerikanische Virologin Lois Miller (1945–1999) Baculoviren als: „Of all viruses known to mankind, baculoviruses are the most beneficial from an anthropocentric viewpoint.“ Dieser Satz gilt heute mehr denn je, haben diese ungewöhnlichen Insektenviren doch nichts von ihrer herausragenden wirtschaftlichen Bedeutung und ihrer wissenschaftlichen Faszination verloren.

→ [johannes.jehle@jki.bund.de](mailto:johannes.jehle@jki.bund.de)

**Literatur**

- [1] Robrman, G.F. (2013) *Baculovirus Molecular Biology*, 3rd ed. NCBI, Bethesda, MD
- [2] O'Reilly, D.R. & Miller, L.K. (1989) *Science* 245, 1110–1112
- [3] Smüb, G.E. et al. (1983) *Mol. Cell. Biology* 3, 2156–2165
- [4] Jehle, J.A. et al. (2014) *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut* 173, 1–121
- [5] Schmüt, A. et al. (2013) *J. Appl. Entomol.* 137, 641–649
- [6] Asser-Kaiser, S. et al. (2007) *Science* 318, 1916–1918
- [7] Gebhardt, M. et al. (2014) *PNAS* 111, 15711–15716

Bild: © istockphoto.com \ baona



**Reagenzien fürs Leben**

Besuchen Sie uns auf der ACHEMA  
Halle 4.2 Stand B15

**PanReac**   
**AppliChem**  
ITW Reagents

[www.applichem.com](http://www.applichem.com) • [www.panreac.com](http://www.panreac.com)

# wasser & more

Fokus Wasser

## Wasser im Weltraum

und wie es auf die Erde kam

Prof. Dr. Johannes Viktor Feitzinger

Ruhr-Universität Bochum (i.R. seit 2004),  
Direktor Sternwarte und Planetarium Bochum (1986–2004)

**Wir kennen heute mehr als 2.000 Planetensysteme in unserer Heimatgalaxie der Milchstraße. Hochgerechnet auf unser gesamtes Sternsystem sind wir von mehr als 100 Mrd. Planetensystemen umgeben. Unser eigenes Sonnensystem mit acht großen Planeten fügt sich dabei hinsichtlich der Planetentypen und Planetenanzahl um einen Zentralstern nahtlos in diese größere Stichproben ein. Festkörperplaneten, Wasserplaneten, Gasplaneten mit den unterschiedlichsten Radien und Massen zeigen, dass die Erde keineswegs ein seltener kosmischer Ausnahmefall ist. Wie erhielten die Planeten, insbesondere der Festkörperplanet Erde, das Wasser?**



# wasser & more

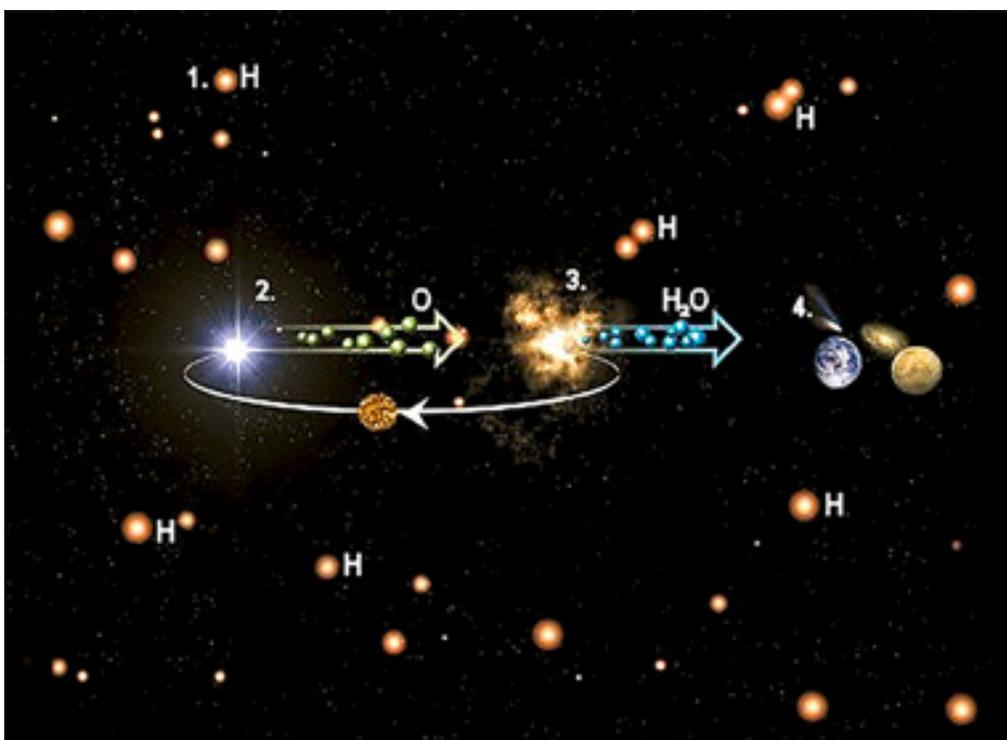
## Fokus Wasser

### Wassermoleküle: überall im Kosmos

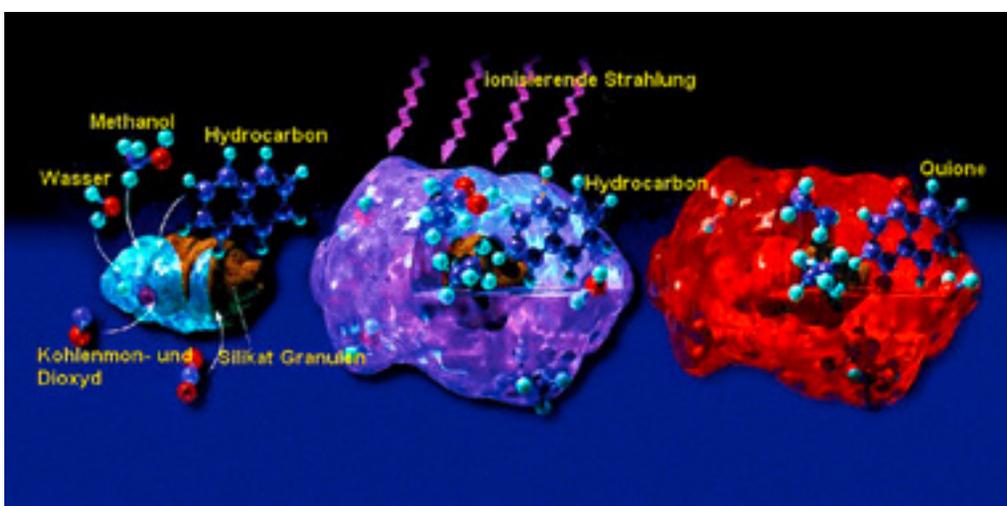
Der Raum zwischen den Sternen ist nicht leer. Er ist angefüllt mit gewaltigen Gaswolken aus H, He sowie höheren Elementen und durchsetzt mit flockigen Staubpartikeln ( $< 1 \mu\text{m}$ ), hauptsächlich aus Fe, C und Si. Angereichert sind diese Gas- und Staubwolken mit einer Unzahl von organischen Molekülen: Hydrokarbonate, Methanol, Ameisensäure, Kohlenstoffketten und Ringmoleküle wie z.B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs). Mit dabei sind stets Wassermoleküle. In den Galaxien entstehen Sterne aus interstellaren Gaswolken und ver-

gehen je nach Masse schnell, wenn rund 10% ihres Wasserstoffvorrates in den Fusionsprozessen von H zu He bei der stellaren Energieerzeugung verbraucht sind. In ihren Endzuständen geben die Sterne Teile ihrer fusionierten höheren Elemente wie O, C, N, P, Si, Al wieder an das interstellare Medium zurück und eine neue Sterneneration kann sich aus diesem Material bilden. Die interstellaren Gaswolken enthalten daher eine reiche Elementpalette – chemische Reaktionsketten in diesen Gaswolken sind gang und gäbe. In Abbildung 1 ist dies schematisch dargestellt.

Der allgegenwärtige Wasserstoff verbindet sich mit dem in den Sternen erzeugten Sauerstoff, der von diesen bei ihrem oft explosiven Verlöschen im interstellaren Raum verteilt wurde. Die beiden Elemente beginnen in den dichteren Gaswolken auf den Oberflächen von Staubteilchen zu reagieren und bilden Wasser. In solchen dichten Gas-, Staub- und Molekülwolken entstehen auch neue Sterne mit Planeten. Sternentstehung ist stets mit Planetenentstehung verknüpft. Das Wasser – heißer Wasserdampf, kaltes Wasser und Wassereis –, aber auch Kohlendioxydeis ( $\text{CO}_2$ ) lagert sich in den Entstehungsgebieten der Sterne und ihrer Planeten nicht nur in diesen ab, sondern auch in den mit entstehenden Kometen, Asteroiden und Meteoriten. Eine sehr wichtige Rolle spielen dabei die Staubteilchen der interstellaren Molekülwolken. Vor allem wird viel Wasser in den Mineralien der Stäube gespeichert [1].



**Abb. 1** Die kosmische Wasserfabrik. Wasserstoff und Sauerstoff bilden in interstellaren Wolken wesentlich auf Staub Wasser, das bei der Stern- und Planetenentstehung weiter gereicht wird.  
Bild: ESA/ISO.



**Abb. 2** Kosmische Staubteilchen sind die chemischen Labors für Wasserbildung und höhere chemische Verbindungen, auch präbiotische Moleküle.  
Bild: Bernstein et al., Scientific America, July, 1999; mit fr. Genehmigung

### Interstellarer Staub

Staubteilchen im Größenbereich von  $0,1 \mu\text{m}$ – $100 \mu\text{m}$  sind lockere, verklebte Konglomerate mit Strukturen von kompakt bis flockig aus Si, Fe, C und gesteinsbildenden Elementen wie Mg, Ni, Al, Ca. Staub entsteht teilweise in den Atmosphären alter Sterne oder allmählich durch Koagulation in den interstellaren Wolken. Er ist der erste Baustein bei der Planetenbildung.

Einfache Moleküle ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HO}$ ) aus dem interstellaren Gas frieren auf den kosmischen Staubkörnern aus, reagieren miteinander und erzeugen einen Eisüberzug auf dem Staub, der als eine Art Katalysator bei den chemischen Reaktionen dient [2]. Dies ändert nicht nur die Staubeigenschaften, sondern erzeugt auch ein Wasserreservoir für die sich später bildenden Vorplaneten (Planetesimale). Moleküle bilden sich nicht nur im interstellaren Gas und lagern sich dann auf den Stauboberflächen an, sie bilden sich auch auf den Stauboberflächen, um unter Umständen bei Temperaturänderungen wieder zurück in die Gasphase abzdampfen (Animationsfilm hierzu: [www.youtube.com/watch?v=X\\_jSenHTqFw](http://www.youtube.com/watch?v=X_jSenHTqFw)). Als Ergebnis dieses Wechselspiels überziehen sich die Stäube mit Wasser- und Kohlendioxydeis, das mit höheren organischen Molekülen vermischt ist (Abb. 2).

### Protoplanetare Scheiben

Gas und Staub zwischen den Sternen ist wolkig verteilt. Die dichteren Wolken werden Molekülwolken genannt, mit H und He als atomaren und  $\text{O}_2$  und  $\text{CO}_2$  als molekularen Hauptbestandteilen, außerdem natürlich  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{SiS}$ ,

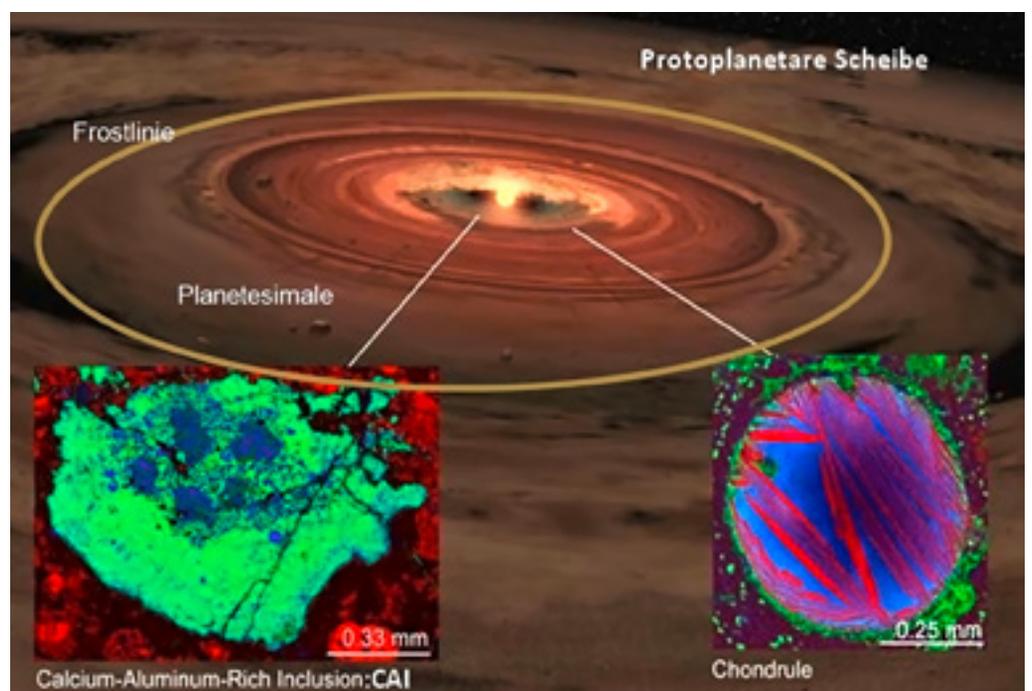
HC<sub>3</sub>N und vielen anderen Molekülen, die im anzahlmäßigem Vorkommen um wesentlich zwei Größenordnungen geringer auftreten. Das Massenverhältnis vom Staubanteil zur Gesamtmasse beträgt  $M_{\text{gas}}/M_{\text{staub}} \sim 90$ , in dichten Molekülwolken ist  $M_{\text{gas}}/M_{\text{staub}} \sim 18$  pro Einheitsvolumen. Der Staub in seinen weiterentwickelten Ausformungen besteht aus Agglomeraten von Olivin, Pyroxen, Enstatit, Quarz, Korund, Eisen-Nickel-Verbindungen und anderen schwer verdampfbaren Mineralien [3].

In den Vorstufen der Sternentstehung und der mit dieser innig verknüpften Planetenentstehung beginnen größere Verdichtungen, in einer Molekülwolke unter ihrer eigenen Anziehung zu kollabieren. Die Turbulenz der Wolke wird aufgrund der Drehimpulserhaltung in eine rotierende, diskusartige protoplanetare Scheibe übergeführt. Sobald sich in der zu einer Scheibe kollabierenden Wolke der junge, neue Stern entwickelt, spricht man von einer protoplanetaren Scheibe: Eine diskusartige, ringförmige Scheibe um den immer heißer werdenden und schließlich voll erstrahlenden Stern herum. Mehr als 96% der Gesamtmasse vereinigen sich dabei in der Regel zu einem Stern, die restlichen 4% bilden die Scheibe, in der aus Kleinteilen allmählich Planetenkörper zusammenwachsen. Nach rund  $10^5 - 10^6$  Jahren erzeugt der neu gebildete Stern seine eigene Fusionsenergie und ändert den Temperaturverlauf in der Gas-Staub-scheibe mit den ersten größeren Planetesimalen. Als Planetesimal bezeichnet man Vorstufen von Planetenkörpern mit Durchmessern von 10–1.000 km. Sie sind meistens noch nicht verfestigt. Planetesimale lagern sich schließlich zu Planeten zusammen, werden zu Asteroiden (Kleinplaneten) oder zerfallen in Kometen oder Meteorite. Im Innenbereich der Scheibe beginnen das Wasser und andere leicht flüchtige Stoffe, die nicht in den mineralischen Stäuben eingelagert sind, zu verdampfen.

Die einsetzende Planetenentstehung in den folgenden 100 Mio. Jahren findet in unterschiedlichen Temperaturzonen der Scheibe statt. Die Planeten bilden sich über Planetesimale durch Aufsammeln von festem und gasförmigem Scheibenmaterial (Abb. 3). Entscheidend hierbei ist die so genannte Schnee- oder Frostlinie, jene Abstandslinie vom frisch entstandenen Zentralstern, ab der die flüchtigen Stoffe wieder kondensieren und ausfrieren können. Für sonnenähnliche Sterne liegt sie bei 2–4 astronomischen Einheiten (1 astronomische Einheit = Erdentfernung zur Sonne = 149,610<sup>6</sup> km). Wasser ist dabei das erste Molekül, das seinen Aggregatzustand wechselt und an der Frostlinie kondensiert.

Die Physik der Frostlinie in planetaren Scheiben erklärt zwanglos den Unterschied zwischen Festkörper-(felsigen) Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars) und den großen Gasplaneten. Innerhalb der Frostlinienzone werden mehr feste, hitzebeständige Partikel eingesammelt, außerhalb der Frostlinie überwiegen die flüchtigen Gaskomponenten. Die hitzebeständigen Materialien sind der Teilchenvorrat, der von den Planetesimalen erfasst wird und schließlich zur Ausformung der Festkörperplaneten hoher Dichte führt. Jenseits der Schneeli-

nie reicht das feste Material zur Bildung von größeren Planetenkernen (10–15 Erdmassen) aus, die dann großräumig durch ihre Anziehungskraft Wasserstoff und Helium und natürlich auch alle anderen Moleküle aufsammeln und an sich binden. Es bilden sich schnell (10 Mio. Jahre) die Riesenplaneten geringer Dichte. Außerhalb der Frostlinie können leicht Wassereispartikel und andere flüchtige Elemente in planetare oder kometare Embryos eingearbeitet werden, dazu gehören natürlich auch die probiotischen Moleküle.



**Abb. 3** Protoplanetare Scheibe mit Frostgrenze und Planetesimalen. In den Innenbereichen der Scheibe bilden sich kohlige Chondrite und Chondrulen.  
Bild: NASA und Archiv Feitzinger



**Abb. 4** Der Wasserweg von Molekülwolken bis zu den Planeten und Monden  
Bild: ESA/Herschel mit Ergänzungen



**Johannes Viktor Feitzinger**, Jg. 1939, studierte Astronomie, Astrophysik und Mathematik in Tübingen und Heidelberg und promovierte 1972 am Lehrstuhl für Theoretische Astrophysik an der Universität Tübingen mit einer Arbeit über die dynamische Wechselwirkung zwischen der Milchstraße und den Magellanschen Wolken. Er ist Professor für Astronomie an der Ruhr-Universität Bochum (seit 2004 i.R.). Er war langjähriger Direktor der Sternwarte und des Planetariums Bochum (1986–2004). Zurzeit ist er Wissenschaftsreferent und Schriftsteller. Er hat zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen (>70), ist Autor mehrerer Fachbücher und populärwissenschaftlicher Bücher (13) sowie zahlloser astronomischer Feuilletonbeiträge in Tageszeitungen und populärwissenschaftlichen Astronomie-Journalen (>100). Seit 1990 ist er im Herausgeberbeirat der Zeitschrift „Astronomie und Raumfahrt im Unterricht“.

→ [www.johannes-feitzinger.de](http://www.johannes-feitzinger.de)

### Kohlige Chondrite

Viele Asteroiden (Klein-/Kleinstplaneten) sind Körper des sehr frühen Sonnensystems. Sie haben sich auch im Innenbereich der protoplanetaren Scheibe gebildet. Nach Einschlägen anderer Asteroiden auf ihrer Oberfläche gelangte ihr Material im freien Flug durch das innere Planetensystem als Meteorite zur Erde. Diese auf der Erdoberfläche aufgefundenen Meteorite stellen die ältesten Mineralien des Sonnensystems dar. Sie entstanden in den ersten 10–15 Mio. Jahren in der protoplanetaren Scheibe, sowohl im Innern als auch im Außenbereich [4]. Die kohligen Chondrite sind vom Aufbau her die einfachsten Meteorite. Sie haben einen hohen Anteil an Kohlenstoff (5%) und organischen Komponenten. Als kleine Kügelchen sind sie in eine silikatische Matrix (Grundmasse) eingelagert. Neben eingelagertem freiem Wasser enthalten sie auch Kristallwasser (10%–20%). Ihr Material entspricht in der Elementhäufigkeit der mittleren Zusammensetzung des Sonnensystems und somit auch der Erde und ist ein Grundmaterial der Planetenentstehung (Abb. 3).

