



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Einsichten

Das Forschungsmagazin

Nummer 2 / 2016

Der Wert des Schreibens



Gesund trotz HIV

Immunsystem: Die feinen Unterschiede

Entscheidung für den Eingriff



Der Wert des demokratischen Korrektivs: Journalisten im Gespräch mit Politikern, hier im August 2016 mit Pedro Sanchez, damals Chef der Sozialisten, über die Regierungskrise in Spanien. Foto: Gerard Julien/AFP/Getty Images

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Wert des Schreibens: Wer auf die prekäre Lage für kritische Journalisten in der Türkei schaut, um nur ein extremes Beispiel zu nennen, dem dürfte der Wert eines demokratischen Korrektivs unmittelbar einleuchten. Doch auch dort, wo Regierungen Verfassung und Zivilgesellschaft nicht demontieren, gerät der Journalismus unter Druck. Manche sehen ihn sogar in Gefahr, wenngleich dies natürlich nicht eine Bedrohung für Leib und Leben seiner Protagonisten bedeutet. Romy Fröhlich, Thomas Hanitzsch und Neil Thurman analysieren die Herausforderungen für den Journalismus hierzulande – angesichts des digitalen Wandels und ökonomischer Umbrüche. Die Kommunikationswissenschaftler sehen das Bewusstsein dafür schwinden, dass es ein „wichtiges Kulturgut“ wie guten Journalismus nicht auf Dauer „zum Nulltarif im Netz“ geben kann.

Den Wert des Schreibens – und nicht nur des journalistischen Schreibens – untersuchen auch andere LMU-Wissenschaftler, aus ganz

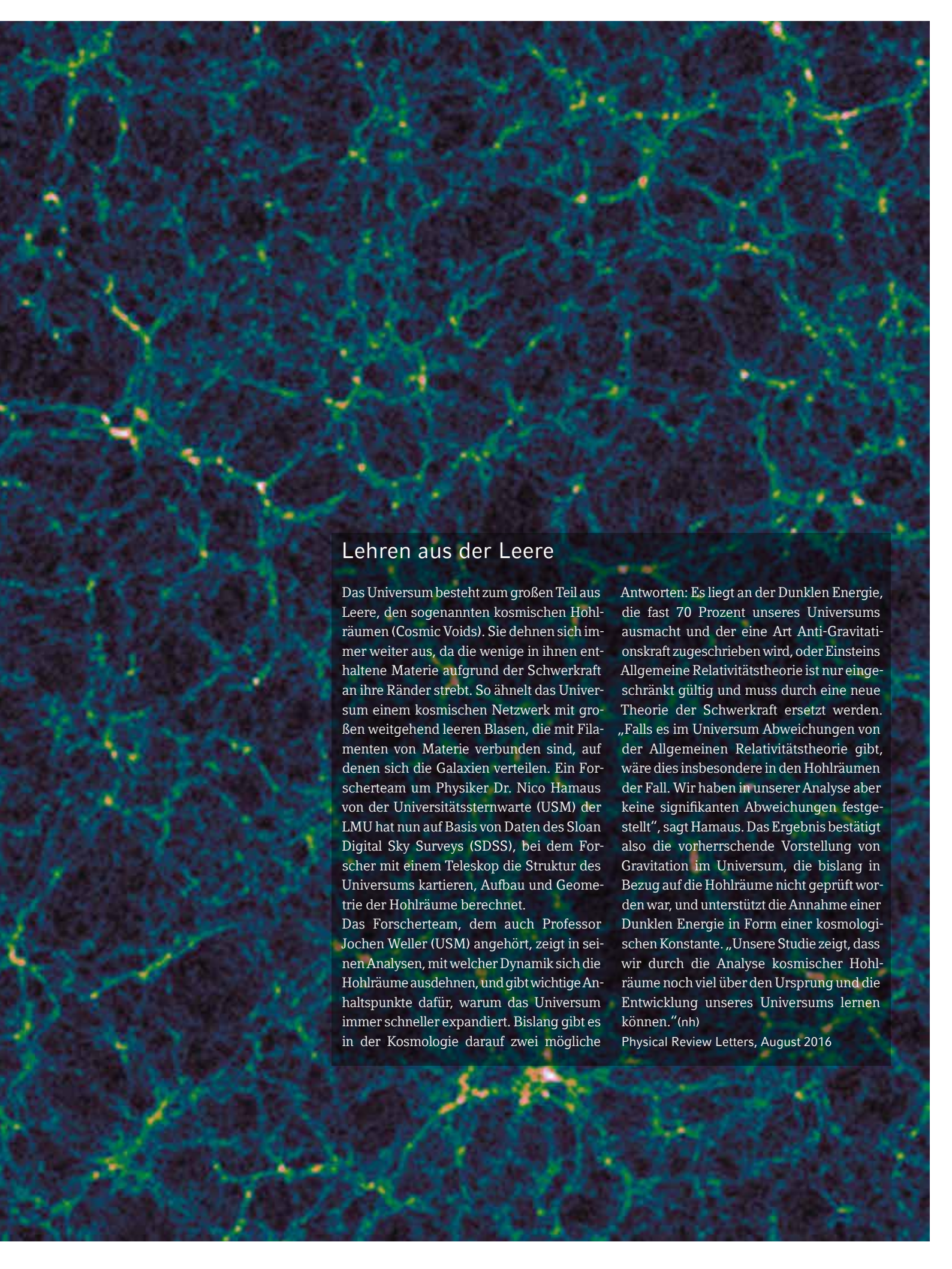
unterschiedlichen Blickwinkeln. Die Literaturwissenschaftlerin Inka Mülder-Bach analysiert Prosa als Ausdruck und Formgeber der Moderne, als Begriff für einen „Weltzustand“. Die Kulturwissenschaftler Jens-Uwe Hartmann, Andreas Kaplony und Walther Sallaberger gewinnen aus alten Handschriften tiefe Einblicke in Struktur und Alltag früherer Gesellschaften. Schreiben und veröffentlichen, das ist der Nachweis wissenschaftlichen Erfolges: Wie könnte dieses Bewertungssystem in einer neuen Publikationskultur funktionieren, die vornehmlich auf Open Access setzt, den freien Zugang zu allen Veröffentlichungen im Netz? Darüber diskutieren der Molekularbiologe Peter Becker, der Physiker Jan Lipfert und der Volkswirt Joachim Winter in dieser Ausgabe des LMU-Forschungsmagazins. Und der Biochemiker Roland Beckmann schließlich untersucht die Mechanismen, mit denen molekulare Maschinen den genetischen Text lesen und danach Proteine in hoher Auflage fertigen.

Viel Spaß beim Lesen
wünscht Ihnen
Ihre *Einsichten*-Redaktion

Aktuelles aus der Forschung



Dunkle Materie im Universum: Die Galaxien sind ungleichmäßig verteilt und von Hohlräumen umgeben. Die großflächigen Strukturen ähneln einem kosmischen Netzwerk. Abbildung: Nico Hamaus, LMU



Lehren aus der Leere

Das Universum besteht zum großen Teil aus Leere, den sogenannten kosmischen Hohlräumen (Cosmic Voids). Sie dehnen sich immer weiter aus, da die wenige in ihnen enthaltene Materie aufgrund der Schwerkraft an ihre Ränder strebt. So ähnelt das Universum einem kosmischen Netzwerk mit großen weitgehend leeren Blasen, die mit Filamenten von Materie verbunden sind, auf denen sich die Galaxien verteilen. Ein Forscherteam um Physiker Dr. Nico Hamaus von der Universitätssternwarte (USM) der LMU hat nun auf Basis von Daten des Sloan Digital Sky Surveys (SDSS), bei dem Forscher mit einem Teleskop die Struktur des Universums kartieren, Aufbau und Geometrie der Hohlräume berechnet.

Das Forscherteam, dem auch Professor Jochen Weller (USM) angehört, zeigt in seinen Analysen, mit welcher Dynamik sich die Hohlräume ausdehnen, und gibt wichtige Anhaltspunkte dafür, warum das Universum immer schneller expandiert. Bislang gibt es in der Kosmologie darauf zwei mögliche

Antworten: Es liegt an der Dunklen Energie, die fast 70 Prozent unseres Universums ausmacht und der eine Art Anti-Gravitationskraft zugeschrieben wird, oder Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie ist nur eingeschränkt gültig und muss durch eine neue Theorie der Schwerkraft ersetzt werden. „Falls es im Universum Abweichungen von der Allgemeinen Relativitätstheorie gibt, wäre dies insbesondere in den Hohlräumen der Fall. Wir haben in unserer Analyse aber keine signifikanten Abweichungen festgestellt“, sagt Hamaus. Das Ergebnis bestätigt also die vorherrschende Vorstellung von Gravitation im Universum, die bislang in Bezug auf die Hohlräume nicht geprüft worden war, und unterstützt die Annahme einer Dunklen Energie in Form einer kosmologischen Konstante. „Unsere Studie zeigt, dass wir durch die Analyse kosmischer Hohlräume noch viel über den Ursprung und die Entwicklung unseres Universums lernen können.“(nh)

Physical Review Letters, August 2016



Ein positives Ergebnis ist in aller Regel ein Verdikt: Kind bei HIV-Schnelltest, Makurdi, Nigeria. Foto: K. Buus/In Picture Ltd./Corbis via Getty Images

Gesund trotz HIV

Millionen Menschen weltweit leben mit HIV, fast alle entwickeln die Immunschwächekrankheit Aids. Maximilian Münchhoff sucht nach den molekularen Ursachen der Immunreaktionen, die das Virus auslöst. Die Ergebnisse des Mediziners sind auch für die Impfstoffforschung relevant.

Unlängst hat Maximilian Münchhoff Schlagzeilen gemacht – mit einer guten Nachricht, obwohl sein Forschungsthema dafür nicht eben prädestiniert ist. Der Mediziner forscht über Aids, woran bisher weltweit 35 Millionen Menschen starben. Ausgelöst wird die Krankheit durch HIV, ein Virus, das das Immunsystem angreift. Doch das gilt nicht für alle Menschen, die sich mit HIV infizieren. In den vergangenen vier Jahren hat Münchhoff in verschiedenen Kliniken in Durban an der Ostküste Südafrikas gearbeitet. Die Stadt liegt in der Region KwaZulu-Natal. „Sie gilt als Epizentrum der weltweiten Aids-Pandemie. Bis zu 30 Prozent der Bevölkerung sind dort mit HIV infiziert“, sagt Münchhoff, der

inzwischen an die LMU gewechselt ist. Als Postdoc war er im Team des Immunologen Philip Goulder von der University of Oxford vor Ort, um eine besondere Gruppe Betroffener zu untersuchen: Kinder, die nicht an Aids erkranken, obwohl sie mit dem Virus infiziert sind. „Es war gar nicht einfach, diese Kinder zu finden“, erzählt Münchhoff. Zu Hilfe kam den Forschern der Zufall: Die HIV-Ansteckung kam meistens erst bei Routineuntersuchungen ans Licht, als bei ihren Müttern Aids ausbrach und sie deshalb behandelt wurden. Bei Eintritt in die Studie waren die Kinder im Schnitt acht Jahre – und gesund. Es ist ein Ausnahmeschicksal. In der Regel erkranken mehr als 99 Prozent aller Men-

schen, die mit HIV infiziert sind, ohne Therapie an Aids. Bei Kindern verläuft die Erkrankung besonders heftig und schnell. Bei einer HIV-Infektion integriert sich das Virus in das Genom menschlicher Immunzellen und wird Teil ihres Erbguts. Dadurch persistiert das Virus im Körper. Das Immunsystem versucht sich gegen die Infektion zu wehren, indem CD4 T-Zellen aktiviert werden. Diese aktivierten Zellen werden jedoch leichter von HIV infiziert, sodass es zu einer weiteren Ausbreitung des Virus und einem Verlust dieser wichtigen Immunzellen kommt – ein Teufelskreis, durch den das Immunsystem so geschwächt wird, dass Betroffene schließlich an Erregern erkranken, die Gesunden nichts ausmachen: Sie leiden an „Aids“, dem „Acquired Immuno-Deficiency Syndrom“.

Bei den allermeisten Menschen vermehrt und verbirgt sich das Virus in langlebigen Immunzellen, den sogenannten viralen Reservoiren. „Bei den gesunden HIV-infizierten Kindern dagegen findet die Infektion vorwiegend in kurzlebigen Zellpopulationen statt, die aus den langlebigen entstehen“, erklärt Münchhoff. Dadurch behalten die Kinder einen Vorrat an gesunden langlebigen Zellen, aus dem sie immer Nachschub an funktionierenden kurzlebigen Immunzellen schöpfen können. So bleibt ihr Immunsystem trotz einer sehr hohen Viruslast voll funktionsfähig. Die Mechanismen ihrer Immunantwort ähneln jenen der Mangaben, einer Affenart, die der natürliche Wirt des Simian Immunodeficiency-Virus (SIV) ist, von dem HIV abstammt. Auch die Mangaben leben weitgehend unbeschadet mit dem Virus, ohne zu erkranken – trotz starker Virusreplikation. Die Ergebnisse der Studie, die Münchhoff diesen Herbst als Erstautor in der Fachzeitschrift *Science Translational Medicine* veröffentlichte, sorgten weltweit für großes Medieninteresse.

Seit April ist der Nachwuchsforscher Mitglied der Arbeitsgruppe von Oliver Keppler, dem Inhaber des Lehrstuhls für Virologie am Max von Pettenkofer-Institut der LMU. Keppler untersucht insbesondere die Inter-

aktion zwischen Virus und Wirt bei HIV, etwa die sogenannten Restriktionsfaktoren. Diese Zellbestandteile zeigen eine Aktivität gegen HIV, sodass sich das Virus schlechter vermehren kann. „Es ist eine interessante Frage, ob die gesunden HIV-infizierten Kinder Besonderheiten bei diesen Faktoren haben“, sagt Münchhoff.

Momentan leben weltweit 36,7 Millionen Menschen mit HIV. Inzwischen gibt es über

Fast alle erkranken ohne Therapie – diese Kinder nicht

20 hochwirksame Medikamente gegen Aids. Manche Betroffene können jahrzehntelang mit dem Virus leben, auch wenn die heutigen Medikamente nicht heilen, sondern die Viruslast nur verringern können und Nebenwirkungen haben. Doch nicht in allen Ländern ist die Therapie breit verfügbar, inzwischen haben etwa 16 Millionen Betroffene weltweit Zugang zu Medikamenten, schätzen die Vereinten Nationen.

Bereits während seines Medizinstudiums arbeitete Münchhoff in der Therapie von Aids-Patienten. Während seines Praktischen Jahrs war er vier Monate als Kinderarzt in Kapstadt. „Damals ist mein Interesse an Infektionskrankheiten und dem Schicksal von Kindern mit HIV entstanden.“ Seine Forschung ist nun an der Schnittstelle zwischen Labor und Patient angesiedelt. Die HIV-infizierten gesunden Kinder jedenfalls, so entdeckte er, entwickeln hochpotente Antikörper. „Um zu finden, was dazu führt, müssen wir ihr Immunsystem mit Blick auf die B-Zellen, die diese Antikörper bilden, weiter untersuchen“, sagt Münchhoff. „Das wäre auch spannend für die Impfstoffentwicklung.“

Breit neutralisierende Antikörper sind bei HIV nötig, da das Virus stark mutiert. Es

ändert sich mit jeder Übertragung und auch im Körper des Infizierten, vor allem in Reaktion auf die Immunantworten. Bei einer Ansteckung wird das Virus in dieser veränderten Form weitergegeben. Im Jahr 2013 war Maximilian Münchhoff an einer Studie beteiligt, die nachwies, dass der Aids-Erreger dadurch über die Jahre sogar schwächer, also weniger ansteckend wird – noch so eine gute Nachricht. Doch weiterhin gilt: HIV ist lebensgefährlich und Aids eine Krankheit, die lebenslange Therapie erfordert.

In Ländern, in denen die Therapie nicht breit verfügbar ist, bedeutet das Virus den sicheren Tod. Maximilian Münchhoff hat auch Kinder wissenschaftlich begleitet, die an Aids erkrankt sind. Unter anderem hat er untersucht, wie Mangelernährung in Kombination mit HIV das Immunsystem beeinträchtigt. „Viele der Kinder sind trotz Therapie gestorben. Das war schlimm zu sehen.“ Auch bei den gesunden HIV-infizierten Kindern können die Forscher nicht ausschließen, dass sie später einmal Aids entwickeln. „Das Immunsystem ändert sich in der Pubertät. Dadurch könnte es zu einer verstärkten Immunaktivierung kommen.“ Seit feststeht, dass sie das Virus im Blut haben, werden die Kinder alle paar Monate untersucht. „Vor zehn Jahren gab es in Südafrika häufig noch keine Therapie. Deswegen sind diese Kinder überhaupt in ihrem Alter angekommen, ohne jemals entsprechende Medikamente erhalten zu haben. Mittlerweile werden alle Kinder in Südafrika unter fünf Jahren, bei denen HIV diagnostiziert wird, sofort therapiert. Die gesunden Kinder der Kohortenstudie würden heutzutage also alle behandelt werden“, sagt Münchhoff und nennt ihr besonderes Schicksal ein „Glück im Unglück“, für die Kinder und die Forscher – auch das eine gute Nachricht.

(Nicola Holzapfel)

Dr. Maximilian Münchhoff
arbeitet am Lehrstuhl für Virologie des
Max von Pettenkofer-Instituts der LMU.

Die Temperatur zählt

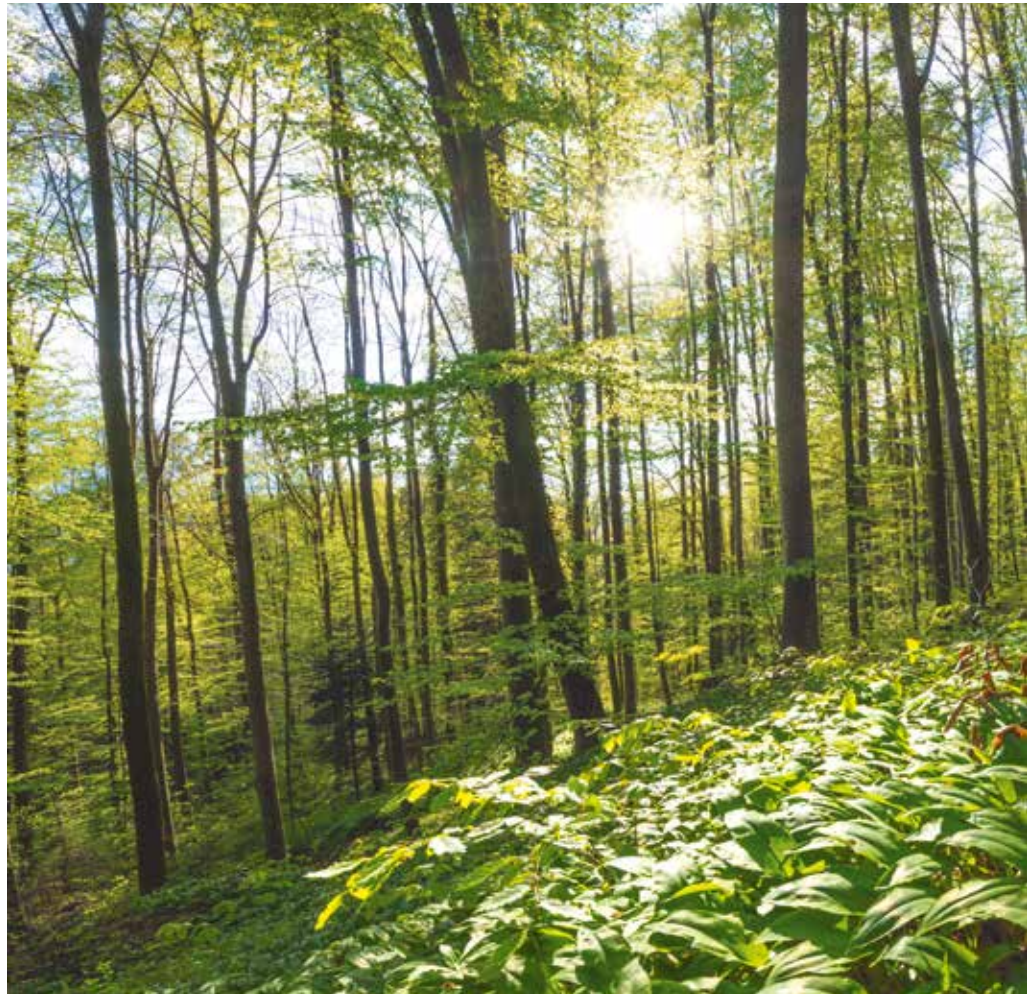
Die meisten Gehölze der gemäßigten Zone richten sich beim Zeitpunkt ihres Austriebs nicht nach der Tageslänge, sondern nach der Temperatur und der Zahl der vorangegangenen Kältetage. Das zeigt eine Studie von LMU-Botanikern um Professor Susanne Renner. Eine solche Anpassung an die klimatischen Bedingungen sichert, dass Pflanzen nicht zu früh austreiben, wenn trotz deutlich steigender Tageslängen noch Nachfröste auftreten können. Nur in Regionen mit milden Wintern besteht diese Gefahr nicht, dort sind eher Gehölze heimisch, bei denen das Austreiben an die Länge der Photoperiode gekoppelt ist. Was aber, wenn sich mit dem Klimawandel solche Pflanzen nach Norden ausbreiten? Dann könnte die Tageslänge womöglich, meinen die Forscher, auch dort den Austrieb beeinflussen. (göd)

