



Blick in die Wissenschaft

33 34

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

Wirtschafts- und Sozialgeschichte

Auskommen und Vorratshaltung seit dem Mittelalter

Kulturgeschichte

Teufelsaustreiber Johann J. Gaßner (1727–1779)

Südosteuropa

Ein Krankenhaus für Galați

Literaturwissenschaft

„Den Schädel auf. Die Brust entzwei.“

Arbeitspsychologie

Chronischer Stress am Arbeitsplatz und Burnout

Interventionelle Immunologie

Die drei Hürden der Tumorimmuntherapie

Mikrobiologie

Die in die Hölle wollen

Quantenphysik

„Ich bin schwarz und dennoch bin ich schön.“

Internationale Politik

Macht und Ordnung

Extremismusforschung

Aufstand der Ausgegrenzten oder Suche nach Sinn?

Liturgiewissenschaft

Dramatische Vergegenwärtigung im öffentlichen Raum

Philosophie der Antike

Der Wald vor lauter Bäumen

Wirtschaftsinformatik

Mobile Business und Social Media

Medienrecht

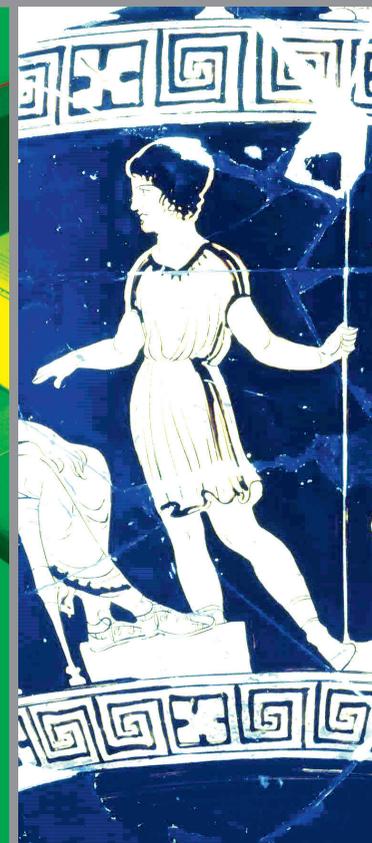
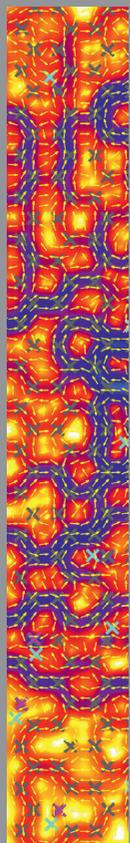
Präsenz oder Online?

Fachdidaktik

Professionelles Wissen von Lehrkräften

Biologieunterricht

Große Dramen und alltägliche Fragen



2016

Blick in die Wissenschaft 33/34

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

Heft 33/34 | 25. Jahrgang 2016 | € 14,00 | ISSN 0942-928-X



**Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin
der Universität Regensburg**

ISSN 0942-928-X,
Doppelheft 33/34
25. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel
Präsident der Universität Regensburg

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. rer. pol. Susanne Leist
Prof. Dr. rer. nat. Christoph Meinel
Prof. Dr. phil. Ursula Regener
Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter
Prof. Dr. phil. Hans Rott
Prof. Dr. med. Ralf Wagner

Universität Regensburg, 93040 Regensburg
Telefon (09 41) 9 43-23 00
Telefax (09 41) 9 43-33 10

Verlag

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Leibnizstraße 13, 93055 Regensburg
Telefon (09 41) 7 87 85-0
Telefax (09 41) 7 87 85-16
info@univerlag-regensburg.de
www.univerlag-regensburg.de
Geschäftsführer: Dr. Albrecht Weiland

Abonnementservice

Bastian Graf
b.graf@univerlag-regensburg.de

Anzeigenleitung

Larissa Nevechny
MME-Marquardt
info@mme-marquardt.de

Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH
info@univerlag-regensburg.de

Einzelpreis des Doppelheftes € 14,00**Jahresabonnement**

bei zwei Ausgaben pro Jahr
€ 10,00 / ermäßigt € 9,00
für Schüler, Studenten und Akademiker
im Vorbereitungsdienst (inkl. 7% MwSt)
zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je
Ausgabe. Bestellung beim Verlag

Für Mitglieder des **Verains der Ehemaligen
Studierenden der Universität Regensburg
e.V.** und des **Verains der Freunde der Uni-
versität Regensburg e.V.** ist der Bezug des
Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag
enthalten.