Die schnell entstandenen großen Planeten haben durch Bahnstörungen wasserreiche Planetesimale, stark angereichert mit chondritischem Material aus der äußeren Scheibe in die innere, warme bis heiße, trockene Zone umgelenkt und umgekehrt. Die wasserreichen Planetesimale

wanderten durch Bahnverschiebungen aus den äußeren Gebieten der protoplanetaren Scheibe jenseits der Frontlinie in die Innenbereiche des sich bildenden Planetensystems. Dynamische Effekte, ausgelöst von den schon entstandenen großen Planeten, bestimmten die Art der Planetesimale, die für die Planetenentstehung an einem bestimmten Ort zur Verfügung standen.

### Der Wasserweg

Wasser bildet sich auf interstellarem Staub in dichten Molekülwolken und überlebt als Eis den Sternentstehungsprozess in der protoplanetaren Scheibe. Im Innenbereich der Scheibe ist es teilweise in die hitzebeständigen Stäube eingelagert, andererseits ist der Wasserdampfgehalt hoch, da das Eis auf den Oberflächen der Stäube sublimierte. Wesentlich hinter der Frostlinie bleibt das Eis unbehelligt. Die Wasserspeicher im Innenbereich der protoplanetaren Scheibe sind der Wasserdampf und das gebundene Wasser, jenseits der Frostlinie als Eis und in den Außenschichten der Scheibe wiederum als Dampf. Das Wasser, das in den Planeten und Kometen bildenden Bereichen der Scheibe existiert, ist teilweise jungfräuliches Wasser aus der Molekülwolke, teilweise in der Scheibe entstandenes oder weiter prozessiertes Wasser. Das heißt, ein Teil des Wassers wurde sublimiert und schließ-

lich irgendwo in der Scheibe neu kondensiert. Das Wasser fördert das Staubwachstum zu größeren Einheiten. Mit Wasser oder Eis überzogener Staub wächst schneller durch Zusammenlagerung auf die Größe von Planetesimalen und wirkt als eine Art Staubfalle für kleinere Einheiten. Planetesimale innerhalb der Frostlinie sind trockener. Andererseits besitzt Wasserdampf im Innenbereich der planetaren Scheibe in der gasreichen Anfangsphase eine große Volumenhäufigkeit (>20%), sodass Wasser in Mineralien chemisch gebunden werden konnte. Hier bildeten sich die wasserreichen kohligen Chondrite als irdische Grundbausteine vor  $4,56510^9$  Jahren, rund 35 Mio. Jahre nach dem Entstehungsbeginn unseres Planetensystems. Der Wasseranteil von rund 70% des heutigen irdischen Wasservorrates ist dem Erdkörper von frühen Anfängen an mineralisch gebunden mitgegeben. In Abhängigkeit von Dichte-, Strahlung-, Temperatur- und Druckumgebung ist Wasser als Eis oder in der Gasphase und mit breiter Häufigkeitsverteilung in fast allen protoplanetaren Scheiben nachgewiesen. Es spielt eine wichtige Rolle bei der chemischen Entwicklung höherer Moleküle während der Stern- und Planetenentstehung. Wasser ist das wichtigste Molekül in der Kette der Sauerstoffchemie und der gleichzeitig laufenden Kohlenstoffchemie [5]. In Abbildung 4 ist der Wasserweg schematisch skizziert.

### Woher kommt das irdische Wasser?

Der Planet Erde hat einen Massenanteil an flüsigem Wasser ( $1,3510^{24}$  g) von 0,02% und vermutlich nochmals die gleiche Wassermenge in den Mineralien des Erdkörpers. Kosmisch und astrophysikalisch betrachtet ist die Erde ein trockener Planet. Wir kennen Planeten und Monde mit Wasseranteilen bis zu 50% ihrer Masse. Jedes Wasser trägt seinen kosmischen, unverwechselbaren Fingerabdruck in Form des Isotopenverhältnisses von Schwerem Wasser zu normalem Wasser in sich. Ein Wasseratom H mit einem zusätzlichen Neutron im Atomkern heißt Deuterium D, es ist doppelt so schwer wie ein normales Wasserstoffatom. Wasser mit einem Deuteriumatom HDO ist somit ebenso doppelt so schwer wie normales  $H_2O$ . Das Verhältnis von schwerem Wasser zu normalem Wasser ist ein unverwechselbarer Anzeiger für die kosmische Temperaturgeschichte der Wasserprobe und somit ein Hinweis auf die Herkunft des Wassers. Verdampft oder sublimiert Wasser, wird daher das Schwere Wasser angereichert, da das leichtere, normale Wasser schneller den Aggregatzustand wechselt. Hinzu kommen chemische Reaktionen auf den Staubkörnern, die das Ver-



### Photometer AL410 mit Bluetooth® 4.0

- Mehr als 120 vorprogrammierte Methoden
- Höchste Genauigkeit (Interferenzfilter)
- Mehr als 35 anwenderspezifische Methoden möglich
- Bluetooth® 4.0 Schnittstelle zur Verbindung mit Smartphones und Tablets
- iOS®- und Android™-App für Datenmanagement und E-Mailversand

### Indikator-Systeme für die Photometrie

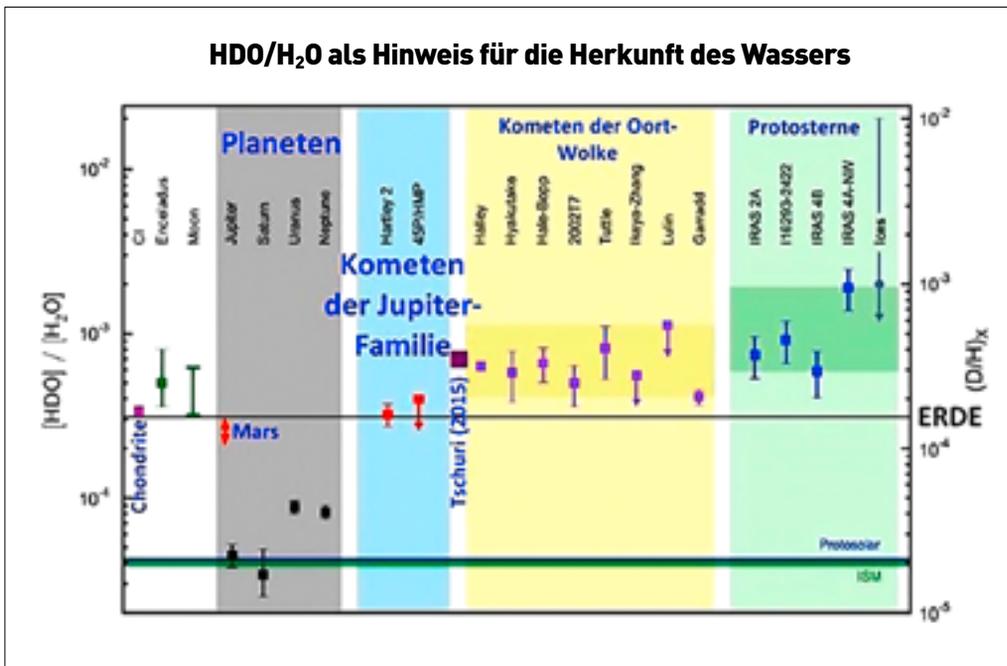
- Reagenztabletten
- Küvettentests
- Flüssigreagenzien
- VARIO Pulver-Packs

ACHEMA 2015  
Halle 4.1 / Stand A37

AQUALYTIC®  
Schleefstraße 12  
44287 Dortmund  
Tel. (+49)231/94510-755  
Fax (+49)231/94510-750  
www.aqualytic.de  
verkauf@aqualytic.de



HDO/H<sub>2</sub>O als Hinweis für die Herkunft des Wassers



**Abb. 5** D/H-Werte im Sonnensystem. Mit dem Erdwert stimmen die Chondrite und die Kometen der Jupiterfamilie überein.

Bild: van Disboeck, Persson und Lis, 2014, mit fr. Genehmigung

hältnis von D/H erhöhen oder vermindern können. Es kann nämlich ein Austausch des einen oder anderen H-Atoms mit D stattfinden, je nach den spezifischen Umgebungsverhältnissen von Dichte und Temperatur auf dem Staub.

Der gesamte Wasserstoff und das Deuterium wurden in den ersten drei Minuten nach der Nullzeit des Kosmos vor 13,7 Mrd. Jahren gebildet. Das Grundverhältnis D/H ist also ein für alle Mal kosmisch festgeschrieben. Aufgrund der oben genannten Reaktionen in den protoplanetaren Scheiben kann das D/H-Verhältnis sich jedoch verändern und somit bei den fertigen Bestandteilen des Planetensystems – Planeten, Kometen, Monde, Asteroiden, Meteoriten – unterschiedlich ausfallen. Der jedem Wasser eigene chemische Fingerabdruck in Form des D/H-Verhältnisses kann daher benutzt werden, das Erdwasser der Ozeane mit anderen kosmischen Wasserträgern zu vergleichen. Auf diese Art können die Ursprungsorte und Entstehungszeiten des irdischen Wassers eingegrenzt werden [6]. Dieser Vergleich ist in Abbildung 5 dargestellt.

Als Basis dient das  $D/H = 1,56 \cdot 10^{-4}$  der irdischen Ozeane. Dieser Wert findet sich bei den

Chondriten und den wasserführenden Kometen der Jupiterfamilie. Rund 70% des irdischen Wassers wurden schon im ersten Anfang der Erdbildung über Chondrite und ähnliche Minerale der Erde mitgegeben. 30 bis 100 Mio. Jahre später wurde dieser Wasseranteil durch Aufnahme kometaren Wassers vervollständigt. Die frühe Erde erlitt mit den Kometen Zusammenstöße und vervollständigte ihr wässriges Inventar. Diese Kometensorte hat sich vermutlich in der wasserreichen Jupiternähe gebildet. Die Kometen vom Außenrand unseres Sonnensystems (Oortsche Wolke) kommen hierfür nicht infrage.

→ [johannes@feitzinger-bochum.de](mailto:johannes@feitzinger-bochum.de)

Literatur

- [1] Th. Emerenca (2008) *Ann. Rev. Astro.Astrophys.* 46, 57
- [2] E. F. van Disboeck et al. (2013), *Chemical Reviews*, 113, 9043
- [3] M.C. Wyatt (2008) *Ann. Rev. Astro.Astrophys.* 46, 393
- [4] C. Alexander et al. (2014) *Science* 346, No. 6209, 623
- [5] E. F. van Disboeck (2014) im *Sammelband: Protostars and Planets VI*, p. 835, *Water: From Clouds to Planets*
- [6] D. Bockelée – Morvan, D. Lis et al. (2012) *A&A*, 544, L15

Bild: © istockphoto.com / den-belitsky

„Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser.  
Aus Wasser ist alles, und ins Wasser kehrt alles zurück.“

**Thales von Milet**  
griechischer Philosoph und Mathematiker, 625–547 v. Chr.

# supramolekulare

Fokus Wasser

## Der Natur abgeschaut

Die Wechselwirkung synthetischer Cyclopeptide mit anorganischen Anionen ähnelt der Erkennung von Anionen durch ihre natürlichen Bindungspartner

Prof. Dr. Stefan Kubik

Fachbereich Chemie, Organische Chemie, Technische Universität Kaiserslautern

**Wie wir Menschen können sich auch Moleküle gegenseitig erkennen, anstelle von Sinnen verwenden sie dazu aber ihre dreidimensionale Struktur und ihre elektronischen Eigenschaften. Hochmolekulare Biomoleküle haben solche molekulare Erkennungsvorgänge perfektioniert. Die Entwicklung niedermolekularer Verbindungen mit analogen Eigenschaften kann auf den zugrunde liegenden Prinzipien aufbauen.**

# chemie



Der Labor-Alltag wird  
ab Juni 2015...

Simpler  
*Safer.*

Besuchen Sie uns auf  
der Achema 2015,  
**Stand 77 in der Halle 4.1**

Für eine Demo unserer  
Filtrationsprodukte scannen



[www.erlab.com/simplersafer](http://www.erlab.com/simplersafer)

# supramolekulare

Fokus Wasser

## Molekulare Erkennung in Wasser

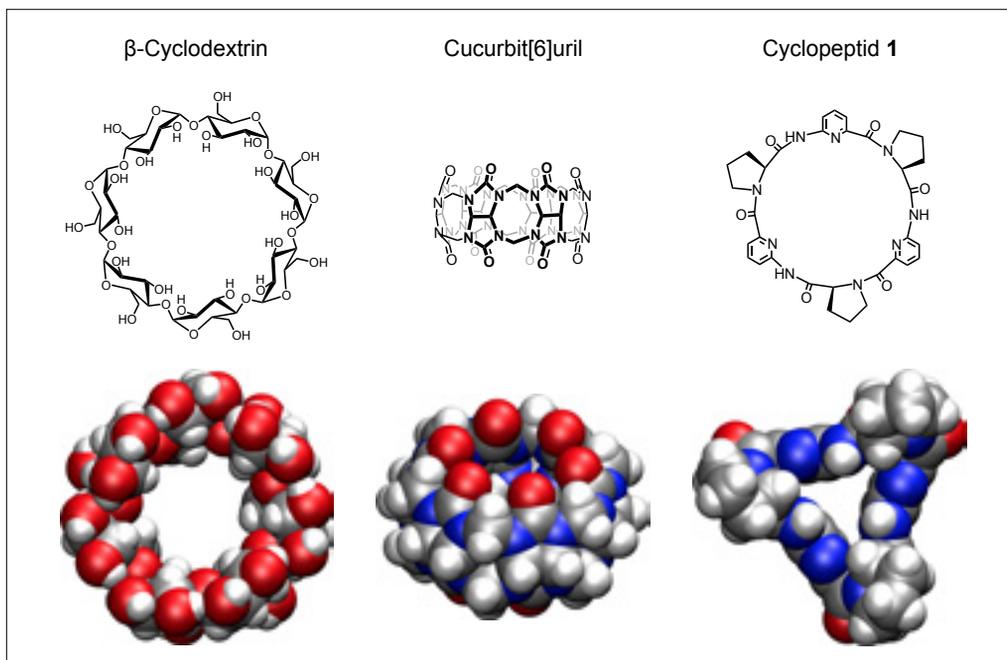
Passen zwei Moleküle wie Puzzleteile zusammen und üben ihre funktionelle Gruppen an den Kontaktstellen anziehende Wechselwirkungen aus, können sie in einem Gemisch zueinanderfinden und aneinander binden. Auf diesem Prinzip der molekularen Erkennung basiert die Mehrheit aller biochemischen Prozesse. Darüber hinaus sind heutzutage zahllose synthetische

Verbindungen bekannt, die geeignete Bindungspartner selektiv erkennen können. In diesen synthetischen Systemen wird der größere Bindungspartner typischerweise als Rezeptor und der kleinere als Substrat bezeichnet. Die Stärke ihrer Wechselwirkungen hängt von verschiedenen Parametern ab, wobei auch das Lösungsmittel einen entscheidenden Einfluss ausübt. Dabei ist Wasser ein Medium, das trotz seiner

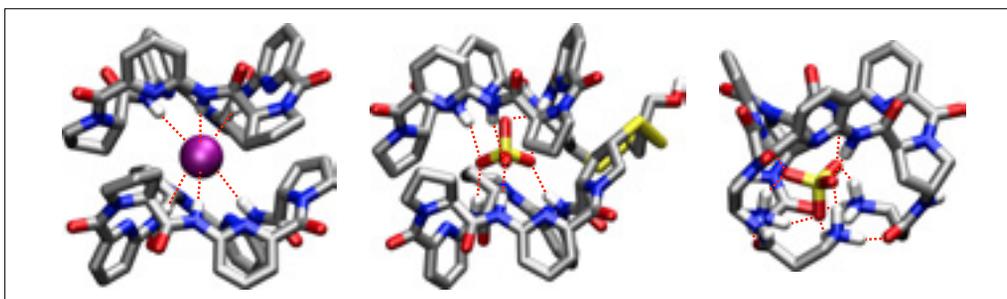
Bedeutung für alle Lebensvorgänge die molekulare Erkennung auf den ersten Blick eher erschwert als erleichtert.

So liegen molekularen Erkennungsphänomenen mehrheitlich elektrostatische Wechselwirkungen zugrunde. Mit steigender Polarität der Umgebung werden diese jedoch zunehmend schwächer und bei Wasser mit seiner Permittivität von ca. 80 ist dieser Effekt besonders ausgeprägt. Weiterhin sind Wassermoleküle starke Wasserstoffbrückendonatoren und Wasserstoffbrückenakzeptoren, wodurch sie Ionen oder die polaren funktionellen Gruppen organischer Moleküle effizient hydratisieren. Bei Wechselwirkung zweier Bindungspartner müssen die in den jeweiligen Hydrathüllen gebundenen Wassermoleküle freigesetzt werden. Entsprechend wird die eigentliche Wechselwirkungsenthalpie um den mit der Dehydratisierung verbundenen Enthalpiebetrag reduziert. Allerdings führt die Freisetzung von Wassermolekülen, insbesondere die aus den Hydrathüllen unpolarer Moleküle oder Molekülteile, häufig zur Zunahme der Entropie des Gesamtsystems und in Einzelfällen zu einem enthalpischen Gewinn, wodurch Wechselwirkungen in Wasser begünstigt werden. Diese sogenannten hydrophoben Wechselwirkungen erklären z.B. die Unlöslichkeit unpolarer organischer Verbindungen in Wasser oder die Bildung von Micellen bzw. Lipiddoppelschichten aus geeigneten Amphiphilen. Sie sind ein charakteristisches Merkmal für das Medium Wasser und für eine Reihe von Erkennungsphänomenen in Wasser verantwortlich, jedoch sind sie nicht leicht vorherzusagen oder zu kontrollieren [1].

Die Natur zeigt, dass eine effiziente molekulare Erkennung in Wasser trotz der erwähnten Schwierigkeiten möglich ist. Bei der Entwicklung von in Wasser wirksamen künstlichen Rezeptoren kann es daher hilfreich sein, sich an den Bindungsmechanismen natürlicher Systeme zu orientieren. Wegen der Komplexität natürlicher Systeme ist dies allerdings nicht einfach. So sind viele Biomoleküle hochmolekular und die Substraterkennung beruht auf einem komplexen Wechselspiel intermolekularer und intramolekularer Effekte mit zusätzlichen Beiträgen von Lösungsmittelmolekülen. Allerdings ist auffällig, dass die aktiven Zentren von Proteinen oft vom umgebenden Lösungsmittel abgeschirmt sind und der eigentliche Bindungsvorgang daher in einer Umgebung stattfindet, die weniger polar ist als die in Wasser. Weiterhin sind inter- oder intramolekulare Wechselwirkungen in Wasser häufig mit der Aggregation unpolarer Molekülbereiche der Bindungspartner verbunden, was die Bedeutung hydrophober Wechselwirkungen für die molekulare Erkennung unterstreicht.



**Abb. 1** Beispiele für niedermolekulare makrocyclische Wirtverbindungen, die in Wasser wirksam sind. Unter den Lewis-Strukturen aller drei Verbindungen sind zur Verdeutlichung ihrer dreidimensionalen Strukturen auch die jeweiligen Kalottenmodelle gezeigt. Bei dem Cyclodextrin und Cucurbituril erfolgt die Substratbindung im Inneren der makrocyclischen Hohlräume, während das Cyclopeptid **1** Anionen durch Bildung von Wasserstoffbrücken zu den Peptid-NH-Gruppen bindet.



