

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

ISSN 0942-928-X

Heft 40

28. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Udo Hebel

Präsident der Universität Regensburg

Redaktionsleitung

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Wagner

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. jur. Christoph Althammer

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Ammann

Prof. Dr. rer. nat. Ferdinand Evers

Prof. Dr. rer. nat. Mark W. Greenlee

Prof. Dr. theol. Andreas Merkt

Prof. Dr. phil. Omar W. Nasim

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Richter

Prof. Dr. rer. pol. Daniel Rösch

Prof. Dr. med. Ernst Tamm

Prof. Dr. paed. Oliver Tepner

Prof. Dr. phil. Isabella von Treskow

Editorial Office

Dr. phil. Tanja Wagensohn

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

Andrea Winkelmayer

bestellung@schnell-und-steiner.de

Anzeigenleitung

Larissa Nevecny

MME-Marquardt

info@mme-marquardt.de

Herstellung

Universitätsverlag Regensburg GmbH

info@univerlag-regensburg.de

Einzelpreis € 7,00

Jahresabonnement

bei zwei Ausgaben pro Jahr

€ 10,00 / ermäßigt € 9,00

Für Schüler, Studierende und Akademiker/innen im Vorbereitungsdienst (inkl. 7% MwSt) zzgl. Versandkostenpauschale € 1,64 je Ausgabe. Bestellung beim Verlag.

Für **Mitglieder des Vereins der Ehemaligen Studierenden der Universität Regensburg e.V.**, des **Vereins der Freunde der Universität Regensburg e.V.** und des **Vereins ehemaliger Zahnmedizinstudenten Regensburg e.V.** ist der Bezug des Forschungsmagazins im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Vielleicht geht es Ihnen ähnlich – wenn man dieser Tage an einem Samstagmorgen durch die Gemüsestanderl am Alten Kornmarkt, vorbei an Dom und Bischofshof, über den Rathausplatz mit dem noch immer imposanten Ratsturm und dem historischen Reichssaalbau in Richtung Gesandtenstraße schlendert, um dort bei einer Tasse Cappuccino noch ein paar Sonnenstrahlen einzufangen, dann erahnt man ansatzweise die Bedeutung, die Regensburg in der Vergangenheit im Konzert mittelalterlicher Metropolen gespielt haben muss.

Als »Metropolis Bavariae« beschrieb Bischof Ardeo von Freising die Stadt mit römischen Wurzeln schon 765, lange bevor Regensburg im 13. Jahrhundert den Status der freien Reichsstadt erhielt und sich ein paar Jahrhunderte später zu einer der führenden europäischen Metropolen mauserte, die Fernhandel über den ganzen Kontinent betrieb und sich als Zentrum von Hochfinanz und Politik innerhalb Europas verstand. Der Rathausplatz, dort wo sich heute vor dem alten Rathaus frisch vermählte Paare nach standesamtlicher Trauung feiern lassen, war damals einer der bedeutendsten Plätze Europas – Sitz des Immerwährenden Reichstag des Heiligen Römischen Reiches Deutscher Nation, an dem sich ab 1663 Kaiser, Fürsten und Herzöge regelmäßig trafen, bis sich 1806 die Türen ein letztes Mal schlossen und Regensburg politisch und wirtschaftlich an Bedeutung verlor.

Heute tummeln sich an historischen Plätzen Alteingesessene und Touristen, Studenten und Zugereiste. Mit der Ansiedlung der Universität Ende der 60er Jahre hat sich die Stadt vom Vergessen und verstaubten Provinzdasein befreit. Die Gründung der heutigen Ostbayerischen Technischen Hochschule und der Bau des Universitätsklinikums waren weitere Katalysatoren auf dem Weg zum wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Aufschwung unserer Stadt und spätestens mit der Öffnung nach Osten hat Regensburg an nationaler und internationaler Sichtbarkeit gewonnen.