In den letzten Jahren hat die Internationalisierung der Universitäten zunehmend an wissenschaftlicher, organisatorischer und strategischer Bedeutung gewonnen. Erklärtes Ziel der UR als forschungsstarker Universität ist es daher, ihre internationale Sichtbarkeit in Forschung und Lehre weiter auszubauen und ihre Funktion als transnationale Drehscheibe zu stärken.

Neben der individuellen Mobilität von Studierenden und Wissenschaftlern sowie der Institutionalisierung von internationalen Aktivitäten durch den Ausbau und die Festigung internationaler Partnerschaften steht die Ausdifferenzierung der Qualifikationsprofile der Absolventen und die Einführung von Studiengängen mit internationaler Ausrichtung zunehmend im Fokus.

Im akademischen Jahr 2015/16 haben mehr Studierende als jemals zuvor mit Unterstützung des International Office (IO) einen Studienaufenthalt an Partneruniversitäten verwirklicht. Umgekehrt ist die UR ein attraktiver Ort für Gastwissenschaftler und Studierende aus mehr als hundert Ländern. Mit dem International Presidential Visiting Scholar Fellowship wurde ein neues Programm zur Steigerung der internationalen Sichtbarkeit und Attraktivität der UR geschaffen. Das erste Fellowship dieser Art ging an Prof. Dr. Steven Tomsovic (Washington State University, USA) für einen Aufenthalt an der Fakultät für Physik im Sommersemester 2016. Durch das neue Welcome Center im Herzen des Campus entstand zudem eine zusätzliche unterstützende Infrastruktur. Das Zentrum zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, das im November feierlich eröffnet wird, komplementiert das Internationalisierungsangebot der UR für diese spezielle Zielgruppe.

Weltweit bestehen mit mehr als 300 Hochschulen Kooperationen, die in jüngster Zeit zielgerichtet ergänzt und weiterentwickelt wurden. Neben den Schwerpunktregionen Europa und Nordamerika rückten Forschungseinrichtungen in Südamerika und Asien in den Fokus: So wurde gerade am 19. Oktober 2016 ein neues Abkommen mit der Universidad Nacional de Colombia in Bogota (UNAL) geschlossen.

An fast allen Fakultäten findet sich mittlerweile ein englischsprachiges Studienangebot, und die Zahl strukturierter englischsprachiger Master- oder Promotionsprogramme konnte in den letzten Jahren von sechs auf zehn erhöht werden. Derzeit werden sechs Double-Degree-Bachelor-Studiengänge und vier Master-Studien-



gänge mit Doppel- bzw. trinationalen Abschluss angeboten. Doppelabschluss-Studiengänge tragen besonders stark zu einer Intensivierung bestehender Partnerschaften bei, fördern den wechselseitigen Austausch von Lehrenden und Studierenden und treiben die Internationalisierung der Studienprogramme wesentlich voran.

Die thematische Internationalisierung in Forschung und Lehre profitiert in hohem Maße von der nationalen und internationalen Sichtbarkeit einzelner Fachbereiche. Die Ost- und Südosteuropaforschung beispielsweise kann durch die Aufnahme des gleichnamigen Instituts (IOS) in die Leibniz-Gemeinschaft ab 2017 ihre internationale Exzellenz weiter stärken. Durch die geplante Bündelung regionalwissenschaftlicher Forschung und Studiengänge in einem Center für International and Transnational Area Studies (CITAS) werden neue Synergie- und Vernetzungsoptionen geschaffen. Viele weitere eindrucksvolle Beispiele von Forschungsprojekten mit internationalem Bezug und von internationaler Relevanz finden sich natürlich auch in den Beiträgen dieser Ausgabe. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen eine ertragreiche und anregende Lektüre.