**Abb. 2** Kristallstrukturen des Iodidkomplexes von **1** (links) und des Sulfatkomplexes von Bis(cyclopeptid) **3** (Mitte) sowie berechnete Struktur des Sulfatkomplexes von **6** (rechts). Zur besseren Übersicht wurden in allen Strukturen die an Kohlenstoffatome gebundenen Protonen weggelassen. Wasserstoffbrücken sind durch gestrichelte rote Linien gekennzeichnet. Im Iodidkomplex von **1** befindet sich das Iodidanion im Inneren eines Hohlräume, der durch Zusammenlagerung zweier Cyclopeptidringe gebildet wird. Dort wechselwirkt es mit den in den Hohlraum zeigenden NH-Gruppen. Die beiden Cyclopeptidringe greifen wie Zahnräder ineinander, wobei die hydrophoben Oberflächen der Prolinringe in enge räumliche Nähe gelangen. Die Struktur des Sulfatkomplexes von **3** ist analog aufgebaut. Man erkennt den zusätzlichen Linker zwischen den beiden Cyclopeptidringen. Außerdem ist ersichtlich, dass das Sulfation über Wasserstoffbrücken mit den NH-Gruppen der Cyclopeptidringe wechselwirkt. In der berechneten Struktur des Sulfatkomplexes von **6** erfolgt die Wechselwirkung des Sulfations ebenfalls über Wasserstoffbrücken zu den Peptid-NH-Gruppen. Zusätzlich falten die drei  $\beta$ -Alaninreste um das gebundene Anion herum und bilden Wasserstoffbrücken untereinander sowie zum Anion, wodurch der Komplex stabilisiert wird.

Auch wenn man also Prinzipien identifizieren kann, die eine molekulare Erkennung in Wasser ermöglichen, stellt sich die Frage, ob die strukturelle Komplexität natürlicher Systeme am Ende nicht ein entscheidender Faktor für deren hohe Bindungseffizienz und -selektivität ist. Die Beispiele der Cyclodextrine und neuerdings auch der Cucurbiturile zeigen allerdings, dass auch niedermolekulare makrocyclische Verbindungen z. T. ähnlich stark mit geeigneten Substraten in Wasser wechselwirken können wie hochmolekulare Biomoleküle (Abb. 1) [1,2]. Damit ist die molekulare Erkennung in Wasser keineswegs die alleinige Domäne natürlicher Systeme und die Entwicklung künstlicher Rezeptoren, die in Wasser wirksam sind, wird zu einem interessanten, wenn auch anspruchsvollen Ziel.

## Erkennung von Anionen mit neutralen Cyclopeptiden

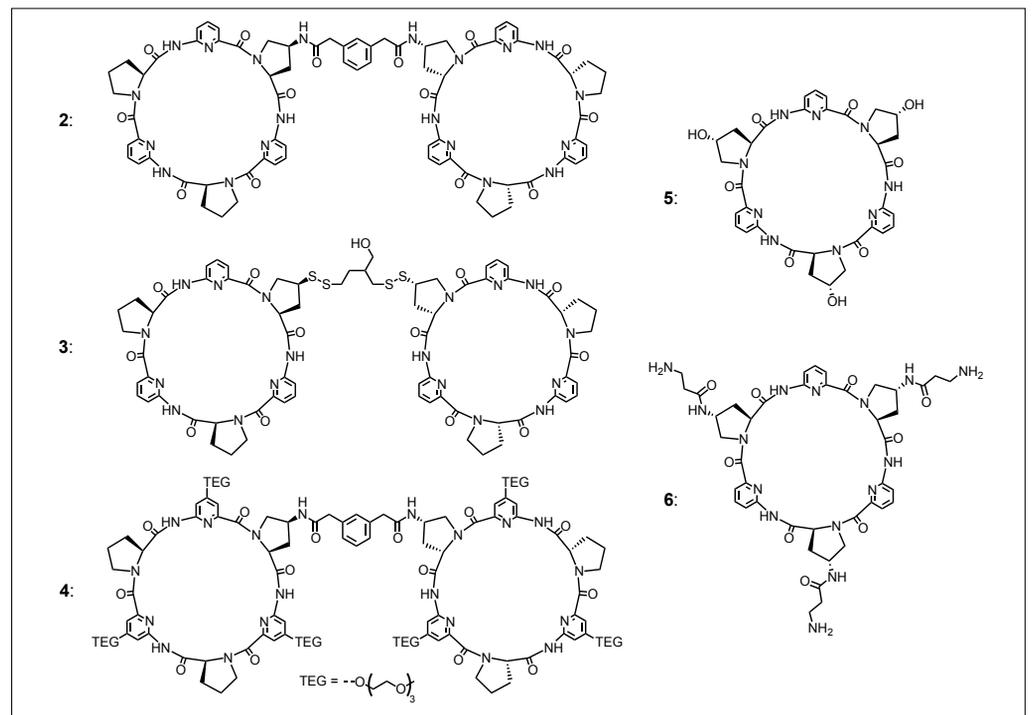
Vor einigen Jahren zeigten wir, dass das cyclische Hexapeptid **1** mit alternierendem L-Prolin und 6-Aminopicolinsäureuntereinheiten in 80% Wasser-Methanol-Gemischen sehr effizient an Halogenid- oder Sulfationen bindet (Abb. 1) [3]. Aus verschiedenen Gründen war dieses Ergebnis überraschend.

Zunächst handelt es sich bei Cyclopeptid **1** um eine neutrale Verbindung, die an Anionen auf den ersten Blick nur mithilfe von Wasserstoffbrücken zu den NH-Gruppen entlang des Rings binden kann. Diese Wasserstoffbrückenbindungen wurden NMR-spektroskopisch nachgewiesen. Allerdings ist nicht zu erwarten, dass sie in wässriger Umgebung besonders stark sind. Tatsächlich geht die Anionenaffinität neutraler Rezeptoren mit Amidbindungen typischerweise schon bei einem Wasseranteil im Lösungsmittelgemisch von unter 25% völlig verloren. Wasserstoffbrücken alleine können die Anionenaffinität des Cyclopeptids daher sicher nicht erklären, zumal Untersuchungen in weniger kompetitiver Lösungsmitteln zeigten, dass die intrinsische Anionenaffinität von **1** nicht besonders hoch ist. So wurde für den Tosylatkomplex des Cyclopeptids in DMSO eine nur mäßig hohe Stabilitätskonstante von  $4500 \text{ M}^{-1}$  bestimmt.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass Anionen aufgrund ihrer hohen Hydratationsenthalpien in Wasser keine leicht zu bindenden Substrate darstellen. Substrate von Cyclodextrinen oder Cucurbiturilen, z. B. neutrale organische Moleküle oder organische quaternäre Ammoniumionen, sind weniger gut hydratisiert, wodurch sie recht leicht desolvatisiert werden können. Die Desolvatation kleiner Halogenidionen oder des zweifach geladenen Sulfations ist im Vergleich

dazu deutlich schwieriger, wenn auch in Wasser-Methanol-Gemischen nicht so schwierig wie in reinem Wasser. Interessanterweise ist die Sulfatbindung von **1** in 50% Wasser/Methanol trotz des für die Anionendesolvatisierung aufzuwendenden Enthalpiebetrags exotherm. Dies zeigt, dass die frei werdende Komplexbildungsenthalpie für das Sulfation benötigte Desolvatisierungsenthalpie überkompensiert und belegt die Effizienz der Wechselwirkungen zwischen **1** und dem Anion. Entscheidende Hinweise auf die Gründe für die Anionenaffinität von Cyclopeptid **1** in wässriger Umgebung lieferte die Kristallstruktur seines Iodidkomplexes (Abb. 2) [3]. Danach kommt es bei der Anionenbindung in wässriger Umgebung zur Bildung eines Sandwichkomplexes, in dem zwei Cyclopeptidringe ein Iodidion umschließen. Beide Ringe greifen wie Zahnräder ineinander und schirmen das Anion von der Umgebung ab. Darüber hinaus sind alle sechs NH-Gruppen der Cyclopeptiduntereinheiten ins Innere des Hohlraums gerichtet und erlauben so eine direkte Wechselwirkung mit dem Anion. Nach NMR-spektroskopischen und massenspektrometrischen Befunden ist die Situation bei Anionenbindung in Lösung analog. Dieser Bindungsmodus vereinigt demnach Prinzipien, die auch natürliche Systeme, z. B. Proteine, für die Bindung von Anionen ausnutzen. So findet die Anionen-

erkennung in einem vom umgebenden Lösungsmittel abgeschirmten Hohlraum statt. Dadurch werden intermolekulare Wechselwirkungen verstärkt. Zusätzlich sind nach der Komplexbildung hydrophobe Molekülbereiche des Cyclopeptids, insbesondere die Oberflächen der Prolinringe, nicht mehr exponiert, sondern im Inneren der Komplexstruktur verborgen, was auf eine Beteiligung hydrophober Wechselwirkungen an der Anionenbindung hindeutet. Für die Bedeutung dieser Wechselwirkungen existieren mehrere experimentelle Hinweise. Zum einen ist die Anionenbindung von **1** entropisch begünstigt; eine typische thermodynamische Signatur für eine Beteiligung hydrophober Wechselwirkungen an der Komplexbildung [4]. Weiterhin verläuft die Komplexbildung hoch kooperativ, d. h., die Gleichgewichtskonstante des ersten Bindungsschritts, also der Bildung des 1:1-Komplexes aus **1** und Anion, ist wesentlich kleiner als die Gleichgewichtskonstante, die die Bildung des 2:1-Komplexes aus dem 1:1-Komplex beschreibt [5]. Hieraus kann man schließen, dass intermolekulare Wechselwirkungen zwischen den beiden Cyclopeptidringen im Sandwichkomplex einen hohen Anteil an dessen Gesamtstabilität haben und diese nicht allein die intrinsische Anionenaffinität des Cyclopeptids widerspiegelt. Schließlich wird die Bildung des Sandwichkomplexes



**Abb. 3** Lewis-Strukturen der Cyclopeptide **2** bis **6**. Bei den Verbindungen **2** und **3** handelt es sich um Bis(cyclopeptide), in denen zwei Einheiten des Cyclopeptids **1** über Linker unterschiedlicher Struktur miteinander verbrückt sind. Bis(cyclopeptid) **4** ist analog zu **2** aufgebaut, es enthält aber zusätzliche Triethylglycolgruppen an den aromatischen Cyclopeptiduntereinheiten zur Erhöhung der Wasserlöslichkeit. Cyclopeptid **5** ist ein Analogon von **1** mit Hydroxyprolin anstelle von Prolinuntereinheiten. Auch **6** enthält substituierte Prolinereinheiten, wobei sich die peripheren Substituenten von  $\beta$ -Alanin ableiten. Die endständigen Aminogruppen von **6** sind bei pH 7 protoniert, sodass diese Verbindung wasserlöslich ist.

# supramolekulare

Fokus Wasser



**Stefan Kubik**, Jg. 1963, studierte Chemie an der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf und am King's College in London. Nach seiner Promotion in Düsseldorf und einem einjährigen Postdoktorat am Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA, habilitierte er sich 2002 an der Heinrich-Heine-Universität für das Fach Organische Chemie. Anschließend wechselte er für eine Vertretungsprofessur an die Bergische Universität Wuppertal. Im Jahr 2004 folgte er einem Ruf an die Technische Universität Kaiserslautern, wo er seitdem tätig ist. Seine Forschungsinteressen umfassen unter anderem die Entwicklung von synthetischen Rezeptoren auf Basis von Cyclopeptiden und cyclischen Pseudopeptiden insbesondere im Hinblick auf die molekulare Erkennung in Wasser.

nur in protischen wässrigen Lösungsmitteln beobachtet, in denen hydrophobe Wechselwirkungen wirksam sind, während in DMSO nur 1:1-Komplexe gebildet werden [6]. Die unterschiedlichen Komplexzusammensetzungen in verschiedenen Lösungsmitteln erklärten, warum man vom Verhalten von **1** in DMSO nicht auf das Verhalten in wässriger Umgebung schließen kann.

Ausgehend von der Grundstruktur des monocyclischen Cyclopeptids **1** synthetisierten wir im weiteren Verlauf der Arbeiten Bis(cyclopeptide), z. B. **2** und **3**, in denen zwei Cyclopeptidringe über Linker kovalent miteinander verbunden sind (Abb. 3) [4, 6]. Dabei wurden die Linker so gewählt, dass sie die gleichzeitige Bindung der beiden Cyclopeptiduntereinheiten an Anionen nicht verhindern. Die Kristallstruktur des Sulfatkomplexes von **3** belegte die Einlagerung des Anions zwischen die beiden Rezeptorhälften bei Komplexbildung (Abb. 2) [6]. Die Cyclopeptidringe sind in diesem Komplex ähnlich angeordnet wie die im Iodidkomplex von **1** und für die intermolekularen Wechselwirkungen sind sieben Wasserstoffbrücken zwischen den Sauerstoffatomen des Anions und den Peptid-NH-Gruppen verantwortlich. Bindungsstudien zeigten, dass die Bildung dieser 1:1-Komplexe aufgrund des Chelateffektes effizienter erfolgt als die Bildung der 2:1-Komplexe durch **1** [4]. So wurden schon bei einfach verbrückten Bis(cyclopeptiden) Bindungskonstanten  $\log K_a$  der jeweiligen Sulfatkomplexe von bis zu 6,8 beobachtet (entspricht einer mikromolaren Affinität). Bei einem Bis(cyclopeptid) mit zwei Linkern

zwischen den beiden Cyclopeptideinheiten erreichten die Bindungskonstanten sogar  $\log K_a$ -Werte von bis zu 8,7 (fast nanomolare Affinität) [7]. Allerdings mussten die entsprechenden Bindungsstudien aufgrund der geringeren Wasserlöslichkeit dieser Bis(cyclopeptide) im Vergleich zu **1** in Wasser-Methanol- oder Wasser-Acetonitrilgemischen mit 50–70% der organischen Komponente durchgeführt werden. Auch wenn derzeit keine anderen neutralen Rezeptoren bekannt sind, die Sulfationen in ähnlich kompetitiven Lösungsmitteln mit vergleichbarer Effizienz binden, stellte sich die Frage, ob die Anionenaffinität der Bis(cyclopeptide) in Gemischen mit höherem Wasseranteil, idealerweise in reinem Wasser, erhalten bleibt.

Dementsprechend wurde Bis(cyclopeptid) **4** synthetisiert, das Triethylglycolreste als solubilisierende Gruppen an den sechs aromatischen Untereinheiten enthält (Abb. 3) [8]. Diese Substituenten erlaubten es, die Anionenaffinität von **4** in Methanol-Wasser-Gemischen mit bis zu 95% Wasser zu bestimmen. Da sie von der Anionenbindungsstelle des Bis(cyclopeptids) wegweisen, beeinflussen sie die Bindungseigenschaften nicht. So ist die Sulfat- und Iodidaffinität von **2** und **4** in 50% Wasser/Methanol praktisch ununterscheidbar. Bindungsstudien in 95% Wasser/Methanol belegten, dass **4** auch in dieser hochkompetitiven Umgebung noch eine signifikante Anionenaffinität besitzt. Dabei ist in diesem Lösungsmittelgemisch die Iodidaffinität mit einem  $\log K_a$  von 4,0 leicht höher als die Sulfataffinität ( $\log K_a = 3,7$ ), während in Lösungsmittelgemischen mit höherem Methanolgehalt stets das Sulfation

stärker gebunden wird. Diese Umkehr in der Bindungsselektivität wurde auf die stärkere Hydratisierung von Sulfat im Vergleich zu Iodid in Lösungsmittelgemischen mit einem hohen Wasseranteil zurückgeführt. Die Untersuchungen zeigten also klar, dass mithilfe von Rezeptoren, die Prinzipien natürlicher Systeme in der Anionen-erkennung ausnutzen, eine wirksame Anionenbindung auch in fast 100% Wasser und in Abwesenheit starker Wechselwirkungsarten wie Coulomb-Wechselwirkung möglich ist. In welchem Umfang die Anionenaffinität in Wasser erhalten bleibt, müssen zukünftige Studien mit noch besser wasserlöslichen Rezeptoren zeigen.

## Erkennung von Anionen mit kationischen Cyclopeptiden

Zur Erhöhung der Wasserlöslichkeit von Cyclopeptid **1** synthetisierten wir auch das Analogon **5**, das Hydroxyprolin- anstelle von Prolineinheiten enthält (Abb. 3) [5]. Tatsächlich ist **5** in Wasser löslich, allerdings bildet es keine 2:1-Komplexe mit Anionen wie **1**. Gründe hierfür sind, dass die OH-Gruppen in den Hydroxyprolineinheiten von **5** die Bildung eines Sandwichkomplexes aus sterischen Gründen behindern. Zudem sind die Hydroxyprolineinheiten in **5** polarer als die Prolineinheiten in **1**. Die Hydroxygruppen in **5** erschweren also die Cyclopeptiddesolvatation und schwächen dadurch intermolekulare hydrophobe Wechselwirkungen zwischen zwei Cyclopeptidringen. Jedoch bindet Cyclopeptid **5** durchaus an Anionen, und dies sogar in 100% Wasser, die Wechselwirkung ist aber sehr schwach. So beträgt die Bindungskonstante des Sulfatkomplexes von **5** in Wasser beispielsweise  $50 \text{ M}^{-1}$ . Offensichtlich ist die Bildung von Sandwichkomplexen also vorteilhaft für die Anionenbindung dieser Cyclopeptide aber nicht essenziell und Anionen können auch gebunden werden, wenn diese nicht völlig von der Umgebung abgeschirmt werden. Ausgehend von diesem Befund wurden die Bindungseigenschaften von **5** durch Positionierung geeigneter Substituenten um die Anionenbindungsstelle des Cyclopeptids verbessert (Abb. 3) [9]. In diesem Zusammenhang wurde Cyclopeptid **6** mit drei  $\beta$ -Alanineinheiten in der Peripherie synthetisiert. Dieses Triamin liegt bei pH 7 überwiegend in dreifach protonierter Form vor und ist dadurch wasserlöslich. Die positiven Ladungen an den Ammoniumgruppen verstärken außerdem die Wechselwirkung des Cyclopeptids mit Anionen. Besonders stark bindet **6** wiederum an Sulfationen, was höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass die drei Substituenten in **6** das an das

Cyclopeptid gebundene Sulfation vollständig umschließen können und der gebildete Komplex durch ein Netzwerk von Wasserstoffbrücken stabilisiert wird (Abb. 2). Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, dass Sulfationen selektiv sogar in Phosphatpuffer, also in Gegenwart eines großen Überschusses anderer tetraedrischer Anionen, gebunden werden. Dies ist auf die unterschiedlichen Basizitäten von Sulfat- und Phosphationen zurückzuführen: Während Sulfationen bei pH 7 vollständig deprotoniert vorliegen, sind Phosphationen bei diesem pH-Wert einfach bzw. zweifach protoniert. Die Sauerstoffatome von Sulfationen fungieren also alle als Wasserstoffbrückenakzeptoren, wodurch dieses Anion besonders stark von Rezeptoren gebunden wird, welche wie **6** lediglich Wasserstoffbrückendonatoren als Bindungsstellen enthalten. Phosphationen enthalten dagegen bei pH 7 protonierte Sauerstoffatome und damit selbst Wasserstoffbrückendonatoren. Aufgrund dessen sind repulsive Wechselwirkungen mit den Wasserstoffbrückendonatoren in Rezeptor **6** nicht vermeidbar und die Bindung wird geschwächt. Auf analogen Prinzipien beruhen die Bindungselektivitäten des sulfatbindenden und phosphatbindenden Proteins. So enthält das sulfatbindende Protein im aktiven Zentrum ausschließlich Wasserstoffbrückendonatoren, während sich im aktiven Zentrum des phosphatbindenden Proteins ein Wasserstoffbrückenakzeptor befindet, der mit dem Proton eines Hydrogenphosphations wechselwirkt. Auch bezüglich der Bindungselektivität finden sich also Analogien zwischen den von uns entwickelten Cyclopeptiden und natürlichen Systemen.