Nature Climate Change, Oktober 2016

Gene in der Zange

LMU-Physiker um Professor Tim Liedl haben eine Methode entwickelt, mit der sich Biomoleküle einfach und effizient auf ihre mechanischen Eigenschaften untersuchen lassen. Dabei werden mithilfe der DNA-Origami-Technik zunächst aus vielen künstlichen DNA-Strängen nanometergroße, molekulare Klammern so konstruiert, dass sie selbstständig Kräfte ausüben können. Damit lassen sich gezielt unvorstellbar kleine Kräfte zwischen 0 und 15 Pico-Newton ausüben, das sind Billionstel Newton. Im Zellinneren wirken Kräfte genau in dieser Größenordnung auf die Proteine oder Gene ein. Die Möglichkeiten der neuen Methode haben die Forscher am Beispiel eines wichtigen Faktors in der Genregulation gezeigt, dem sogenannten TATA-Binding-Protein: Es kann nicht mehr effizient arbeiten, wenn die Zielsequenz mit mehr als sechs Pico-Newton gespannt wird. (huf)

Science, Oktober 2016



Die Tage werden länger, die Temperaturen steigen. Welche Signale brauchen Bäume zum Austreiben im Frühjahr? (Siehe Meldung links oben). Foto: Franz Pritz/pa/AP/picturedesk.com

Kinder suchen übereifrig nach sozialen Regeln

Dreijährige lernen soziale Normen nicht nur, wie klassisch angenommen, durch direkte Anweisung und Verbote, sondern suchen eigenständig nach Normen und unterstellen diese sogar dort, wo Erwachsene gar keine sehen. Das zeigt eine Studie des Psychologen Dr. Marco F. H. Schmidt, der an der LMU die Forschergruppe „Developmental Origins of Human Normativity“ leitet. „Vorschulkinder verstehen individuelle Verhaltensweisen und spontane Handlungen anderer sehr

schnell als verallgemeinerbar, regelgeleitet und verbindlich“, sagt Schmidt. Der Psychologe ließ Dreijährige zufällig beobachten, wie Erwachsene spontane Handlungen mit nutzlosen Gegenständen durchführten. Egal, was die Kinder sahen: Sie beurteilten singuläres, spontanes und scheinbar zweckloses Verhalten als verallgemeinerbar und unbedingt richtig, solange es ihrer Beobachtung nach nicht unabsichtlich war. Sie erwarteten sogar, dass ein anderer es genauso machen



HIV: Wurminfektion verdoppelt Ansteckungsrisiko

Seit Beginn der HIV-Epidemie wird darüber spekuliert, warum das Virus und die von ihm ausgelöste Immunschwächekrankheit Aids in Afrika stärker verbreitet sind als in anderen Ländern. Professor Michael Hölscher und Dr. Inge Kroidl aus der Abteilung Infektionserkrankungen und Tropenmedizin am Klinikum der LMU konnten nun zeigen, dass eine Infektion mit dem Fadenwurm *Wuchereria bancrofti* das Risiko, sich mit HIV anzustecken, um das Zwei- bis Dreifache erhöht. Vermutlich verändert die chronische Wurminfektion das Immunsystem. *W. bancrofti*

löst eine Erkrankung der Lymphgefäße aus, die im schlimmsten Fall zu elefantös verformten Gliedmaßen führt. Die bislang gängige Medikamentenkombination wirkt nur gegen die von den Würmern produzierten Mikrofilarien, die ins Blut wandern. Der erwachsene Wurm bleibt hingegen oft jahrelang im Lymphsystem lebendig. Therapiemöglichkeiten gegen den adulten Wurm werden derzeit untersucht und könnten die Erkrankungen mit *W. bancrofti* wie auch die Neuinfektionen mit HIV reduzieren. (nh)

Lancet, August 2016

Signale für die molekulare Giftspritze

LMU-Wissenschaftler haben ein Molekülpaar identifiziert, das entscheidend daran beteiligt ist, dass *Helicobacter pylori* Gastritis, Magengeschwüre und gar Krebs auslösen kann. Das Bakterium heftet sich dazu an bestimmte Rezeptoren von Epithelzellen der Magenschleimhaut an. Forscher um Professor Rainer Haas vom Max von Pettenkofer-Institut der LMU haben nun entdeckt, dass das Bakterium mithilfe seines Oberflächenproteins HopQ an ein Glykoprotein (CEACAM) an der Oberfläche der Epithel-

zellen passgenau andockt. Dieses Tandem vermittelt dann die pathogene Wirkung der Bakterien: Krankheitsauslöser ist das Protein CagA, das besonders pathogene *H. pylori*-Stämme über einen nadelartigen Fortsatz in die Epithelzellen injizieren. Dieses molekulare Injektionssystem wird aber erst durch das Andocken von *H. pylori* an die Rezeptoren in Gang gesetzt. Offenbar löst das Bakterium eine Signalkaskade in den Wirtszellen aus. (göd)

Nature Microbiology, Oktober 2015

Zerfall an der Geburtsstätte

würde und protestierten, wenn dieser gegen die von den Kindern unterstellte „soziale Norm“ verstieß. Schmidt: „Vorschulkinder erliegen dem Trugschluss, dass das, was ist, auch so sein soll. Das gilt auch, wenn sie eine einfache Handlung zufällig und nur einmal beobachtet haben.“ Diese frühe Neigung von Kindern, die soziale Welt als inhärent normativ und regelgeleitet zu sehen, könne Ausdruck ihrer Motivation sein, sich mit einer Gruppe zu identifizieren und kulturelles Wissen zu erwerben. (nh)

Psychological Science, September 2016

Eine Scheibe, leicht psychedelisch angehaucht in fettem Rot und Orange – die Bilder des Radioteleskops ALMA machten Furore. Eine solche protoplanetare Scheibe aus Gas und Staub rund um einen jungen Stern – das ist der Ort, an dem Planeten entstehen. Mehr noch: In den Aufnahmen zeigen sich ringförmige Lücken rund um den Stern TW Hydrae. Die könnten in der Tat junge Planeten in die Staubwolke gepflügt haben, mutmaßten Experten. Bei der inneren dieser Lücken zudem in einer Entfernung, die dem Abstand unserer Erde zur Sonne entspricht – ein Indiz

dafür, dass ein solcher Exoplanet erdähnlich sein könnte. Ein Team um Barbara Ercolano, Professorin an der Universitätssternwarte der LMU, hat die Beobachtung nun mit der Theorie abgeglichen. Das Fazit: Die prominente innere Lücke ist nicht durch die Flugbahn eines Planeten entstanden, sondern durch sogenannte Photoevaporation: Die starke Röntgenstrahlung, die der Stern ausstrahlt, lässt die Materieteilchen der Wolke regelrecht verdampfen und sorgt am Ende für die Auflösung der Scheibe. (math)

MNRAS, September 2016

Unterhaltung mit: Eva Reinisch



Eva Reinisch: „Das Gehirn ist sehr anpassungsfähig – auch beim Hören von Akzenten.“ Foto: LMU

„Happy Birthday – das sind wir gewohnt“

Beim Lernen einer Fremdsprache kommen wir an der Muttersprache nicht vorbei: Wir passen die unbekanntesten Laute an die gewohnten an. Warum wir manche Lautunterschiede gar nicht erst hören und wie daraus ein Akzent entsteht, erklärt die Sprachwissenschaftlerin Eva Reinisch.

Wir lernen Englisch und andere Sprachen, bei der Aussprache tun sich jedoch viele schwer. Warum ist es so schwierig, akzentfrei eine Fremdsprache zu erlernen?

Reinisch: Im Laufe der ersten Lebensjahre optimieren Kinder ihre Wahrnehmung für ihre Umgebungssprache – das können auch mehrere Sprachen sein. Das macht durchaus Sinn, geschieht aber auf Kosten der Fähigkeit, Lautkontraste wahrzunehmen, die für die Muttersprache nicht relevant sind. Das heißt jedoch nicht, dass wir Fremdsprachen nicht später lernen könnten, aber wir

müssen dann deren Lautkontraste erst wieder lernen. Dabei überprüfen Fremdsprachenlerner unbewusst, wo der neue Laut ins System der muttersprachlichen Laute hineinpasst. Gibt es einen ähnlichen Laut in der Muttersprache? Wenn das der Fall ist, wird einfach dieser Laut benutzt. Häufig ist es jedoch so, dass der gefundene Laut nur ähnlich, aber nicht identisch ist. Zum Beispiel ist es für einen deutschen Muttersprachler schwierig, im Englischen den Unterschied zwischen „pan“ (Pfanne) und „pen“ (Stift) zu hören. Wenn Lerner nun für beide Wörter „pen“ sagen, klingt das für Muttersprachler der Zielsprache falsch, also mit deutschem Akzent gesprochen. Vor allem als Anfänger hört man bestimmte Lautkontraste der Fremdsprache nicht so gut. Mit der Zeit kann man aber kleine Unterschiede erkennen und diese auch produzieren, wenn auch selten so gut wie ein Muttersprachler.

Sollte man also am besten schon als kleines Kind mehrere Sprachen lernen?

Reinisch: Früher nahmen die Wissenschaftler, die den Fremdspracherwerb erforschten, an, dass es eine kritische Periode gibt, in der man eine Fremdsprache lernen müsse, damit man sie akzentfrei beherrscht. Zuerst hieß es, das sei um die Pubertät, später, das ideale Alter wäre bis fünf oder sechs Jahre. Aber inzwischen gilt diese Hypothese der kritischen Periode als widerlegt. Es gibt Kinder, die sehr früh eine zweite Sprache gelernt und trotzdem einen Akzent haben, und es gibt Menschen, die erst mit 30 eine Sprache lernen und sie quasi akzentfrei sprechen. Im Mittel gilt aber tatsächlich, dass man eine Sprache umso besser lernt, je früher man damit beginnt. Es hängt jedoch viel davon ab, wie gut der Input ist. Es nützt nichts, wenn Eltern mit starkem deutschem Akzent mit ihrem Kind Englisch sprechen – das wird dann später tendenziell genauso sprechen. Das liegt daran, dass die Repräsentation eines Wortes, also, wie das Kind glaubt, dass es ausgesprochen werden soll, nicht der Zielsprache entspricht.

Scheitern deswegen so viele Deutsche am th-Laut, etwa bei „birthday“?

Reinisch: Womöglich ja. „Bir[s]day“ haben wir schon so oft gesagt und gehört, dass es für uns ganz normal klingt. Ich denke im Geburtstagslied wird das Wort gar nicht mehr als Englisch wahrgenommen, wie auch andere englische Wörter, die wir inzwischen in den deutschsprachigen Alltag integriert haben – zum Beispiel „Handy“, was im Englischen ja übrigens „praktisch“ und nicht „Mobiltelefon“ bedeutet. Um zu Birthday zurückzukommen, für das „th“ im Englischen gibt es unterschiedliche Substitutionen. Für Deutsche ist das „s“ am häufigsten, aber es gibt auch „t“ und „f“. Das „f“ wird interessanterweise auch in einigen englischen Dialekten benutzt. Der Laut „f“ ist akustisch gesehen dem „th“ am ähnlichsten. Weshalb Deutsche selbst „s“ benutzen, obwohl sie meist auch wissen, dass dies ein Merkmal des typisch deutschen Akzents ist, ist Teil meines Forschungsprojektes.

Vielleicht weil man das in der Schule so oft von seinem Englischlehrer gehört hat?

Reinisch: Nicht nur vom Lehrer, aber ja, das ist eine meiner Hypothesen. Bei einem Wort wie „birthday“, das so viele auch mit „Happy Bir[s]day“ singen, spielen sicher Gewohnheit und die Tatsache, dass man es so oft hört, eine Rolle. Studien zeigen, dass man Varianten von Wörtern, die man sehr häufig hört, besser versteht. Lerner einer Fremdsprache verstehen Wörter, die mit dem Akzent ihrer Muttersprache gesprochen sind, oft genauso gut wie Wörter von Muttersprachlern der Zielsprache.

Wann ist ein Akzent so stark, dass wir eine Sprache nicht mehr verstehen?

Reinisch: Unser Gehirn ist sehr anpassungsfähig, was das Hören betrifft, und das gilt auch für das Hören akzentuierter Sprache. Wenn jemand eine Sprache mit Akzent spricht, ist diese Person zunächst schwer zu verstehen, aber sobald man sich ein wenig daran gewöhnt hat, geht das leichter. Diese

Anpassungsfähigkeit gibt es in der Muttersprache – englische Muttersprachler gewöhnen sich an unseren deutschen Akzent – wie auch in der Fremdsprache. Wir verstehen also einen deutschen Akzent im Englischen meist gut. Wir können uns aber auch an andere Akzente gewöhnen. Auch die Intonation hat einen großen Einfluss darauf, wie stark wir einen Akzent wahrnehmen. Wir müssen uns dann erst durch die ungewohnten Intonationsmuster „durchhören“. Die Anpassung dauert umso länger, je stärker der Akzent ist. Unverständlich wird es für uns, wenn das Lautsignal zu stark verzerrt ist und sich nicht mehr rekonstruieren lässt, sei es durch falsche Aussprache oder Intonation oder fehlenden Kontext. Auch die Grammatik spielt hier natürlich eine Rolle. Für die Verständlichkeit ist auch die Tatsache wichtig, dass es innerhalb einer Sprache viel Variation gibt. Sowohl im Deutschen als auch im Englischen gibt es Varietäten und Dialekte, die für bestimmte Hörer mehr oder weniger verständlich sind, oder die wir mehr oder weniger gut kennen. Daher kann es auch gut sein, dass der Akzent von Fremdsprachenlernern nicht als Akzent, sondern als eine unbekannte Varietät der Zielsprache wahrgenommen wird.

Fällt das Erlernen einer korrekten Aussprache leichter, je mehr Sprachen man lernt?

Reinisch: Das ist eine gute Frage, ob man etwa die sechste Sprache leichter lernt als die dritte. Es ist schwierig, das objektiv mit gut kontrollierten Experimenten zu untersuchen. Es gibt aber inzwischen mehr und mehr Studien über den Erwerb einer dritten Sprache und darüber, welchen Einfluss die Zweitsprache auf das Lernen der neuen Sprache hat. Danach überträgt man tatsächlich manchmal Gelerntes aus der Zweitsprache, eher als aus der Muttersprache. Es kann passieren, dass ein deutscher Muttersprachler, der als zweite Sprache Spanisch lernt und als dritte Portugiesisch, Teile seiner spanischen Aussprache ins Portugiesische überträgt und dann Portugiesisch mit ein

paar spanischen, manchmal gemischt mit deutschen Akzentmerkmalen spricht.

Würde es helfen, im Sprachunterricht nur Muttersprachler unterrichten zu lassen?

Reinisch: Ich denke, das kann man so pauschal nicht sagen. Zum Fremdsprachenunterricht gehört viel mehr als nur die Aussprache. Und um gut zu sprechen, braucht es mehr als nur den formalen Unterricht. Mehr Angebote an Filmen und Fernsehen in der Fremdsprache könnten auch schon helfen. In diesem Zusammenhang finde ich es zum Beispiel schade, dass deutsche Fernsehsender nicht häufiger im Zweikanalton senden, sodass man sich aussuchen kann, ob man die deutsche Version oder den englischen Originalton hören möchte. Wenn man sich auf die Aussprache im Sprachunterricht beschränkt, würde ich sagen, dass eine gute Aussprache der Lehrenden schon wichtig ist, denn selbst bei Muttersprachlern nimmt man Wörter wie „pan“ und „pen“ als nicht so unterschiedlich wahr, da man sie durch den Filter der eigenen Sprache hört. Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, dass das Aussprachetraining häufig vernachlässigt wird. Das liegt vielleicht auch daran, dass einen Akzent zu haben nicht heißt, dass man nicht verständlich wäre. Es gibt innerhalb jeder Sprache viele Variationen, und es ist gar nicht so genau zu definieren, was man können muss, um keinen Akzent zu haben. Und auch wenn man lange darüber diskutieren kann, weil dabei viele soziale Aspekte ins Spiel kommen: Solange man sich verständlich machen und kommunizieren kann, ist doch die Frage, wie wichtig es überhaupt ist, dass man spricht wie ein Muttersprachler.

Interview: Nicola Holzapfel

Dr. Eva Reinisch leitet am Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung der LMU die Emmy-Noether-Gruppe „Der Einfluss von auditivem Feedback auf Fehlererkennung und Lautpräsentation in einer Fremdsprache“.

Der Wert des Schreibens



Der Schwerpunkt

Klick und weg

Digitaler Wandel: Was bleibt vom Journalismus?

Im Modus der Moderne

Prosa – weit mehr als nur ein Gattungsbegriff

Im Spiegel der Schrift

Wie die Wissenschaft historische Dokumente zum Leben erweckt

Die Kultur des Austauschs

Open Access: Über frei zugängliche Publikationen im Netz

Aus dem Eiweiß-Drucker

In hoher Auflage: Wie aus dem genetischen Text Proteine werden



Arbeit mit den Quellen: Bibliothek des
Historicums der LMU. Foto: C. Olesinski/LMU



„Leser, die von Print zu Online wechseln, verbringen weit weniger Zeit mit einer Medienmarke“, sagt Neil Thurman: Zeitungsdruckerei in Zürich. Foto: Erik Tham/Getty Images



Klick und weg

Was bleibt vom Journalismus im digitalen Zeitalter? Die Kommunikationswissenschaftler Romy Fröhlich, Thomas Hanitzsch und Neil Thurman über kurze Aufmerksamkeitsspannen, Gratismentalität im Netz und das Vertrauen in die Medien

Moderation: Nicola Holzapfel und Martin Thureau

Am Abend des Amoklaufs im Münchner Olympia-Einkaufszentrum räumten die etablierten Medien ihr Programm für vierstündige Sondersendungen frei, auch wenn der Nachrichtenwert zwangsläufig eher gering war. Warum haben die Medienhäuser an diesem 22. Juli so entschieden?

Hanitzsch: Es ist eine ganz typische Erscheinung, dass gerade in solchen Momenten die Medien gemeinsam auf ein Thema anspringen. In der Bevölkerung gibt es auch eine gewisse Erwartung, darüber etwas zu erfahren. Ich bin an diesem Abend in München unterwegs gewesen. Auf dem Weg zum Kino blieben mit einem Mal alle Verkehrsmittel stehen. Natürlich sucht man dann nach Informationen darüber, was los ist. Gerade zu diesem Zeitpunkt, als noch gar nicht klar war, was genau passiert war, verstand ich sehr gut, dass die Medien intensiv darüber berichten.

Die *Süddeutsche Zeitung* hat ausgewertet, wie an diesem Abend über Twitter aus einem einzelnen Tatort 67 Gefahrenzonen in der ganzen Stadt wurden. Haben die sozialen Medien zu einer gewissen Hysterie beigetragen?

Thurman: Es ist ein bekanntes Phänomen, dass nach Ereignissen wie einer Schießerei oder auch bei Umweltkatastrophen falsche Gerüchte über Twitter verbreitet werden. Für Journalisten ist das eine Herausforderung. Aber mit bestimmter Software lässt sich erkennen, ob die Personen, die twittern, tatsächlich an dem Ort sind, an dem sie behaupten zu sein. Bei den Rezipienten ist die Erwartung gestiegen, bei solchen Ereignissen in möglichst kurzen Zeitabständen auf den neuesten Stand gebracht zu werden. Das liegt sicher an einer veränderten Mediennutzung: Viele lesen heute Nachrichten am Smartphone und sind daran gewöhnt, immer auf dem Laufenden zu sein. Die Nachrichtenmedien haben dafür inzwischen neue Formate wie Live Blogs entwickelt. Dort gibt es dann zwar viele Updates, aber häufig zitieren sich die Medien nur

gegenseitig. Diese Form der Berichterstattung ist also mehr diskursiv als faktenbasiert. Die Öffentlichkeit ist dann nicht besser informiert, die Informationen zirkulieren nur mehr, auch über die sozialen Medien.

Fröhlich: Wir haben eine völlig neue Sicherheitslage, die ein besonderes Informations-

Alle sind »on alarm«, anders als vor 15 Jahren

bedürfnis weckt. Es gab in Deutschland ja schon öfter Amoktaten, wenn auch, Gott sei Dank, nicht so oft wie in den USA. Neu ist aber, dass alle sofort denken: Das ist jetzt ein großer Terroranschlag und gleich wird es wie in Brüssel an mehreren Plätzen hochgehen. Das antizipieren natürlich auch die Medien. Alle sind „on alarm“. Das war vor zehn, 15 Jahren anders.

Hanitzsch: Ich glaube nicht, dass die Menschen prinzipiell hysterischer sind. Der entscheidende Unterschied ist, dass diese Gerüchte sich durch die sozialen Netzwerke so schnell verbreiten und ein Echo in den Communities finden, in denen sich Menschen mit Gleichgesinnten umgeben. Dadurch entsteht subjektiv ein Gefühl von Gefahr. Ich glaube, die Wahrnehmung der Welt hat sich durch diese sogenannten Echokammern fundamental verändert: Wir alle leben in Blasen, weil wir, zum Teil gesteuert durch Algorithmen etwa bei der Google-Suche, vorwiegend mit den Informationen konfrontiert werden, die wir zu erwarten scheinen. Dann entsteht der Eindruck, dass hinter dem eigenen Ereignishorizont, außerhalb der eigenen Blase sozusagen, irgendetwas Schlimmes passiert.

Wie ist denn generell das Verhältnis zwischen Social Media und etablierten Medien?