Prof. Dr. Udo Hebel
Präsident der Universität Regensburg

Inhalt

Auskommen und Vorratshaltung seit dem Mittelalter 3

Mark Spoerer, Kathrin Pindl



Teufelaustreiber Johann J. Gaßner (1727–1779) 11

Daniel Drascek



Ein Krankenhaus für Galați 16

Thomas Just, Peter Mario Kreuter



„Den Schädel auf. Die Brust entzwei.“ 23

Marcus Hahn



Chronischer Stress am Arbeitsplatz und Burnout 28

Brigitte Kudielka



Die drei Hürden der Tumormimmuntherapie 33

Philipp Beckhove



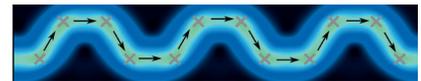
Die in die Hölle wollen 39

Reinhard Wirth



„Ich bin schwarz und dennoch bin ich schön.“ 43

Ferdinand Evers



Macht und Ordnung 49

Gerlinde Groitl



Aufstand der Ausgegrenzten oder Suche nach Sinn? 54

Alexander Straßner



Dramatische Vergegenwärtigung im öffentlichen Raum 58

Harald Buchinger



Der Wald vor lauter Bäumen 63

Sergiusz Kazmierski



Mobile Business und Social Media im Zeitalter der Digitalisierung 71

Bernd Heinrich, Mathias Klier, Susanne Leist



Präsenz oder Online? 77

Jörg Fritzsche, Katharina Ziegler



Professionelles Wissen von Lehrkräften 85

Stefan Krauss, Anita Schilcher

Beeinflusst durch	Eigenschaftsorientierte Persönlichkeitstheorien (etwa ab 1940 auch Persönlichkeitstests)	Behaviorismus (Verhalten des Lehrers)	Kognitivismus (Fokus auf „Denken und Wissen“ des Lehrers)
	Tests und Fragebögen	Unterrichtsbeobachtung	Integration bisheriger

Große Dramen und alltägliche Fragen 93

Arne Dittmer



Die in die Hölle wollen:

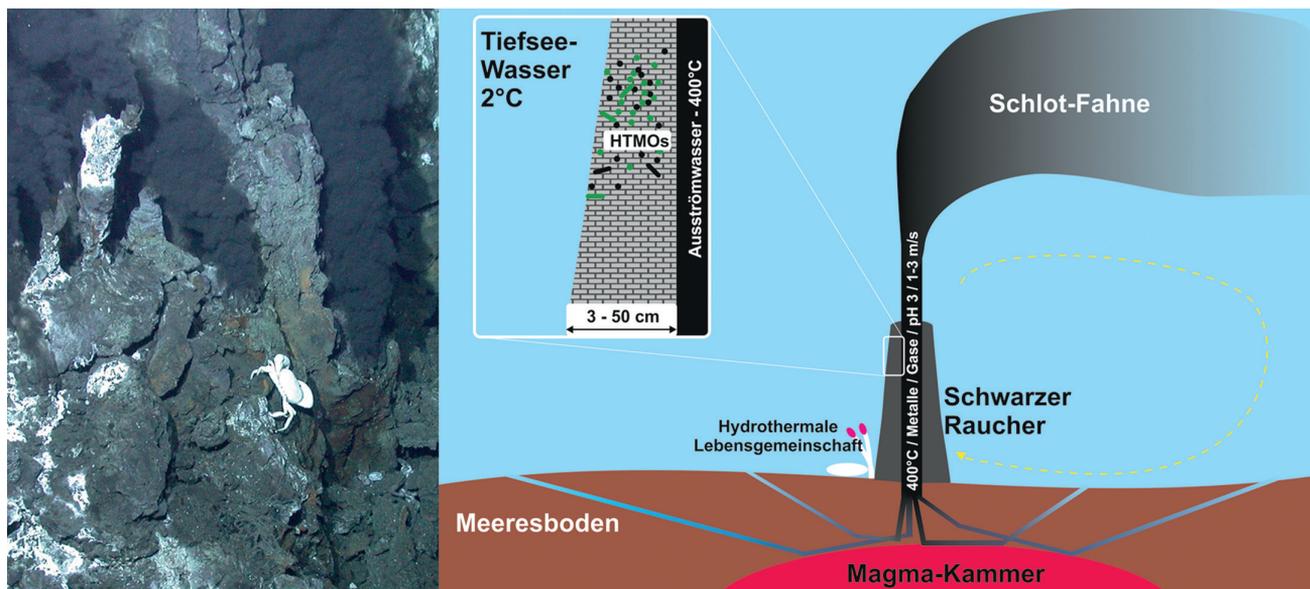
Wie hyperthermophile Mikroorganismen Schwarze Raucher besiedeln

Reinhard Wirth

Vor 40 Jahren wurde in der Tiefsee ein neuartiger Lebensraum entdeckt; Grund für die hierzu durchgeführten gezielten Tauchfahrten mit dem amerikanischen Forschungs-U-Boot Alvin waren Temperaturanomalien, die im Meereswasser in Gebieten mit tektonischer Aktivität auftraten. Die daraufhin aufgefundenen Hydrothermalgebiete sind insbesondere durch das Vorkommen der sogenannten

Schwarzen Raucher charakterisiert. In der direkten Umgebung dieser Hydrothermalssysteme kommt ein Ökosystem vor, dessen Existenz nicht erwartet worden war. Die sogenannte hydrothermale Lebensgemeinschaft kann aus bis zu über 500 Tierarten bestehen, die teilweise in extremer Dichte vorkommen. Da in die großen Tiefen der Hydrothermalssysteme kein Licht vordringt, stellte

sich sofort die Frage, wie das Leben in den Tiefen von bis zu über 5000 m unter dem Meeresspiegel existieren kann: In diesem Biotop kann es ja nicht auf Photosynthese, also Energiegewinnung durch Licht beruhen; es müssen ihm daher chemische Redoxreaktionen zugrunde liegen.