So verwundert nicht, dass die Universität Regensburg das Thema »Metropolität« im Rahmen eines Graduiertenkollegs aufgreift: Ausgehend von der Beobachtung, dass gerade europäische Metropolen zwischen dem 16. und 18. Jahrhundert fast ausnahmslos auf römische Gründungen zurückgehen und weltweit die größten Einwohnerzahlen aufweisen fragt das von Professor Jörg Oberste als Sprecher vertre-



© UR/Editorial Office

tene interfakultäre Forschungsprogramm nach der *longue durée* der europäischen Metropole, nach Konstitution, Wirkung und Wandel des metropolitanen Status von der Antike bis zur Industrialisierung. Graduierte und Dozenten nehmen uns in dieser Ausgabe mit auf einen Streifzug durch die Entwicklung ausgewählter europäischer Metropolen, die Bedeutung der Lebensmittelversorgung, Implikationen des Schuldenmachens und Einsichten aus dem Studium historischer Rechnungsbücher.

Auch in dieser Ausgabe – wie gewohnt – ein Querschnitt durch unterschiedliche Fakultäten: So berichtet Professor Georg Rechenauer aus der klassischen Philologie über »Unschönes aus Hellas« und relativiert durch die Offenbarung der Schattenseiten das idealistisch verbrämte Bild der griechischen Antike. Ihr Interesse wecken dürften auch unsere Beiträge zu den unterschiedlichen Facetten der Natur- und Lebenswissenschaften. Über das »Leben und Sterben schwarzer Löcher«, ein Thema eng verknüpft mit dem Physiker Stephen Hawking, darüber wie »Sehen, Verstehen, Handeln« miteinander verknüpft sind und warum wir, 34 Jahre nachdem Rock Hudson seine AIDS-Erkrankung öffentlich gemacht hat, die Infektion zwar gut behandeln, aber nach wie vor nicht gegen HIV impfen können. Dies und weitere Beiträge laden Sie hoffentlich zur Lektüre ein.

Prof. Dr. Ralf Wagner
Redaktionsleitung

Inhalt

Europäische Metropolen – eine lange Geschichte 3

Jörg Oberste

Metropolität und Geschichtlichkeit 8

Arabella Cortese, Gregory Tucker

SPOTLIGHT

Auf Heller und Pfennig 13

Sebastian Pößniker

SPOTLIGHT

Metropolität und Mammon 14

Maria Weber

Die Bedeutung der Fora 16

Giulia Fioratto, Mercedes Och

INTERVIEW

Rom als Modell: Sible de Blaauw, Valentino Pace, Albert Dietl im Gespräch 22

Markus Löx

Mailand: Auf und Ab einer vormodernen Metropole 26

Markus Löx, A.-Claudio Schäfer

London auf dem Weg zur Metropole 32

Charlotte Neubert

Vom Leben und Sterben Schwarzer Löcher 36

Norbert Bodendorfer

Unschönes aus Hellas 40

Georg Rechenauer

Sehen, Verstehen, Handeln 45

Angelika Lingnau

SPOTLIGHT

Der Wolf und die Mikroben 49

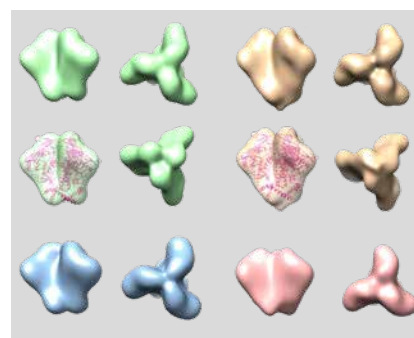
Erhard Strohm

35 Jahre HIV – Ist ein Ende der Pandemie in Sicht? 51

Benedikt Asbach, David Peterhoff, Ralf Wagner

Die Renaissance des Dorfs (in der Stadt) 59

Kristof Dascher



SPOTLIGHT

Der Wolf und die Mikroben

Erhard Strohm

Nein, es ist kein Märchen, auch wenn der Name des Tieres, um das es geht, der Bienenwolf, wie die Erfindung eines Kinderbuchautors klingt. Tatsächlich handelt es sich beim Bienenwolf um eine Wespenart. Ähnlich wie ein Wolf die Schafe, jagen weibliche Bienenwölfe Bienen und zwar ausschließlich Honigbienen. Diese werden an Blüten gesucht, mit einem Stich gelähmt und im Flug in ein selbst gegrabenes Nest gebracht. Dort dienen sie als einzige Nahrung für die Wespennachkommen. Die Überwältigung und Lähmung der Bienen erfolgt mit faszinierender Schnelligkeit und Präzision, denn Honigbienen stellen, wegen ihres Stachels und der großen Mengen an Gift, eine sehr gefährliche Beute dar. Um zwei häufige Fragen zu Bienenwölfen gleich zu beantworten: Bienenwölfe sind für Menschen völlig ungefährlich. Sie tragen auch nicht zum Bienensterben bei, denn sie sind selbst sehr selten und in den letzten Jahren in vielen Gebieten stark zurückgegangen.