## Schluss

Die Ergebnisse dieser Arbeiten zeigen damit klar, dass unter Ausnutzung von Strategien aus der Natur selbst schwierig zu bindende Substrate wie stark hydratisierte anorganische Anionen von niedermolekularen Rezeptoren in Wasser effizient gebunden werden können. Dabei sind Cyclopeptide keineswegs die einzigen Systeme, die diesbezüglich vielversprechende Eigenschaften besitzen. Inzwischen wurden verschiedene Klassen von in Wasser wirksamen synthetischen Rezeptoren entwickelt, wodurch das Forschungsgebiet, das sich mit molekularer Erkennung in Wasser beschäftigt, momentan einen großen Aufschwung erlebt [10]. Diese Arbeiten führen einerseits zu einem besseren Verständnis der Prinzipien der molekularen Erkennung insbesondere im Hinblick auf die Eigenschaften des Mediums Wasser. Andererseits haben sie eine praktische Relevanz. Beispielsweise können aufgrund der Bedeutung anionischer Spezies in der Biochemie – etwa Phosphate und Phosphatester – sowie Carboxylate, aber auch aufgrund der Umweltrelevanz und Toxizität einiger anorganischer Anionen (Nitrat, Phosphat, Arsenat, Cyanid) synthetische Rezeptoren, die diese Anionen in wässriger Umgebung erkennen, binden und gegebenenfalls detektieren können, interessante Einsatzgebiete in der medizinischen Diagnostik oder Umweltanalytik finden. Aktuelle Arbeiten in dieser Richtung sind vielversprechend.

→ [kubik@chemie.uni-kl.de](mailto:kubik@chemie.uni-kl.de)

### Literatur

- [1] Biedermann, F. et al. (2014) *Angew. Chem.* 126, 11338–11352
- [2] Cao, L. et al. (2014) *Angew. Chem.* 126, 1006–1011
- [3] Kubik, S. et al. (2001) *Angew. Chem.* 113, 2722–2725
- [4] Kubik, S. et al. (2002) *J. Am. Chem. Soc.* 124, 12752–12760
- [5] Kubik, S. & Goddard, R. (2002) *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 99, 5127–5132
- [6] Rodriguez-Docampo, Z. et al. (2006) *J. Am. Chem. Soc.* 128, 11206–11210
- [7] Rodriguez-Docampo, Z. et al. (2011) *Chem. Commun.* 47, 9798–9800
- [8] Sommer, F. & Kubik S. (2014) *Org. Biomol. Chem.* 12, 8851–8860
- [9] Schaly, A. et al. (2013) *Org. Lett.* 15, 6238–6241
- [10] Kataev, E. A. & Müller, C. (2014) *Tetrahedron* 70, 137–167

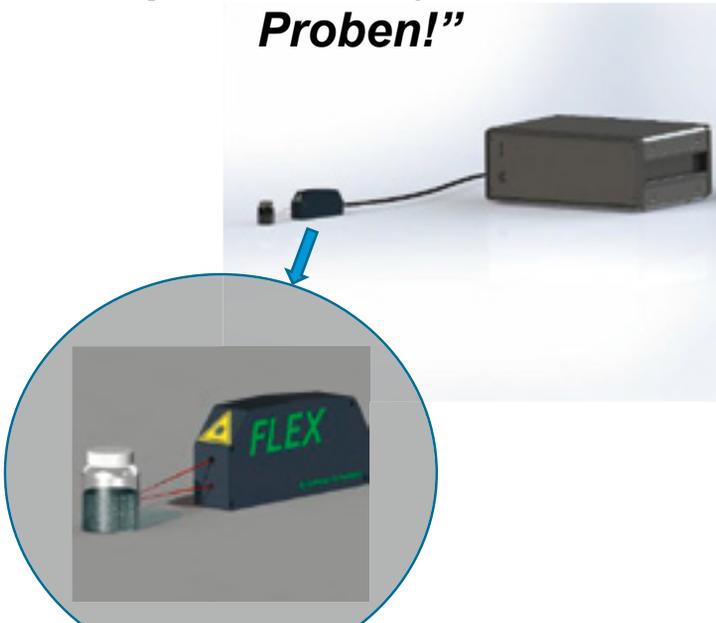
Bild: © istockphoto.com \Spiderstock

CORQUAN

## VASCO FLEX™

THE MOST VERSATILE NANOPARTICLE SIZE ANALYZER

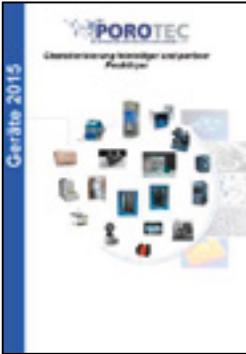
**“Wir bringen die Nanopartikelanalyse zu Ihren Proben!”**



IDEAL FÜR

- Echtzeit Messung von Nanopartikelwachstum
- In situ Messung innerhalb eines Reaktors
- Messungen in geschlossener Umgebung (Glovebox)
- Koppeln von Partikelgrößenmessung mit anderen Instrumenten (SAXS, SANS, Spektroskopie, ...)

**Weitere Geräte zur Charakterisierung Ihrer Partikel und porösen Materialien finden Sie auf unserer Homepage und in unserem POROTEC Gerätecatalog:**



Zeta Potenzial  
BET Oberfläche  
Porengröße  
Wasserdampfsorption  
Feuchtegeneratoren  
TPDRO  
PSA

**POROTEC GmbH**  
Niederhofheimer Str. 55a  
65719 Hofheim / Ts.

[www.porotec.de](http://www.porotec.de)  
[info@porotec.de](mailto:info@porotec.de)  
Tel. +49 6192 2069030

Besuchen Sie uns auf der AICHEMA Halle 4.2 Stand H18



## Mikroplastik in der Umwelt

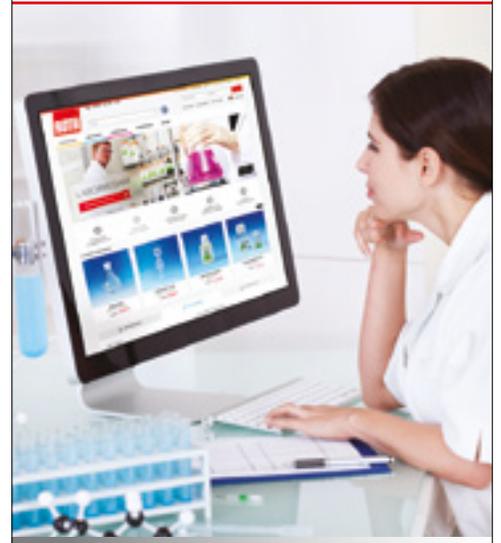
Gefahr für den Menschen?

Prof. Dr. Gerd Liebezeit

Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Universität Oldenburg (i.R. seit 2013),  
Leiter von MarChemConsult, Varel

**Der Mensch schafft sich seine eigene Umwelt und zu dieser gehören seit den 1950er- Jahren vermehrt auch Produkte, die aus synthetischen Polymeren, vulgo Plastik oder Kunststoffe, bestehen. Plastikmüll in der Umwelt wird uns vermutlich über Jahrzehnte, wenn nicht Jahrhunderte erhalten bleiben. Lassen sich aber Plastik und vor allem Mikroplastik aus der Umwelt entfernen?**





Über 26.000 Produkte...

## DIE NEUE WEBSITE

...in unserem Onlineshop!

- Übersichtlich
- Benutzerfreundlich
- Mehr Funktionen
- Verbesserte Suche
- Modernste Technik
- International

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

**0800/56 99 000**  
gebührenfrei



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

# ökotoxikologie

## Fokus Wasser

Zwar waren auch schon vor der Begründung der Polymerchemie solche Verbindungen bekannt (Abb.1), die entscheidenden Strukturvorschläge wurden aber durch Hermann Staudinger 1920 gemacht [1]. Von bescheidenen 1,7 Mio. Tonnen im Jahr 1950 stieg die globale Plastikproduktion im Jahr 2013 auf 299 Mio. Tonnen, davon 57 Mio. Tonnen in Europa (EU-27+CH+N) (www.plasticseurope.de) mit einer mittleren jährlichen Rate von 0,9%. Von dieser Produktion machen Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET), Polypropylen (PP), Polyvinylchlorid (PVC), Polystyrol (PS) und Polyurethane (PU) den höchsten Anteil aus.

Ein nicht unerheblicher Anteil der globalen Polymerproduktion wird für Einmalartikel, hauptsächlich Verpackungen (in der EU etwa 40%),

verwendet. Zwar werden europaweit gesehen nur 38% deponiert, allerdings gibt es hier ausgeprägte Nord-Süd- und Ost-West-Gefälle, sodass in Ländern, in denen die Ablagerung von Plastikabfall in offiziellen Deponien noch erlaubt ist, zwischen 37% und 87% dieses Mülls dort enden. Zahlen zur wilden Deponierung liegen naturgemäß nicht vor, hier zeigt aber der Augenschein, dass dieser Entsorgungsweg in einigen europäischen Ländern erheblich zur Vermüllung der Landschaft beitragen kann. Nach Zahlen von Jambeck et al. [2] gelangen von den 275 Mio. Tonnen Plastikabfall der 192 Küstenstaaten jährlich zwischen 4,8 und 12,7 Mio. Tonnen in den Ozean (Daten für 2010).

Der große Vorteil der aus synthetischen Polymeren hergestellten Produkte ist aus Umwelt-

gesichtspunkten gleichzeitig auch ihr größtes Manko – ihre Langlebigkeit. In der Tat ist Widerstandsfähigkeit gegen mikrobiellen Abbau eine der Schlüsselcharakteristika von Plastik in der aquatischen und terrestrischen Umwelt. Es kann bis zu 600 Jahre dauern, bis bestimmte Plastiktypen aus der Umwelt verschwunden sind (Tab.1).

Die tatsächliche Abbaugeschwindigkeit hängt aber von der Zusammensetzung des Polymers und den jeweiligen Umweltbedingungen ab. Bei diesen Werten muss auch noch berücksichtigt werden, dass sie in der Regel durch Bestimmung des Verlustes von mechanischen Eigenschaften während der Alterung erhalten wurden; der vollständige Abbau zu Wasser und Kohlendioxid wurde bisher nur wenig untersucht.

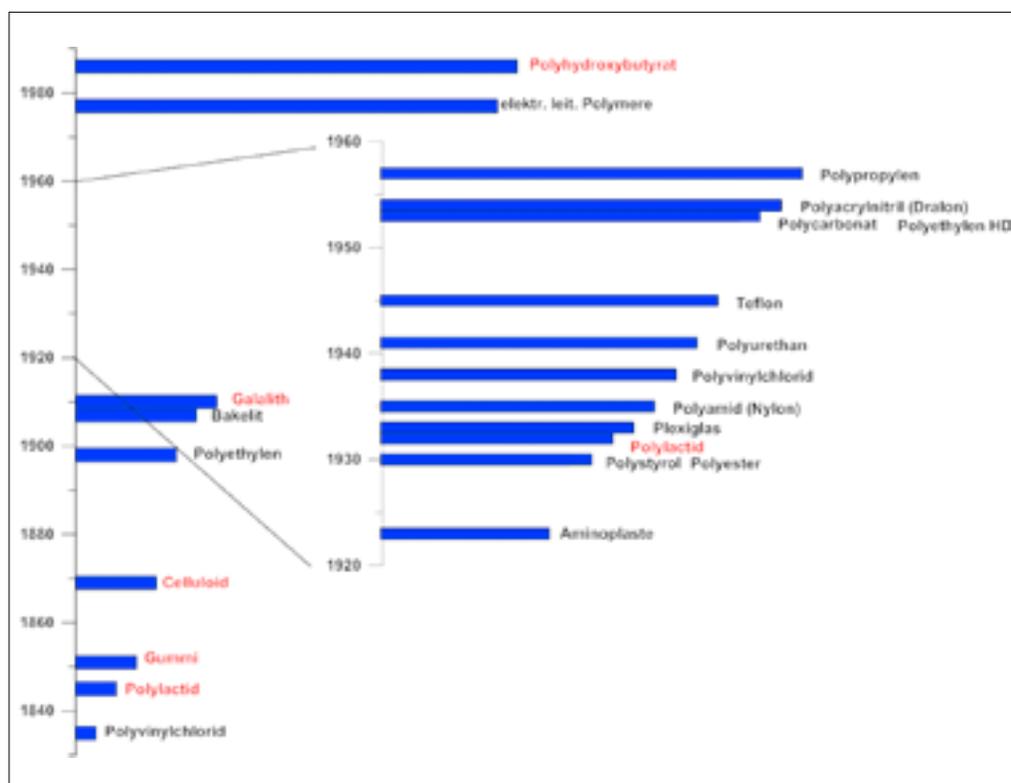


Abb. 1 Entwicklung der Polymere, rot: einige auf biologischen Polymeren basierende Kunststoffe



Abb. 2 Vom Makro- zum Mikromüll

Tab. 1 Geschätzte Abbaueiten verschiedener Polymere im aquatischen Milieu nach Literaturangaben

Material	Abbauezeit
Busfahrtschein Papier	2–4 Wochen
Baumwollgewebe	1–5 Wochen
Baumwollseil	1 Monat
Hanfseil	3–13 Monate
unbehandeltes Holz	1–3 Jahre
Wollgewebe	1 Jahr
Zigarettenkippe	1–5 Jahre
Plastiktüte	10–30 Jahre
behandeltes Holz	13 Jahre
Fischernetz	30–40 Jahre
Bierdose	100 Jahre
Aluminiumdose	80–500 Jahre
Plastikflasche	450 Jahre
Monofilamentleine	600 Jahre
Glasflasche	1.000.000 Jahre

Tab. 2 Größenklassen verschiedener Plastikmüllkategorien:

	Größe
Makroplastik	> 5 cm
Mesoplastik	5 cm – 5 mm
Mikroplastik (MP)	5 m – 0,1 mm
großes MP (LMP)	5 mm – 1 mm
kleines MP (SMP)	1 mm – 0,1 mm
Nanoplastik	< 0,1 mm

## Mikroplastik – woher kommt es?

Was also tatsächlich im ersten Schritt mit Makroplastik in der Umwelt geschieht, ist vor allem eine Fragmentierung zu kleineren Partikeln über Meso- und Mikro- bis hin zu Nanoplastik (Tab. 2; Abb. 2). Nach Zahlen des Umweltbundesamtes verbraucht jeder Deutsche im Jahr 65 Plastiktüten. Das entspricht einer jährlichen Nutzung von 5,3 Mrd. Plastiktüten oder 10.000 Tüten pro Minute. Deutschland gehört damit neben Spanien und Großbritannien, beim Plastiktütenverbrauch, zu den Spitzenreitern in Europa.

Dabei sind zum einen die illegal entsorgten Plastiktüten, Getränkeflaschen oder Fast-Food-Verpackungen betroffen. Zum anderen tragen auch Mulchfolien aus dem kommerziellen Acker- und Gartenbau zur Partikelbelastung bei. Diese bestehen in der Regel aus Polyethylen, das per se nicht schnell zerfällt. Also werden Metallsalze, z. B. Kobaltverbindungen, zugesetzt, die dann bei UV-Bestrahlung und Sauerstoffeinwirkung für eine Fragmentierung sorgen.

Styromull (expandiertes Polystyrol) oder Hygromull (Formaldehyd-Harnstoff-Harz) werden als Bodenhilfsstoffe mit Korngrößen im Millimeterbereich eingesetzt. Während der geschlossene Styromull für eine bessere Durchlüftung sorgt, verbessert der offenporige Hygromull die Wasserkapazität. Vor allem der spezifisch sehr leichte Styromull (Dichte 15 bis 90 mg/cm<sup>3</sup>) kann leicht verweht und so großräumig in der Umwelt verteilt werden (Abb. 3).

Auch biologische Prozesse können zur Mikroplastikbelastung führen. So zernagen marine Asseln Auftriebsblöcke aus Styropor, um sich eine Behausung und Zuflucht zu verschaffen; Seevögel tragen zur Mikroplastikbelastung durch Zerpicken von Makroplastik bei [3]. Hier sind häufig Stücke aus expandiertem Polystyrol Gegenstand solcher Aktivitäten (Abb. 4).

Neben diesen in der Umwelt stattfindenden Zerfallsprozessen wird Mikroplastik aber auch direkt eingetragen. Quellen sind hier Kosmetika und Reinigungsmittel, in denen vor allem Polyethylenpartikel, aber auch Polypropylen oder Polyamid als Schleifmittel verwendet werden, und Abbrasiva aus der Metallbearbeitung, die den herkömmlichen Sand bei der Oberflächenbehandlung ersetzen.

Jedes Bekleidungsstück setzt beim Tragen, Waschen und Trocknen Fasern frei. Dabei wird beim Tragen offensichtlich der relativ größte Teil freigesetzt, ohne dass hier genaue Zahlen vorlägen. Beim Waschen von Polyester- oder Polyacrylkleidung werden zwischen 0,01 und 0,06 Gewichts-



**Abb. 3** Aufgeschwemmtes Styromull aus einem 7-cm-Blumentopf

# High Five für



- Zellkultur
- Mikrobiologie
- Biochemikalien

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



**BIOFROXX**  
Solutions for Science

## BioFroxx GmbH

Marie-Curie-Str. 3  
D-64683 Einhausen

Tel. +49 (6251) 989 24-00  
Fax +49 (6251) 989 24-10

Vertriebspartner von

**HIMEDIA**

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

**BI**  
Biological Industries  
Culture of Excellence  
[www.bioind.com](http://www.bioind.com)

# ökotoxikologie

## Fokus Wasser



**Gerd Liebezeit**, Jg. 1948, studierte Chemie an der Universität Kiel. Dort promovierte er 1981 in Meereschemie und habilitierte sich 1990 in Geologie an der Universität Hamburg. 2000 wurde ihm die Apl. Professur für Meereschemie der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg verliehen. Gerd Liebezeit war von 1977–1983 Mitarbeiter am Sonderforschungsbereich 95 „Wechselwirkung Meer-Meeressboden“ der Universität Kiel. Nach einem Aufenthalt an der University of Bristol, Organic Geochemistry Unit, UK, war er am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg und in der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer Wilhelmshaven tätig. Von 1991–2007 leitete er das Forschungszentrum Terramare Wilhelmshaven und arbeitete dann von 2008–2013 am Institut für Chemie und Biologie des Meeres der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg. Seit 2013 leitet er MarChemConsult, Varel. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Mikroplastik im marinen Milieu, Nährsalzeinträge und -bilanzen in Küstenmeere und die Umweltbelastung tropischer Küstenregionen.

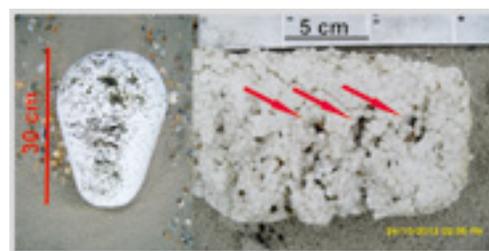
prozent an Fasern freigesetzt. Diese gelangen über das Abwasser in Kläranlagen, wo sie nicht vollständig zurückgehalten werden und mit dem geklärten Wasser in die Umwelt abgegeben werden [4]. Wird der Klärschlamm, in dem sich nach ersten Messungen der größte Teil der Fasern findet, als Dünger in der Landwirtschaft genutzt, können die zurückgehaltenen Fasern in die Atmosphäre gelangen und so weiträumig verteilt werden. Aus der Luft können sie sich auf allen Oberflächen ablagern, u.a. auch auf Blüten und so z. B. in Honig gelangen [5].

Thermoplastische Kunststoffe werden als Rohprodukte in Form so genannter „preproduction pellets“ verschifft. Diese einige Millimeter großen granulären Partikel können beim Verladen verloren gehen und gelangen so in die Umwelt ([www.pelletwatch.org](http://www.pelletwatch.org)).