1 Links: Originalaufnahme von Schwarzen Rauchern. Rechts: Schema zur Entstehung eines Black Smokers. Durch Spalten im Meeresboden sickert Meerwasser normaler Zusammensetzung in den Untergrund. Auf Grund der hohen Temperatur in den großen Tiefen – hervorgerufen durch Magmakammern, die dicht unter dem Meeresboden liegen – werden insbesondere Metalle und Sulfide aus dem Untergrund im Wasser gelöst. Das gebildete Ausströmwasser kann Temperaturen von bis zu 400°C erreichen, es enthält verschiedene Gase wie Kohlendioxid, Methan, Wasserstoff und Schwefelwasserstoff, es ist Sauerstoff-frei und hat einen niedrigen pH-Wert (2 bis 5). Beim Austritt aus dem Meeresboden fallen die gelösten Metalle und Sulfide aus und bilden die Schwarzen Raucher. Das Ausströmwasser kann sich über große Bereiche als sogenannte Schlot-Fahne (*vent plume*) ausbreiten. In der direkten Nachbarschaft der Black Smoker, z. T. auch direkt auf den Kaminen, kann sich eine spezielle Lebensgemeinschaft, die hydrothermale Lebensgemeinschaft (*vent community*) ansiedeln. Die Grundlage der hierfür benötigten Nahrungskette bilden chemotrophe Mikroorganismen, die also chemische Reaktionen für ihre Energiegewinnung nutzen. Hyperthermophile Mikroorganismen (HTMOS) sind als grüne und schwarze Symbole in der Wand des Schwarzen Rauchers dargestellt (Darstellung ist nicht maßstabsgetreu). Die Originalaufnahme stammt von Dr. Kristina Beblo-Vranesevic; sie wurde 2007 im Rahmen ihrer Dissertation während eines Tauchgangs mit dem U-Boot Alvin in 2500 m Tiefe vor der Küste Mexikos (10° Nord, 115° West) gemacht.



2 Hydrothermale Lebensgemeinschaft. Zu sehen sind insbesondere Bartwürmer (*Riftia pachyptila*) und Krabben, die deren Kiemen abweiden, sowie zwei aalartige Fische. Die Originalaufnahme stammt von Dr. Kristina Beblo-Vranesovic; sie wurde 2007 im Rahmen ihrer Dissertation während eines Tauchgangs mit dem U-Boot Alvin in 2500 m Tiefe vor der Küste Mexikos (10° Nord, 115° West) gemacht.

Schwarze Raucher als Grundlage einer neuartigen Lebensgemeinschaft

Heute kennt man über 500 solcher Hydrothermalgebiete an Orten tektonischer Aktivität, z. B. im Bereich des mittelatlantischen Rückens, wo sich die afrikanische und eurasische Platte mit bis zu 2,5 cm/Jahr voneinander entfernen. Je nach den geologischen Gegebenheiten bildet das ausströmende Wasser (*vent fluid*) Kamine (Black Smoker) oder sogenannte Bienenstock-Strukturen aus [1]; das Wasser kann aber auch einfach nur aus dem Meeresgrund aussimmern. Die Kamine erreichen in kurzer Zeit beträchtliche Größen – der 1993 eingebrochene „Godzilla-Kamin“ hatte eine Höhe von über 40 m, er wuchs mit > 6 m/Jahr. Ebenfalls nach den geologischen Gegebenheiten richtet sich „die Chemie“ der *vent fluids*. Wie im Infokasten gezeigt, haben diese einen niedrigen pH-Wert und hohe Temperatur (bis über 400°C); flüssiges Wasser kann bei dem hohen Druck in den Tiefen (ca. 1 bar pro 10 m Wassersäule) durchaus noch höhere Temperaturen annehmen. In den Ausströmwässern sind insb. Metalle und Sulfide aus dem Untergrund gelöst, die Kamine bestehen vor allem aus Pyrit und Anhydrit-Mineralien. Ein anderer Wassertyp – hauptsächlich ca. 20 km von den direkten Grabenbrüchen entfernt gefunden – führt zur Ausbildung von sogenann-