Thurman: Die Zeitungen haben einen Großteil der Einnahmen aus dem Anzeigengeschäft an den digitalen Bereich verloren. Die Verlage sind daran interessiert, auch dort ihre redaktionellen Inhalte zu platzieren, um eine größere Öffentlichkeit zu erreichen. Facebook versucht so viele Inhalte wie möglich auf seine Plattform zu bekommen, um ein „One-Stop-Shop“ zu werden. Es bietet Verlagen daher an, ihre Inhalte zu veröffentlichen und die Anzeigeneinnahmen zu teilen. Das ist gut für Facebook, aber nicht unbedingt für die traditionellen Medien.

Hanitzsch: Es findet im Augenblick eine fundamentale Umwälzung statt. Wir, die wir alle hier am Tisch sitzen, gehören ja nicht zu den sogenannten „digital natives“, sondern haben im Laufe der Zeit gelernt, mit den neuen Medien umzugehen. Meine Kin-



Am Abend des Münchner Amoklaufs berichteten die Medien in stundenlangen Sondersendungen – trotz noch unklarer Nachrichtenlage. Foto: STR/AFP/Getty Images

der leben in dieser neuen Medienwelt und für sie macht es überhaupt keinen Unterschied, ob Informationen über Social Media transportiert werden oder über die klassischen Medien, die ja mittlerweile auch auf sozialen Netzwerken aktiv sind.

Fröhlich: Für mich ist es eben nicht egal, über welchen Kanal eine Nachricht kommt. Es gibt den professionellen Journalismus, der aus guten Gründen unter einer ganzen Reihe von Schutzrechten steht, etwa dem Zeugnisverweigerungsrecht. Und es gibt Blogger, Privatpersonen, die sich mitunter Journalist nennen – der Beruf ist ja nicht geschützt ist, und die verbreiten können, was sie wollen. Das Problem ist, dass unbedarfte Rezipienten, dazu zählen zunehmend auch Erwachsene, keinen Unterschied machen zwischen der Qualität eines professionellen

journalistisch recherchierten Inhalts einerseits und einem Blogbeitrag.

Wir sehen uns alle ja heute einem Überfluss an Informationen gegenüber. Wie gehen die Medien damit um, um überhaupt noch Aufmerksamkeit zu bekommen? Ist die Personalisierung von Nachrichten eine Lösung?

Thurman: Die Medien versuchen schon seit Jahrzehnten, Inhalte für ihre Leser oder Zuschauer zu personalisieren. Das baut normalerweise auf den Interessen der Empfänger auf. Das klappt gut bei Musik, Filmen, beim Online-Shopping. Aber es ist schwierig vorherzusagen, welche Nachrichten jemanden in der nächsten Woche interessieren werden. Wenn Sie vor ein paar Jahren die Frage gestellt hätten: „Interessieren Sie sich für Vulkane?“, hätten viele Nein gesagt.

Seit dem Ausbruch des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull, der den internationalen Flugverkehr lahmlegte, ist das anders. Aber es ändert sich gerade etwas bei der Personalisierung, weil immer mehr Informationen über die sozialen Netzwerke gelesen werden. Facebook personalisiert diesen Nachrichtenstrom und beeinflusst damit, was bei den Nutzern ankommt. Erinnern Sie sich an den Skandal, als herauskam, dass Facebook in die Themenauswahl eingreift.

Fröhlich: Ich stelle mir manchmal die Frage nach der Henne und dem Ei: Ist der sogenannte Information Overkill natürlicherweise da, weil sich die Welt globalisiert und durch die digitalen Technologien der Nachrichtenfluss beschleunigt hat, oder gibt es ein Geschäftsmodell dahinter? Wenn ich personalisierte Nachrichten anbieten möch-

te, was mittlerweile auch der Bayerische Rundfunk und sehr viele Online-Zeitungen machen, dann muss ich ja eine viel größere Bandbreite an Informationen haben, um damit diese ganzen unterschiedlichen Profile von Nutzern bedienen zu können. Wer treibt da eigentlich wen?

Hanitzsch: Man kann natürlich argumentieren, dass sich das Wissen über die Welt insgesamt in gewissen Zeitabschnitten, die, glaube ich, bei sieben Jahren liegen, verdoppelt. Der entscheidende Unterschied ist aber, dass wir heute relativ schnell auf ein umfangreiches Arsenal von Informationen Zugriff haben. In den guten alten Zeiten waren die Journalisten diejenigen, die uns gesagt haben, wie die Welt funktioniert. Heute haben wir aber oft dieselben Informationen wie sie. Das hat natürlich zur Konsequenz, dass sich ihre Tätigkeitsbeschreibung verändern muss und zum Teil schon stark verändert hat. Oft wird über „Journalisten als Kuratoren“ diskutiert, wo es eher darum geht, Informationen zu ordnen. Insofern ist der Journalist oder die Journalistin jemand, der einem die Welt erklärt und das Geschehen in einen größeren Kontext einordnet, der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft einschließt. Gute Journalisten sind heute diejenigen, die das gut können.

Fröhlich: Außerdem darf man nicht vergessen, dass die Informationsfülle gerade im Internet auch eine positive Seite hat. Mich hat schon immer beeindruckt, wie schnell Falschmeldungen im Netz korrigiert werden. Es gibt zum Beispiel eine Gruppe junger Menschen, die sich im Rahmen des Netzwerks „Cooperation and Development Network Eastern Europe“ um den Ukraine-Konflikt herum gegründet hat. Sie hat die Pressefotos, die beide Seiten von Panzerbewegungen in die Welt gesetzt haben, mit ganz besonderer Technik untersucht und nachgewiesen, dass die Bilder teilweise 15 Jahre alt waren und aus völlig anderen Konflikten stammten. Das zu erkennen oder zumindest damit zu rechnen, fordert von den Nutzern mittlerweile ein hohes Know-how.

Wenn Medienkompetenz in unserer Welt jemals wichtig war, dann heute.

Hanitzsch: In guten Redaktionen gibt es ganze Heerscharen von Journalisten, die nur damit beschäftigt sind, zu verifizieren, ob das Material authentisch ist. Gerade im Syrienkonflikt wurde den Medien sehr häufig von beiden Seiten Filmmaterial zugespielt, auch im israelisch-palästinensischen Konflikt gibt es das sehr oft. Ich glaube, das ist eine Kompetenz, die wir von Journalisten noch stärker einfordern müssen, weil das der normale User nicht leisten kann.

Fröhlich: Das kostet aber Geld.

Hanitzsch: Deswegen ist natürlich die Erwartung verkehrt, dass man einen guten Journalismus im Netz zum Nulltarif bekommt. Ich fand das schon immer sehr eigenartig, dass ausgerechnet bei einem so wichtigen Kulturgut wie Journalismus, von dem es heißt, Demokratie könne ohne ihn nicht funktionieren, verlangt wird, es solle sich irgendwie selbst finanzieren.

Einige Zeitungen haben nach einer langen Phase der Unentschlossenheit auf ihren Onlineseiten Bezahlschranken errichtet und verkaufen einen Teil des Contents. Wird sich das jetzt doch noch etablieren?

Thurman: Wer eine Zeitung liest, nimmt sich dafür im Schnitt etwa eine halbe Stunde am Tag Zeit. Wer online die Webseite einer Zeitung aufruft, bleibt höchstens zwei Minuten oder vielleicht sogar nur eine halbe Minute, weil das Angebot im Internet so groß ist und man schon mit einem Klick anderswo ist. Ich glaube daher nicht, dass die Pay Wall den traditionellen Medien eine spürbare Erleichterung bei ihren finanziellen Problemen bringen wird. Leser, die von Print zu Online wechseln, verbringen weniger Zeit mit einer bestimmten Medienmarke und daher sind auch die Anzeigen weniger wert. Wer ist schon bereit, für etwas Geld auszugeben, dem sich Leser vielleicht gerade mal 40 Sekunden am Tag widmen?

Hanitzsch: Ich glaube, vor allem die nationalen Leitmedien werden mit der Pay Wall



gut zurecht kommen. Auf der Ebene der lokalen Medien macht es wenig Sinn. Der potenzielle Einzugsbereich ist klein und man kann keinen Geldwert generieren, der vergleichbar wäre mit dem traditionellen Abo

Höchstens zwei Minuten auf einer Zeitungs-Website

oder der Kaufzeitung. Aber ganz entschieden ist diese Diskussion noch nicht. Es hängt viel davon ab, ob es gelingt, die Idee zu kultivieren, dass hochwertiger Journalismus kostenintensiv ist, und der Erwartung entgegenzuwirken, dass man tolle Bericht-



Ein Verlust des Vertrauens in die Medien? „Nur bei einem kleinen Teil der Bevölkerung, der sich jetzt allerdings sehr laut artikuliert“, sagt Thomas Hanitzsch (links) im Gespräch mit Romy Fröhlich und Neil Thurman. Fotos: LMU

erstattungen über Auslandskorrespondenten vom anderen Teil des Planeten erwarten kann, ohne dafür zu bezahlen.

Fröhlich: Ich glaube, diese Einsicht, dass man guten Journalismus nicht zum Nulltarif bekommt, muss sich erst durchsetzen bei den Verlegern, bei den Medienpolitikern und natürlich auch beim Publikum. Aber das gilt auch für die Einsicht, dass wir den Journalismus überhaupt brauchen. Wenn dieses Bewusstsein verlorengelht, dann werden auch die Geschäftsmodelle nicht tragen. Die allergrößte Gefahr sehe ich momentan darin, dass immer mehr Menschen glauben, sie brauchen keine Journalisten mehr, weil ja ohnehin die ganze Welt twittert.

Hanitzsch: Ich glaube, der entscheidende Punkt ist, dass wir bereit sein müssen, über Alternativen nachzudenken. Das könnte bedeuten, dass man auch andere Teilbereiche des Journalismus öffentlich subventioniert.

Dazu gibt es Überlegungen in skandinavischen Ländern; in Frankreich gibt es das schon länger. Wir haben in Deutschland nur indirekte Subventionen für die Presse und direkte im öffentlich-rechtlichen Bereich. Es gibt auch andere Möglichkeiten wie Crowdfinanzierung, eine Idee aus den USA, bei der mehrere Menschen bestimmte Projekte gemeinsam finanzieren. Das klassische Businessmodell werden wir möglicherweise nicht halten können.

Ökonomische Verluste in der Branche sind das eine. Aber hat der Journalismus auch an Glaubwürdigkeit verloren? Wie steht es um das Vertrauen in die Medien? Wutbürger hantieren ja gerne mit dem belasteten Begriff „Lügenpresse“.

Hanitzsch: Ich finde es überraschend, dass die Journalisten sich diesen Schuh immer wieder anziehen. In der angelsächsischen

Welt findet durchaus ein Vertrauensverlust in die Medien statt. Warum, darüber kann man nur spekulieren. In den meisten Ländern im kontinentalen Europa nimmt das Vertrauen aber eben nicht ab. In Deutschland ist es im Zeitverlauf nach Studien des World Value Survey sogar gestiegen. Ein ähnliches Ergebnis erbrachte auch eine Studie vom Allensbach Institut für Demoskopie vom Dezember letzten Jahres. Demnach ist einerseits eine Mehrheit unzufrieden mit der Flüchtlingsberichterstattung, weil da der Eindruck bestand, sie sei etwas tendenziös. Gleichzeitig besteht aber ein ungebrochenes Grundvertrauen in die Medien. Der Vertrauensverlust trifft nur auf einen kleinen Teil der Bevölkerung zu, der sich jetzt allerdings sehr laut artikuliert und der schon immer ein manchmal latentes, manchmal sehr deutliches Misstrauen gegenüber allen Institutionen hatte.

Thurman: Umfragen zeigen, dass das Vertrauen in alle Institutionen abnimmt, und das ist, denke ich, ein Anzeichen für größere gesellschaftliche Veränderungen. Dieser Vertrauensverlust betrifft natürlich auch die Medien. In Großbritannien gibt es große Unterschiede, wie sehr die Menschen öffentlich-rechtlichen Angeboten – etwa dem Rundfunk – trauen oder der Tabloid-Presse, die in den vergangenen fünf Jahren sehr viele Skandale hatte.

Hanitzsch: Das Vertrauen in Institutionen schwindet schon seit ungefähr den späten 1960er-Jahren kontinuierlich, insbesondere in politische Institutionen, aber auch in Familie, Kirchen und Schulen. Offenbar findet ein Kulturwandel statt und die Bevölkerung emanzipiert sich immer stärker von staatlichen und institutionellen Autoritäten. Jetzt kann man natürlich argumentieren, dass ein prinzipieller Skeptizismus eine gute Eigenschaft einer Demokratie ist. Gefährlich wird es aber, wenn das ins Gegenteil umschlägt, wie es jetzt zum Teil in Ostdeutschland zu beobachten ist, wo sich Menschen komplett abgelöst fühlen und prinzipielles Misstrauen entwickeln.

Sie haben eine Studie zum Journalismus in Großbritannien gemacht. Ein Ergebnis war, dass Onlinejournalisten nahezu dreimal so viele Texte produzieren wie ihre Printkollegen. Woran liegt das?

Hanitzsch: In der Studie von Neil Thurman und mir ging es um jede Form von Material, das veröffentlicht wird. Onlinejournalisten produzieren in der Regel viel kürzere Berichte und können Texte aus den Mutterhäusern übernehmen. Ich glaube, die Zahl für sich genommen ist jetzt nicht so dramatisch, aber in derselben Studie haben die meisten Journalisten gesagt, dass sie immer mehr produzieren müssen und immer weniger Ressourcen dafür haben – unabhängig davon, ob sie online oder offline arbeiten. Das bedeutet, dass Journalisten immer weniger Zeit haben, sich einer Geschichte zuzuwenden. Dann passieren natürlich Fehler



Recherchefeld Ukraine Konflikt: Welchen Bildern kann man trauen, welchen nicht? „Beeindruckend, wie schnell Falschmeldungen im Netz mitunter korrigiert werden“, sagt Romy Fröhlich. Soldat der ukrainischen Armee, Region Donezk, Juni 2016. Foto: Anatolii Stepanov/Getty Images

und dann können Geschichten nicht ausgerechert werden, weil man nur eine Quelle benutzen und Informationen oft nicht verifizieren kann.

Wagen Sie einen Blick in die Zukunft: Wie wird der Journalismus in zehn Jahren sein?

Hanitzsch: Ich glaube, dass der Journalismus sich gar nicht so stark verändern wird. Wenn wir heute zehn Jahre zurückschauen, sehen Redaktionen eigentlich immer noch so aus und Journalisten arbeiten immer noch so, wie sie es früher gemacht haben, nämlich überwiegend mit dem Telefon. Natürlich wird stärker mithilfe von Suchmaschinen recherchiert, was zur Konsequenz hat, dass durch die Trefferauswahl alle zu denselben Ergebnissen kommen. Sicherlich wird sich auch die Zusammenführung verschiedener Tätigkeitsbereiche noch verstärken. Früher gab es Layouter, heute bauen Redakteure ihre Seite am Bildschirm zusam-

man nicht unterschätzen, da Zeitungen traditionell sehr viel regionale Informationen produziert haben. Das Fernsehen wird dagegen kaum betroffen sein. Sicher wird es mehr interaktive Möglichkeiten geben. Es wird ja viel über neue Technologien wie Virtual Reality gesprochen, und bestimmt wird damit weiterhin experimentiert, aber aufgrund der hohen Produktionskosten wird sich das eher auf wenige ausgewählte Geschichten beschränken. Ich bin also eher skeptisch, was diese neuen Technologien betrifft, von denen es heißt, dass sie den Journalismus revolutionieren werden.

Fröhlich: Die größte Veränderung für den Journalismus ergibt sich dadurch, dass er sein Selektions-, Analyse- und Einordnungsmonopol verloren hat und noch stärker verlieren wird. Die Frage ist, ob der Journalismus etwas Neues erfinden wird, das ihn unverzichtbar macht. Und wird es auf einem gesamtgesellschaftlichen Level gelingen, den Menschen klarzumachen, dass es gut ist, wenn der professionelle Journalismus sein Monopol hat, weil eben auch Scharlatane unterwegs sind? Ein zweiter Trend wird darin bestehen, dass die Möglichkeiten für Public Relation, die öffentliche Meinung zu beeinflussen, noch besser werden. Vor allem dann, wenn der Journalismus weiter prekariert, wenn es zum Beispiel noch weniger Ressourcen gibt, eine dritte oder vierte Meinung einzuholen. Auf der anderen Seite hat in der PR in den letzten 15 Jahren eine Professionalisierung stattgefunden, die atemberaubend ist. Für gut gemachte PR stehen die Redaktionstüren zurzeit sperrangelweit offen. Ich habe schon vor Jahren gesagt, dass das für die PR nichts ist, worüber sie sich freuen kann, denn PR braucht einen gut aufgestellten Journalismus auf Augenhöhe, weil sie sonst ihrerseits an Glaubwürdigkeit verliert.

Thurman: Wir gehen oft davon aus, dass sich einmal eingeschlagene Trends beliebig fortsetzen. Aber von einem gewissen Punkt an wird das nicht mehr der Fall sein. Der Einfluss der PR als Nachrichtenquelle zum

Beispiel wird von einem bestimmten Moment an problematisch, nicht nur für die Journalisten und die Rezipienten, sondern auch für die PR selbst, die ja ein glaubwürdiges Umfeld braucht, damit sie funktioniert. Auf der anderen Seite gibt es Entwicklungen, die vor einigen Jahren niemand vorhergesagt hätte, etwa dass in Großbritannien neue Printzeitungen auf den Markt kommen. Jetzt gibt es die Zeitung *The New European*, die nach dem Brexit-Referendum gegründet wurde und sich zu halten scheint. Ich glaube, Entwicklungen sind häufig zyklischer als angenommen wird.

Prof. Dr. Romy Fröhlich

ist Professorin für Kommunikationswissenschaft an der LMU. Fröhlich, Jahrgang 1958, studierte Kommunikationswissenschaft, Neuere Deutsche Literatur und Theaterwissenschaft an der LMU und promovierte an der Hochschule für Musik und Theater in Hannover. 1998 wurde sie auf eine Professur für Journalistik und Öffentlichkeitsarbeit an der Universität Bochum berufen. Im Jahre 2000 wechselte sie an die LMU.

Prof. Dr. Thomas Hanitzsch

ist Professor für Kommunikationswissenschaft mit Schwerpunkt Journalismus an der LMU. Hanitzsch, Jahrgang 1969, studierte Journalistik und Arabistik/Orientalische Philologie an der Universität Leipzig und an der Universitas Gadjah Mada in Yogyakarta, Indonesien. Er promovierte an der TU Ilmenau, wo er auch Wissenschaftlicher Mitarbeiter war. Er war Oberassistent an der Universität Zürich, bevor er im Jahre 2010 nach München wechselte.

Prof. Dr. Neil Thurman

ist Professor für Kommunikationswissenschaft mit Schwerpunkt Computational Journalism an der LMU. Thurman, Jahrgang 1970, studierte Communication and Image Studies an der University of Kent, Großbritannien, und machte seinen Ph.D. in Journalism Studies an der City University London. Er war Visiting Lecturer an der University of Kent, arbeitete bei Interactive Learning Productions, Newcastle, als Design and Production Manager bei Yorkshire International Thomson Multimedia, Newcastle, und war zuletzt Associate Professor an der City University London, bevor er 2015 nach München wechselte.

Die Zahl der Journalisten wird weiter sinken

men. Ich glaube, die Personalisierung wird auf jeden Fall zunehmen. Das hat allerdings auch schon vor zehn Jahren angefangen, als vor allem in Ostasien sehr viel damit experimentiert wurde. Es ist auch nicht zu erwarten, dass technische Kompetenzen wichtiger werden, denn die Arbeitsweise mit den üblichen Softwareprogrammen hat sich auch nicht verändert in den letzten 20 Jahren. Ich schätze aber, dass die Zahl der Journalisten weiter rückläufig sein wird.

Thurman: Die Einnahmen der traditionellen Medien werden weiter zurückgehen und das wird Folgen haben für den Umfang an Nachrichten. Ich denke, die regionale Berichterstattung wird abnehmen. Das darf

The background of the entire page is an abstract composition of horizontal bands. These bands vary in width and color, featuring shades of dark green, light green, blue, and grey. The bands are set against a dark, almost black background, creating a layered, textured effect that resembles a digital or optical illusion.