Mikroplastik ist also überall zu finden, in der Luft, im Wasser, im Boden und in aquatischen Sedimenten. Von hier kann es in Lebensmittel, auch in Trinkwasser und in Organismen gelangen.

### Welche Effekte hat Mikroplastik?

Synthetische Polymere in reiner Form sind in der Regel ungefährlich, zwei Dinge tragen dann aber doch zu einer Gefährdung der Umwelt bei: Zum einen kann Plastik Spuren von Monomeren enthalten wie Bisphenol A, das als Ausgangsverbindung von z. B. Polycarbonaten dient, oder Mono-, Di- oder Tristyrol. Zum anderen gibt es so gut wie kein synthetisches Polymer, das ohne Additive auskommt. Besonders auffällig hier sind bromierte Flammschutzmittel und Weichmacher, vor allem Phthalate, die in PVC-Produkten mit bis zu 60 Gewichtsprozent enthalten sein können. Viele dieser Additive wirken hormonell. Im wässrigen Milieu werden sie aus dem Plastik ausgelaugt und gelangen so in die Umwelt (z. B. [www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_120\\_phthalate.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_120_phthalate.pdf)). An der Luft können einige Verbindungen ausgasen, besonders bei hoher Sonneneinstrahlung.



**Abb. 4** Auftriebsball (links) und Block aus expandiertem Polystyrol (rechts) mit Pickspuren von Großmöwen – Kachelotplate, Ostfriesische Inseln, und Mellum, Außenjade – 2012

Plastik ist in der Regel hydrophob. Wegen dieser Eigenschaft dienen z. B. Polyethylenfolien als Langzeitsammler für lipophile organische Kontaminanten wie z. B. PCBs, PAKs oder DDT, DDE und DDD. Mikroplastik hat zudem ein hohes Oberfläche/Volumen-Verhältnis, ist also in der Lage, solche Schadstoffe in großem Umfang zu adsorbieren [5]. Werden solche belasteten Partikel von Organismen aufgenommen, können diese Schadstoffe, aber auch Additive im Magen/Darmtrakt wieder freigesetzt, in das tierische Gewebe eingelagert werden und Schäden hervorrufen [6].

Auch reines Mikroplastik wird, wie in verschiedenen Laborversuchen nachgewiesen, wenn es klein genug ist, d. h. etwa  $< 5 \mu\text{m}$ , von z. B. Zooplanktern, Miesmuscheln oder Wattwürmern aufgenommen und im Gewebe eingelagert werden, wo es zu entzündlichen Reaktionen führen kann [7]. Aber auch größeres Mikroplastik wird von Organismen aufgenommen, dann aber im Nahrungsnetz weitergegeben. Auf der ersten Stufe frisst tierisches Plankton Mikroplastik. Von hier gelangt es in Muscheln, Fische, Seevögel oder marine Säuger wie Seehunde, Kegelrobben oder Schweinswale. Auch bei auf dem oder im Sediment fressenden Tieren wie Wattwürmern oder Seegurken konnte Mikroplastik nachgewiesen worden [8]. Für den Menschen gibt es hier noch keine Daten, obwohl z. B. die negativen Effekte sehr kleiner Partikel bei der Aufnahme über die Lunge seit Langem bekannt sind (Asbestose, Silikose).

Viele Meerestiere suchen ihre Nahrung an der Wasseroberfläche und nehmen dabei alles auf, was dort treibt, also auch Plastik. Möwen als Allesfresser ernähren sich aber nicht nur von Fischen, Krebsen oder Muscheln, sondern suchen ihre Nahrung auch an Land, z. B. auf Müllkippen. Auch hier nehmen sie sowohl Makro- als auch Mikroplastik auf, die dann mit den Speiballen wieder ausgewürgt [9] und vor allem in den Vogelkolonien konzentriert werden. Eissturmvögel zerkleinern mit ihrem Kaumagen das aufgenommene Plastik und tragen so zur Mikroplastikproduktion bei.

### Die Aussichten

Plastikmüll in der Umwelt wird uns vermutlich über Jahrzehnte, wenn nicht Jahrhunderte erhalten bleiben. Lassen sich aber Plastik und vor allem Mikroplastik aus der Umwelt entfernen? Anders als beim Makroplastik ist Einsammeln von sehr kleinen Plastikteilchen keine tragfähige Alternative und das Herausfischen aus Flüssen, Seen oder dem Meer mit kleinmaschigen Netzen bedeutet einen massiven Eingriff in aquatische

# Dichter als Max Frisch.



Die **RAPIDO** Luftabsperreklappen der RICO Sicherheitstechnik AG schließen **100% gasdicht**. In Biosicherheitslaboren (BSL 3 und 4) ebenso sicher wie in Isolatoren, Gloveboxes oder Cleanrooms.

**LOUNGES 2015**  
/ 19. bis 21. Mai 2015  
Messe Stuttgart  
Besuchen Sie uns  
am Stand H. 2.5

[www.rico.ch](http://www.rico.ch)

Ökosysteme, weil hier auch Zooplankton und damit die Basis des Nahrungsnetzes entfernt würde.

Der Druck von Umweltverbänden und Verbrauchern hat dazu geführt, dass es in Deutschland keine Zahnpasten mehr mit Mikroplastik als Schleifmittel gibt, auch haben fast alle großen Kosmetikproduzenten nach massivem Druck durch Umweltverbände und Verbraucher erklärt, in naher Zukunft auf Mikroplastik in Peelings etc. verzichten zu wollen. Auch die vielerorts geführte Diskussion über plastiktütenfreie Gemeinden trägt sicher dazu bei, das Problem des großen und kleinen Plastikmülls in das allgemeine Bewusstsein zu tragen. Daneben müssen auch Klärwerksbetreiber in die Pflicht genommen werden und technische Anlagen einbauen, die Mikrofasern aus dem Abwasser entfernen. Trotzdem wird wegen der vermutlich langen Lebensdauer von Plastik in der Umwelt auch politisch entschieden werden müssen, wie die Plastikflut eingedämmt werden kann, z. B. durch

Verbote von Einmalverpackungen, d. h. vor allem Plastiktüten, wie sie zurzeit in der EU diskutiert werden. Was jedem Konsumenten selbst bleibt, ist Plastikmüll zu vermeiden. Alternativen gibt es genug bei Kosmetika, Kleidung, Verpackung und anderen Gebrauchsgegenständen.

→ [marchemconsult@yahoo.de](mailto:marchemconsult@yahoo.de)

#### Literatur

- [1] Staudinger, H. (1920) *Ber. Dt. Chem. Ges.* 53: 1073–1085
- [2] Jambeck, J.R. et al. (2015) *Science* 347: 768–771
- [3] Cadée, G.C. (2002) *Mar. Poll. Bull.* 44: 1294–1295
- [4] Dubaisb, F. & Liebezeit, G. (2013) *Water Air Soil Poll.* 224: 1352
- [5] Liebezeit, G. & Liebezeit, E. (2013) *Food Add. Contam. A* 30: 2136–2140
- [6] Teuten, E.L. et al. (2009) *Phil. Trans. R. Soc. B* 364: 2027–2045
- [7] Avio, C.G. et al. (2015) *Environ. Poll.* 198: 211–222
- [8] Grabam, E.R. & Thompson, J.T. (2009) *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 368: 22–29
- [9] Schulz, C. (2012) *Bachelorarbeit Universität Giessen* 44 pp.

Bild: © istockphoto.com \Alst

## 81. Jahrestagung „Wasser 2015“

der Wasserchemischen Gesellschaft, Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh),  
**11. bis 13. Mai in Schwerin**



### Mikroplastik in Gewässern – Vorsorge oder Gefahrenabwehr?

Mikroplastik in Gewässern ist ein Thema, das derzeit gleichermaßen in Wissenschaft und Gesellschaft intensiv diskutiert wird. So nimmt sich auch die Wasserchemische Gesellschaft, eine Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), auf ihrer 81. Jahrestagung, „Wasser 2015“, vom 11. bis 13. Mai in Schwerin unter anderem der „Mikroplastik in aquatischen Systemen“ als zentralem Thema an. In fünf Vorträgen und vier Posterbeiträgen werden Eintragspfade von Mikroplastik in Gewässer vorgestellt und diskutiert, welche Auswirkungen das hat und welche Ansätze einer Umweltbewertung erkennbar sind. Dabei zeichnet sich bereits im Vorfeld der Tagung ab, dass es sowohl gilt, Gefahren abzuwehren als auch Vorsorge zu treffen, und zwar im Kontext wissenschaftlich-technischer, ökologischer, ökonomischer und soziologischer Aspekte.

Doch nicht nur Kunststoffteile jeglicher Größe geben in der Umwelt zu denken – auch ihre Additive oder zur Färbung verwendeten Pigmente. Die Tagung

in Schwerin zeigt, mit welchen analytischen Methoden es Wissenschaftlern gelingt, Aussagen über Art und Menge der Mikroverunreinigungen und anderer aus diesen Teilchen stammender Stoffe zu treffen.

Kommt Mikroplastik, wie einige Medien meldeten, mittlerweile auch im Trinkwasser vor? Auch hier wird die Tagung deutlich machen, dass es darüber kaum Erkenntnisse gibt. Bisherige Studien sind kaum miteinander vergleichbar, da keine einheitliche Methodik für Probenahme und Analytik existieren. Die bislang vorliegenden Ergebnisse ermöglichen nur eine grobe Ersteinschätzung.

Weitere Themenblöcke bei der „Wasser 2015“ sind u. a. Abwasser, Aufbereitung, Meereschemie, Spurenstoffe, Trinkwasser und Hygiene. Weitere Informationen finden sich unter

→ [www.gdch.de/wasser2015](http://www.gdch.de/wasser2015)

Quelle: [www.gdch.de](http://www.gdch.de)

Bild: © istockphoto.com \yalayama

## Neue Schadstoffe im Wasserkreislauf

Abschlussveranstaltung der BMBF-Fördermaßnahme

„Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf (RiSKWa)“ – Bilanz nach drei Jahren transdisziplinärer Forschung

Susanne Huckele, Dr. Thomas Track

Dechema Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.

**Mit der Abschlussveranstaltung im Februar 2015 endet die BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf (RiSKWa)“ offiziell. Auf der zweitägigen Veranstaltung haben die zwölf Verbundprojekte der Fördermaßnahme ihre Arbeiten und Ergebnisse unter den Themenschwerpunkten Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen und ländlichen Raum, Spurenstoffe und Krankheitserreger in Einzugsgebieten und mit Blick auf die Trinkwasserversorgung vorgestellt.**



Auch nach drei Jahren transdisziplinärer Forschung hat das Thema neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf nicht an Aktualität verloren. Zunehmende Belastungen durch den Klimawandel, demografische Veränderungen und mit dem Wachstum von Wirtschaft und Wohlstand verbundene zunehmende Verschmutzung und Übernutzung stellen weiterhin Herausforderungen für die Wasserwirtschaft dar. Oberflächengewässer und Grundwasser als Quellen unseres Trinkwassers benötigen besonderen Schutz. Mit Blick auf einen vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz sind sowohl Forschung als auch Politik gefordert, hier zu handeln, mögliche Risiken zu erkennen, neu zu bewerten und geeignete Maßnahmen zu treffen.

Für den Umgang mit neuen Spurenstoffen und Krankheitserregern wurden in RiSKWa verschiedenen Instrumente und Lösungsansätze entwickelt. Diese reichen von Verfahren zur Identifizierung neuer Schadstoffe und Krankheitserreger über Untersuchungs- und Bewertungskonzepte für Trinkwasserressourcen, Gewässer und Abwasser bis hin zu Technologien der Abwasser-/Wasserbehandlung. Um ihre Umsetzung in die Praxis zu gewährleisten, werden die unterschiedlichen Managementansätze an verschiedenen Untersuchungsstandorten erprobt. Ein zentrales Element in RiSKWa ist die Kommunikation. Sie ist Grundlage für die Einbindung aller Akteure, von der Forschung über die Wasserversorgung, Abwasserentsorgung und Wirtschaft bis hin zur Öffentlichkeit. Im Dialog mit unterschiedlichen Partnern hat sich aus RiSKWa heraus ein umfassendes Netzwerk entwickelt, das mittlerweile weit über die Fördermaßnahme hinaus gewachsen ist.

Moderne Analysegeräte und -methoden ermöglichen die Nachweise von organischen Substanzen in geringsten Konzentrationen. So können in einem Analyselauf mehrere 100 Verbindungen erfasst werden. Um die Identifizierung unbekannter Stoffe zu vereinfachen, wurde in RiSKWa die Datenbank „STOFF-IDENT“ entwickelt, die neben knapp 8.000 Chemikalien auch analytische Informationen zu bekannten Metaboliten und Abbauprodukten enthält. Auch nach Projektende wird sie weiter am Bayerischen Landesamt für Umwelt gepflegt. In der Routineanalytik ist die Identifizierung von Einzelsubstanzen jedoch selten leistbar. Um trotz der immer unübersichtlicheren Vielzahl an messbaren Stoffen Quellen zu identifizieren und technische Prozesse bewerten zu können, wurde für die Auswahl eines sinnvollen Satzes an aussagekräftigen Substanzen ein Kriterienkatalog erarbeitet. Die Ergebnisse wurden in einem kostenfrei verfügbaren Leitfaden zusammengefasst.

# wassermanagement

## Fokus Wasser



Oberflächengewässer und Grundwasser als Quellen unseres Trinkwassers sind zunehmenden Belastungen ausgesetzt.

Bild: © DECHEMA e.V.



Projekt Sichere Ruhr – der Baldeneysee ist der größte der sechs Ruhrstauseen. Er liegt im Süden der Stadt Essen und ist heute ein Wassersportparadies und Naherholungsgebiet.

Bild: © Ruhrverband

Doch welche Auswirkungen haben diese Substanzen wirklich? Die derzeitigen Konzepte in der Risikobewertung aufgrund der in der Umwelt auftretenden Niedrig(st)dosen sind nicht mehr tragfähig. Mit der UBA-Empfehlung „Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht“ existiert ein theoretischer Ansatz zur Ableitung des gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW). Diese Strategie folgt dem internationalen Trend, neue experimentelle Konzepte durch den Einsatz von Screeningverfahren in die regulativen Entscheidungen einzubeziehen.

### Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Raum

In eng besiedelten Regionen kann der Eintrag von anthropogenen Spurenstoffen und Krankheitserregern zu Nutzungskonflikten führen. Daher untersuchen einige Verbundprojekte in RiSKWa, wie natürliche und technische Ansätze zur Wasseraufbereitung bemessen werden müssen, um in urbanen Räumen auch in Zukunft eine gute Wasserqualität garantieren zu können. Anwendungsorientierte Konzepte werden in den Modellregionen Berlin und Dresden erarbeitet und erprobt.

Die Untersuchungen in Berlin haben gezeigt, dass mit Aktivkohle oder Ozon Spurenstoffe an unterschiedlichen Stellen des Wasserkreislaufes wirksam verringert werden können. Die Ergebnisse der Pilotanlagen bilden eine wichtige Planungsgrundlage, um künftig großtechnische Barrieren im Berlin einführen zu können. Am Beispiel der Stadt Dresden wurden die Einträge von Antibiotika und die Bildung von Antibiotikaresistenzen im urbanen Abwasser untersucht. Die Bilanzierung von Arzneimitteleinträgen an mehreren Standorten in Dresden und an der Kläranlage Kaditz zeigen einen sehr guten Abgleich der kalenderwochenweise verfügbaren Verschreibungsdaten von Krankenkassen. Gleichzeitig wurden unterschiedliche Resistenzgene kulturunabhängig und quantitativ erfasst. Im Vergleich zu kommunalen Abwässern konnten keine höheren Einträge von Arzneimittelrückständen in den untersuchten Einrichtungen des Gesundheitswesens wie z. B. Krankenhäuser oder Pflegeeinrichtungen festgestellt werden.

Aber nicht nur durch technische Lösungen kann der Eintrag von Arzneimittel(-rückständen) verringert werden. Umfragen bestätigen, dass etwa die Hälfte der Verbraucher Altmedikamente unsachgemäß entsorgt. Dies ist sicherlich auch darauf zurückzuführen, dass in Deutschland keine einheitliche Empfehlung ausgesprochen wird. Eine Initiative aus dem Querschnittsthema

„Risikokommunikation und Öffentlichkeitsarbeit“ hat sich dieser Thematik angenommen und die Empfehlungen der 403 Stadt- und Landkreise auf dem Internetportal [www.arzneimittelentsorgung.de](http://www.arzneimittelentsorgung.de) zusammengefasst und visuell in einer Deutschlandkarte aufbereitet.

### Spurenstoffe und Krankheitserreger im landwirtschaftlichen Raum

In landwirtschaftlich geprägten Gebieten gelangen anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger häufig diffus über den Ausbreitungspfad Boden-Grundwasser in die Umwelt. Ihr Eintrag kann im Wesentlichen auf die Intensivtierhaltung und den Anbau von Nutzpflanzen zurückgeführt werden. Technische Maßnahmen sind hier nur bedingt möglich. Untersuchungen haben gezeigt, dass Biogasanlagen einen vielversprechenden Ansatz für die Abwasserbehandlung im landwirtschaftlichen Bereich mit Blick auf Veterinärpharmaka und potentiell pathogene Bakterien darstellen. Problematisch sind jedoch Kupfer und Zink als Futtermittelzusatzstoffe. Ihre Gehalte übersteigen auch nach der Passage von Biogas-

anlagen in den meisten Fällen die entsprechenden Vorsorgewerte.

Wo Rückstände aus der intensiven Tierhaltung direkt ausgebracht werden, kommt dem Boden als natürlicher Barriere eine besondere Schutzfunktion zu, die es auch künftig zu erhalten gilt. Mit anwendungsorientierten Untersuchungen im Einzugsgebiet einer Karstquelle auf der Schwäbischen Alb konnte der Einfluss landwirtschaftlicher Nutzung, des Abwassersystems und punktueller Einträge im Einzugsgebietsmaßstab auf die Belastung des Rohwassers an der Quelle abgebildet werden. Die enge Zusammenarbeit mit den Behörden vor Ort ermöglichte die Verbesserung des technischen Standards des Regenüberlaufbeckens im Untersuchungsgebiet. Dies führte zu einer signifikanten Verminderung der Belastung des Rohwassers an der Quelle mit Spurenstoffen und Krankheitserregern.

### Spurenstoffe und Krankheitserreger in Einzugsgebieten

Um den Eintrag von Spurenstoffen und Krankheitserregern aus der kommunalen Abwasser-

### Die folgenden zwölf Verbundprojekte wurden in RiSKWa gefördert

**AGRO:** Risikomanagement von Spurenstoffen und Krankheitserregern in ländlichen Karst-einzugsgebieten

**ANTI-Resist:** Untersuchung zu Einträgen von Antibiotika und der Bildung von Antibiotikaresistenz im urbanen Abwasser sowie Entwicklung geeigneter Strategien, Monitoring- und Frühwarnsysteme am Beispiel Dresden

**ASKURIS:** Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf - Bewertung, Barrieren und Risikokommunikation

**PRiMaT:** Präventives Risikomanagement in der Trinkwasserversorgung

**RiMaTH:** Risikomanagement in der Trinkwasser-Hausinstallation – Schnellnachweismethoden für bakterielle Kontaminationen und Begleitung von Sanierungsvorhaben

**RiskAGuA:** Risiken durch Abwässer aus der intensiven Tierhaltung für Grund- und Oberflächenwasser in Agrarräumen

**RISK-IDENT:** Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System

**SAUBER+:** Innovative Konzepte und Technologien für die separate Behandlung von Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens

**SchussenAktivplus:** Reduktion von Mikroverunreinigungen und Keimen zur weiteren Verbesserung der Gewässerqualität des Bodenseezuflusses Schussen

**Sichere Ruhr:** Badegewässer und Trinkwasser für das Ruhrgebiet

**TOX-BOX:** Gefährdungsbasiertes Risikomanagement für anthropogene Spurenstoffe zur Sicherung der Trinkwasserqualität

**TransRisk:** Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf

Detaillierte Informationen zu einzelnen Verbundprojekten und Unterlagen der Fördermaßnahme RiSKWa können auf der RiSKWa-Homepage oder auf den jeweiligen Projekt homepages nachgelesen werden.