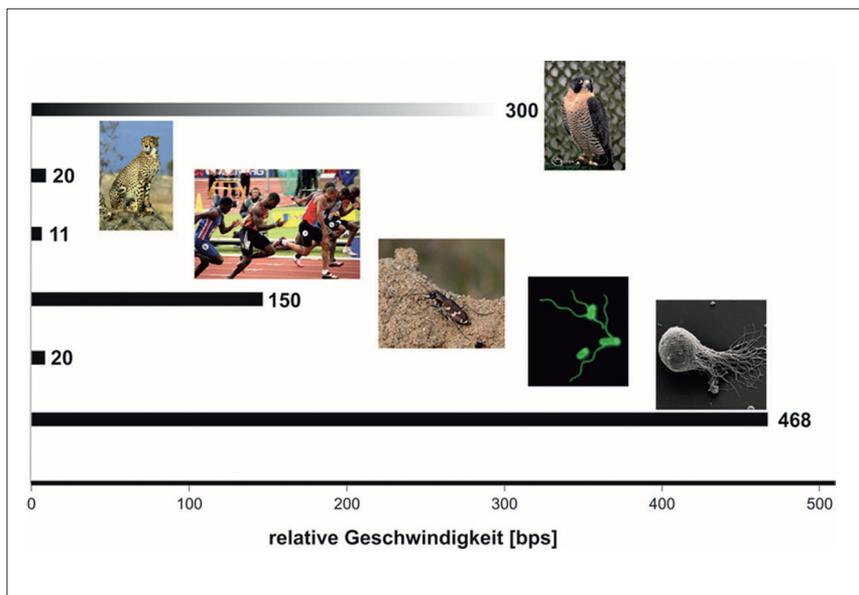
ten White Smokers. In diesem Fall sind im Ausströmwasser insbesondere Karbonate und Magnesium gelöst, was zur Ausbildung von Serpentin-Mineralien führt; das Wasser hat Temperaturen von „nur“ ~ 90 bis 200°C, einen pH-Wert von 9 bis 11, Metalle und Sulfide kommen nur in Spuren vor. Das Ausströmwasser beider Smoker-Typen durchmischt sich nicht sofort mit dem Umgebungswasser; es bildet vielmehr Schlot-Fahnen aus (*vent plumes*), die beträchtliche Ausmaße erreichen können – mehrere hundert Meter Höhe und bis zu 300 km Länge. Die Mikroorganismenpopulationen, die in Black Smokers, White Smokers und in *vent plumes* vorkommen, unterscheiden sich signifikant voneinander und auch von den normalen Tiefseewasser-Populationen.

Die hydrothermale Lebensgemeinschaft hat seit ihrer Entdeckung große Beachtung gefunden, da viele der hier existierenden Organismen (insbesondere Tiere) ja nur in diesen Bereichen vorkommen. Einige wenige Beispiele solcher Tiere sind: Bartwürmer (z. B. *Riftia pachyptila*), Muscheln (z. B. *Calyptogena magnifica*), Krabben (z. B. *Bythograea thermydron*), Ringelwürmer (z. B. *Alvinella pompejana*), Seesterne, Flohkrebse, Hummer, Garnelen, Tintenfische, Aal-artige Fische etc.

Wie eng die Wechselbeziehungen sein können, ist in [2] gezeigt. Die Bartwürmer der Art *Riftia pachyptila* können durchaus 2 m lang werden. Sie schützen ihren Kör-

per vor Fressfeinden wie Krabben durch die Ausbildung einer Röhre; nur die Kiemen ragen frei ins Umgebungswasser. In diesem Fall wurde gezeigt, dass die mund- und afterlosen Würmer in einem speziellen Organ symbiontische Bakterien halten. Diese setzen Schwefelwasserstoff aus dem Ausströmwasser mit Sauerstoff aus dem freien Meerwasser zu Sulfat um; sie können außerdem Kohlendioxid fixieren und dienen somit den Würmern als Energie- und Kohlenstoffquelle. Das Hämoglobin der Würmer hat einzigartige Eigenschaften; es wird vor allem nicht durch Schwefelwasserstoff vergiftet. Ähnliche Symbiosen wurden auch für andere Mitglieder der *vent community* nachgewiesen.