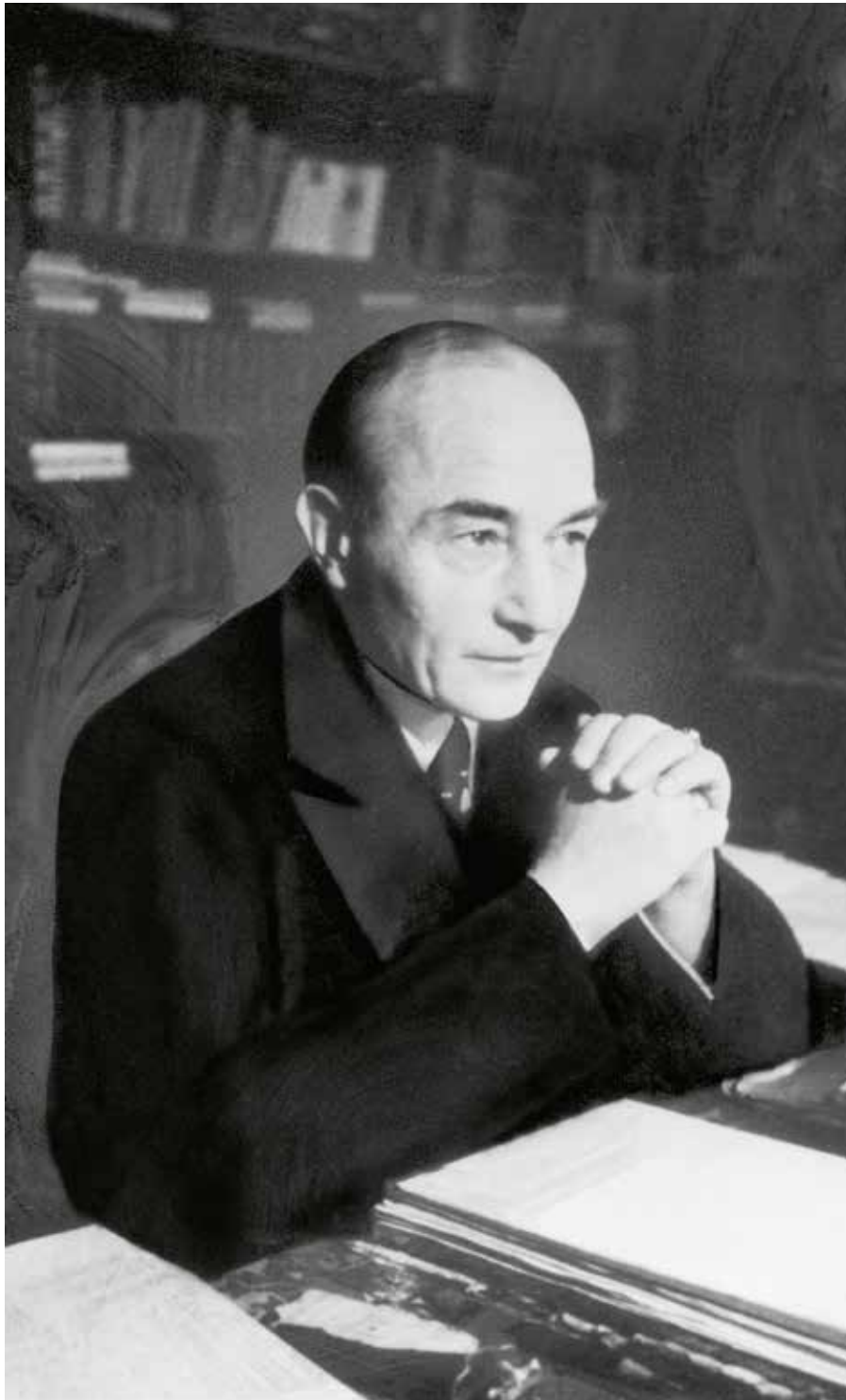
Im Modus der Moderne

Prosa – weit mehr als nur ein Gattungsbegriff: Die Literaturwissenschaftlerin Inka Mülder-Bach über eine sprachliche Ausdrucksweise als Spiegel und Formgeber der Wirklichkeit, über literarische Traditionsbrüche und die Entzauberung der Welt

Von Klaus Uhrig



Mammutwerk als Bühnenstoff: Der flämische Regisseur Guy Cassiers hat Robert Musils *Der Mann ohne Eigenschaften* aufgeführt – unter anderem auf dem Theaterfestival in Avignon, mit Tom Dewispelaere als Ulrich. Foto: Anne-Christine Poujoulat/Getty Images



„Das größte intellektuelle Abenteuer meines Lebens“, nennt Inka Mülder-Bach die Arbeit an ihrer Studie über Robert Musil (Aufnahme um 1930). Foto: akg-images/Imagno

Schreiben Sie das bitte nicht“, lacht Inka Mülder-Bach, auf eine außergewöhnliche Auszeichnung angesprochen, eine Ehrung, die bisher nur wenige Literaturwissenschaftler erhalten haben. Das sei ihr zugestanden. Nur so viel: Wer an hochdekorierte Forscher denkt, hat im Normalfall nicht sofort die Literaturwissenschaft im Blick. Das ist ein Fehler.

Inka Mülder-Bach ist eine geisteswissenschaftliche Spitzenforscherin: Professorin in München, Gastprofessorin an der US-Elite-Universität Princeton und Autorin von vielbeachteten literaturwissenschaftlichen Werken. Gerade erst hat sie einen neuen Forschungsschwerpunkt am Center for Advanced Studies der LMU mitbegründet: „Prosa schreiben“ – ein Projekt, an dem neben Literaturwissenschaftlern auch Historiker und Juristen beteiligt sind.

Einer breiteren Öffentlichkeit bekannt wurde Inka Mülder-Bach spätestens durch ihre mehr als 500 Seiten starke Studie zu einem der bedeutendsten und schwierigsten Werke der deutschsprachigen Literatur: Robert Musils *Der Mann ohne Eigenschaften*. „Das war das größte intellektuelle Abenteuer meines Lebens“, sagt sie. „Auch, weil ich lange nicht wusste, ob ich das tatsächlich schaffe.“ *Der Mann ohne Eigenschaften* ist so etwas wie das deutschsprachige Pendant zu James Joyces *Ulysses*: Ein Werk, dessen literarische Qualität unbestritten ist und das trotzdem seine Leser reihenweise in die Verzweiflung treibt. Es ist ein sperriger, ausufernder und bei genauerer Lektüre doch ungemein befriedigender Text. Und Inka Mülder-Bachs Musil-Studie ist ein hervorragendes Beispiel dafür, was Literaturwissenschaft kann. Nicht vereinfachen – „Musil light geht nicht“, hat Mülder-Bach in einem Interview mal gesagt –, sondern erklären, erläutern, Lesarten aufzeigen. Das öffentliche Interesse nach der Veröffentlichung war groß: „Wir haben viele Veranstaltungen zum Musil-Buch gemacht, wo jemand aus dem Roman gelesen hat und ich dann kommentiert habe. Und die Literaturhäuser waren

immer voll“, sagt Mülder-Bach. Viel Aufmerksamkeit gab es auch für ihre nur halb scherzhaft gemeinte Forderung, man solle analog zum „Bloomsday“, an dem die Joyce-Anhänger jedes Jahr den Protagonisten des *Ulysses* feiern, einen „Ulrichtag“ für Musil-Verehrer einführen. Doch dazu ist die Fangemeinde dann wohl doch etwas zu klein gewesen.

„Über dem Atlantik befand sich ein barometrisches Minimum; es wanderte ostwärts, einem über Rußland lagernden Maximum zu, und verriet noch nicht die Neigung, diesem nördlich auszuweichen. Die Isothermen und Isotheren taten ihre Schuldigkeit.“

Mit diesen Sätzen beginnt *Der Mann ohne*

Simplifizieren? »Musil light geht nicht«

Eigenschaften. Es ist eines der berühmtesten Anfangskapitel der Literaturgeschichte. Nicht nur wegen des barometrischen Minimums, sondern auch wegen des „kleinen Unglücksfalls“, der hier passiert, an diesem „schönen Augusttag des Jahres 1913“: Eine „querschlagende Bewegung“, ein Lastwagen strandet, ein Mann bleibt wie tot am Bordsteinrand liegen. Für Inka-Mülder-Bach ein geradezu paradigmatischer Anfang für einen modernen Roman, ein, wie sie sagt, „Anfang der Anfänge“. Lange Zeit hat die Literaturwissenschaftlerin zusammen mit einer Forschergruppe solche Anfänge analysiert: „Es ist der virulenteste Punkt des Textes. Also der Punkt, an dem der Text sich abschneidet von allen anderen Kontexten und seinen Einsatz macht. Und da war unter anderem die Frage: Wie macht man das?“ Frappierend oft beginnen moderne Romane und Erzählungen mit etwas, das Inka Mülder-Bach „Fälle“ nennt. Das kann ein Unfall



Auch über den Kulturtheoretiker Siegfried Kracauer (Porträt hinter zersprungenem Glas, um 1930) hat Inka Mülder-Bach gearbeitet und eine Werkausgabe mit herausgegeben. Foto: akg

sein, wie bei Musil, oder eine andere Zäsur, ein Bruch, etwas, das eine Differenz markiert und aus der Sphäre des Alltäglichen herausreißt. „Schon bei Heinrich von Kleist gibt es überhaupt keine Anfänge, die nicht Fälle sind“, sagt Mülder-Bach, ob es nun eine Naturkatastrophe ist wie beim *Erdbeben in Chili* oder die mysteriöse Schwangerschaft der Novelle *Die Marquise von O...*

Auch bei den Erzählungen Franz Kafkas steht am Beginn fast immer ein „Fall“: eine Verhaftung, ein Urteil oder der verstörende Anfang seiner Erzählung *Die Verwandlung*: „Als Gregor Samsa eines Morgens aus unruhigen Träumen erwachte, fand er sich in seinem Bett zu einem ungeheuren Ungeziefer verwandelt.“

Doch warum beginnen viele moderne Texte mit solchen Brüchen, mit Zäsuren, die geradezu einen traumatischen Charakter haben können? „In vielen dieser Anfangskonstruktionen“, so Inka Mülder-Bach, „verhandelt die Moderne den Traditionsbruch, der sie selber ist oder sein will. Aus dem Bruch erwächst die Notwendigkeit und Möglichkeit eines Erzählens, das seinen eigenen Anfang nie einholen kann.“

Eine ähnliche Doppelbedeutung liegt auch dem neuesten Forschungsprojekt Mülder-Bachs zugrunde: Dem Schwerpunkt „Prosa schreiben“ am Center for Advanced Studies. Hier untersucht die Münchner Literaturwissenschaftlerin zusammen mit einer interdisziplinären Arbeitsgruppe „Prosa“ nicht nur als Gattungsbezeichnung, sondern als Begriff für einen „Weltzustand“, wie es bei Hegel heißt: „Einerseits meint Prosa eine Sprachform, die metrisch nicht gebunden ist. Und andererseits hat das Wort sich im 18. und frühen 19. Jahrhundert als ein Leitbegriff durchgesetzt, in dem die Moderne ihre eigene Verfassung beschreibt. Sie beschreibt sich selbst als Prosa.“

Prosa ist überall. Zunächst natürlich in der Literatur. Dort hat sie spätestens in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Lyrik so weit zurückgedrängt, dass Literatur und Prosa inzwischen fast schon deckungsglei-

che Begriffe sind. Das liegt möglicherweise einerseits daran, dass die Lyrik ausgewichen ist, in den Popsong. Eine Vermutung, die nicht erst seit der Vergabe des Literatur-Nobelpreises an Bob Dylan naheliegt. Doch es gibt noch eine andere Erklärung: Die Prosa ist so dominant, weil sie so gut geeignet ist, unsere Welt zu beschreiben, da unsere Welt selbst und unser Blick auf sie ebenfalls prosaisch sind. „Prosa ist seit dem 18. Jahrhundert ein Begriff, in dem eine Schreibweise eingeführt wird mit einem ‚Weltzustand‘ oder einer Wirklichkeitsverfassung: Mit der Moderne, mit den modernen Wissenschaften, dem modernen Staat

Ein Begriff für einen »Weltzustand«

und seiner Verwaltung, der an ökonomischen Zwecken ausgerichteten bürgerlichen Gesellschaft und den sachlich-nüchternen Routinen des Alltags. Und diese Engführung ist das Interessante.“ Prosa, so Mülder-Bach, ist Zustand und Sprache der entzauberten Welt. Einerseits ist sie seit der Aufklärung Ausdruck der Emanzipation von traditionellen Bindungen, andererseits ist sie auch ein Narrativ des Banalen, Alltäglichen, Bürokratischen.

Um diesem Phänomen aus verschiedenen Perspektiven auf den Grund zu gehen, arbeiten die Literaturwissenschaftler mit Kollegen aus anderen Fachbereichen zusammen: „Mit Prosatexten haben es nicht nur Literaturwissenschaftler zu tun, sondern auch Juristen. Juristische Prosa bestimmt ja unser Leben in hohem Maße. Und auch Historiker sind schon von alters her mit Prosa befasst.“ Was viele dieser Prosaformen vereint, ist ihre relative Unauffälligkeit. Sie wirken wie natürliche Redeformen, deren formale

Merkmale und formative Effekte nicht ins Auge springen. Doch obwohl Gesetzestexte, historische Werke und moderne Romane nicht in gebundener Form mit Vers und Metrum abgefasst sind, folgen sie trotzdem bestimmten sprachlichen und formalen Konventionen. Auch literarische Prosa mag manchmal zunächst geradezu natürlich wirken, vor allem, wenn sie nahe an der Alltagssprache abgefasst ist. Doch Inka Mülder-Bach gibt zu bedenken: „Es ist tatsächlich keinesfalls eine natürliche Sprache. Es sieht nur zunächst so aus. Deshalb geht es uns in dem Forschungsschwerpunkt unter anderem darum, Aufmerksamkeit dafür zu schaffen, wie Natürlichkeitseffekte entstehen. Also um etwas, das unkonstruiert erscheint, aber in höchstem Maße konstruiert ist.“

Einen solchen interdisziplinären Schwerpunkt findet Inka Mülder-Bach sehr aufschlussreich, da die unterschiedlichen Perspektiven der beteiligten Forscher wichtige Anstöße für die weitere Arbeit geben. Doch diese findet dann wieder, ganz klassisch, vor allem durch die eigene Lektüre statt. Denn so interdisziplinär und kollaborativ die Literaturwissenschaft inzwischen auch aufgestellt ist, kann doch nichts die eigene Beschäftigung des Forschers mit dem Text ersetzen. „Man kann es nicht abkürzen, und man kann es auch nicht kollektivieren. Das Buch muss ich selber lesen.“

Diese Praxis der literaturwissenschaftlichen Forschung bleibt sich über die Ländergrenzen hinweg gleich. Seit sie regelmäßig auch an der amerikanischen Universität Princeton forscht, hat Inka Mülder-Bach aber in anderen Hinsichten etliche Unterschiede festgestellt. So sind deutsche Literaturwissenschaftler in der Regel breiter aufgestellt als ihre amerikanischen Kollegen, die sich häufig auf ein Forschungsgebiet fokussieren: „In den USA können Sie gut damit durchkommen, dass Sie sich Ihr Leben lang nur mit einer Epoche oder einem Autor beschäftigen. Man wird manchmal geradezu ein bisschen seltsam angeguckt, wenn man



Die Arbeit am Text „kann man nicht abkürzen, nicht kollektivieren“, sagt Inka Mülder-Bach. „Das Buch muss ich selber lesen, selber darüber nachdenken.“ Foto: LMU

mehrere historische Schwerpunkte hat. Als ob man nicht auf die 1920er Jahre spezialisiert sein und gleichzeitig zur Aufklärung arbeiten könnte.“

Sie selbst hat hingegen zu den unterschiedlichsten Themen geforscht. Und dabei hat sie schon früh über den Tellerrand der klassischen Literaturwissenschaft hinausgeblickt. Eines ihrer größten Projekte war die neunbändige Edition der Werke des Kulturtheoretikers Siegfried Kracauer, die sie gemeinsam mit ihrer Kollegin Ingrid Belke herausgegeben hat. Eine Mammut-Ausgabe, die von Kracauers Feuilletons und Kritiken über seine Romane und soziologi-

schen Abhandlungen bis hin zu seinen Filmschriften und geschichtsphilosophischen Studien reicht. Und neben dem 20. Jahrhundert arbeitet die Literaturwissenschaftlerin auch in komparatistischer Perspektive über die Literatur des 18. und 19. Jahrhunderts. Was sie dabei antreibt, ist ein Erkenntnisinteresse, das über alle Forschungen hinweg im Grunde das gleiche geblieben ist: Was Literatur eigentlich ist. Was das Literarische eigentlich literarisch macht. „Geisteswissenschaften“, sagt Inka Mülder-Bach, „sind, wenn man sie richtig betreibt, kulturelle Grundlagenforschung. Sprache und Literatur sind Grundlagen unserer Kultur.“ ■

Prof. Dr. Inka Mülder-Bach

ist seit 2002 Inhaberin des Lehrstuhls für Neuere deutsche Literatur und Allgemeine Literaturwissenschaft an der LMU. Mülder-Bach, Jahrgang 1953, studierte an den Universitäten Tübingen, Oslo und Berkeley, promovierte an der Universität Tübingen und habilitierte sich an der Freien Universität Berlin. Sie lehrte und forschte an der FU Berlin und am Zentrum für Literaturforschung in Berlin, bevor sie 1998 als Professorin an die LMU berufen wurde. Mülder-Bach war Sprecherin der DFG-Forschungsgruppe „Anfänge (in) der Moderne“ und ist Sprecherin des Schwerpunktes „Prosa schreiben“ am Center for Advanced Studies (CAS) der LMU. Seit 2012 ist sie außerdem Permanent Visiting Fellow an der Princeton University, USA.

A man with short hair, wearing a blue and white striped button-down shirt, is smiling slightly. He is holding two small, round, brown objects, possibly pieces of wood or stone, one in each hand. The background is a blurred room with shelves filled with many small, light-colored boxes or containers.

Im Spiegel der Schrift

Dokumente gesellschaftlicher Dynamik: Kulturwissenschaftler der LMU untersuchen historische Schreiben als Zeugnisse von Lebensrealität und Sozialstruktur – und damit auch die Wechselbeziehung von Wort und Wandel. Drei Beispiele

„Keilschrift ist dreidimensional“, sagt Walther Sallaberger, deswegen genügen Fotos allein nicht, es braucht den Augenschein und präzise Umzeichnungen. Foto: Jan Greune

Im Anfang war die Schrift: Die Texte und Fragmente, oft nur Notate oder gar prosaische Alltagszeugnisse, gehören in vergangene Zeiten, sie entstammen ganz unterschiedlichen Kulturen. Manche Schreiben sind öffentlich, manche privater Natur. Sie spiegeln Herrschaftsverhältnisse, Glaubensgrundsätze, Geschäftsbeziehungen, Familienstrukturen. Diese Schriftstücke haben die Zeiten überdauert, LMU-Wissenschaftler erwecken sie nun zu einem zweiten Leben: Die Experten entziffern, übersetzen, deuten und kommentieren sie. Sie analysieren das Umfeld, in dem sie entstanden sind. Und machen sie nutzbar für die Wissenschaft – in Sammlungen, die die technischen Möglichkeiten moderner Datenverarbeitung ausschöpfen und so wertvolle Hilfsmittel für die kommende Generation kultur- und sprachwissenschaftlicher Forschungsvorhaben sind.

Das Geschäft mit der Gerste

Die Vergangenheit neu entdecken: Keilschrift-Funde erhellen das Wirtschaftsleben Mesopotamiens

„Ein Foto lügt immer!“ Walther Sallaberger ist ein sehr zurückhaltender Wissenschaftler, der sorgfältig abwägt und vorsichtig formuliert. Wenn es jedoch um die Veröffentlichung von Keilschrift-Texten geht, argumentiert der Professor für Assyriologie sehr bestimmt: „Ein Foto lügt immer, weil es nur eine Beleuchtung hat. Die Keilschrift aber ist dreidimensional – und deshalb sind die Umzeichnungen so wichtig“, Skizzen, die die Struktur der Zeichen exakt wiedergeben. Die Tiefe der rund 3000 Jahre alten mesopotamischen Schriftzeichen, die im Zweistromland zwischen Euphrat und Tigris mit spitzen Holzgriffeln in etwa handtellergroße Tontäfelchen geritzt wurden, lässt sich am besten durch kunstvolles Abpausen und Abzeichnen darstellen, sagt Sallaberger. Um die Schrift entziffern zu können, braucht es abgesehen von speziellem Fachwissen also neben qualitativ hochwertigen Fotos idealerweise auch gute Umzeichnungen.

In einem kleinen Büro beugt sich neben Walther Sallaberger auch Nawala al-Mutawalli Mahmood über einen Laptop. Gemeinsam entziffern die beiden Altorientalisten in einer „echten wissenschaftlichen Kooperation“, wie Sallaberger mehrmals ausdrücklich betont, die Keilschrift-Funde der Forscherin aus dem Irak. Mahmood ist

Professorin der angesehenen Bagdader Universität und hat unter schwierigsten Umständen im antiken Umma, dem heutigen Djokha, gegraben, einer sumerischen Stadt in der heutigen Wüste des südlichen Irak. Für Sallaberger ist die Kooperation mit Mahmood ein großes Glück, denn westliche Forscher können seit Jahrzehnten in dem durch drei verheerende Golfkriege und dem Erstarken der Terrororga-

Lebensmittel für das Tempelpersonal

nisation IS gebeutelten Land kaum mehr arbeiten. „Auf einmal wird das ganze Denken anders“, fasst Sallaberger den intensiven Austausch mit seiner irakischen Kollegin zusammen: „Gerade in schwierigen Zeiten ist es enorm wichtig, dass der Kontakt aufrechterhalten wird.“

Gut 200 Tontafeln aus dem frühen 19. Jahrhundert vor Christus, der Zeit der ersten Dynastie von Isin, hat Mahmood entdeckt. Die Dokumente belegen vor allem Gerste-

lieferungen an den Šara-Tempel von Umma. Das Getreide war in der Bronzezeit Hauptnahrungsmittel und bei Bierbauern beliebt. In diesem speziellen Fall diente es aber auch der Schafzucht. Sie wurden als Opfertiere gehalten für Šara, den Hauptgott Ummas. Auf den ersten Blick mutet Mahmoods Fund also wenig spektakulär an, schließlich sind mehrere Zehntausend Keilschrift-Funde aus Mesopotamien bekannt; die frühesten sind fast 1500 Jahre älter als Mahmoods Tafeln aus Umma.