→ [www.bmbf.riskwa.de](http://www.bmbf.riskwa.de)

## 13<sup>th</sup> Symposium

# BAGECO 13

## Bacterial Genetics and Ecology

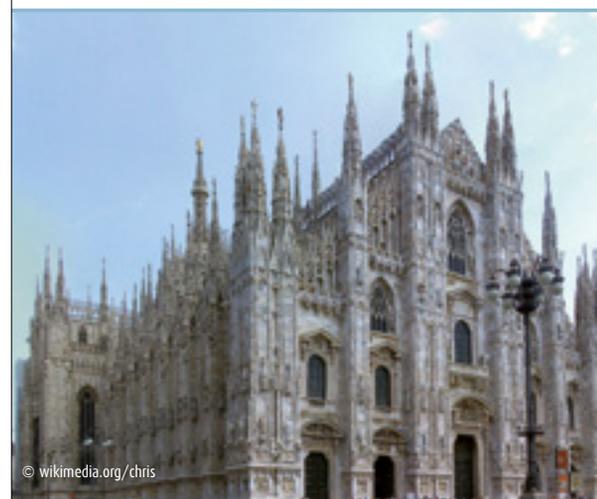


## THE MICROBIAL CONTINUITY ACROSS CHANGING ECOSYSTEMS

14–18 June 2015  
Milan, Italy



[www.bageco2015.org](http://www.bageco2015.org)



© wikimedia.org/chris

# wassermanagement

## Fokus Wasser



**Thomas Track**, Jg. 1967, studierte Hydrogeologie an der TU Darmstadt, promovierte 1997 an der Universität Mainz, ist seit 1998 für die Dechema Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. als Projektleiter tätig und seit 2007 Fachreferent für Umwelttechnik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind nachhaltiges Wassermanagement, industrielle Wassertechnik und Ressourceneffizienz. Er ist Mitglied verschiedener nationaler und europäischer Fachgruppen und Initiativen mit dem Schwerpunkt integriertes Wassermanagement.

**Susanne Huckele**, Jg. 1980, studierte von 1999 bis 2006 Bauingenieurwesen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Bereits zu Beginn ihres Studiums interessierte sie sich besonders für umwelttechnische Fragestellungen. Deshalb vertiefte sie im Hauptstudium den Bereich Wasser und Umwelt mit den Schwerpunkten Stoffstromanalyse und -management. Im Anschluss an ihr Studium war sie am Technologiezentrum Wasser Karlsruhe tätig. In dieser Zeit hat sie auf verschiedenen Forschungsprojekten gearbeitet, u.a. zu den Themen „Sickerwasserprognose“ und Kupferkorrosion. 2008 nahm sie ihr Promotionsstudium am Lehrstuhl für Analytische Chemie, Institut für Wasserchemie, TU München zum Thema „Nanopartikel im Sickerwasser“ auf. Susanne Huckele arbeitet aktuell im wissenschaftlichen Begleitprojekt der BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen – RiSKWa“.

behandlung weiter zu verringern, werden Abwasserreinigungsverfahren optimiert, Technologien weiterentwickelt und neue Verfahrenskombinationen erprobt. Sie werden direkt auf verschiedenen Kläranlagen getestet, u.a. in den Modellregionen Donauried-Hürbe sowie entlang der Flüsse Ruhr und Schussen. Im Einzugsgebiet der Schussen, einem bedeutenden Zufluss des Bodensees, wurden u.a. die Auswirkungen des Ausbaus der Kläranlage Langwiese mit einem Pulveraktivkohlefilter auf

das Ökosystem untersucht. Durch eine Aufrüstung aller Kläranlagen im Einzugsgebiet mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe könnte die Gewässerbelastung erheblich reduziert werden. Berechnungen zufolge könnte durch entsprechende Maßnahmen der Eintrag von Benzotriazol (Komplexbildner) um ca. 100kg, von Iomeprol (Röntgenkontrastmittel) um ca. 140kg und von Carbamazepin (Antiepileptikum) um ca. 23kg pro Jahr eingespart werden. Mit dem besonderen Augenmerk auf die Identifizierung

von Transformationsprodukten (TP), die in der biologischen Abwasserreinigung oder bei der Ozonung gebildet werden, werden verschiedene Verfahren und Verfahrenskombinationen – u.a. Ozonung, granuliert Aktivkohle, Biofilter und Eisenbakterien – im Untersuchungsgebiet Donauried-Hürbe getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die alleinige Ozonung ohne Nachbehandlung aufgrund erhöhter ökotoxikologischer Effekte und der Bildung oxidativer TPs nicht ausreichend ist.

Flüsse und Seen werden nicht nur als Trinkwasserressource, sondern in den letzten Jahren vermehrt zum Baden genutzt. Auch die Ruhr ist ein beliebtes Naherholungsgebiet. Um die Ruhr künftig als Badegewässer nutzen zu können, wurde ein Umsetzungskonzept entwickelt, das nach Projektende von der Interessensgemeinschaft „Baden in der Ruhr“ fortgeführt wird. Für das Jahr 2015 ist ein Probetrieb an drei Ruhr-Badestellen unter Einhaltung der rechtlichen Anforderungen geplant.

### Spurenstoffe und Krankheitserreger mit Blick auf die Trinkwasserversorgung

Für die Erfassung, Beurteilung und Minimierung von potenziellen Risiken, die mit dem Auftreten von Spurenstoffen und Krankheitserregern in der Trinkwasserversorgung verbunden sind, wird in RiSKWa eine Reihe von Werkzeugen entwickelt. Konkrete Beispiele sind ein datenbankbasiertes Bewertungssystem zur Gefährdungsanalyse in Wassereinzugsgebieten, molekularbiologische Methoden zum Nachweis von Krankheitserregern sowie Labortestsysteme zur Beurteilung des Verhaltens von Spurenstoffen, Nanopartikeln und Krankheitserregern bei der Trinkwasseraufbereitung.

Die Qualität des Trinkwassers muss nach der Trinkwasserverordnung bis zur Entnahme am Wasserhahn gewährleistet werden. Von hygienischer Seite kommt daher den Trinkwasserinstallationen am Ende des Versorgungsnetzes eine entscheidende Rolle zu. Um pathogene Legionellen quantitativ erfassen zu können, werden innovative Methoden für die Vor-Ort-Analyse entwickelt. Hierfür werden eine DNA-Vervielfältigungstechnik und eine Mikroarray-Technik auf einer Plattform kombiniert, um molekularbiologischer Pathogene zu detektieren. Aktuelle Versuche zeigen, dass diese Technik das Potenzial für die gewünschte Diskriminierung bietet.

→ [huckele@dechema.de](mailto:huckele@dechema.de)

Bild: © istockphoto.com | Xavier Arnau

Gewässertyp des Jahres 2015

## Das salzreiche Wattenmeer



**Priel im Wattenmeer** Fachleute bezeichnen das „Salzreiche Wattenmeer“ als „Euhalines Wattenmeer“.

*Bild: C. M. Stock*

**Das salzreiche Wattenmeer ist „Gewässertyp des Jahres 2015“. Es umfasst rund 20% der deutschen Küstengewässer und tritt an der deutschen Nordseeküste zwischen den Nord- und Ostfriesischen Inseln und dem Festland und im Jadebusen auf. Sein Zustand ist zwar deutlich besser als vor 30 Jahren, erreicht nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie jedoch nur einen „mäßigen“ bis „unbefriedigenden“ ökologischen Zustand.**

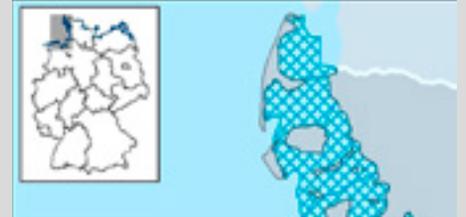
Schuld am nur „mäßigen“ bis „unbefriedigenden“ ökologischen Zustand sind die oft zu hohen Nährstoffbelastungen, Schadstoffe und Müll. Nährstoffe landen über Flüsse und die Luft aus landwirtschaftlich genutzten Flächen im Meer. Die Folge sind häufigere Algenblüten, die zu einer Abnahme von Seegras und zu einer Zunahme von fädigen Grünalgen und zu Sauerstoffmangel führen können. Durch einen verantwortungsvollen Umgang mit Düngemitteln ließen sie sich aber soweit reduzieren, dass ein „guter“ ökologischer Zustand möglich wäre. Müll gelangt über Flüsse, aber auch direkt – z. B. durch Touristen, die Fischerei oder den Schiffsverkehr – ins Wattenmeer und bedroht so eine beeindruckende Tier- und

Pflanzenwelt. Das salzreiche Wattenmeer gilt als vogelreichstes Gebiet Europas: Der Säbelschnäbler beispielsweise ist mit etwa 11.000 Paaren ein sehr häufig zu beobachtender Vogel im Wattenmeer. Seine Nahrung erbeutet er durch das arttypische „Säbeln“, eine mähende Bewegung seines nach oben gebogenen Schnabels. Auch der Bäumchenröhrenwurm, die Gezeiten Seepocke und das Zwergseegras sind anzutreffen. Völlig zu Recht steht das Wattenmeer unter nationalem und internationalem Schutz: Es ist UNESCO Weltnaturerbe und als ein wichtiger Naturraum Deutschlands auch Nationalpark.

*Quelle: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)*

### Steckbrief

Gewässertyp Salzreiches Wattenmeer



**Anteil Wattfläche an der Gesamtfläche des Gewässertyps:** 60–83 %

**Salzgehalt:** rund 30

**Tidenhub:** 2 bis 4 m

**Wellenexposition:** geschützt

**Strömung:** meist < 5 m pro Sekunde

**Mittlere Sichttiefe:** < 1 m

**Sommerliche Höchsttemperaturen:** 23 °C

**Natürlicherweise typische Habitate, Gewässerform:** Salzwiesen, Verlandungszonen, Watten und Rinnen

**Durchmischung:** ständig durchmischt

**Wasserverweilzeit:** bis fünf Tage

**Substrat:** Mischsediment und Schlack

**Lebensgemeinschaft:** Je nach Habitat treten sehr unterschiedliche Pflanzen (Algen bis Strandflieder) und Tiere (Wattwurm bis Seehund) auf; „Kinderstube“ für Fische; Rast- und Brutplatz für Vögel

**Hauptbelastungsfaktoren:** Nährstoffeinträge aus den Einzugsgebieten der Nordseezuflüsse und Stickstoffeintrag aus der Luft, Grundschleppnetzfisherei, Tourismus, Schifffahrt

### Der Gewässertyp des Jahres – eine Aktion des Umweltbundesamtes

Grundlage für die Auswahl ist die nach der Wasserrahmenrichtlinie vorgenommene Einteilung der Gewässer in Typen. Aktuell werden in Deutschland 25 Fließgewässertypen, 14 Seentypen und elf Typen für Küsten- und Übergangsgewässer unterschieden. Über die Gewässer des „Typs des Jahres“ erfahren Sie, welche besonderen Eigenschaften sie haben, wie sie überwiegend genutzt werden und wodurch sie besonders gefährdet sind. Eine interaktive Karte zum chemischen und ökologischen Zustand lädt zum tieferen Abtauchen in die Wasserwelt ein. Der „Gewässertyp des Jahres“ wird immer am Weltwassertag (22. März) für das jeweilige Jahr bekanntgegeben.

# SKIZZEN EINES LICHTSCHREIBERS

Auf der Suche nach Farbe und Licht

Von Dr. Leonhard Kießling

**In der Bibel heißt es:** Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war wüst und leer, und es war finster auf der Tiefe ... Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es ward Licht! Und Gott sah, dass das Licht gut war. Da schied Gott das Licht von der Finsternis (Genesis 1) **(Abb. 1).**

Heute suchen wir das Licht aus den Anfängen des Universums mit riesigen Teleskopen auf hohen Bergen wie dem Mauna Kea. Man sieht nicht nur ins All, sondern auch auf die von der Sonne bestrahlte Erde **(Abb. 2).**

Auch die Nacht hat sich gewandelt. Städte werden hell erleuchtet und zeigen Lichtstrukturen – künstlich und künstlerisch – **(Abb. 3, 4)**, Lichtkünstler zeigen auf, wie wir unsere Umgebung „in einem anderen Licht“ sehen können **(Abb. 5, 6).**



**Abb. 1** Sternenhimmel bei Mondlicht über dem Meer, Hawaii



**Abb. 2** Mauna-Kea-Observatorien, Big Island, Hawaii



**Abb. 3** Luminale Frankfurt 2012, Tower 185



**Abb. 4** Elbphilharmonie, Hamburg



**Dr. Leonhard Kießling**, Jg. 1954, studierte Chemie an die Julius-Maximilians-Universität Würzburg, wo er 1982 in Physikalischer Chemie promovierte. Ab 1984 leitete er am Gmelin-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Frankfurt den Aufbau der Gmelin-Datenbank für Anorganische Chemie. Die Arbeit setzte er in der aus dem Projekt entstandenen chemplex GmbH für Chemie-Datensysteme als Geschäftsführer fort. Während der Aufbauphase der Gmelin-Datenbank war er Mitglied des IUPAC Committee on Chemical Databases (CCDB) sowie Vertreter des Gmelin-Instituts in der Internationalen Dokumentationsgesellschaft für Chemie (IDC). Seit 1992 ist er für die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) tätig, 1993 übernahm er die Leitung der Tagungs- und Fortbildungsabteilung der GDCh. Seit 2001 leitet er dort die EDV-Abteilung und betreut den Internetauftritt der GDCh.

→ [lk@gdch.de](mailto:lk@gdch.de)



**Abb. 5** Luminale Frankfurt 2012, Universitätsgelände Frankfurt-Bockenheim



**Abb. 6** Luminale Frankfurt 2014, Honsell-Brücke

# licht & kunst



**Abb. 7** Morgenstimmung am Grimsel-Pass, Schweiz

Treten wir heraus aus den Städten und aus der Dunkelheit, eröffnet sich der Blick auf erwachende Morgenstimmungen wie am Grimsel-Massiv in der Schweiz oder auf einem sonnenvergoldeten nebligen Feld (**Abb. 7, 8**).

**Licht am Bau:** Kann es solche Treppen und Pfeiler in Gebäuden geben? (**Abb. 9, 10**)

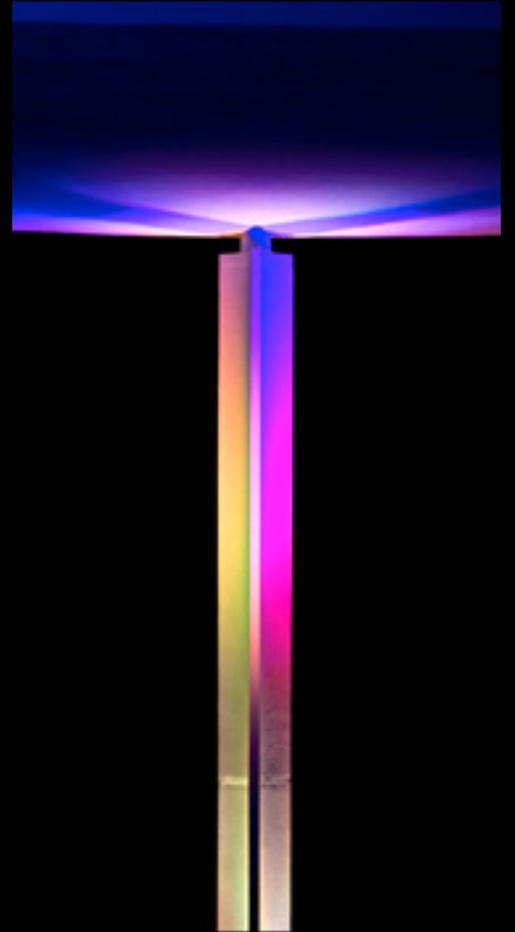
**Die Kunst der Lichtgestaltung von und für Fotografen:** Ein Beispiel ist die hohe Schule der Kristallfotografie mit den unzähligen Reflexen an den Kristallflächen. Subtile Beleuchtung mit LEDs schaffen neue Eindrücke. Auf die Spitze getrieben sind die auch an Chemielabore erinnernden Installationen der Künstlergruppe „RaumZeitPiraten“ ([www.RaumZeitPiraten.com](http://www.RaumZeitPiraten.com)) (**Abb. 11, 12**).



**Abb. 8** Sonne und Nebel auf Texel, Niederlande



**Abb. 9** Treppe im Weltkulturerbe Zeche Zollverein, Essen



**Abb. 10** Luminale Frankfurt 2008, Pfeiler unter der Orgelempore des Frankfurter Doms



**Abb. 11** Luminale Frankfurt 2014, Installation Künstlergruppe RaumZeitPiraten



**Abb. 12** Turmalin, Varietät Elbait, Originalgröße ca. 4x6,5 cm

# licht & kunst



Abb. 13 Florfliege



Abb. 14 Augen einer Kuhbremse

Die belebte Natur geizt nicht mit Licht und es muss nicht ein leuchtender Tiefseefisch sein. Man betrachte einmal ein Insekt wie die abgebildete Florfliege oder das funkelnde Facettenauge einer Bremse (Abb. 13, 14).

Das Licht als Kunst per se zeigen in vielen Städten eigens entworfene Lichtinstallationen wie die Luminale in Frankfurt, aber auch in kleineren Orten (z.B. das Projekt „Oberfranken leuchtet“) (Abb. 15, 16, 17)

Doch was ist menschliche Lichtkunst im Vergleich zur Natur. Beenden wir unseren Rundgang durch Tag- und Nachtlcht wieder mit einem Blick auf unsere Sonne als zentralen Lichtspender und erinnern uns, sehenden Auges das Licht allerorten in uns aufzunehmen (Abb. 18).

## Der Weg zu Farbe und Licht

Dr. Leonhard Kießling griff bereits im Alter von neun Jahren zur ersten Kamera. Auch mit nicht-fotografischer Bildgebung in Form von Öl- und Acrylmalerei verfolgt er seit einigen Jahren seine Vision, mit Licht und Farbe zu gestalten – ein Ziel, das auch van Gogh's Leben bestimmte. Die Darstellung der Schönheit der belebten und unbelbten Natur sowie der Ausdruckskraft von Farben sind Ausgangspunkt seiner Vision von Strukturen und Licht.

→ [leonhard@drkiesslingfoto.de](mailto:leonhard@drkiesslingfoto.de)



Abb. 18 Sonnenuntergang über den Wolken, Haleakala, Maui, Hawaii



**Abb. 15** Licht und Klang, Fachhochschule und Universität Mainz



**Abb. 16** Goldkronach leuchtet, 2011, Bach mit Küchenlampe



**Abb. 17** Goldkronach leuchtet, 2011, Schlossfassade mit Beamerprojektion



## The Biochemical Basis of Life

40th FEBS Congress 2015



Vom 4. bis 9. Juli 2015 findet der gemeinsame Kongress der Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie (GBM) und der Federation of the European Biochemical Societies (FEBS) in Berlin statt. Dieser 40. FEBS Kongress steht unter dem Motto 'The Biochemical Basis of Life' und deckt ein weites Spektrum der molekularen Lebenswissenschaften ab.

Die Berliner Organisatoren um Volker Haucke haben mehr als 180 hochkarätige Sprecher aus der ganzen Welt eingeladen und erwarten etwa 2.000 Teilnehmer. Als Plenarsprecher konnten die Berliner Organisatoren um Volker Haucke international herausragende Wissenschaftler gewinnen, wie z.B. Randy Schekman (Berkeley), Xiaowei Zhuang (Harvard), Jürgen Knoblich (IMBA, Wien), Susan Lundquist (Whitehead Institut), Barbara Meyer (Berkeley), Sarah Teichmann (Cambridge, UK), Alberto Kornblihtt (Buenos Aires), Matthias Mann (MPI Martinsried) und Nikolaus Pfanner (Freiburg).