Einige Hydrothermalsysteme werden regelmäßig über einen längeren Zeitraum untersucht; demzufolge weiß man, dass Black Smoker eine Lebenserwartung von ca. 10 bis 20 Jahren haben. Sie bilden sich also immer wieder neu aus und sind während der Bildung zunächst steril: das Ausströmwasser ist ja bis zu 400°C heiß und mikrobielles Leben ist „nur“ bis maximal ca. 120°C möglich. Schon die erste Veröffentlichung zu Hydrothermalsystemen berichtete jedoch, dass in den Wänden der Black Smoker Mikroorganismen in hohen Zelldichten vorkommen. Es handelt sich dabei im Außenbereich der Kamine eher um Bakterien, während im Innenbereich vor allem Archaeen zu finden sind. Archaeen haben wie die Bakterien keinen Zellkern; sie stehen in einigen Eigenschaften aber den Zellkern-haltigen Eukaryoten näher als den Bakterien. Unter den Archaeen finden sich Organismen, welche unter den unwirtlichsten Bedingungen existieren, die man kennt; sie sind z. B. resistent gegen hohe Metall- und Sulfidkonzentrationen, resistent gegen hohe Temperaturen, hohe Salzkonzentrationen etc. Aus menschlicher Sichtweise herrschen im Bereich der Schwarzen Raucher höllische Bedingungen, die dort vorkommenden Archaeen aber halten diese nicht nur aus, für sie sind sie sogar optimal! Sie benötigen für ihr Wachstum z. B. hohe Temperaturen. Wenn die optimale Wachstumstemperatur über 80°C liegt, sprechen wir von hyperthermophilen Mikroorganismen (HTMO). Diese wurden seit 1980 am Lehrstuhl für Mikrobiologie der Universität Regensburg durch Prof. Karl O. Stetter intensiv erforscht. In den meisten Fällen handelt es sich um strikt anaerobe Mikroorganismen. Für entsprechende Untersuchungen wurde an der Universität Regensburg des-



3 Maximalgeschwindigkeiten verschiedener Organismen. Das Schema zeigt die Maximalgeschwindigkeiten für verschiedene Organismen (in der relativen Einheit bps = *bodies per second*). Es handelt sich von oben nach unten um: Jagdfalke, Gepard, Mensch, Laufkäfer, Bakterium *Escherichia coli*, Archaeum *Methanocaldococcus villosus*.

halb auch eine Fermentationseinheit aufgebaut, die weltweit einmalig ist und bis heute für internationale Zusammenarbeiten genutzt wird.

2006 überströmte der Ausbruch eines Tiefseevulkans einen Teil eines Hydrothermalsystems mit frischer Lava; das dabei austretende heiße Wasser hatte auch Schwarze Raucher von außen sterilisiert. Damit war es möglich, die Besiedlung dieser Kamine durch Larven von Tieren der hydrothermalen Lebensgemeinschaft zu studieren. Es wurde festgestellt, dass dies nicht ausschließlich durch Larven geschah, die im nicht betroffenen Bereich des Hydrothermalsystems leben, also in weniger als 100 m Entfernung. Larven, deren Elterntiere nur in Hydrothermalsystemen vorkommen, die ca. 300 km entfernt liegen, wurden jedoch ebenfalls als Neubesiedler identifiziert! Leider wurde in diesem Zusammenhang aber nicht die Neubesiedlung durch Mikroorganismen untersucht. Andere Versuche zeigten jedoch klar, dass die Besiedlung von neugebildetem „schwarzem Raucher-Material“ durch HTMOs innerhalb weniger Tage möglich ist. Man stellte nämlich fest, dass an Temperatursensoren, die sehr nahe an die Öffnung aktiver Black Smoker installiert worden waren, innerhalb weniger Tage Wandmaterial ausgefällt wurde (teilweise waren die Sensoren sogar mit der Austrittsöffnung „verwachsen“). In diesem neuen Material waren in einem Fall bereits zwei Tage

nach der Platzierung der Sensoren HTMOs nachweisbar. Eine Besiedlung der Schwarzen Raucher mit HTMOs kann also in sehr kurzer Zeit stattfinden; sie ist wohl auch über große Distanzen möglich.

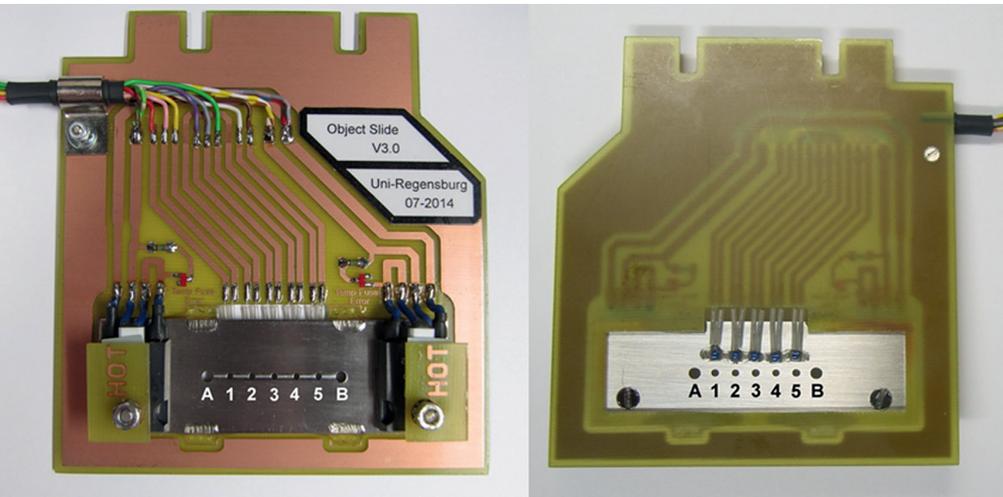
Es sei nochmals betont, dass das gesamte Ökosystem der hydrothermalen Lebensgemeinschaft darauf beruht, dass Mikroorganismen über Chemotrophie Energie gewinnen, sich vermehren und als Futter für andere Organismen dienen. Demzufolge ist es für die vent community essentiell, dass die zunächst sterilen Black Smoker von HTMOs besiedelt werden. Zu Beginn unserer Arbeiten war bereits bekannt, dass entsprechende Mikroorganismen zwar in sehr geringen Konzentrationen auch im normalen Tiefseewasser vorkommen, dort jedoch metabolisch absolut inaktiv sind.