Vor allem Verwaltungstexte haben die seit über 100 Jahren stattfindenden Raubgrabungen, die im Übrigen enorme Schäden verursachen, zutage gefördert. Und doch ist das Projekt von Sallaberger und Mahmood einmalig, denn die von Archäologen ausgegrabenen Schriftstücke stammen alle aus einem einzigen Raum und umfassen nur etwa vier Jahre. Sie bilden also ein geschlossenes Korpus, das einen tiefen Einblick in das alltägliche Wirtschafts- und Sozialleben dieser frühen Hochkultur gewährt. Damit können die Forscher auch den Alltag ganz gewöhnlicher Menschen nachvollziehen. Denn die Schrifttafeln dokumentieren vor allem Lebensmittelzuweisungen für das Tempelpersonal. Sie beantworten also die Frage: Wer hat wann welche Leistung wofür erhalten?

Normalerweise nutzt Sallaberger die *Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie*, die er herausgibt und die für ihn „vor allem ein Wissensarchiv“ ist, um derartige Funde der Fachwelt bekannt zu machen. Beteiligt ist sein Lehrstuhl auch an digitalen Projekten. Um allerdings nicht nur die westliche Wissenschafts-Community, sondern auch die ira-

kischen Studenten an den Erkenntnissen über die Frühgeschichte ihres Landes teilhaben zu lassen, haben sich Mahmood und Sallaberger für die Publikation der Umma-Urkunden in Englisch und Arabisch entschieden. Denn der Antrieb der Archäologin Mahmood und des Philologen Sallaberger ist der gleiche: Sie wollen „Dinge aus der Vergangenheit neu entdecken, die

lange niemand mehr gesehen hat – und sie dann veröffentlichen“.

Maximilian Burkhart

Prof. Dr. Walther Sallaberger ist Inhaber des Lehrstuhls für Assyriologie an der LMU. Die „Publikation frühaltbabylonischer Bullen aus den Grabungen von Umma (Djokha)“ wird von der Gerda-Henkel-Stiftung gefördert.

Die Typfrage

Rekonstruktion einer Zeitenwende: LMU-Forscher sichten Dokumente aus der Frühzeit des Islam

Vergleichsmieten, Staffellokale – solche Klügelien des heutigen Mietrechts konnte man im arabischen Alltag vor gut einem Jahrtausend wohl kaum. Schriftliche Mietverträge dagegen waren ganz offensichtlich bereits Standard. Abadar b. Istafan jedenfalls schließt in seiner Heimatstadt al-Ushmunayn in Oberägypten einen umfangreichen Kontrakt ab. Die Lage der Wohnung ist darin genauestens beschrieben. Sie liegt „im Stadtteil westlich vom großen Markt“, unweit der Moschee.

Auch der Mietzins ist festgelegt, drei Viertel eines Hakimi-Dinar, einer damals gängigen Goldwährung, muss Abadar für ein Jahr zahlen, ein Viertel hat er schon beglichen, zwei weitere Viertel werden noch fällig. Und nach Ablauf des Jahres soll er die Wohnung besenrein übergeben, „leer von Bewohnern und frei von Staub“, wie es im Vertrag heißt, und „mit ihren hölzernen Türen und ihren Schlössern“. Es folgen die Unterschriften von Vermieter und Mieter sowie einer Reihe Zeugen. Die Eingangsformel „Im Namen Gottes, des Barmherzigen und Gnädigen“ darf nicht fehlen, im Jahr 403 d.H., nach unserer Zeitrechnung im Jahr 1012. Weder bei Christen, noch bei Juden, noch bei Muslimen. Geschrieben ist der Vertrag auf Arabisch, auf einem Stück Papier, wie es damals aus Lumpen hergestellt wurde, es hat unge-

fähr die Größe einer heutigen Briefkarte. Diese Angaben lassen sich wie auch der Inhalt in der Arabic Papyrology Database, kurz APD, nachlesen, einer bislang einmaligen Datenbank für historische Schriftstücke aus dem arabischen Raum. Mehr als 1500 Dokumente sind darin bereits registriert, übersetzt sowie mit Kommentaren und Suchfunktionen versehen. Sie stam-

Die Wohnung ist besenrein zu übergeben

men allesamt aus der Frühzeit des Islam. Es sind Erlasse, Verträge, Briefe, Notizen und schlichte Quittungen: Dokumente des Alltags, mal hochoffiziell, mal geschäftlich, mal privat.

Doch bislang ist nur ein Bruchteil der verfügbaren Schriftstücke ausgewertet und katalogisiert. Gut 200.000 sind in Ägypten zutage gefördert worden, sozusagen als eine Art Beifang von Grabungen an der Wende zum 20. Jahrhundert. Sie lagern in Archiven vor allem in Berlin und Wien. Vermutlich sind noch unzählige weitere

unter dem „heißen Wüstensand“ verborgen, sagt Andreas Kaplony, Inhaber des Lehrstuhls für Arabistik und Islamwissenschaft an der LMU. Sein Team pflegt und erweitert die Datenbank zur arabischen Papyrologie ständig, in Zusammenarbeit mit den Universitäten Zürich und Wien.

Alle bislang gefundenen Papiere, Pergamente und Papyri auszuwerten, dürfte eine wahre Sisypusarbeit sein. Publiziert sind weltweit jedenfalls bislang nur etwa 3500 Dokumente. Die Wissenschaftler wollen nun Instrumente dafür entwickeln, dass sich die Schriftstücke erst einmal sichten und schneller einordnen lassen. Dafür definieren sie Typen von Dokumenten, denen sich bislang noch nicht untersuchte Fundstücke nach möglichst einfachen Kriterien zuordnen lassen. Zehn grobe Kategorien haben sie bislang aufgemacht, jede soll noch in Untergruppen differenziert werden. Woran lassen sich zum Beispiel Steuerquittungen auf den ersten Blick erkennen? Wie kann man, auch ohne das Dokument zu übersetzen, mit einfachen Mitteln feststellen, ob es sich um einen Kaufvertrag oder um etwa einen Heiratsvertrag handelt?

Insgesamt eine Arbeit, die sich aus Sicht der Wissenschaftler unbedingt lohnt. In der Summe eröffnen die Dokumente „einen Reichtum an Quellen, die bislang na-



Zeugnisse der Zeitenwende: Die Alltagsdokumente offenbaren einen „Reichtum an Quellen“, sagt Andreas Kaplony, hier an einer Schreibmaschine mit arabischen Lettern. Foto: J. Greune

hezu unbekannt sind“, sagt Kaplony. Die Forscher versprechen sich davon einen tiefen Einblick in die Alltagsgeschichte in der Frühzeit des Islam zwischen dem 7. und 16. Jahrhundert. Sie wollen damit ein Bild vom Leben auch der einfachen Bevölkerung zeichnen, das die bekannteren und bislang besser untersuchten literarischen Quellen nicht geben. Wie waren Eigentum und Einkommen in den Städten verteilt, wie auf dem Lande? Welche Rechte hatten Frauen in der Gesellschaft und welche Stellung in der Familie?

Es waren Zeiten des Übergangs: Mitte des 7. Jahrhunderts wurde Ägypten von den Arabern erobert, die Phase der Islamisierung begann. Zuvor, als Ägypten zum Ost-römischen Reich gehörte, war das Christentum die dominierende Religion, die Bevölkerung sprach Koptisch. Unter der neuen Herrschaft war es zunächst nur eine kleine Oberschicht, die Arabisch schrieb. Mit der Zeit aber setzte sich das Arabische als die Handels- und Kommunikationssprache durch, „so wie es heute weltweit das Englische ist“, sagt Kaplony. Eine kulturelle Blüte setzte ein, die Schriftlichkeit etwa war weit verbreitet „und die Alphabetisierungsrate sicher größer als in Europa zu dieser Zeit“, erklärt der LMU-Forscher. Die Aussagen der Alltagsdokumente, so hoffen die Wissenschaftler, sollen sich wie Mosaiksteine zu einem möglichst vollständigen und lebendigen Bild fügen. Sie sollen Auskunft geben über die gesellschaftliche Dynamik, über Herrscher und Beherrschte, über alte und neue Eliten sowie den Wandel des Rechtssystems, der Sozialstrukturen und die Entfaltung einer neuen Kultur.

Martin Thureau

Prof. Dr. Andreas Kaplony ist Inhaber des Lehrstuhls für Arabistik und Islamwissenschaft an der LMU. Die Arabic Papyrology Database (www.naheer-osten.lmu.de/apd) wird von der Andrew W. Mellon Foundation gefördert.

Glaube auf Reisen

Als der Buddhismus nach China kam: Edition der ältesten bekannten Handschriften Indiens

„Vom Geist geführt sind die Dinge, vom Geist beherrscht, aus Geist gemacht ...“ – mit diesen Worten beginnt eine der wichtigsten buddhistischen Vers-Sammlungen. Ein Stück Birkenrinde, handschriftlich mit Tinte beschrieben, zeugt von ihrer frühen Verbreitung. Es wurde im Nordwesten des heutigen Pakistan gefunden und ist etwa 2000 Jahre alt. Damit reicht das Schriftstück nah an den Anfang der schriftlichen Überlieferungen in der Region heran, die damals Gandhara hieß. „Schrift war eine sehr späte Erfindung in Indien“, sagt Jens-Uwe Hartmann, Inhaber des Lehrstuhls für Indologie an der LMU. Eingeführt wurde sie vermutlich aus bürokratischen Gründen im ersten indischen Großreich, das sich über das heutige Pakistan und Afghanistan sowie Nordindien erstreckte.

Das Schriftstück zeugt von einer Zeit, als Gandhara eine Hochburg des indischen Buddhismus war. Es stammt aus einer Folge von Handschriftenfunden, die erst seit den 1990er-Jahren nach und nach der Wissenschaft zugänglich wurden. Inzwischen sind etwas mehr als 100 Birkenrindenhandschriften und ein Vielfaches an Fragmenten bekannt. Sie sind in Gandhari-Sprache und Kharosthi-Schrift verfasst. Buchstabe folgt auf Buchstabe, es gibt keine Wortabstände. Geschrieben wurde von rechts nach links. Einzelne Rindenblätter wurden zu Schriftrollen aneinandergeliebt oder geheftet. Doch das Material ist brüchig. Beim Entrollen gehen unweigerlich Textstellen verloren. Die Originale mussten erst aufwendig restauriert werden und lagern seither zwischen Glasplatten fixiert in eigens klimatisierten Räumen, unter anderem in der British Library in London. Für die Forschung wurden sie digital fotografiert – ein Vorteil, denn so lassen sich Textstellen vergrößern. Im Rahmen eines Projekts der Bayerischen Akademie der Wis-

senschaften (BAW), das am Institut für Indologie und Tibetologie der LMU angesiedelt ist, werden die Handschriften nun ediert, im ursprünglichen Wortlaut rekonstruiert und übersetzt. Eine wahre Detektivarbeit, denn die Texte liegen nur fragmentarisch vor. Selten lassen sich ganze Zeilen erkennen, selbst Sätze und einzelne Wörter sind auseinandergerissen.

Die Forscher nutzen die Möglichkeiten moderner Technologien. Sie erstellen Textausgaben in einer digitalen Forschungsumgebung und aktualisieren laufend ein Online-Wörterbuch, das mit einem Katalog aller Schriften verlinkt ist. „Nach Jahren der Materialsammlung gibt es nun 7000 Wörterbuchartikel, die alle bislang veröffentlichten Handschriften abdecken“, sagt Dr. Stefan Baums, Arbeitsstellenleiter des Projekts und Herausgeber des Wörterbuchs. Die digitale Infrastruktur des Projekts erleichtert zudem die Zusammenarbeit mit internationalen Partnern und Spezialisten, unter anderem an Universitäten in Lausanne, Seattle und Sydney.

Die ersten drei Handschriften haben die Forscher inzwischen entziffert und veröffentlicht, darunter eine religiöse Spruchsammlung und eine Abhandlung aus dem Kontext einer Neuerungsbewegung des indischen Buddhismus, Mahayana genannt. Die Vielfalt der literarischen Formen der Texte, die sich grob in Lehrreden, Dichtung, Kommentare, religiöse Erzählungen und Säkulares unterteilen lässt, hat die Wissenschaftler überrascht. „Die ersten Editionen zeigen, dass sich die verschiedenen Gattungen gegenseitig intensiv beeinflusst haben“, sagt Baums.

Ziel des Projekts ist es, auf Grundlage der Textausgaben eine Geschichte der Literatur und des Buddhismus in Gandhara zu erarbeiten und dazu beizutragen, die Genealogie der Schriften des indischen Sprach-

raums zu rekonstruieren. Radiokarbon-Analysen haben gezeigt, dass das älteste Schriftstück aus dem ersten Jahrhundert vor Christus stammt. Gandhara lag an der Seidenstraße, die den Westen mit Indien und China verband. Archäologische Funde und Kunstwerke belegen, welche wichtige kulturelle Impulse von der Region ausgingen. Die Handschriften zeigen nun die religionsgeschichtliche Bedeutung Gandharas, das eine Schlüsselrolle für die Verbreitung des Buddhismus nach Zentralasien und China hatte. Offenbar begaben sich die Händler und Kaufleute unter den Schutz der neuen Religion und brachten den Buddhismus nach Osten. Inzwischen lässt sich belegen, dass frühe chinesische Übersetzungen buddhistischer Texte auf Fassungen in Gandhari basieren.

Die Sprache Gandhari ist schon lange ausgestorben, ebenso die Schrift Kharosthi, die nur über einen Zeitraum von 600 Jahren geschrieben wurde. Schrift und Sprache gerieten über mehr als 1000 Jahre in Vergessenheit, bis Inschriften auf archäologischen Funden auftauchten. Die Vermutung, dass es sich dabei um eine buddhistische Literatursprache handelte, bestätigte sich aber erst mit den neuen Birkenrindenfunden und deren Auswertung. Heute erzählen die Handschriften von einer Ausprägung des Buddhismus, die seit Langem verschwunden ist, und sie zeugen von einer Zeit, die entscheidend dafür war, dass der Buddhismus zur Weltreligion wurde.

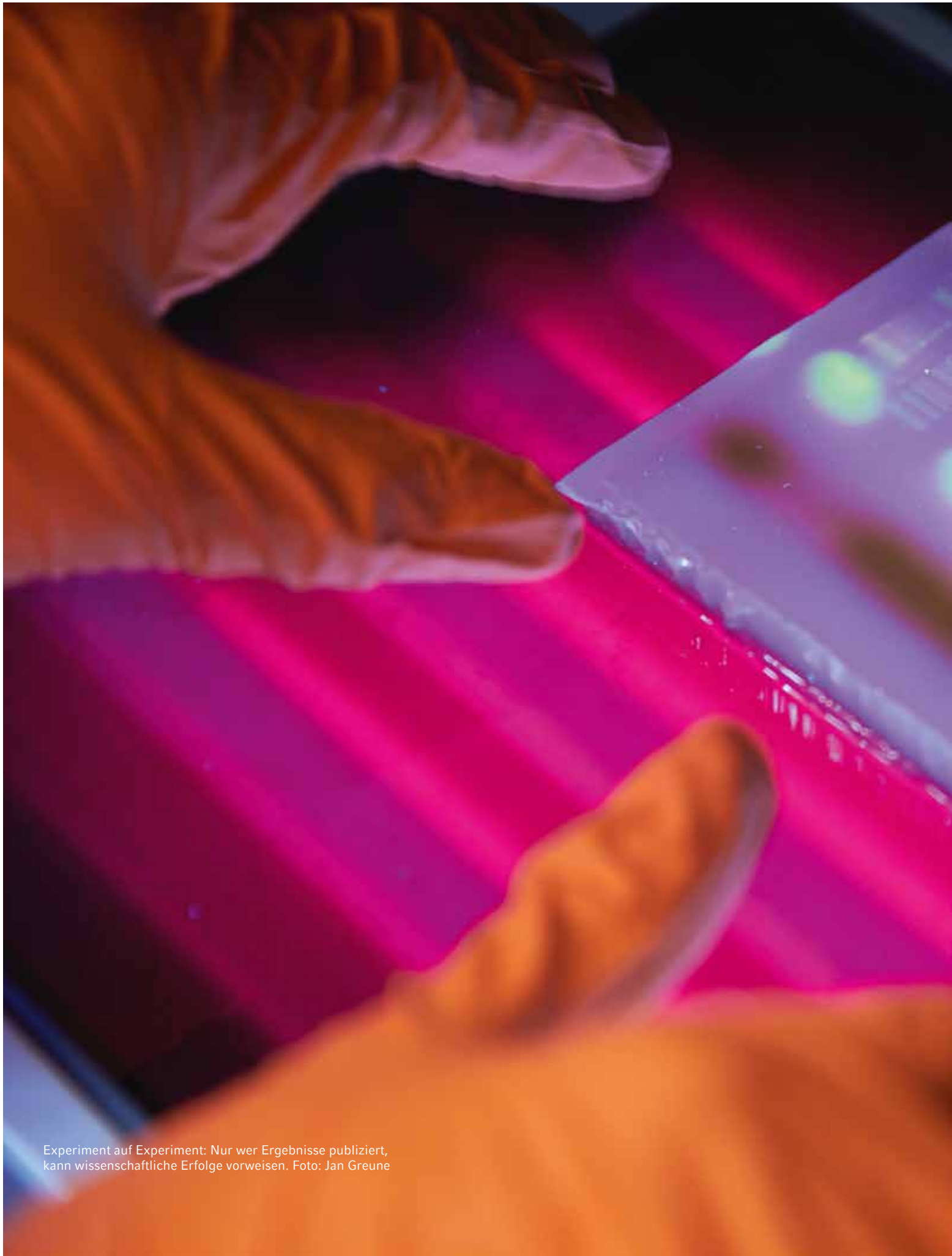
Nicola Holzapfel

Prof. Dr. Jens-Uwe Hartmann ist Inhaber des Lehrstuhls für Indologie an der LMU und Leiter des Projektes „Buddhistische Handschriften aus Gandhara“ der BAW. **Dr. Stefan Baums** ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Indologie und Tibetologie der LMU und Arbeitsstellenleiter des Gandhara-Projekts.



„Freude – auch wenn man sie sich nicht wünscht, gibt es doch Freude. Nachdem man alles aufgegeben hat, das untauglich, leidbringend und unangenehm ist, wie sollte da keine Freude entstehen?“, so heißt es auf einer der beiden Textrollen (unten), die eine scholastische Diskussion zu Fragen eines buddhistischen Heilsideals wiedergeben. Sie stammen aus der antiken Region Gandhara, erstes oder zweites Jahrhundert nach Christus. Leiter des Gandhara-Forschungsprojektes ist Jens-Uwe Hartmann (oben). Fotos: Andrea Schlosser/LMU (2), Jan Greune





Experiment auf Experiment: Nur wer Ergebnisse publiziert,
kann wissenschaftliche Erfolge vorweisen. Foto: Jan Greune



Die Kultur des Austauschs

Open Access: Der Molekularbiologe Peter Becker, der Physiker Jan Lipfert und der Volkswirt Joachim Winter über die Maßstäbe wissenschaftlichen Erfolgs, frei zugängliche Publikationen im Netz und die Probleme eines Systemwechsels

Moderation: Martin Thureau

Die freie Zirkulation des Wissens, ein ungehinderter Austausch von Forschungsergebnissen und Erkenntnissen – ohne Bezahl-schranken: Die Idee vom offenen Zugang zu wissenschaftlichen Publikationen im Netz verknüpfen die Anwälte des Open Access mit großen Hoffnungen. Und die Politik hat sich offenbar bereits darauf festgelegt: Alle mit EU-Geldern geförderten Forschungsarbeiten sollen vom Jahr 2020 an im Internet frei verfügbar publiziert werden, so will es der EU-Rat „Wettbewerbsfähigkeit“. Eine ähnliche Linie verfolgt auch Bundesforschungsministerin Johanna Wanka. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Max-Planck-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft und die Leibniz-Gemeinschaft haben sich wie die Hochschulrektorenkonferenz (HRK) ebenfalls für den Umstieg ausgesprochen.

Doch wie ist die Stimmung unter den Wissenschaftlern? Immerhin ist es ein vertracktes Beziehungsgeflecht, das Forscher und Fachblätter zusammenhält: Wer nicht veröffentlicht, kommt in der Wissenschaft nicht weiter – dieser Grundsatz kennzeichnet einen gewissen Druck, unter dem Forscher stehen, wenn sie ihre Arbeiten zur Publikation einreichen. Die Verlage verdienen damit Geld, und sie stehen umso besser da, je begehrter ihre Magazine sind. Ihr Renommee beruht auf der Auswahl möglichst besonders interessanter Arbeiten, nicht zuletzt durch die Begutachtung, die Wissenschaftler untereinander im sogenannten Peer Review vornehmen. Mit den Möglichkeiten des Internets ist dieses Konstrukt ins Rutschen geraten, nicht zuletzt wegen der Preispolitik der mächtigeren der Verlage. In laufenden Verhandlungen fährt die HRK nun mitunter einen härteren Kurs. Wie also sieht die Zukunft des Veröffentlichens aus?

Wie weit hat sich Open Access in Ihrem Umkreis schon durchgesetzt?

Becker: Ich leite einen relativ großen Lehrstuhl am Biomedizinischen Centrum. Wir

veröffentlichen im Jahr zwischen 20 und 30 Arbeiten, etwa ein Fünftel in Open-Access-Publikationen.