Aber nicht nur die etablierten Wissenschaftler werden bei der GBM/FEBS-Tagung zu Wort kommen, sondern in ganz besonderem Maße auch die jungen Forscher.

→ [www.febs2015.org](http://www.febs2015.org)

Bild: © Berlin Partner/FTB-Werbefotografie

## 44. Deutscher Lebensmittelchemikertag

14. – 16. September 2015 in Karlsruhe

Die Lebensmittelchemische Gesellschaft, Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, lädt in diesem Jahr zum 44. Deutschen Lebensmittelchemikertag vom 14.–16. September in Karlsruhe ein. Die Tagung findet am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Audimax, Hörsaalgebäude 30.95 statt. Eine Fach- und Buchausstellung begleitet den 44. Deutschen Lebensmittelchemikertag. Der Deutsche Lebensmittelchemikertag hat Tradition und ist gewissermaßen ein „Muss“ für die Branche. Jährlich wird diese Tagung von 400–600 Teilnehmern aus dem In- und Ausland besucht.

### Unter den Plenarvorträge 2015 finden sich Themen wie

- ▶ NMR-Spektroskopie im Wandel
- ▶ Bioaktivierung von Polyphenolen durch Darmbakterien
- ▶ "Andere Stoffe" in Lebensmitteln – Neues zur rechtlichen Einstufung

### Zu folgenden Themen können bis zum 30. Juni 2015 Poster eingereicht werden:

- ▶ Pflanzliche Lebensmittel
- ▶ Bioaktive Lebensmittelinhaltsstoffe und Nahrungsergänzungsmittel
- ▶ Innovative Methoden in der Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelanalytik
- ▶ Aktuelle Themen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Recht und Überwachung

Wenn Sie an der Posterprämierung der LChG teilnehmen möchten, ist es erforderlich, dass Sie Ihr grafisch gestaltetes Poster elektronisch bis spätestens Montag, 24. August 2015, an die Lebensmittelchemische Gesellschaft, E-Mail: [n.buerger@gdch.de](mailto:n.buerger@gdch.de), schicken.

→ [www.gdch.de](http://www.gdch.de)

### Kontakt

Auskünfte zum wissenschaftlichen Programm und zur örtlichen Organisation:

Prof. Dr. Andrea Hartwig  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Angewandte Biowissenschaften  
Abt. Lebensmittelchemie und Toxikologie

→ [andrea.hartwig@kit.edu](mailto:andrea.hartwig@kit.edu)



Die Lebensmittelchemische Gesellschaft (LChG), gegründet 1947, hat über 2.800 Mitglieder und ist die größte der insgesamt 27 Fachgruppen innerhalb der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). In ihr arbeiten die LebensmittelchemikerInnen aus Überwachung und Behörden, Lebensmittelindustrie, Forschung, freiberuflicher oder anderer Tätigkeit gemeinschaftlich in allen Fragen zusammen. Die LChG steht als Garant für die wissenschaftliche Weiterentwicklung von Lebensmittelsicherheit und Gesundheitsschutz und ist erster Ansprechpartner für wissenschaftliche Fragestellungen rund um Lebensmittel.

→ [www.gdch.de/lchg](http://www.gdch.de/lchg)

## ACHEMA-Gründerpreise

### Gewinner stehen fest

Neun Start-Ups und Gründer aus den Sparten Industrielle Biotechnologie, Energie und Messtechnik/Analytik haben die Jury des ACHEMA-Gründerpreises 2015 mit ihren Konzepten überzeugt. Auf dem Gründerpreisstand in Halle 9.2 werden sie vom 15. bis 19. Juni 2015 ihre Technologien vorstellen. Wer als Gesamtsieger seiner Sparte zusätzlich ein Preisgeld von 10.000 Euro mit nach Hause nehmen kann, wird auf der Eröffnungssitzung der ACHEMA bekannt gegeben.

Der ACHEMA-Gründerpreis ist die Auszeichnung für hervorragende Ideen und junge Unternehmen aus den Bereichen Chemie, Verfahrenstechnik und Biotechnologie. Über drei Phasen von der Idee bis zum Businessplan

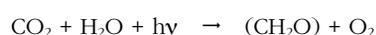
konnten Jungunternehmer und Gründer ihre Konzepte einreichen. Fachkundige Mentoren standen den Teams mit Rat und Tat zur Seite und unterstützten bei der Ausarbeitung der Businesspläne. Anschließend bewertete eine Expertenjury aus Wissenschaft und Industrie sowie Trägern und Unterstützern des Wettbewerbs die Businesspläne. Insgesamt 14 bekamen dann die Möglichkeit, ihre Technologien und Pläne der hochrangig besetzten Jury persönlich vorzustellen, die dann drei Preisträger je Sparte ermittelte.

→ [www.achema.de/gruenderpreis](http://www.achema.de/gruenderpreis)

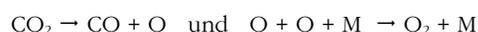
## Sauerstoff

nur durch pflanzliche Photosynthese?

Es wird allgemein angenommen, dass die Entstehung der sauerstoffreichen Erdatmosphäre, bekannt auch als Sauerstoffkrise (Great Oxidation Event) vor etwa 2,4 Mrd. Jahren über einen photosynthetischen Multistufenprozess stattfand:

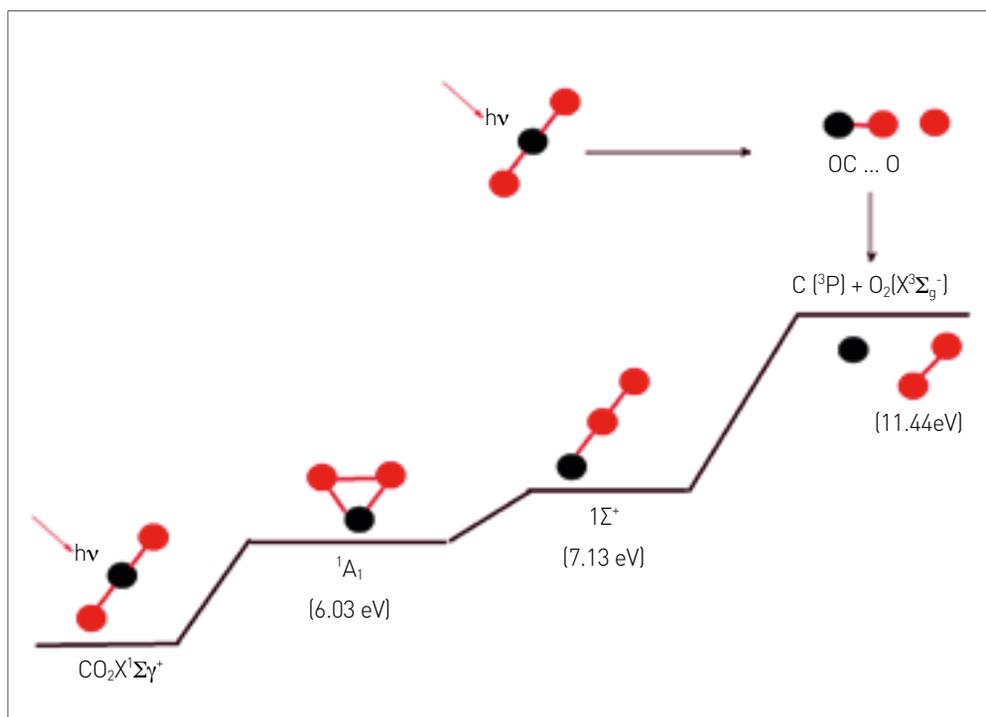


Der einzige abiotische Produktionsprozess schien ausschließlich durch solare Vakuumphotodissoziation (VUV) möglich:



Die Arbeitsgruppe von Zhou Lu konnte nun aber zeigen, dass nahe im VUV-Grenzbereich von  $\text{C}({}^3\text{P}) + \text{O}_2({}^X{}^3\Sigma_g^-)$   $\text{CO}_2$  direkt in  $\text{O}_2$  und  $\text{C}$  gespalten werden kann. Sie benutzten dazu einen Laserstrahl, um die  $\text{CO}_2$ -Moleküle zu brechen, ein zweiter Laser diente dazu, die Teilchen zu ionisieren und durch Flugzeit-MS zu bestimmen. Bei diesem Vorgang werden 5%  $\text{CO}_2$  in  $\text{O}_2$ -Moleküle und Kohlenstoffatome überführt, der Rest geht dabei in Kohlenmonoxid und Sauerstoffatome über. Aber dies ist mehr als genug, um zu zeigen, dass der Prozess aus  $\text{CO}_2$  molekularen Sauerstoff liefert.

Es erscheint deshalb folgerichtig, dass in der frühen Erdatmosphäre einiges an Sauerstoff auf demselben Wege entstanden ist. VUV



**CO<sub>2</sub>-Photodissoziationswege**, schematisches Energiediagramm nach Lu et al.; nur der untere Reaktionsweg wurde realisiert.

besitzt keine große Reichweite, aber bei einem hohen Gehalt an  $\text{CO}_2$  der frühen Erde könnten einige  $\text{CO}_2$ -Moleküle in Sauerstoff und Kohlenstoff gespalten worden sein. Solch ein Prozess könnte aber auch bei anderen Planeten stattgefunden haben. Wenn also Wissenschaftler nach Leben auf anderen Planeten Ausschau halten,

sollte die Existenz von Sauerstoff nicht das einzige Kriterium dafür sein.

Literatur  
Zhou Lu et al. (2014) Science, Vol. 346, 61–64;  
DOI: 10.1126/science.1257156

→ GS



1995 JAHRE 2015

vielen Dank für Ihr Vertrauen

IHR SPEZIALIST FÜR LABOR,  
PATHOLOGIE UND HISTOLOGIE  
SEIT 20 JAHREN

MADE IN GERMANY

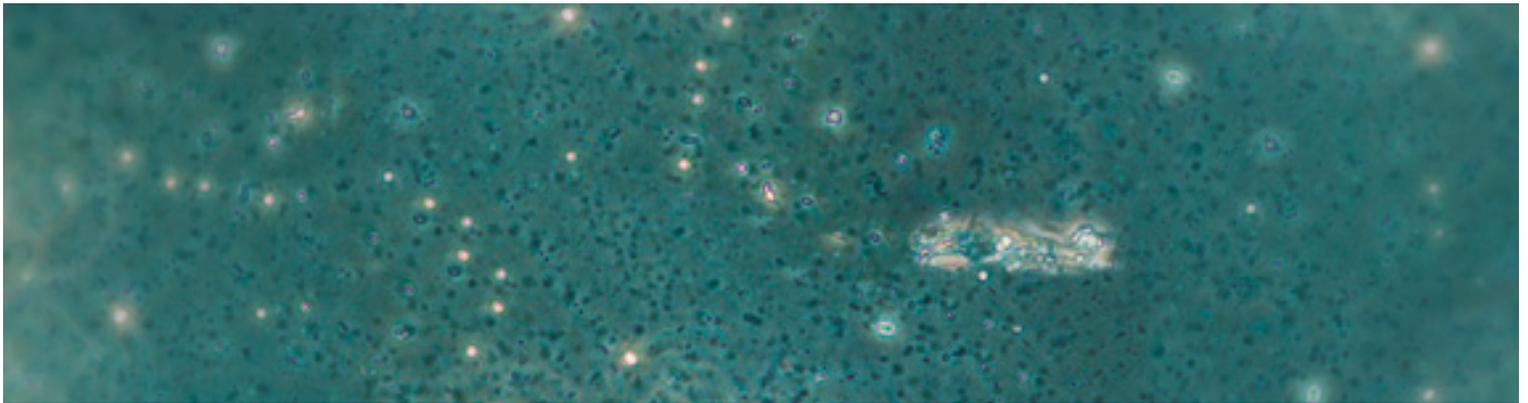
[www.KUGEL-medical.de](http://www.KUGEL-medical.de)

**KUGEL**  
medical

Mikrobe des Jahres 2015

# Rhizobium

kein Gemüse ohne Bakterien



**Seit 2014 wird die Mikrobe des Jahres benannt. Mikrobiologen der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM) wählen sie aus, um auf die Vielfalt der mikrobiologischen Welt hinzuweisen. Während in der Bevölkerung Mikroorganismen vor allem als Krankheitsauslöser bekannt sind, spielen Mikroorganismen eine weit bedeutsamere Rolle für die Ökologie, Gesundheit, Ernährung und Wirtschaft.**

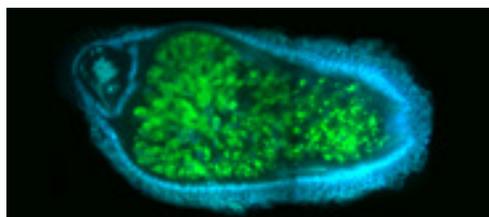
Die Mikrobe des Jahres 2015 heißt „Knöllchenbakterium“, mit wissenschaftlichem Namen *Rhizobium* („in den Wurzeln lebend“). Sie erleichtert den Anbau von Hülsenfrüchtlern wie Bohnen, Erbsen oder Linsen. Die Bakterien liefern diesen Pflanzen das für ihr Wachstum notwendige Ammonium auf natürlichem Weg und ersetzen damit künstlichen Dünger. Die Pflanze sendet chemische Signale aus; daraufhin dringen die Bakterien in die Wurzelhärchen ein und es entstehen bakteriengefüllte Knöllchen. Spezielle Enzyme der Bakterien wandeln Stickstoff ( $N_2$ ) aus der Luft in Ammonium ( $NH_4^+$ ). Das benötigen Pflanzen wie alle Lebewesen, um Proteine und Bausteine für ihr Erbgut herzustellen. Die Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM) kürte diesen faszinierenden Mikroorganismus im Februar 2015 zur Mikrobe des Jahres 2015 – wieder einmal ein Beispiel für eine Zusammenarbeit zwischen Bakterien und anderen Organismen, das von hoher ökologischer und wirtschaftlicher Bedeutung zeugt.

→ CK

→ [info@mikrobe-des-jahres.de](http://info@mikrobe-des-jahres.de)



**Abb. 1** Wurzelknöllchen am Rotklee  
Bild: Harald Engelhardt, Martinsried



**Abb. 2** Entstehende Knöllchen in der Wurzel des Schneckenklee (*Medicago truncatula*). Querschnitt nach 28 Tagen ab Infektion mit *Sinorhizobium meliloti* (grün).

Bild: Ulrike Matheisius, Canberra, Australien

## Wettbewerb für Schüler/-innen und Studierende

Bis zum 30. November 2015 können Fotos, Videos oder andere kreative und künstlerische Gestaltungen rund um *Rhizobium* bei der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM) eingereicht werden (Adresse s. u.), um sich am Wettbewerb „Mikrobe des Jahres 2015“ zu beteiligen. Bitte Name, Adresse, Alter und Klasse bzw. Studienfach angeben sowie ggf. den Fundort durch Übersichtsfoto und Kartenausschnitt dokumentieren. Vorschläge für Experimente, ausführliche Informationen und weitere Hinweise unter [www.mikrobe-des-jahres.de](http://www.mikrobe-des-jahres.de).

## Die Lebensmittelsicherheit testen

Notieren Sie das Datum:

**Webinar „Industry insight: recent trends in food-borne infections (Salmonella & Co)“**  
**6. Mai 2015, 15.00 h**

Gastredner:

**Prof. Dr. ir. Mieke Uyttendaele,**  
 Universität Ghent, Belgien  
 Salmonella, Listeria & Co

→ [www.romerlabs.com/en/company/conference-calendar/](http://www.romerlabs.com/en/company/conference-calendar/)

**Claudia Graf von Romer Labs<sup>®</sup>, einem führenden Anbieter von Lebensmitteldiagnostika, sprach mit Prof. Mieke Uyttendaele von der Abteilung für Lebensmittelsicherheit und Lebensmittelqualität der Universität Ghent über Fragen zur Lebensmittelsicherheit.**

*Beeinflusst die Globalisierung der Lebensmittelkette auch das Testen von Lebensmitteln auf pathogene Keime?*

Manche Regionen haben einen Wettbewerbsvorteil durch die Produktion von frischen Lebensmitteln, optimaler Klimabedingungen und Verfügbarkeit von Wasser und Land. Die Mobilität zwischen Ländern und Kontinenten spielt eine wichtige Rolle im Handel von Lebensmitteln. Jedoch wurde die Steigerung der Lebensmittelproduktion und des Handels auch von einem weltweiten Anstieg an gemeldeten lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen begleitet. Leider reisen nicht nur die (leckeren) Lebensmittel, sondern auch die (bösen) Missetäter. Die Krankheitssymptome und Namen der Pathogene sind auf der ganzen Welt die gleichen. Die „big four“, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes* und *E. coli* tauchen überall auf. Unsere unsichtbaren Freunde (oder eher Feinde) sind es gewöhnt, verstecken zu spielen. Daher bedarf es gut etablierter Methoden, um sie daran zu hindern, grenzüberschreitend ihr Unwesen zu treiben.

*Welche Schwierigkeiten und Hürden stellen sich der Lebensmittelindustrie bei der Detektion von Pathogenen?*

Probenahmen und Methoden scheinen ein wiederkehrendes, komplexes Thema zu sein. Vor zwei Jahren haben wir Labors gefragt, nach welchen Kriterien sie eine Testmethode auswählen. Die meistgenannte Antwort war „Time-to-Result“, dicht gefolgt von „dem Vertrauen“, das man dem richtigen Methodenresultat entgegenbringt. Drittens: die „Benutzerfreundlichkeit der Methode“. Auch die Akzeptanz der Methode durch den Kunden, das Kosten-Nutzenverhältnis und die Verfüg-

barkeit eines unabhängigen Validierungszertifikats wurden oft als maßgeblich für die Wahl der einen oder anderen Methode angegeben.

*Was kann die Lebensmittelindustrie verbessern, um diese Pathogene zu eliminieren?*

Mikrobielle Tests können ein hilfreiches Mittel zur Identifizierung des Pathogenrisikos in Lebensmitteln darstellen. Allerdings kann man nicht davon ausgehen, dass Tests am Endprodukt sehr effektiv zur Sicherheit in der Lebensmittelkette beitragen. Probenahme und Testung sowie das Spezifizieren gewinnen immer mehr an Beachtung. Insgesamt ist es empfehlenswert, mehr Anstrengungen in einen präventiven Ansatz, vom Bauernhof bis zum eigenen Teller, zu unternehmen. Die Verbreitung der Pathogene in Lebensmitteln hat zwar abgenommen, aber unsere vier großen Pathogene sind immer noch präsent. Pathogene Keime sind biologische Organismen, anfällig für Adaptierungen oder Mutationen. Das ist der Grund, warum wir beispielsweise bei Salmonellen sogar nach mehr als 100 Jahren seit dem ersten berichteten Ausbruch noch immer mit dem Täter kämpfen müssen.

*Wie beeinflussen die neuen FSMA (Food Safety Modernization Act)-Vorschriften über die Vorgesorgekontrollen die Pathogentestung? Welche Vorschriften existieren in Europa?*

Insgesamt habe ich den Eindruck, dass die USA aktiver Tests auf pathogene Keime vornehmen und die Betonung auf dem Testen des Endprodukts liegt. Europa legt auf Grundlage des EU-Allgemeinen Lebensmittelrechts und der EU-Lebensmittelsicherheit mehr Wert auf „gute landwirtschaftliche Praxis, gute Hygienepraxis, gute Herstellungspraxis“ und die Prinzipien des HACCP, unter Berücksichtigung der chemischen,

physikalischen und der mikrobiellen Gefahren. Dieser präventive Ansatz gewinnt nun meiner Meinung nach auch mehr an Bedeutung in den neuen FSMA-Vorschriften. In Europa glaubt man, dass der präventive Ansatz sowie Kontrollmechanismen entlang der Lebensmittelkette einen hohen Schutz bieten und damit die Anzahl der notwendigen Pathogentests reduzieren, um ein Produkt als sicher zu qualifizieren oder zu disqualifizieren. Darüber hinaus wird in den neuen Vorschriften das Ziel derartiger Tests nicht mehr die Schlüsselfrage für die „Sicherheitsbewertung“ sein, sondern eher die Überprüfung der „guten Praxis“ und eine risikobasierte Testung, um größere Brüche im präventiven System auffangen zu können.