Eigene Untersuchungen

In unserer Arbeitsgruppe beschäftigen wir uns seit ca. 15 Jahren mit HTMOs und haben dabei im Laufe der Zeit Daten erhalten, die es nun in ihrer Gesamtheit erlauben, ein Szenario zu entwerfen, wie eine Besiedlung der Black Smoker durch HTMOs stattfinden kann. Wir haben Zellanhänge von HTMOs untersucht, insbesondere in Bezug auf ihre Struktur und Funktion. Diese Zellanhänge sind häufig fadenförmig und meistens aus Proteinen aufgebaut. Wir konnten zeigen, dass es sich sehr häu-

fig um Strukturen handelt, die (auch) zum Anheften an Oberflächen dienen. Solche Oberflächen können abiotisch sein wie z. B. Sandkörner aus dem natürlichen Biotop. Die Proteine können zum Teil auch an technologisch interessante Oberflächen wie Nylon, Siliziumwafer, verschiedene Metalle etc. binden, sie binden aber auch an biotische Oberflächen wie andere Archaeen. In einigen Fällen haben die Zellanhänge eine mehrfache Funktion; für die Arten *Pyrococcus furiosus* und *Methanocaldococcus villosus* konnten wir z. B. zeigen, dass deren Flagellen zur Fortbewegung dienen, aber auch Adhäsion an verschiedenen Oberflächen ermöglichen sowie zum Zell-Zell-Kontakt mit der eigenen Art dienen. Die Untersuchung der Bewegung solcher Organismen ist nicht trivial; wir müssen sie ja unter strikt anaeroben Bedingungen bei bis zu 100°C im Mikroskop beobachten. Ursprünglich hatten wir das hierzu in Regensburg entwickelte „Thermomikroskop“ benutzt, das in einem Plexiglas-Gehäuse auf ca. 50°C aufgeheizt werden kann. Alle Bedienungselemente sind nach außen geführt; zusätzlich sind die Objektive und der sogenannte Kreuztisch elektrisch heizbar, so dass Untersuchungstemperaturen von bis zu 90°C möglich sind. Unsere systematischen Analysen verschiedenster HTMOs haben gezeigt, dass diese z. T. extrem schnell schwimmen können; dies gilt vor allem für HTMOs, die aus Schwarzen Rauchern isoliert worden sind. Wenn die relative Geschwindigkeit in der Einheit bps (*bodies per second*) angegeben wird, dann ist unser Neuisolat *Methanocaldococcus villosus* der schnellste Organismus auf der Erde [3]. Wir konnten des Weiteren zeigen, dass HTMOs zwei verschiedene Schwimm-Muster aufweisen: In freien Flüssigkeiten schwimmen sie mit sehr hoher Geschwindigkeit mehr oder minder geradeaus; an Oberflächen dagegen vollführen sie eine wesentlich langsamere (ca. 10 %) Zick-Zack-Bewegung und setzen sich dann häufig auf der Oberfläche fest. Zu betonen ist auch, dass insbesondere HTMOs aus Schwarzen Rauchern ihre Flagellen zur Fortbewegung wie auch als Adhäsionsstruktur benutzen.