Lipfert: Meine Gruppe in der Physik ist kleiner, wir veröffentlichen sieben oder acht Paper im Jahr, davon zwischen 20 und 30 Prozent in Open-Access-Journalen. Vielleicht zur Begriffsklärung: Diese Magazine funktionieren im Grunde wie die gängigen Fachblätter, sie haben einen Herausgeber, haben vor allem ein Peer Review, in dem andere Wissenschaftler vorab die Qualität der Arbeiten beurteilen. Dazu gehören zum Beispiel die Journale *PLOS One* oder *PLOS Biology*, in denen ich als Biophysiker auch öfter Arbeiten habe. In den verschiedenen Subdisziplinen der Physik aber haben sich sehr unterschiedliche Publikationskulturen ausgebildet. In der Astronomie, der Kosmologie oder etwa der Theoretischen Teilchenphysik laden die Wissenschaftler ihre Arbeiten zunächst immer auf arXiv hoch, einen sogenannten Preprint-Server, der öffentlich zugänglich ist und der Debatte von Ergebnissen dient. Früher hat man dem Kollegen auf Konferenzen in der Kaffee-Ecke das Manuskript zur Vorabkritik zugesteckt, jetzt ist

Vorabkritik in der Kaffee-Ecke

der Austausch viel leichter und umfassender möglich.

Winter: Ganz ähnlich in der Volkswirtschaftslehre: In meiner Gruppe veröffentlichen wir im Jahr zwischen fünf und zehn Arbeiten, davon rund 20 Prozent in „echten“ Open Access Journals. Gleichzeitig ist es aber so, dass die meisten Volkswirte ihre Ergebnisse in der Regel zunächst in Preprints, als sogenannte Working Papers veröffentlichen. Das ist eine Publikationskultur,

in der die Frage nach Open Access Journals deshalb nicht so drängend ist. Wenn wir dort veröffentlichen, dann meistens, weil die Geldgeber in den USA oder Großbritannien das schon erwarten.

Und in anderen Fächer?

Lipfert: Das ist abhängig von der Fachgemeinde. In den Computerwissenschaften

Eine ungefähre Maßzahl für die Qualität

beispielsweise ist es eher irrelevant, ob Sie Publikationen in Journalen vorweisen können, da zählen Konferenzbeiträge auf den wichtigen Fachtagungen. Und auch in weiten Bereichen der Physik etwa machen sich Wissenschaftler mitunter schon gar nicht mehr die Mühe, die Arbeiten bei einem Fachblatt einzureichen, nachdem sie als Preprint veröffentlicht sind.

Becker: In den Lebenswissenschaften sind wir noch eher dem traditionellen Modell verhaftet. Wir selbst laden zwar auch immer öfter unsere Arbeiten bei BioRxiv hoch, einem auf die Lebenswissenschaften spezialisierten Preprint-Server, und finden den Austausch, der so parallel zum eigentlichen Veröffentlichungsprozess entsteht, extrem hilfreich. Doch für unsere Erfolgsbilanz, das muss man klar sagen, spielen die sogenannten Impact-Faktoren der Zeitschriften eine entscheidende Rolle. Diese Zahl gibt an, wie oft die darin veröffentlichten Arbeiten in der Fachwelt im Schnitt zitiert werden.

Lipfert: Man nimmt diesen Wert, meist über zwei Jahre gemittelt, als Näherungswert für die Qualität des Magazins – und damit natürlich auch für die Qualität der Arbeit, wenn sie dort angenommen und veröffentlicht ist. Doch es werden eben nicht alle Artikel

gleich gut wahrgenommen und gleich oft zitiert.

Becker: Ja, das System hat deutliche Schwächen, weil es das Journal bewertet, nicht jedoch die Qualität der einzelnen Arbeit. Wir ermutigen jeden, Open-Access-Angebote wahrzunehmen. Aber wenn dann einer in *Nature* veröffentlicht hat, macht das schon einen Unterschied.

Warum ist es so wichtig für Wissenschaftler, in guten Zeitschriften zu publizieren? Und woran bemisst sich, ob eine Zeitschrift als gut gilt?

Becker: Ein Wissenschaftler wird an seinem Publikationserfolg gemessen: Je mehr er veröffentlicht und je besser die Arbeiten, desto größer die Leistung. Doch wie misst man die Qualität der Veröffentlichungen? Idealerweise liest man sie, ließe sich einfach behaupten. Gutachter allerdings bei Berungsverfahren oder Evaluationen von Forschungseinheiten beispielsweise können schlicht nicht die vollständige Publikationsliste abarbeiten und alle Paper lesen. So hat sich in den letzten Jahrzehnten dieses Bewertungssystem ausgebildet, in dem die Verlage mit ihren Zeitschriften um die besten – und potenziell meistzitierten – Publikationen konkurrieren und ein hoher Impact-Faktor das Renommee steigert.

Winter: Auch in der Volkswirtschaftslehre ist das Ranking der Zeitschriften von eminenter Bedeutung. Das gründet sich bei uns allerdings nicht nur auf die Impact-Faktoren, sondern auch darauf, wie die Qualität in der Fachcommunity wahrgenommen wird. Solche Einschätzungen ändern sich sehr langsam, ein Impact-Faktor muss sich erst langsam aufbauen. Neue Journale haben es angesichts dessen schwer, Fuß zu fassen. Ich möchte aber noch einmal die wichtige Rolle betonen, die der Review-Prozess ganz allgemein in diesem ausdifferenzierten Feld spielt: Die Gutachter übernehmen im Grunde bereits vorab die Qualitätsbewertung. Und zumindest im Mittel kann man sich darauf verlassen, dass Artikel in einer bes-

sergerankten Zeitschrift auch von besserer Qualität sind.

Wie schwer ist es denn, eine Arbeit bei *Science* oder *Nature* unterzubringen?

Becker: In der Regel sehr schwer. Und es gibt mehrere Erfolgsfaktoren, die nicht unbedingt mit der Qualität einer Arbeit zu tun haben. Es ist zum Beispiel nicht unerheblich, wie gut man vernetzt ist. Sehr wichtig ist es diesen Zeitschriften auch, dass es um ein brandaktuelles Forschungsgebiet geht. Eine hervorragende Arbeit zu einem Thema, das schon lange im Gespräch ist, erscheint den Magazinen als nicht so attraktiv.

Lipfert: Bei *Nature* und *Science* lehnen bereits die Herausgeber, die Editors, acht oder gar neun von zehn Arbeiten ab. Wenn man bedenkt, wie sehr Förderentscheidungen und Berufungen von den Erfolgen in besonders renommierten Fachblättern abhängen, könnte man zugespitzt sagen: Am Ende entscheidet eine profitorientierte Firma, ein Verlag, darüber, was mit Steuergeldern geforscht wird. Da sehe ich schon die Gefahr, dass wir Wissenschaftler uns das Heft aus der Hand nehmen lassen.

Winter: In der Volkswirtschaft gibt es fünf führende Zeitschriften. Darin zu veröffent-

Abhängig von den Top-Journalen

lichen ist von eminenter Bedeutung. Den meisten gelingt das ein- oder zweimal in ihrer Karriere, nur ganz wenigen Stars in Deutschland regelmäßig. Und für einen Nachwuchsforscher ist die Karriere gesichert, wenn er schon früh dort veröffentlichen kann, vielleicht auch mit Koautoren in größeren Gruppen. Der Aufwand aber, den man betreiben muss, um in diesen Zeit-

schriften unterzukommen, wird immer größer. Insbesondere sind die Revisionszyklen sehr lange – eine Frage, die uns mehr beschäftigt als die nach Open Access. Oft dauert es zwei bis drei Jahre von der ersten Einreichung an, bis die Arbeit letztendlich angenommen ist. Sicher hängt auch einiges davon ab, wie gut man in den wichtigen Zirkeln vernetzt ist, im Kern aber ist es tatsächlich ein Qualitätssignal, dort zu veröffentlichen.

Becker: Aber es gibt eben nicht nur die fünf allerbesten Zeitschriften in einem Fach, auch wenn man sich auf die fokussiert. In sehr vielen, sehr guten Fachblättern kann man deutlich leichter publizieren.

Lipfert: Wer Top-Ergebnisse hat, will sie in Top-Magazinen veröffentlichen, nicht in einem Open-Access-Blatt.

Becker: Ja, wir Wissenschaftler sind noch ein wenig wie die Junkies, wir sind immer noch von den besonders guten Zeitschriften und dem damit verbundenen Bewertungsmodell abhängig. Wenn wir die Möglichkeit haben, in einem chicen Journal zu publizieren, dann machen wir das auch.

Lipfert: Das setzt sich nach unten fort. Es dauert in dieser festgefügtten Qualitätspyramide lange, bis neu gegründete Open-Access-Journale tatsächlich Chancen haben.

Das zeigt sich ja auch innerhalb des Hauses Springer Nature. Das Mutterblatt *Nature* hat einen Impact Factor von 42,3, das Open-Access-Journal *Nature Scientific Reports* einen von 5,2.

Becker: Ja, aus diesem Gefälle haben die Verlage im Übrigen auch eine neue Strategie entwickelt: Sie sind bestrebt, alle Manuskripte in ihrem Portfolio zu halten. Wenn es für *Nature* nicht reicht, gibt es zunächst die spezialisierten Ableger, in unserem Fall *Nature Structural & Molecular Biology*. Danach folgen das „bessere“ Open-Access-Journal *Nature Communications* und am Ende *Nature Scientific Reports*.

Lipfert: In der Tat aber sind ganze Communities schon umgeschwenkt, da hängen eine

Berufung oder eine Auszeichnung nicht mehr von Veröffentlichungen in Top-Journalen ab. Vielleicht ein spektakuläres Beispiel: Als der exzentrische russische Mathematiker Grigori Perelman die Poincaré-Vermutung bewiesen hat, hat er das einfach bei arXiv hochgeladen. Das war offenbar genug, um ihm letzten Endes die Fields-Medaille, eine Art Mathematik-Nobelpreis, zuzusprechen. Als ich in Stanford promoviert habe, saß eine Tür weiter der Biochemiker Patrick Brown, der zu den Gründern der Public Library of Science, PLOS, gehört. Diese Gruppe hat um 2000 herum angefangen, ein Open-Access-Journal mit Peer Review aufzubauen. Ihr Flaggschiff *PLOS Bio-*

Extragebühren für farbige Abbildungen

logy ist noch nicht ganz *Nature*, hat aber einen Impact Factor von ungefähr 20. 2006 hat sie dann ihr Mega-Journal *PLOS One* gestartet, das alle Wissensbereiche abdeckt, mit einem abgespeckten Peer Review, das auf Plausibilitätskontrolle und Originalitätsnachweis abzielt. Die Forscher bezahlen für die Veröffentlichung, dann sind die Arbeiten online für jedermann frei zugänglich. PLOS ist rasant gewachsen in den vergangenen zehn Jahren und mittlerweile ein wichtiger Player. Im Grunde hat das Projekt die großen Verlage inspiriert und motiviert, ähnliche Modelle nachzubauen, seien es das schon erwähnte *Nature Scientific Reports*, *Cell Reports* oder *Science Advances* von der US-amerikanischen Wissenschaftsorganisation AAAS, die auch *Science* herausbringt.

Becker: Wir publizieren in Open-Access-Journalen, weil wir es persönlich gut finden. Aber unter Gutachtern gilt ein *PLOS-One-*

Paper nicht so viel. Zu mehr habe es wohl nicht gereicht, heißt es dann.

Winter: Für jüngere Wissenschaftler bei uns ist das in der Tat ein wichtiger Grund, nicht in Open-Access-Zeitschriften zu veröffentlichen oder erst dann, wenn es anderswo nicht geklappt hat. Die neue Publikationskultur ist schwer mit einem System zu vereinbaren, das auf eher träge Rankings von etablierten Fachzeitschriften abgestellt ist.

Becker: Für die Biomedizin und die Lebenswissenschaften gibt es seit wenigen Jahren das Open-Access-Journal *eLife*. Dahinter steht ein Zusammenschluss großer Wissenschaftseinrichtungen: Das Howard Hughes Medical Institute, die Max-Planck-Gesellschaft und der Wellcome Trust sind dabei. Das Journal hat beispielsweise hochkarätige Editoren und ist der Versuch, einen höheren Standard mit Open Access zu etablieren. Jedenfalls ist es nicht ganz einfach, dort eine Arbeit unterzubringen. Es bildet sich also derzeit unter den Open-Access-Journalen eine neue Hierarchie aus.

Einen gewissen Handlungsdruck, das bestehende System zu verändern, hat ja womöglich auch die Preispolitik der großen Verlage erzeugt.

Becker: Ja, sicherlich. Die großen Verlage haben jeweils Hunderte von Zeitschriften im Angebot und haben längst begonnen, sie gebündelt zu vertreiben. Wer das Flaggschiff-Magazin vornedran abonnieren will, muss die, sagen wir, 20 anderen Blätter, die eigentlich keiner lesen will, auch nehmen. Das macht diese Verträge für die Universitäten und ihre Bibliotheken sehr kostspielig. Und dieses Monopol, das die Handvoll richtig großer Verlage derzeit weidlich ausnutzt, lässt natürlich unweigerlich die Diskussion aufkommen, ob man sich das alles noch leisten können muss. Selbst finanzstarke Institute und Universitäten haben zunehmend Schwierigkeiten, all die Zeitschriften zu abonnieren. Da gibt es dann Anordnungen, dass nur noch das *Nature*-Paket selbst



bestellt werden kann, nicht aber mehr die der Ableger.

Lipfert: Auch wenn man nicht die Open-Access-Option zieht, entstehen Kosten nicht nur über die Abonnement-Pakete, sondern auch für jede Veröffentlichung, das kann je nach Journal deutlich über 1000 Euro hinausgehen. Da fallen dann ganz altmodisch Extragebühren beispielsweise für Farbabbildungen an. Meine Güte!

Becker: Für eine Publikation muss man deshalb mit 2500 Euro rechnen. Die DFG sieht in ihren Budgets üblicherweise 750 Euro an Publikationskosten jährlich vor. Damit kann man nicht so viel und so hochrangig publizieren, sonst geht das vom Material für die Forschung ab.

Winter: Immerhin lässt sich das in den vergleichsweise teuren Experimental-fächern noch darstellen, da die Publikationskosten dort nur einen relativ kleinen Anteil der Bud-



Die Abonnement-Pakete der großen Verlage? „Extrem kostspielig“, sagen Peter Becker (links), Jan Lipfert (Mitte) und Joachim Winter. Fotos: LMU

gets ausmachen. Disziplinen etwa in den Geisteswissenschaften, in denen die Etats nicht so groß sind, kommen da schon in Schwierigkeiten.

Lipfert: Das größere Problem liegt jedoch

Arbeitsintensive Korrekturphase in Indien

mit Sicherheit bei den Subskriptionspreisen. Denken Sie an kleinere Universitäten, Hochschulen in Entwicklungsländern, an kleine Start-up-Firmen, die haben ganz andere Probleme, an Fachzeitschriften heranzukommen.

Becker: Man muss sich mal überlegen: Die allermeisten dieser Arbeiten sind mit Steuergeldern gefördert. Die Autoren schreiben sozusagen selbst, die Arbeiten werden von den Peers ehrenamtlich begutachtet. Mitunter leisten die Zeitschriften noch eine qualitätvolle Editionsarbeit. Aber alles in allem ist das für die Verlage ein fantastisches Modell, etwas zu verkaufen, das sie nicht selbst produziert haben. Die wiederum rechtfertigen sich damit, dass die Produktionskosten so hoch sind, besonders wenn sie auf Hochglanzpapier drucken. Deswegen sind alle Modelle, die Zukunft haben, reine Online-Zeitschriften, weil deren Produktionskosten tatsächlich deutlich geringer sind.

Winter: Es spricht nichts dagegen, dass Dienstleistungen, die einen Wert haben, von gewinnorientierten Unternehmen angeboten werden. Die wichtigste der Dienstleis-

tungen, die Verlage bieten können, war klassischerweise die Verbreitung. Mit dem Internet hat sich das praktisch erledigt. Die andere ist die Qualitätszertifizierung, also die Organisation des Review-Prozesses. Auch das lässt sich mittlerweile zu wesentlich geringeren Kosten machen, womöglich non profit. Trotzdem sind die Gewinne der Verlage in den vergangenen Jahren dramatisch gestiegen, denn die Kosten sind drastisch gesunken durch den technologischen Fortschritt, den die großen Verlage massiv ausnutzen. So verlagern sie arbeitsintensive Prozesse in Billiglohnländer. Zum Beispiel findet das Proof Reading, die Korrekturphase, mittlerweile oft in Indien statt.

Becker: Ich finde es schon bezeichnend, dass ohne Ausnahme alle Förderinstitutionen, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft über die Max-Planck-Gesellschaft und die Helmholtz-Gemeinschaft bis hin zur



Fachblätter über Fachblätter – mitunter auch noch ganz klassisch in der Printversion. Foto: LMU

Leibniz-Gemeinschaft, sich zum Ziel gesetzt haben, das System zu reformieren. So können die Universitäten beispielsweise bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft Geld beantragen, um eigene Publikationsplattformen zu betreiben.

Winter: Dieses Programm ist aber nur als Starthilfe gedacht, die Plattformen zu unterhalten soll schon mittelfristig Aufgabe der Universitäten sein. Vom Grundsatz her geht die Vorstellung derjenigen, die die Transformation zu Open Access propagieren, dahin, die Budgets, die im Moment in die Abonnements fließen, in Publikationsbudgets umzuwandeln. Damit sollen dann die Autoren oder die Institutionen, für die sie arbeiten, die Veröffentlichungsgebühren bezahlen.

Und das ginge auf?

Winter: Die Vertreter der Open-Access-Bewegung sagen: Ja, es würden sogar noch Kosten eingespart. Man könne das vorhandene Budget einfach anders einsetzen. Ob das funktionieren wird, lässt sich aber kaum vorhersagen – dafür gibt es zu viele Beteiligte auf diesen Märkten, die Interessenlagen sind zu komplex.

Aber wäre es realistisch, dass die Seite der Verleger sich überhaupt auf ein solches Spiel einlasse?

Winter: Wenn alle Drittmittelgeber sich koordinierten, dann wäre es auch für die marktmächtigeren Verlage schwer, sich dem zu entziehen.

Becker: Aber sie sträuben sich. Und in einer Übergangsphase würde es viele Wissenschaftler beschädigen, wenn es einen Zwang zur Transformation gäbe, gleichzeitig aber noch das alte Ranking der Journale zählte. Ich glaube, es geht nur über Anreize, dass sich bei einer dann steigenden Zahl von Open-Access-Publikationen wieder eine Art Qualitätsranking einstellen kann. Ich glaube, wir brauchen einen solchen Wettbewerb, den Ehrgeiz, uns einer besonders kritischen Bewertung auszusetzen.

Die Arbeiten werden nach unserer Erfahrung immer besser in den Peer-Review-Verfahren, auch wenn es mitunter einen riesigen Aufwand bedeutet.

Winter: Eine Transformation wirft Übergangsprobleme auf. Innerhalb der einzelnen Fächer geht es vor allem darum, wie wichtig noch die traditionellen Veröffentlichungen in Top-Journals sind. Wie schnell man aus einem Gleichgewicht ausbrechen kann, das sich über viele Jahre eingestellt hat, lässt sich schwer vorausbestimmen.

Große Probleme in der Übergangsphase

Das andere Problem des Übergangs besteht zwischen den Fächern. Denn selbst wenn die Budgets im Großen und Ganzen gleich blieben, müssten sie zwischen publikationsstarken Fachgruppen, die dann naturgemäß einen größeren Bedarf haben, und den anderen Fächern neu aufgeteilt werden. Das ist noch nicht ausdiskutiert.

Lipfert: Es hat sich schon viel getan in Sachen Open Access. Die Politik kann das unterstützen, aber getrieben und getragen ist diese Bewegung von der Forschungscommunity selbst. Und die ist global wiederum dominiert von der US-amerikanischen Wissenschaft. Wenn es jetzt plötzlich hieße, in Deutschland darf man nur noch in Open-Access-Journals publizieren, wären die eigenen Leute im weltweiten Wettbewerb schlechter gestellt, weil sie nicht mehr die vollständige Auswahl an Journalen hätten.

Becker: Viele Fach-Communities lernen gerade, dass sich Manuskripte auch über Kommentare in den sozialen Medien bewerten lassen, nicht nur über Zitationen. Offenbar steht auch unter Wissenschaftlern ein Gene-

rationswechsel an. Ich selbst kann die Zeit nicht aufbringen, ständig irgendwelche Publikationen mit Kommentaren zu versehen. Aber einige jüngere Kollegen sind extrem versiert darin. Und sie twittern auch sofort, da bauen sich richtige Tweet-Wellen auf, was dann auch ein Indiz dafür sein kann, dass es sich um eine wichtige Publikation handeln könnte.

Winter: Auch das ist wieder ein Problem des Übergangs. Im Moment investiere ich viel Zeit als Gutachter in das Peer Review. Wenn ich das nicht machen müsste, könnte ich auch online Artikel kommentieren. Vielleicht wäre ein solches Verfahren am Ende sogar effizienter.