Was diese Wespen für die Forschung so interessant macht, ist ein Problem, das sie mit uns Menschen gemeinsam haben: das Verschimmeln von Nahrung. Die Bienen und das Wespenei liegen in geschlossenen kleinen Brutkammern in sandigem Boden. Dort ist es warm und feucht, was zwar die Entwicklung der Larven beschleunigt, aber auch Schimmelpilze auf den Plan ruft. Tatsächlich fangen Bienen, die unter solchen Bedingungen im Labor gelagert werden, bereits nach einem Tag an zu schimmeln. Für Bienenwolfnachkommen würde das bedeuten, dass ihre Nahrung ungenießbar wird oder sie sogar selbst befallen werden. Erstaunlicherweise ist Schimmel in natürlichen Nestern aber kaum zu finden. Denn als Anpassung an die Schimmelgefahr haben Bienenwölfe gleich drei verschiedene Abwehrmechanismen evolviert, jeder davon einzigartig und in dieser Weise bisher nur bei Bienenwölfen bekannt. Sie setzen dabei auf die Hilfe der Physik, von Bakterien und von Radikalen.

Physik gegen Pilze

Bienenwolfweibchen tragen große Mengen eines Sekrets auf die gelähmten Bienen auf. Dieses Sekret enthält aber nicht, wie man vermuten könnte, antimikrobiell wirkende Substanzen. Stattdessen verändert die »Einbalsamierung« die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Bienenoberfläche so, dass dort kaum Wasser kondensiert, die Biene also trocken bleibt. Dadurch können Pilzsporen, wenn überhaupt, nur deutlich verzögert keimen. Bienenwolfarven gewinnen so zwei bis drei Tage Vorsprung vor den Schimmelpilzen. Dies erscheint zunächst wenig, aber da die Gesamtentwicklungsdauer nur elf Tage beträgt, bedeutet dies einen relevanten Vorteil. Bienenwölfe machen sich also die Gesetze der Physik zunutze, um die Oberfläche der Beute so zu verändern, dass Schimmelwachstum verzögert wird.

Bakterien als Freunde

Bei der zweiten Abwehrmaßnahme kommt nun aber massiv Chemie zum Einsatz: gleich neun verschiedene Antibiotika. Diese finden sich nämlich auf dem Kokon, den die Larven für ihre neun- bis zehnmönatige Überwinterung spinnen. Wie kommen die Antibiotika dort hin? Antibiotika werden nur von Mikroorganismen produziert. Und tatsächlich finden sich auf dem Kokon Bakterien der Gattung *Streptomyces*. Doch woher kommen die Bakterien? Bienenwolfweibchen haben in ihren Fühlern sehr ungewöhnliche Drüsen, in denen sie die Bakterien kultivieren. Vor der Eiablage pressen sie das bakterienhaltige Sekret aus ihren Fühlern und deponieren es in der Brutkammer. Die Larve nimmt es kurz vor dem Einspinnen auf und webt die Bakterien in die Seidenfäden des Kokons ein. Dort produzieren die Bakterien Antibiotika und schützen so den Kokon sehr effektiv vor dem Verschimmeln. Wenn die



1 Ein Bienenwolfweibchen trägt eine gelähmte Honigbiene im Flug zu ihrem Nest.

Bienenwolfstöchter schlüpfen, nehmen sie die Bakterien in ihre Fühler auf und übernehmen sie so in die nächste Generation. Es handelt sich also um eine Symbiose zwischen Bienenwölfen und Bakterien.



2 Eine Honigbiene, die weder von einem Bienenwolfweibchen einbalsamiert noch mit Stickoxiden behandelt wurde, ist nach drei Tagen vollständig verschimmelt.



Foto © Erhard Strohm

3 Eine Biene mit Ei, bei der die Abgabe von Stickstoffmonoxid durch einen Fluoreszenzfarbstoff als helle Leuchtpunkte sichtbar gemacht wurde.