**Prof. Dr. ir. Mieke Uyttendaele**

Laboratory of Food Microbiology and Food Preservation, Department of Food Safety and Food Quality, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University

→ [mieke.uyttendaele@UGent.be](mailto:mieke.uyttendaele@UGent.be)

[www.foodscience.ugent.be/LEMFP](http://www.foodscience.ugent.be/LEMFP), [www.UGent.be](http://www.UGent.be),  
[www.Food2Know.be](http://www.Food2Know.be), Coupure links 653, 9000 Ghent,  
 Belgium, T +32 9 264 61 78, F +32 9 225 55 10

**ACHEMA-Messestand  
Halle 4.2 Stand B49**



**Neue Temperierlösungen auf der ACHEMA**

Auf der ACHEMA 2015 zeigt Huber Kältemaschinenbau neue und weiterentwickelte Temperierlösungen von -125 bis +425 °C für das Forschungslabor und die Prozessindustrie. Auf einer Standfläche von 208 m<sup>2</sup> erwartet den Besucher ein interessanter Querschnitt aus dem Huber-Produktsortiment, darunter Unistate, Unichiller und klassische Badthermostate sowie Spezialgeräte und ATEX-Lösungen. Einen Schwerpunkt der Präsentation bilden die dynamischen Temperiersysteme der Unistat-Reihe. Unistate sind prädestiniert für Anwendungen in der Prozess- und Verfahrenstechnik und erlauben weltweit als einziges System ein durchgängiges Scale-up in Forschung, Kilolabor, Miniplant, Technikum und Produktion. Dazu stehen über 60 Modelle mit über 200 Varianten mit Kälteleistungen bis 130 kW zur Auswahl.

[www.huber-online.com](http://www.huber-online.com)



**Auf der Lounges Innovationen im Gepäck**

Rico wird auch in diesem Jahr innovative Lösungen auf der Lounges in Stuttgart vorstellen. Vom 19. bis 21. Mai wird die Veranstaltung erneut eine Plattform für Informationen und Produkte rund um die Einhaltung reiner, hygienischer oder steriler Umgebungen schaffen. Hierzu trägt Rico mit seinen zu 100 % gasdichten Luftsperrklappen bei, die z.B. in lüftungstechnischen Anwendungen in Isolatoren, Laboren, Krankenhäusern, aber auch bei Filterherstellern, in der Pharmaindustrie oder in Raffinerien eingesetzt werden und Umgebungen zuverlässig vor Kontamination schützen. Erstmals wird das Schweizer Unternehmen in Stuttgart die neue OEM Rapido Kunststoffklappe in der Größe DN500 präsentieren.

[www.rico.ch](http://www.rico.ch)

# was es al

**Messgeräte**

**Referenzmessgeräte mit Pt100  
oder Thermoeminent**

Almemo<sup>®</sup>-Messgeräte mit höchster Auflösung bis zu 0,001 K sind optimal für Labor oder Kalibrierwesen. Sie liegen im Messbereich von -200,00 bis +1.300,00 °C. Auch die Anbindung an PC oder Netzwerk ist möglich. Aufsteckbarer Messwertspeicher und Auswertesoftware sind optional. Inkl. DAkkS Kalibrierzertifikat.

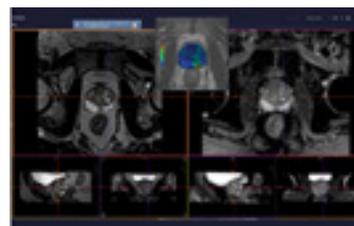


→ [www.ahlborn.com](http://www.ahlborn.com)

**Software**

**Software-Lösung Syngo.via RT Image Suite**

Auf dem dritten Forum der Europäischen Gesellschaft für Radiotherapie und Onkologie (ESTRO) in Barcelona präsentiert Siemens Healthcare eine neue Softwarelösung für die Strahlentherapie: Die Syngo.via RT Image Suite wurde entwickelt, um Radioonkologen die Begutachtung einer Vielfalt von klinischen Bildern wie MRT-, CT-, PET-CT- oder Cone-Beam-CT-Bildern ebenso zu erleichtern wie die anschließende Konturierung des Tumors und der zu schonenden umgebenden Organe. So lassen sich modalitätenübergreifend die vorhandenen Bildinformationen gezielter nutzen, um die optimale Behandlungsstrategie für den Patienten zu definieren und seine Erkrankung strahlentherapeutisch bekämpfen zu können.



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

**Wärme- und Kältethermostate**

**Bessere Performance bei günstigeren Preisen**

Ab sofort bietet der Temperierspezialist Lauda die Gerätelinie ECO Silver mit erhöhter Heizleistung und erweitertem Temperaturbereich an. Durch die Erhöhung der Maximaltemperatur von 150 auf 200 °C ist ökonomisches Temperieren nun von -50 bis 200 °C möglich. Die Heizleistung ist darüber hinaus in den Spannungsvarianten mit 230V; 50/60 Hz, von 1,3 auf 2 kW gesteigert worden, wodurch die Aufheizung der einzelnen Thermostate noch schneller erfolgen. Sieben Wärmethermostate und 14 Kältethermostate arbeiten nun mit einer erhöhten Maximaltemperatur und einer stärkeren Heizleistung bei gleichzeitig geringerem Preisniveau.



→ [www.lauda.de](http://www.lauda.de)

## Preise

### WITec Paper Award 2015

Die diesjährigen Preisträger des WITec Paper Award Gold, Silber und Bronze kommen aus Polen, der Schweiz und Singapur. Der von der Firma WITec alljährlich verliehene Preis zeichnet herausragende wissenschaftliche Veröffentlichungen aus, sofern im Rahmen der experimentellen Arbeiten ein WITec-Gerät verwendet wurde. Forscher aus der ganzen Welt haben über 80 Publikationen eingereicht, die zwischen Januar und Dezember 2014 veröffentlicht worden sind. Eine Jury wählte daraus die drei Gewinner aus. Zu den Auswahlkriterien gehörten die Bedeutung der Arbeit für die Wissenschaft und die Originalität der verwendeten Techniken.



Silber: Die Paper Award Urkunde in Silber und einen 300-Euro-Gutschein erhält Martin Stuess (li.) von der ETH Zürich aus der Hand von Jan Toporski, WITec Sales Direktor Europa (re.)



Gold: Siegerin Katarzyna Marzec, Zweitautorin Anna Rygula und Seniorautorin Malgorzata Baranska (v.l. n. r.) von der Jagiellonsky Universität in Krakau freuen sich über die Urkunde in Gold und einen 500-Euro-Gutschein. Maxime Tchaya, Applikationswissenschaftler von WITec (ganz links), überreicht die Preise.



Bronze: Cong Chunxiao (li.) und Ting Yu (re.) von der Nanyang Technischen Universität in Singapur. Yu erhält die Urkunde für den Paper Award in Bronze sowie einen 200-Euro-Gutschein von Shawn Lee von WITec Pte. Ltd. (Singapur).

→ [www.witec.de](http://www.witec.de)

## Tiefkühl- und Ultratiefkühlgeräte

### Platzsparende Tiefkühlgeräte

Die speziell für die Anforderungen im Labor entwickelten Geräte eignen sich aufgrund ihrer kompakten Bauweise und niedrigen Betriebsgeräusche optimal zur Aufstellung direkt am Arbeitsplatz. Die Geräte sind auch mit Farbtouchscreen und integriertem Datenlogger mit verschiedenen Temperaturbereichen bis  $-85^{\circ}\text{C}$  und Volumen von 35 bis 100 L erhältlich.



→ [www.fryka.de](http://www.fryka.de)

## MS/MS-Upgrades

### Für Proben mit besonders starker Matrixbelastung

Das Chromtech Evolution3 MS/MS-Upgrade macht aus dem Agilent MSD ein echtes Triple Quadrupol-GC-MS/MS. Mit diesem Gerät eröffnen sich dem Anwender alle Möglichkeiten, die MS/MS bietet, kombiniert mit der einzigartigen Robustheit und überlegenen Zuverlässigkeit des Agilent MSD Basisgerätes.



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

## ACHEMA-Messestand Halle 4.2 Stand J38



### Kompakt und wirtschaftlich kühlen

Die Kompakt-Umlaufkühler der F Serie von Julabo eignen sich für einfache Kühlaufgaben im Labor und in der Industrie. Der kleinste Umlaufkühler der neuen Familie (F250) wurde technisch verbessert und ist nun in einem größeren Arbeitstemperaturbereich von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+40^{\circ}\text{C}$  einsetzbar. Die neuen Umlaufkühler F500 und F1000 bieten noch höhere Kälteleistungen bzw. stärkere integrierte Pumpen. Die Pumpe des F500 liefert 24l/min bzw. 0,5 bar, die stärkere Pumpe des F1000 liefert 23l/min bzw. 1,0 bar. Alle Geräte der F Serie überzeugen durch weitere Produktvorteile. Die Sollwerteingabe erfolgt bequem über ein 3-Tasten-Bedienfeld. Eine große, leuchtstarke LED-Anzeige stellt sicher, dass die Temperaturwerte auch von Weitem gut erkennbar sind.

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

## ACHEMA-Messestand Halle 4.2 Stand J2



### Bestimmung des Gesamt-Phosphat-Gehalts

Phosphorverbindungen gelten in Gewässern als limitierender Nährstoff. Eine Konzentrationszunahme bedeutet unmittelbar eine höhere Nährstoffbelastung (= „Eutrophierung“) des Gewässers. Für die Bestimmung des Gesamt-Phosphat-Gehalts ist ein Aufschluss der gelösten organischen sowie partikulären Phosphor-Fractionen erforderlich. Das klassische Verfahren bei Siedetemperatur ist sehr zeitaufwändig. Als Alternative hat CEM mit der Mars 6 Mikrowelle ein Verfahren ausgearbeitet, um die Aufschlusszeiten zu verringern. Die Proben werden in speziell kalibrierten Glaseinsätzen in nur 30 min. im Mars 6 aufgeschlossen. Es können 24 Proben gleichzeitig aufgeschlossen werden. Danach wird in den Glaseinsätzen bis zur Füllmarke aufgefüllt und am Spektrometer wird der Gesamt-Phosphat-Gehalt bestimmt.

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

19. bis 21. Mai 2015  
Messe Stuttgart

HERZLICH WILLKOMMEN  
IN STUTTGART!

**VISION PHARMA**

**Der Pharmaprozess**

- Herstellung & Verarbeitung
- Verpackung & Logistik
- Analytik & Qualitätssicherung
- Richtlinien & Regelwerke

[www.vision-pharma.de](http://www.vision-pharma.de)

**INNOVATION FOOD**

**Die sichere Produktion**

- Systeme & Methoden
- Hygienic Design & Planung
- Anlagen & Komponenten
- Qualitätsmanagement & Compliance
- Prozessleitsysteme & Datenerfassung
- Lebensmittel & Getränke

[www.innovation-food.de](http://www.innovation-food.de)

**LOUNGES 2015**

**Das reine Prozessumfeld**

- Reinraum- & Gebäudetechnik
- Bekleidung & Verbrauchsmaterialien
- Hygiene & Reinigung
- Wasser & Reinstmedien
- Materialien & Oberflächen

[www.new-lounges.de](http://www.new-lounges.de)

- Das innovative Event mit mehr als 200 Ausstellern und Partnern
- Über 200 informative Vorträge für Experten und Neueinsteiger
- Freie Teilnahme an allen Sessions nach Online-Registrierung
- Essen und Getränke für alle registrierten Teilnehmer kostenlos

**labor&more**

Eine Registrierung mit nachfolgendem Registrierungscode ermöglicht Ihnen die **kostenlose Teilnahme** an den Vorträgen und Workshops sowie den Besuch der Ausstellung.

**Code: LaborMore2015**

Eine Registrierung als Teilnehmer ist Voraussetzung für den kostenlosen Besuch.

Registrierungsschluss für Ihre kostenlose Anmeldung ist der 15. Mai 2015



**Ergonomische elektronische Pipette mit erweiterter Funktionalität**

Integra hat ein Software-Update für seine elektronischen Vialfo II Pipetten veröffentlicht, die nun eine mehrsprachige Volltext-Benutzeroberfläche in den Sprachen Englisch, Deutsch, Französisch, Spanisch, Japanisch und Chinesisch bieten. Die Vialfo II elektronischen Pipetten verbinden leichtes, ergonomisches Design mit einer besonders intuitiven Bedienoberfläche. Somit ist die Bedienung so einfach wie mit einer manuellen Einkanalpipette, aber mit zusätzlichen Vorteilen verbunden.

[www.integra-biosciences.com](http://www.integra-biosciences.com)

**CPhI Istanbul**  
The leading pharma event in Eurasia

Register online today for the regions leading event  
Use media code IST648

“Your chance to find business partners in Eurasia’s strong growing Pharma markets”

- 01 The Turkish pharmaceutical market is expected to reach \$23.3 billion by end of 2023 and the Middle East and North Africa (MENA) region will constitute 2% of global pharmaceutical sales.
- 02 Turkey has a major opportunity to become a key services and pharma products supplier for neighbouring regions, with total export potential of \$8 billion.
- 03 Istanbul’s strategic geographical positioning makes this event the perfect place to meet with regional drug manufacturers and global suppliers of raw materials, machinery, packaging solutions and contract services.

Register online today for the region’s leading pharma event for free!

**CPhI Istanbul**

icse | p-mec | InnoPack

3-5 June 2015 • ICC Istanbul Congress Center • Turkey



[www.cphi-istanbul.com](http://www.cphi-istanbul.com)



This Fair is organized with the permission of TOBB (The Union of Chambers and Commodity Exchanges of Turkey) in accordance with the Law No.5174



**Das Allzweck-Tool der Analytik**

Shimadzu hat die neue SFE/SFC/MS-Plattform Nexera UC vorgestellt. Sie führt die schnelle und einfache Onlineprobenextraktion mit modernster chromatographischer Trennung und hochempfindlicher Detektion zusammen. Die Nexera UC ist weltweit das erste System, das vollautomatisierte SFE-Probenaufbereitung und anschließende Analyse durch Flüssig- oder überkritische Flüssigchromatographie verknüpft. Das System erfüllt die messtechnischen Anforderungen einer Vielzahl von Anwendungen. Hierzu gehören u. a. die Überwachung von Pestiziden in Lebensmitteln, Erforschung von Biomarkern, Additive in Polymeren, pharmazeutische und biopharmazeutische Forschung, Umweltanalytik oder Reinigungsvalidierung.

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



## Neue Möglichkeiten in der präparativen Chromatographie

Die präparative Chromatographie stellt in den meisten Fällen den Aufreinigungsschritt nach erfolgter Synthese oder Extraktion dar. Grob lässt sich die präparative Chromatographie, je nach erforderlicher Auflösung bzw. Güte der Trennung, in zwei Bereiche gliedern: die Flash- und Mitteldruckchromatographie sowie die HPLC (high performance liquid chromatography). Mit dem PrepChrom C-700 System präsentiert Büchi eine Chromatographieanlage, die dem Laboranwender die Vorteile beider Methoden bietet: Einfachste, interaktive und intuitive Bedienung sowie maximale Leistungsfähigkeit für eine optimale HPLC-Trennung mit maximaler Reinheit – und das alles vereint in einem System.

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



## Miniatur-Spektrometer der nächsten Generation

Ocean Optics hat eine Spektrometerreihe, die Know-how im Bereich Miniatur-Spektrometer-Konstruktion aus mehreren Jahrzehnten und branchenführende Fertigungsverfahren vereint, auf den Markt gebracht. Das Flame Spektrometer bietet hohe thermische Stabilität und geringe Abweichung zwischen den Geräten ohne Einbußen bei der Flexibilität und Konfigurierbarkeit, durch die sich modulare Miniatur-Spektrometer auszeichnen. Merkmale wie austauschbare Spalte, LED-Anzeigen und einfachere Geräteanschlüsse bieten große Flexibilität für eine breite Palette von UV/Vis-Anwendungen z. B. in der OEM-Integration sowie beim Einsatz im Labor, in der Industrie und im Außeneinsatz.

[www.oceanoptics.com](http://www.oceanoptics.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

Natalia Villanueva Gomes<sup>7</sup>  
villanueva@succidia.de

Julia Klomann<sup>8</sup>  
klomann@succidia.de

### Anzeigenverwaltung

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

### Konzeption, Layout, Produktion

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

Jannette Jochum<sup>10</sup> · jochum@4t-da.de  
Tel. +49 6151-8519-29

### 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. 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  
Riestraße 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

**GO GREEN**

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



**succidia**  
Verlag & Kommunikation

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

# Ende

## Gynandromorphismus



www.9GAG.com

**Diese Tiere sind sowohl männlich als auch weiblich**



Gynandromorphe (kurz auch als Gynander bezeichnet) sind Tiere, bei denen durch einen Fehler in einer frühembryonalen Zellteilung ein Teil der Körperzellen eine andere Geschlechtsdetermination bekommt, sodass männliche und weibliche Zellen im selben Körper vorkommen. Wohl in den meisten Fällen geht hierbei eines der beiden Z-Chromosomen einer männlichen Zelle verloren, und die resultierende ZO-Kombination entwickelt sich morphologisch zu Weibchenzellen.

www.Wikipedia.com, Bild: © istockphoto.com | Marc Dufresne

## Bewerbungsgespräch:

„Was sind Ihre Stärken?“

„Ich bin sehr hartnäckig.“

„Wir melden uns.“

„Ich warte hier!“

www.Facebook.com



Bild: © istockphoto.com | SrdicPhoto

## Eltern mit Humor

Unsere Eltern haben meinem Bruder und mir erzählt, wir hatten noch einen Bruder, welcher sich aber in einen Pilz verwandelt hat, weil er nie baden wollte.

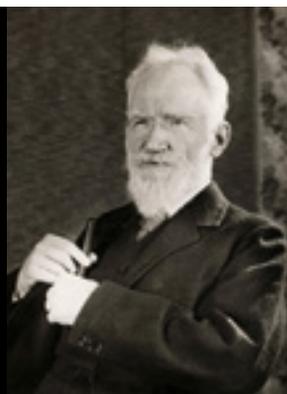
Sie haben sogar Bilder von ihm ins Familienalbum gelegt...

www.uberhumor.com



„Der Nachteil der Intelligenz besteht darin, dass man ununterbrochen gezwungen ist, dazulernen.“

Georg Bernhard Shaw



# Konferenz Location auf dem Campus Martinsried

ab 75,-  
Euro

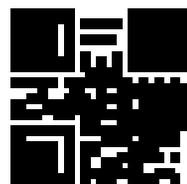


## CAMPUS AT HOME

an der LMU



LMU München  
Campus at Home  
Am Kloppentisch 1  
85748 Garching bei München  
Tel. +49 (0) 89 30000-333  
Fax +49 (0) 89 30000-333  
mailto:campus@lmu.de



- Exklusive Übernachtungsmöglichkeit auf dem Campus Martinsried/Garching
- Gemeinsames Restaurant SEVEN AND MORE
- Lobby und Bar für Geschäftsmeetings in entspannter Atmosphäre
- Konferenzräume für bis zu 100 Personen im Innovations- und Gründerzentrum für Biotechnologie (IZ)

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



SICHERHEITSWERKBANK  
CLAIRE

SEALSAFE®  
SENSOR+

HÖCHSTE SICHERHEIT  
durch berührungsloses  
Einschweißen

SICHERE LAGERUNG  
und Transport  
im Folienschlauch

SENORTECHNIK  
mit Bewegungserkennung

## PERFEKTE SYMBIOSE - MADE IN GERMANY CLAIRE MIT INTEGRIERTEM ENTSORGUNGSSYSTEM

**BERNER**

safety systems  
made in Germany