Prof. Dr. Peter Becker

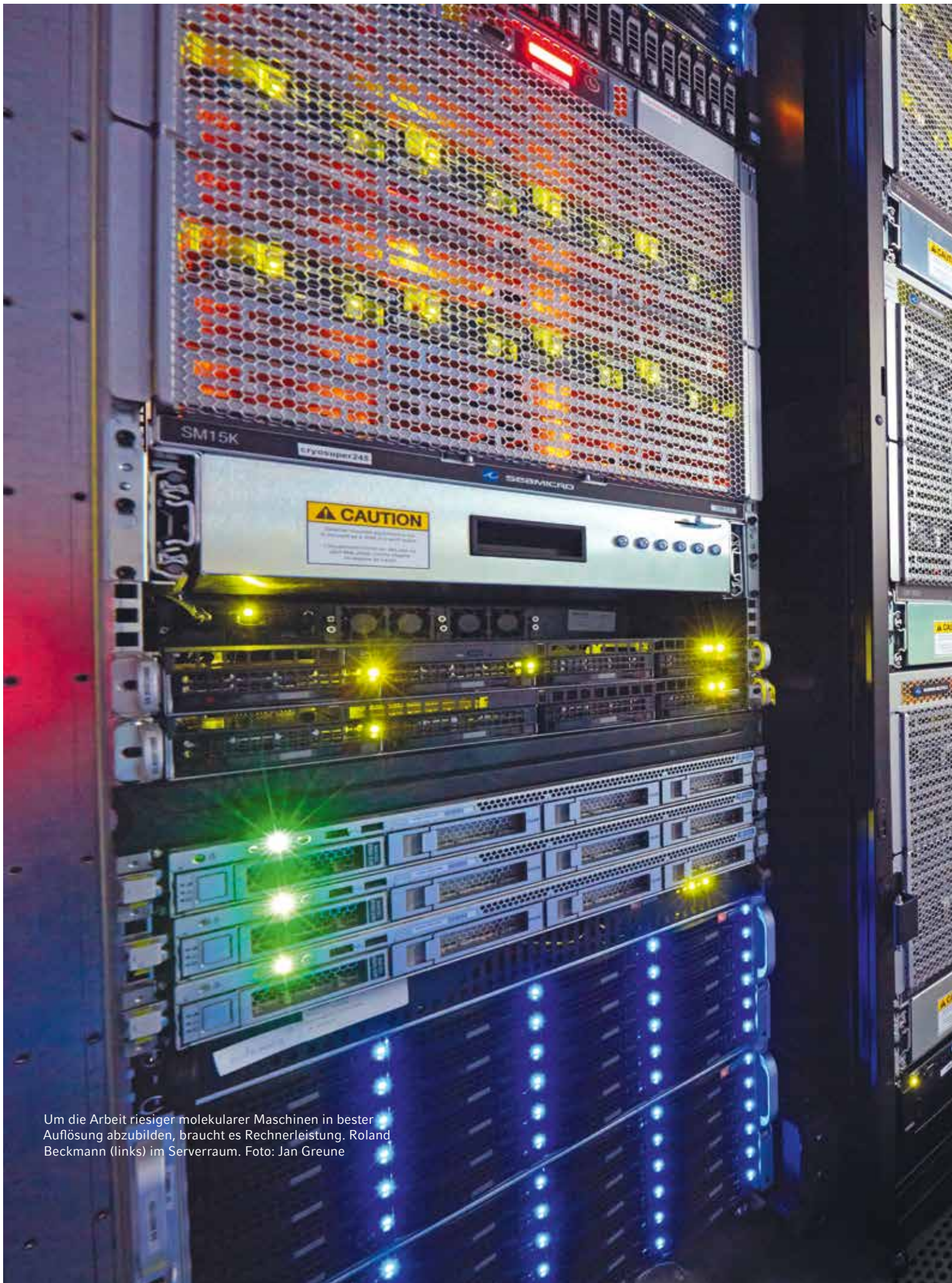
ist Inhaber des Lehrstuhls für Molekularbiologie am Biomedizinischen Centrum der LMU. Becker, Jahrgang 1958, studierte Biologie in Heidelberg und promovierte am Deutschen Krebsforschungszentrum. Nach Stationen am National Cancer Institute (USA) und am European Molecular Biology Laboratory (EMBL) in Heidelberg ist Becker seit 1999 Ordinarius an der LMU. Becker wurde 2005 mit dem Leibnizpreis der DFG ausgezeichnet, 2011 mit einem Advanced Grant des Europäischen Forschungsrates (ERC).

Prof. Dr. Jan Lipfert

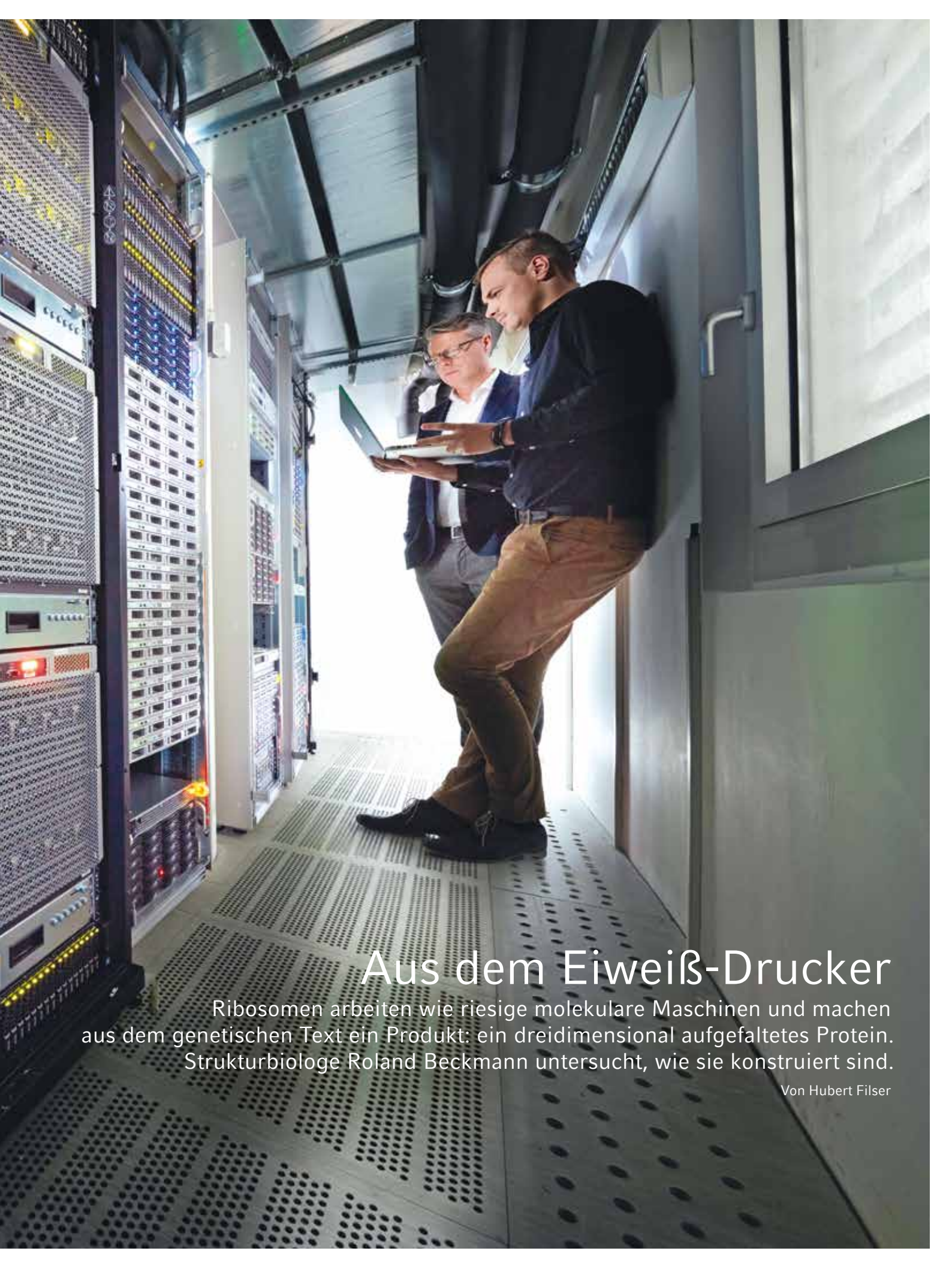
ist Professor für Molekulare Biophysik an der LMU. Lipfert, Jahrgang 1977, studierte Physik an den Universitäten Heidelberg und Uppsala, Schweden, sowie an der University of Illinois at Urbana-Champaign, USA. Er machte seinen Ph.D. an der Stanford University, USA, und war Postdoktorand an der Delft University of Technology, Niederlande, bevor er 2013 an die LMU kam.

Prof. Dr. Joachim Winter

ist Lehrstuhlinhaber am Seminar für empirische Wirtschaftsforschung der LMU. Winter, Jahrgang 1967, studierte Volkswirtschaftslehre an der Universität Augsburg und an der London School of Economics. Promotion und Habilitation an der Universität Mannheim. Er forscht am Mannheimer Forschungsinstitut Ökonomie und Demographischer Wandel (MEA), bevor er 2004 als Professor an die LMU kam.



Um die Arbeit riesiger molekularer Maschinen in bester Auflösung abzubilden, braucht es Rechnerleistung. Roland Beckmann (links) im Serverraum. Foto: Jan Greune



Aus dem Eiweiß-Drucker

Ribosomen arbeiten wie riesige molekulare Maschinen und machen aus dem genetischen Text ein Produkt: ein dreidimensional aufgefaltetes Protein. Strukturbiologe Roland Beckmann untersucht, wie sie konstruiert sind.

Von Hubert Filser

Wenn man Roland Beckmann einen Grundlagenforscher nennt, trifft das wohl in einem doppelten Sinne zu. Er untersucht Prozesse, wie sie zu jeder Zeit in jeder einzelnen Zelle jedes Lebewesens ablaufen. Und er analysiert sie und die daran beteiligten Biomachines bis in kleinste Details von Aufbau und Funktion. Berichtet der Strukturbiologe davon, beginnt eine gedankliche Reise tief hinein in das Innere des Körpers, in einen Mikrokosmos von biologischen Maschinen und ganzen Fertigungsstraßen im Nanomaßstab, von komplexen Riesermolekülen, die ihrerseits Moleküle fertigen, verpacken und versenden.

Beckmann, Biochemie-Professor am Genzentrum der LMU, hat sich auf die Untersuchung sogenannter Ribosomen spezialisiert, die bereits Schulbücher als die „Orte der Eiweißsynthese“ klassifizieren. Doch längst nicht alle Strukturdetails sind bekannt, immer wieder entdecken Wissenschaftler Einzelheiten zur Steuerung und Dynamik der Prozesse. Die Protein-Produktion indes ist ein echtes Massenphänomen: Hefezellen können bis zu 200.000 Ribosomen enthalten, menschliche Leberzellen sogar mehr als eine Million. Wenn man sich vor Augen führt, dass erwachsene Menschen aus mehr als einer Billion Zellen bestehen, kann man ermesen, welche Präsenz und Vordringlichkeit die Eiweißproduktion in jeder Sekunde unseres Daseins in unserem Inneren hat. Und damit nicht genug: „Was die Ribosomen leisten, ist wahre Fließbandarbeit“, sagt Beckmann,

Doch wie genau baut eine Zelle nach dem genetischen Bauplan, der in ihrem Erbgut gespeichert ist, aktive Proteine? Das ist die eine zentrale Frage, die der LMU-Forscher ins Zentrum seiner Forschung stellt. Biochemiker wie Roland Beckmann erarbeiten neue Verfahren, wie sie solche genregulatorischen Prozesse messen, analysieren und modellieren können. Sie wollen so die Komplexität biologischer Systeme besser erfassen, insbesondere das komplexe Zusam-

menspiel im Inneren einer Zelle, einem ausgeklügelten System, in dem alle möglichen Kräfte und Signalstoffe das Zusammenspiel regeln. Zellen bestehen jeweils aus der Zellmembran, dem Zellkern und den Organellen im Inneren, die für wichtige Aufgaben zuständig sind. Der Zellkern enthält das Erbgut und steuert alle Funktionen einer Zelle, die Mitochondrien produzieren Energie, die Ribosomen bauen Proteine.

Im Prinzip haben die Wissenschaftler gut verstanden, wie Ribosomen arbeiten. In den molekularen Maschinen werden aus den Informationen, die dem Erbgut, dem Genom, eingeschrieben sind, Proteine gebaut. Das Genom könnte man mit einer Textsammlung, einem Buch oder einer detaillierten Bauanleitung, vergleichen, es erhält letztlich erst einen Sinn, wenn es jemand herausnimmt, liest und den Inhalt oder Teile

Information aus der genetischen Textsammlung

dessen zu etwas Brauchbarem verarbeitet. Genau das tun Ribosomen: Nach den Buchstaben des genetischen Textes fertigen sie Proteine, die der Körper für vielfältige Aufgaben braucht: als Enzyme und Funktionseiweiße, die an der Abwehr von Feinden, dem Aufbau der Zelle oder am Stoffwechsel beteiligt sind. Die Ribosomen drucken diese Moleküle sozusagen im 3-D-Format.

Im Detail ist das natürlich komplizierter. Die Gene übertragen ihre Informationen auf die sogenannte Boten-RNA (mRNA). Dieser Einzelstrang, der die kodierte Erbinformation enthält, fädelt in die kleine Untereinheit des Ribosoms ein, sie legt sich dabei wie eine Kette in einen Radkranz. Das Codesystem ist raffiniert und effektiv zugleich. Drei Basen der mRNA bilden jeweils ein sogenanntes

Triplet oder Kodon, an der jeweiligen Kombination liest das Ribosom ab, welche Aminosäure es als Nächstes in die entstehende Kette aus Eiweißbausteinen einbauen soll. Nach diesem Prinzip wäre es möglich, 64 verschiedene Aminosäuren zu kodieren, da es vier verschiedene Basen gibt und damit vier mal vier mal vier Kombinationsmöglichkeiten für ein Triplet. Proteine sind aber nur aus 20 verschiedenen Aminosäuren aufgebaut. Daher gibt es für einige von ihnen mehr als ein Kodon, zudem erhält das Ribosom auch ein Start- und Stoppsignal über eigene Basenkombinationen. Das Ribosom arbeitet die Aminosäure-Codes einen nach dem anderen ab.

Die Proteinmaschinen fügen manchmal Tausende Aminosäure-Bausteine Stück für Stück aneinander. Und am Ende wird das Eiweiß über einen zehn Nanometer, also ein Milliardstel Zentimeter, langen Kanal in der großen Untereinheit des Ribosoms herausgeleitet, je nach Verwendungszweck als bereits dreidimensional gefaltetes Molekül oder noch als ungefaltete Kette. „Es ist faszinierend zu sehen, dass alle Organismen, egal ob Mensch oder Mikrobe, diese Maschinen haben“, sagt Beckmann. „Alle Lebewesen bedienen sich im Prinzip derselben genetischen Sprache und derselben Schriftcodes. Es sieht so aus, als habe sich dieser Code schon sehr früh in der Evolution ausgebildet“, sagt Beckmann. „Im Lauf der Zeit sind die Ribosomen dann allmählich immer komplexer geworden.“

Strukturbiologen weltweit haben in den letzten beiden Jahrzehnten herausgearbeitet, dass die Ribosomen sich im Wesentlichen aus zwei Untereinheiten zusammensetzen, einer kleinen und einer großen. Je nach Lebewesen sind sie leicht unterschiedlich aufgebaut. Dass die Wissenschaftler gerade in jüngster Zeit so rasant vorankommen, verdanken sie der sogenannten Kryo-Elektronenmikroskopie. „Technologie ist für uns entscheidend“, sagt Beckmann. Die Methode habe er während seiner Postdoc-Zeit an der Rockefeller University in New York im



„Ribosomen sind superschlaue Maschinen, nicht perfekt, aber unglaublich vielseitig“, sagt Roland Beckmann, mit Doktorandin Alexandra Knorr am „Titan Krios“-Mikroskop. Foto: Jan Greune

Labor von Günter Blobel kennengelernt, nicht aber beim späteren Nobelpreisträger selbst, sondern bei Joachim Frank, einem Pionier der Technik, der damals in Albany Strukturuntersuchungen damit machte. „Die Kryo-Elektronenmikroskopie war Neuland“, sagt Beckmann, sie sollte die Basis für sein heutiges Forschungsfeld werden. Bei der Kryo-Elektronenmikroskopie werden die Proben zunächst schockgefroren. Die Forscher bringen die zuvor aufwendig

Eine Art von zellulärer App

im Labor aus Zellen oder Bakterien isolierten Ribosomen oder Ribosom-Komplexe auf ein feines mit einem hauchdünnen Kohlefilm überzogenes Kupfernetz auf, das sie anschließend mit verflüssigtem Ethangas schlagartig herunterkühlen. Es entsteht ein dünner, glasartiger Festkörper, in dem die Ribosomen in großer Menge eingefroren sind – und zwar in allen möglichen Stadien der Proteinproduktion. Sogenanntes vitrifiziertes Eis bildet im Gegensatz zu normalem Eis keine Kristalle. Die Forscher können die Maschinen der Proteinfertigung so ohne Verzerrung mitten in Aktion festgehalten beobachten; die Aufnahmen sind wie Schnappschüsse von dem Prozess. So lässt sich nicht nur die fragile und hochkomplexe Architektur der Ribosomen abbilden, die Forscher können auch alle Stadien der Proteinproduktion untersuchen, den Ablauf rekonstruieren und später wie im Zeitraffer anschauen. „Dieser Prozess kann je nach Protein und Lebewesen wenige Sekunden bis einige Minuten dauern“, sagt Beckmann. „Wir wollen die Schlüsselmomente beobachten.“ Neuartige Pixel-Detektoren vor allem haben der Kryo-Elektronenmikroskopie jüngst ei-

nen enormen Schub gegeben. Forscher sprechen von der „Resolution-Revolution“, einer Revolution also, was die Auflösung angeht. Mittlerweile liegt die Auflösung bei wenigen Ångstrom, Zehntel Nanometern. Wer Roland Beckmann im Genzentrum in Großhadern besucht, kann nicht nur die Vorbereitungen zu den Versuchen im Labor sehen, es gibt auch einen Raum, in dem Mitarbeiter die laufenden Aufnahmen des Mikroskops überwachen. Über die Bildschirme laufen Zahlenkolonnen, einige Forscher sind mit der Auswertung der Bilder beschäftigt. Man könnte direkt auf die Detektoren schalten, das Bild wird sonst sogar auf einen großen Bildschirm in die Küche der Forschergruppe übertragen. Aus den hochaufgelösten, aus verschiedenen Blickwinkeln aufgenommenen 2-D-Bildern entstehen im Rechner dreidimensionale Ansichten, in die die Wissenschaftler regelrecht hineinzoomen können, um Details zu studieren.

Vor allem mit einem bestimmten Bestandteil in Zellen höherer Lebewesen beschäftigt sich Beckmann, dem Sec61-Komplex oder Translokon, an das Ribosomen direkt andocken können. Dieses Translokon spielt als proteinleitender Kanal eine Schlüsselrolle, wenn Proteine durch eine Membran hindurch oder in eine Membran hinein transportiert werden. Rund ein Drittel aller hergestellten Proteine werden später entweder etwa als Signalrezeptoren in eine Zellmembran eingebaut, erklärt Beckmann, oder gar aus der Zelle ausgeschleust, weil sie beispielsweise als Antikörper oder Verdauungsenzyme fungieren. Beckmanns Gruppe hat hierzu Strukturen entschlüsselt, die zeigen, wie die beiden Maschinerien zusammenarbeiten: Der sogenannte Ribosom-Translokon-Komplex ist entscheidend daran beteiligt, die Proteine noch während ihrer Fertigstellung durch Membranen von Zellen hindurchzuschleusen. Dafür enthält er einen molekularen Kanal, in den die Ribosomen die frischen Eiweiße gleich beim Zusammenbau hieven. Dessen Struktur konnte Beckmann im vergangenen Jahr auf-

klären. Das Ribosom dockt offenbar direkt an das in der Membran sitzende Translokon an und schleust die Proteine über den Kanal in die Membran hinein oder durch sie hindurch. Um die genauen Abläufe zu verstehen, untersucht der Biochemiker diesen Ribosom-Translokon-Komplex in möglichst vielen verschiedenen Funktionenzuständen.

Für die Eiweiße, die auf diese Weise direkt in die Membran gelangen oder die Zelle verlassen, brauchen die Ribosomen eine Strategie, um sie zu ihrem Einsatzort zu dirigieren. Günter Blobel hatte entdeckt, dass die Eiweiße am Anfang ihrer Aminosäureabfolge eine Art Postleitzahl erhalten, einen für andere Moleküle ablesbaren Code. Er lotet die Proteine an die richtigen Zielorte in der Zelle. Blobel, einer der „original gangsters“ der Disziplin, wie Beckmann ihn nennt, behielt mit seiner zunächst kontrovers diskutierten Theorie recht. Das Prinzip erwies sich als allgemeingültig und funktioniert auf die gleiche Weise in Hefe-, Pflanzen- und Tierzellen. Blobel erhielt 1999 dafür den Nobelpreis. Beckmann, zu der Zeit Postdoc im Labor, erlebte die Preisverleihung mit. „Das war wie ein Tsunami, der über das Labor hinwegfegte“, sagt er.