Stammbaumanalysen zeigten, dass diese Symbiose vor ca. 70 Millionen Jahren entstanden ist.

Radikale zur Verteidigung

Die dritte Maßnahme zur Schimmelabwehr ist vielleicht noch erstaunlicher, denn es kommen hierbei hochtoxische Gase in enormen Konzentrationen zum Einsatz. Öffnet man die Nester von Bienenwölfen, so kann man einen auffälligen Geruch wahrnehmen. Die erste Assoziation ist »Schwimmbad«, ein Hinweis auf starke Oxidationsmittel wie Chlor, Ozon oder Stickstoffdioxid. Erstaunlicherweise geht dieser Geruch vom Ei selbst aus. Es stellte sich dann heraus, dass Bienenwolfeier eine enorm starke Wirkung gegen Schimmelpilze zeigen. Die Identifikation der verantwortlichen Stoffe gestaltete sich aber recht schwierig, denn es handelt sich tatsächlich um sehr reaktionsfreudige gasförmige Oxidationsmittel. Schließlich gelang der Nachweis, dass das Ei Stickstoffmonoxid (NO) abgibt, das an der Luft zu Stickstoffdioxid (NO₂) oxidiert. Bienenwolfeier geben also

die gleichen Gase ab wie Dieselfahrzeuge. Die Konzentration an Stickoxiden in ihren Brutkammern liegt aber weit höher als auf Straßen, nämlich bei ca. 1500 ppm. Zum Vergleich: die maximal zulässigen Konzentrationen an Arbeitsplätzen sind für NO 25 ppm und für NO₂ 5 ppm. Das Bienenwolfeier räuchert also seine direkte Umgebung, die etwa drei Milliliter fassende, geschlossene Brutzelle, mit hochgiftigen

Gasen aus. NO und NO₂ sind beide sogenannte Radikale, da sie sehr bereitwillig mit anderen Stoffen reagieren. In dieser Atmosphäre werden die gerade gekeimten Pilzsporen abgetötet, so dass die Larven ihre Nahrung ohne größere Beeinträchtigung durch Schimmel verzehren können.

Der externe Einsatz von NO durch Bienenwolfeier stellt eine außerordentlich wirksame Strategie zur Schimmelbekämpfung dar. Aber auch in anderer Hinsicht ist dieser Abwehrmechanismus interessant. Denn NO spielt in praktisch allen Organismen eine enorm wichtige Rolle. 1998 wurde für seine Entdeckung und Analyse in Tieren sogar der Medizin-Nobelpreis an drei Forscher verliehen. In geringen Konzentrationen wird NO als Botenstoff eingesetzt, in höheren Konzentrationen – aber noch weit unter dem was Bienenwolfeier produzieren – zur Bekämpfung von Mikroben. Bei Entzündungen und bestimmten Krankheiten kann es zu einer schädlichen Überproduktion von NO kommen. Die Mechanismen, die es Bienenwolfeiern ermöglichen, der toxischen Wirkung von NO zu entgehen, könnten neuartige Therapieansätze inspirieren.

Die Beobachtungen an Bienenwölfen zeigen einmal mehr, welche ungeheure Diversität an Anpassungen in der Natur zu finden ist und dass für die Erfassung dieser Vielfalt auch die Untersuchung von eher unbekanntem Arten, die nicht zu den wenigen Modellorganismen gehören, sinnvoll und notwendig ist.



Foto © privat

Prof. Dr. **Erhard Strohm**, geboren 1960 in Bad Kreuznach. Studium der Biologie an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg; Promotion (1994) zur Verhaltensökologie des Europäischen Bienenwölfes, Universitätsassistent an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (1994–1996), Universitätsassistent (1996–2003), Habilitation zur Evolutionsökologie des Europäischen Bienenwölfes (2002) und Professor für Zoologie (2003–2004) an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, seit 2004 Professor für Evolutionäre Ökologie an der Universität Regensburg.

Forschungsschwerpunkte: Ökologie und Evolution der biotischen Interaktionen von Bienen und Wespen, sowohl mit mutualistischen als auch mit antagonistischen Mikroben sowie mit Brutparasiten; optimale Verhaltensstrategien; Pheromonkommunikation.