In Zusammenarbeit mit der elektronischen Werkstatt der Fakultät für Biologie und Vorklinische Medizin haben wir eine Alternative zum Thermomikroskop entwickelt, die an jedes Lichtmikroskop installiert werden kann und damit deutliche Vorteile bietet. Das TGF (Temperature Gradient Forming Device) genannte Gerät [4]



4 Das neu konstruierte Thermomikroskop Temperature Gradient Forming Device TGFD. In eine Edelstahlplatte ist eine rechteckige Nut eingefräst, in die eine rechteckige Glaskapillare eingelegt werden kann. Diese enthält die zu untersuchenden Mikroorganismen und wird an den Enden (Bereiche A und B) durch Sekundenkleber verschlossen. Die Zellen werden durch Beobachtungslöcher (1–5; Gesamtabstand 2 cm) betrachtet; das System kann mittels zweier Heizelemente (HOT) von z. B. 60°C bis 100°C aufgeheizt werden. Temperatursensoren auf der Rückseite erlauben die genaue Kontrolle der Temperaturen in den Bereichen 1 bis 5.

erlaubt es, einen Temperaturgradienten von mehr als 40°C über eine Strecke von nur 2 cm anzulegen, zudem ist die Aufheizzeit sehr kurz. Damit konnten nun erstmals Bedingungen simuliert werden, die für Black Smoker typisch sind: an deren Wand wurden Temperaturgradienten von bis zu 100°C pro cm gemessen. Zusätzlich war es damit erstmals möglich, ein zufälliges Hindriften der Zellen aus kaltem Meereswasser in die Nähe von Schwarzen Rauchern, d. h. in Bereiche hoher Temperatur nachzustellen. Ein ganz wesentliches Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass Zellen, die lange Zeit (bis zu 9 Monate!) bei

niedrigen Temperaturen (6°C) aufbewahrt wurden, innerhalb von nur ca. 3 Sekunden auf hohe Temperaturen (z. B. 80°C) mit Schwimmbewegungen reagieren.

In ihrer Gesamtheit lassen diese Daten es also zu, folgendes Szenario für die Besiedlung von Schwarzen Rauchern durch HTMOs zu formulieren. HTMOs kommen im kalten Meereswasser in sehr geringer Konzentration in einer Art „Kältestarre“ vor. Ein neu gebildeter Schwarzer Raucher wird von außen dadurch besiedelt, dass die HTMOs durch Meeresströmungen aus kaltem Meereswasser zufällig in solche Hochtemperaturbereiche gelangen und darauf

mehr oder weniger sofort mit Schwimmbewegungen reagieren. Sie schwimmen zunächst sehr schnell über größere Strecken, bis sie an einen Bereich des Black Smoker kommen, der ihrer Optimaltemperatur entspricht. Dann „scannen“ sie die Oberfläche durch langsame Zick-Zack-Bewegungen ab und setzen sich an einer geeigneten Stelle mittels ihrer Bewegungsorganelle fest. Eine endgültige Festsetzung kann über weitere Adhäsine erfolgen; die Zellen können auch tiefer in die poröse Wand der Schwarzen Raucher einwandern.

Literatur

John Corliss, Jack Dymond u. a., Submarine Thermal Springs on the Galapagos Rift. *Science* 203 (1979), S. 1073–1083.

Karl O. Stetter, Manche mögen's heiß: Mikrobielles Leben an der obersten Temperaturgrenze. *Blick in die Wissenschaft* 3 (1993), S. 14–27.

Daniela Näther, Reinhard Rachel, Gerhard Wanner, Reinhard Wirth, Flagella of *Pyrococcus furiosus*: Multifunctional Organelles, Made for Swimming, Adhesion to Various Surfaces, and Cell-Cell Contacts. *Journal of Bacteriology* 188 (2006), S. 6915–6923.

Annett Bellack, Harald Huber, Reinhard Rachel, Gerhard Wanner, Reinhard Wirth, *Methanocaldococcus villosus* sp. nov., a heavily flagellated archaeon adhering to surfaces and forming cell-cell contacts. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 61 (2011), S. 1239–1245.

Maximilian Mora, Annett Bellack, Matthias Ugele, Johann Hopf, Reinhard Wirth, The temperature gradient forming device: an accessory unit for normal light microscopes to study the biology of hyperthermophilic microorganisms. *Applied and Environmental Microbiology* 80 (2014), S. 4764–4770.



© Universität Regensburg

Prof. Dr. rer. nat. Reinhard Wirth, geb. 1951 in Regensburg. Studium der Biologie in Regensburg, Promotion an der Universität Regensburg (1980), wissenschaftlicher Angestellter am Lehrstuhl für Mikrobiologie der LMU München, Habilitation an der LMU München (1989). Seit 2005 Professur für Molekularbiologie und Physiologie extremophiler Organismen an der Universität Regensburg.

Forschungsschwerpunkte: Interaktionen von Mikroorganismen untereinander und mit ihrer Umwelt; Zellanhänge von (hyperthermophilen) Archaeen: Struktur und Funktion; Schwimmverhalten von (hyperthermophilen) Archaeen.