Die Ribosomen-Forschung hatte in den letzten Jahrzehnten einen regelrechten Boom, doch noch immer gibt es viele Funktionen, die nicht verstanden sind. Beckmann etwa will herausfinden, wie die Proteinfabriken ihre Qualitätskontrolle machen. Offenbar gehört es zu ihrer Aufgabe, die Bauanleitung, also die Boten-RNA, und auch die hergestellten Proteine schon während der Produktion auf ihre Sinnhaftigkeit und Funktionsfähigkeit abzuklopfen. „Für den Organismus gibt es kaum Schädlicheres als viele defekte Proteine als Folge schlechter Baupläne“, weil dann womöglich lebenswichtige Funktionen ausfallen, sagt Beckmann. Solche Fehler können Ribosomen erkennen, weil sie nach nackten Enden der Boten-RNA suchen, die zu unfertigen Proteinen führen würden. Dann werden vom Ribosom entsprechende Aufräumfaktoren rekrutiert, die



Botschaften aus dem vitrifizierten Eis: Doktorandin Hanna Kratzert (vorne) mit einem Molekülmodell am Bildschirm. Foto: Jan Greune

sowohl die fehlerhafte Boten-RNA als auch die defekten Proteinprodukte beseitigen. Seit fast zwei Jahrzehnten beschäftigt sich Beckmann mittlerweile mit Ribosomen. Und es schwingt fast eine Art von Respekt mit, wenn er von den für molekulare Verhältnisse riesigen Maschinen spricht. Manche dieser Komplexe sind bis zu 35 Nanometer groß. „Ribosomen sind superschlaue Maschinen“, sagt Beckmann. „Nicht perfekt, aber unglaublich vielfältig.“ Erst in jüngster Zeit haben Forscher erkannt, dass sie neben ihrer Hauptaufgabe noch zahlreiche Nebenjobs wie die oben erwähnte Qualitätskontrolle erledigen. An ihrer Oberfläche docken nämlich eine Reihe von Hilfsmodulen an, die das Lesen und Übersetzen der RNA und den Bau von Proteinen ergänzen und überwachen. „Man kann sich das jeweils wie eine App vorstellen, die gemeinsam mit dem Ribosom ganz verblüffende Dinge erledigt“, sagt Beckmann. „Ribosomen können eine Reihe von Spezialaufgaben ausführen, etwa physikalische Kräfte messen, die auf die

Zellbestandteile wirken, und die Konzentration von Aminosäuren oder Antibiotika feststellen.“ Die Bandbreite ist enorm und variiert von Organismus zu Organismus. Beckmann interessiert aber nicht nur, wie die Proteinmaschinen arbeiten. Aktuell forscht sein Team daran, was mit den Ribosomen eigentlich nach getaner Arbeit passiert. Sie werden dann recycelt, ihre Untereinheiten werden getrennt und stehen für eine neue Syntheserunde zur Verfügung. „Erst seit Kurzem weiß man, dass in eukaryotischen Zellen das Enzym ABCE1 diesen Vorgang maßgeblich beeinflusst“, sagt Beckmann. Es bricht die Ribosomen mit einer Art Hebel auf, da in ABCE1 auch Eisenkomplexe an wichtigen Funktionseinheiten enthalten sind, nennt es Beckmann die „stählerne Faust“. In seiner Gruppe arbeiten die Wissenschaftler gerade daran, diesen essenziellen Schritt in der Proteinsynthese zu visualisieren und so besser zu verstehen. „So eine Arbeit kann Monate bis Jahre dauern“, sagt Beckmann.

Möglicherweise wird sich in Zukunft daraus noch eine völlig neue Sicht auf die Mechanismen der Proteinsynthese ergeben, Überraschungen inklusive. „Oft rennen wir auf ein Ziel zu und sehen dann etwas ganz anderes, dem wir nachgehen müssen“, sagt Beckmann. Es sieht so aus, als hätte er für die kommenden Jahre genügend neue Spuren, die er mit seinen Mitarbeitern verfolgen kann. Die Ribosomen jedenfalls dürften, so mutmaßt der LMU-Forscher, noch einige Überraschungen bereithalten. ■

Prof. Dr. Roland Beckmann

ist Professor für Biochemie am Genzentrum der LMU. Beckmann, Jahrgang 1965, studierte Biochemie an der Freien Universität Berlin, promovierte und ging 1995 als Postdoc an die Rockefeller University, New York. Danach leitete er eine Arbeitsgruppe an der Charité der Humboldt-Universität Berlin, bevor er 2006 auf einen Lehrstuhl an der LMU berufen wurde.



Die feinen Unterschiede

LMU-Forscher Veit Hornung untersucht, was das angeborene Immunsystem in die Lage versetzt, zwischen körpereigenen Strukturen und denen von Eindringlingen zu differenzieren.

Von Hubert Filser

Vielfältige molekulare Muster, dicht geknüpfte funktionale Netzwerke, komplexe Signalwege: Neue Techniken wie Pipettierroboter erleichtern die Suche nach den Feinheiten des Immunsystems. Foto: Jan Greune



Das Leben ist ein immerwährender Kampf. Zumindest drängen sich solche Kategorien von Angriff und Verteidigung auf, wenn man den zellulären Mikrokosmos und die Funktionen des menschlichen Immunsystems in den Blick nimmt. Der Körper geht rund um die Uhr gegen unzählige Bakterien und Viren vor, die sich andernfalls dort ausbreiten, Krankheiten auslösen und manchmal lebensbedrohlich sein können.

Zwei große Verteidigungssysteme haben sich in der Evolution des Menschen entwickelt, mit denen sich der Körper zur Wehr setzen kann: das angeborene und das adaptive beziehungsweise erworbene Immunsystem. Beide zusammen haben eine Aufgabe zu bewältigen, die zunächst einfach klingt, sich im Einzelnen jedoch als überaus kompliziert erweist: Sie müssen zwischen eigen und fremd unterscheiden, also zwischen Molekülen und Stoffen, die natürlicherweise im Körper vorkommen, und solchen, die von außen kommen und Schaden verursachen können.

Das angeborene Immunsystem ist dabei die erste Bastion. „Lange hat man seine Bedeutung unterschätzt“, sagt Veit Hornung, Professor für Immunbiochemie am Genzentrum der LMU. „Als zentral galt das erworbene Immunsystem mit seinen speziell trainierten B- und T-Zellen, die gezielt Antikörper produzieren oder als Killerzellen in Aktion treten können. Doch tatsächlich sind beide Systeme eng verzahnt, wobei dem angeborenen Immunsystem eine wichtige Steuerungsfunktion zukommt.“ Wie sie genau zusammenwirken und mithilfe welcher molekularen Mechanismen die menschliche Immunantwort funktioniert, ist in vielen Details aber immer noch ein Rätsel.

Hornung und seine Arbeitsgruppe stellen insbesondere das angeborene Immunsystem in den Fokus ihrer Arbeit. Sie wollen die Strategien untersuchen, mit deren Hilfe es Gefahren für den Körper und mögliche

Schädigungen früh erkennt. Hornung, Arzt und Immunologe, will herausfinden, wie es die körpereigene Abwehr in Zusammenarbeit mit dem erworbenen Immunsystem organisiert und koordiniert. Dabei interessieren ihn gerade auch die molekularen Details. Sie helfen verstehen, wie die Immunabwehr zum Beispiel fremde Erbsubstanz aufspürt und warum sie manchmal doch körpereigene Substanzen als gefährlich einstuft.

Die neuesten Erkenntnisse aus der Immunologie sind umso wichtiger, als mittlerweile klar ist, dass das angeborene Immunsystem nicht nur beim Erkennen von Viren, Bakterien und Schadstoffen eine zentrale Rolle spielt, sondern wohl auch bei Krankheiten wie Gicht, Typ-2-Diabetes („Alterszucker“), Alzheimer oder Arteriosklerose. Bei diesen Erkrankungen kommt es zu Entzündungsprozessen, die teilweise durch

Hereingefallen auf die falschen Freunde

eine fehlgeleitete Aktivierung des angeborenen Immunsystems bedingt sind. Hier wären Medikamente, die das angeborene Immunsystem inhibieren können, von Vorteil.

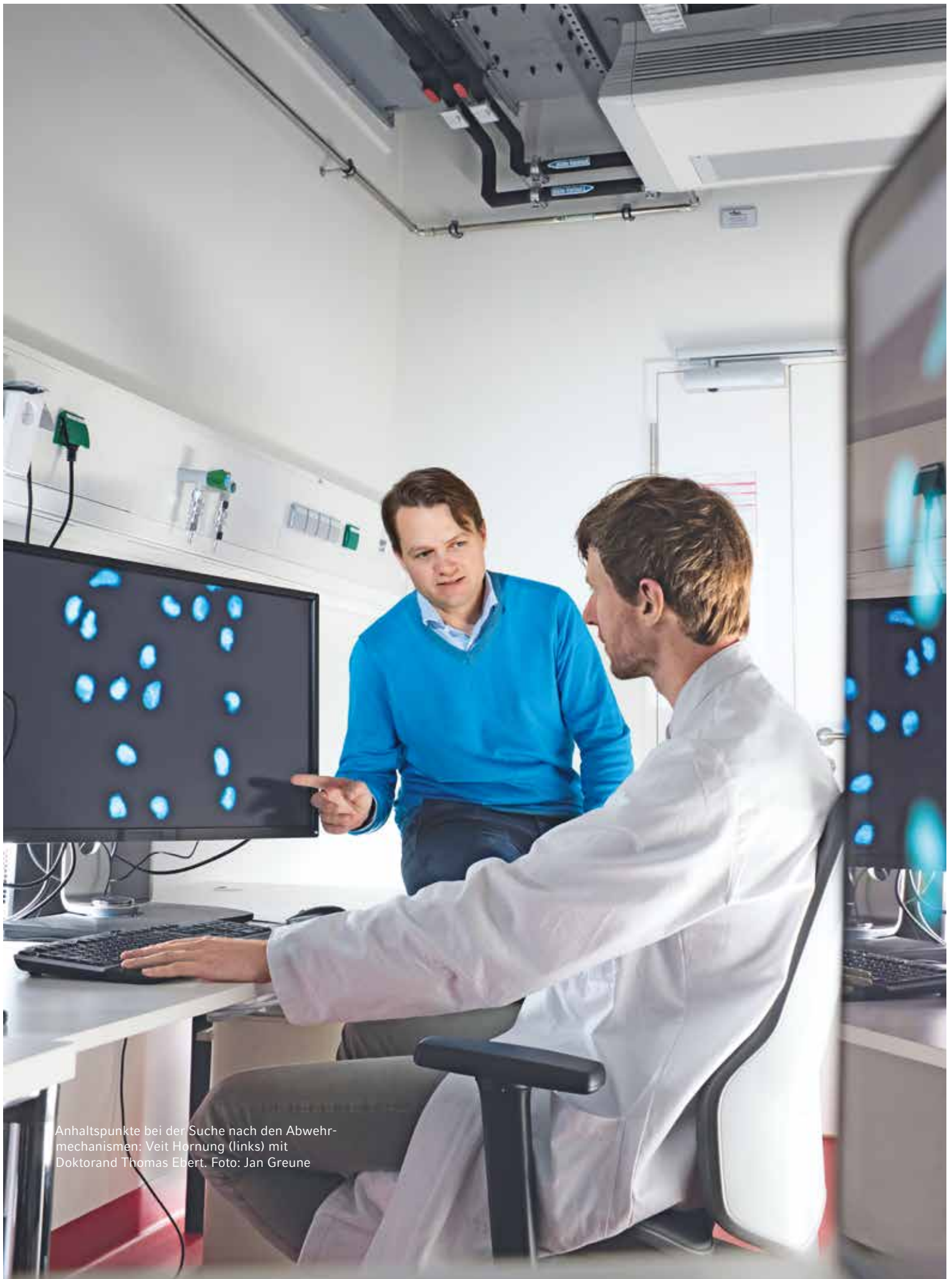
Andererseits kann man das Immunsystem auch gezielt gegen körpereigene Zellen scharf machen, indem man ihm vorgaukelt, dass eine Infektion vorliegt. So hoffen die Forscher, dass sich manche Erkenntnisse der angeborenen Immunität im Kampf gegen bestimmte Krebsarten einsetzen lassen könnten. Die Erkenntnisse der Immunologen aus der jüngsten Zeit verhelfen der Immuntherapie insgesamt wieder zu mehr Aufmerksamkeit. Nach der ersten Phase der Euphorie und der anschließenden

Ernüchterung Anfang des Jahrtausends war es fast ein Jahrzehnt lang eher still geworden um mögliche maßgeschneiderte Impfstoffe mit spezialisierten Eiweißen, die gegen Krebsgeschwüre ankämpfen können, indem sie die körpereigene Immunabwehr mobilisieren. Als zu trickreich zeigten sich die Krebszellen, sie täuschen die Immunabwehr, indem sie Signale aussenden, die sie fälschlicherweise als „befreundet“ auswiesen.

Da die Forscher aber die Signalwege besser verstehen, gelingt es ihnen mittlerweile bei manchen Krebsarten, die Eiweißmoleküle an der Oberfläche der Tumorzellen zu blockieren, die diese Tarnsignale aussenden. Ein nicht unbedeutender Fortschritt, der im Kampf ums Leben die Verteidigung stärkt.

Auch wegen dieser ermutigenden Ergebnisse aus der Immuntherapie erfährt die Immunologie derzeit einen regelrechten Boom, und hier vor allem die Forschung zum angeborenen Immunsystem. Im Fokus standen in den vergangenen Jahren vor allem Rezeptoren, die darauf spezialisiert sind, quasi als wachsame Detektive rasch Teile fremder Mikroorganismen zu erkennen. Für grundlegende Erkenntnisse, wie etwa über sogenannte Toll-ähnliche-Rezeptoren (TLR) die angeborene Immunabwehr aktiviert wird, erhielten die Forscher Jules Hoffmann und Bruce Beutler vor fünf Jahren den Medizin-Nobelpreis. „Unter anderem durch ihre Arbeiten wurde erstmals bewiesen, dass das angeborene Immunsystem Rezeptoren besitzt, die tatsächlich in der Lage sind, mikrobielle Fremdmoleküle im Körper zu erkennen“, sagt LMU-Forscher Hornung.

Solche Mustererkennungs-Rezeptoren zu entdecken und ihre Signalwege zu entschlüsseln ist dank neuer molekularbiologischer Methoden einfacher geworden. Mittlerweile haben Immunologen mehrere Familien solcher Mustererkennungs-Rezeptoren aufgespürt. Es sieht so aus, als hätten die Immunologen weltweit in den



Anhaltspunkte bei der Suche nach den Abwehrmechanismen: Veit Hornung (links) mit Doktorand Thomas Ebert. Foto: Jan Greune

vergangenen Jahren praktisch alle relevanten Rezeptoren zumindest kartiert. Auch Hornungs Team hat Rezeptoren wie zum Beispiel AIM2 entdeckt, die Fremd-DNA im Zellinneren erkennen können. Nicht zuletzt wegen solcher Fortschritte ist Hornung mittlerweile einer der meistzitierten deutschen Forscher.

„Derzeit sind sechs oder sieben solcher Mustererkennungs-Rezeptor-Familien

Ein Suchbild der unveränderlichen Merkmale

bekannt“, sagt er. Man kann sie nach der Lokalisation, danach also, ob sie beispielsweise in der Zellmembran oder im Zytoplasma exprimiert werden, nach ihrem groben Bauplan oder nach ihrer Funktionsweise unterscheiden. Aber nicht von allen kenne man die zentralen Signalwege im Detail, man wisse nicht genau, wie sie das Immunsystem aktivieren und welche Rolle sie genau im Rahmen von Infektionen oder entzündlichen Erkrankungen spielen, sagt Hornung. Auch ist bei manchen dieser Rezeptoren nicht klar, welche Strukturen sie eigentlich erkennen. „Mich treibt der Gedanke an zu verstehen, wie diese Systeme auf molekularer Ebene funktionieren und wie sie in der Zelle verschaltet sind“, sagt Hornung.

Dem Prinzip nach funktioniert das Erkennen fremder Strukturen nach einem einfachen Schema. Jeder Rezeptor verfügt offenbar jeweils über ein Suchbild, fahndet gezielt nach einem spezifischen molekularen Muster, das auf fremdes Material hinweist. Dabei suchen die Rezeptoren in der Regel nicht nach ganzen Viren oder Bakterien, sondern nach speziellen, charakteristischen Bestandteilen, die die normaler-

weise sehr wandelbaren Erreger nicht so leicht verändern können, da sie wichtige Funktionen ausüben. Zum Beispiel sind dies bestimmte Zellwandbestandteile wie Lipopolysaccharide, die wichtig für die „Fitness“ der Erreger sind.

Selbst einfachste Organismen haben solche gespeicherten Suchraster. Es ist ein Abwehrprinzip aller Lebewesen vom Einzeller bis zum hochentwickelten Säugetier und dem Menschen, das seit Jahrtausenden existiert. Da die bewährten Suchbilder mittels der entsprechenden Rezeptoren weitervererbt werden, spricht man von einem angeborenem Immunsystem. Das Immunsystem sortiert lediglich alte, nicht mehr gebräuchliche Fremdbilder aus. Das Grundmuster, nach dem der Organismus nach dem Erkennen reagiert, ist ebenfalls überall ähnlich. Erkennt der Rezeptor ein fremdes Muster, bindet er an den Eindringling und löst so Alarm aus.

Die initiale Immunantwort erfolgt in der Regel sehr schnell, ist aber oft nicht besonders spezifisch. Werden die eindringenden Mikroorganismen von der ersten Verteidigungslinie, den Fresszellen, zwar erkannt, können aber nicht zerstört werden, entsteht eine lokale Entzündung; der Körper aktiviert in der Folge über eigens freigesetzte Botenstoffe das erworbene Immunsystem. Beide Systeme arbeiten Hand in Hand.

Im Lauf der letzten Jahre hat sich Hornung in seiner Forschung auf ein ungewöhnliches Phänomen der Körperabwehr spezialisiert. Das Immunsystem reagiert nämlich nicht nur direkt auf Eindringlinge von außen, sondern auch auf die Schäden oder Veränderungen, die diese in Zellen anrichten. „Das ist so, als würde man einen Einbrecher nicht direkt an seinen Fingerabdrücken erkennen, sondern indirekt an dem aufgebrochenen Türschloss oder dem kaputten Fenster, das er bei seiner Tat hinterlässt“, sagt LMU-Wissenschaftler Hornung, schließlich werden Schäden beziehungsweise Veränderungen an körper-

eigenen Substanzen ausgelöst und dann erkannt.

Evolutionär hat diese indirekte Art der Gefahrenerkennung den Vorteil, dass sie nicht so leicht durch Bakterien oder Viren ausgetrickst werden kann. Sobald Erreger in Zellen eindringen, müssen sie früher oder später bestimmte Barrieren durchbrechen, was wiederum verräterische Schäden an Zellbestandteilen hinterlässt und damit das angeborene Immunsystem alarmiert. Die molekulare Beschaffenheit der Erreger ist bei dieser Art der Erkennung zweitrangig, da Fremdmoleküle hier nicht unbedingt erkannt werden müssen. Lange Zeit glaubten die meisten Immunologen, dass das angeborene Immunsystem darauf gar nicht geeicht sein könne, weil das dem Dogma der Fremderkennung widersprach, aber in den vergangenen Jahren häufen sich die Studien, die hierfür eindeutige Beweise liefern können.

Hornung will sich in Zukunft noch mehr auf diesen neuen Aspekt der Schadenserkenkung durch das Immunsystems fokussieren. Es zeigt sich nämlich, dass diese Art der Immunaktivierung auch im Rahmen von Erkrankungen zum Tragen kommt, bei

Schadensspuren verraten den Eindringling

denen keine mikrobiellen Erreger im Spiel sind. Hier handelt es sich teilweise um überaus häufige Volkskrankheiten wie Gicht oder Diabetes. „Wir sprechen dann von sterilen Entzündungsprozessen“, erklärt Hornung. „Die Entzündungsreaktion, die hier durch das Immunsystem ausgelöst wird, muss bei diesen Erkrankungen gar nicht im Vordergrund stehen, auf den Krankheitsverlauf hat sie aber langfristig

einen negativen Einfluss.“ Das angeborene Immunsystem spürt hier offenbar auf, dass der Stoffwechsel aus dem Gleichgewicht geraten ist und untypische Veränderungen an körpereigenen Molekülen oder Schäden an Zellen aufgetreten sind. Hornung nennt diese charakteristischen Signale DAMPs (damage associated molecular patterns). Diese molekularen Muster werden durch die gleichen Mustererkennungs-Rezeptoren detektiert, die bei der Erkennung von Bakterien oder Viren zum Einsatz kommen. „Wir wollen verstehen, wie Rezeptoren die Muster hinter bestimmten Zellschäden

Knotenpunkte in funktionalen Netzwerken

erkennen und warum das angeborene Immunsystem dabei manchmal überreagiert“, sagt Hornung.

Im Detail sind die Signalwege meist extrem komplex aufgebaut. Oft sind mehrere Rezeptoren gleichzeitig daran beteiligt, Bakterien oder Viren oder Zellstress aufzuspüren. Im Verlauf der Signalübertragung entsteht zudem eine Reihe von Zwischenprodukten, manche davon sind wichtiger, andere weniger. Die Forscher suchen nach den jeweiligen zentralen Knotenpunkten in den funktionalen Netzwerken. „Manchmal steht man Jahre vor einem System und versteht es einfach nicht, weil ein entscheidender Baustein fehlt“, sagt Hornung. „Ist er gefunden, sieht alles plötzlich ganz leicht aus.“

Mithilfe neuer Technologien kann Hornungs Gruppe mittlerweile komplexe biologische Systeme als Ganzes betrachten, immer öfter auch in menschlichen Zellen. Hierbei helfen unter anderem hochmoderne Gene-Editing-Technologien, mit de-

nen man gezielt Eingriffe in das Genom vornehmen kann.

Mithilfe dieser Systeme haben die Forscher ein Verfahren entwickelt, mit dem sie einzelne Gene in Zellen, die menschlichen Monozyten sehr ähnlich sind, ausschalten können. Damit haben sie ein ideales Modell, denn dieser Zelltyp spielt eine zentrale Rolle bei der Steuerung der Immunantwort im Körper. So können sie an menschlichen Zellen die Wirkung der genetischen Veränderungen beobachten und im Detail verstehen lernen, welche Komponenten bei der Signalübertragung eine entscheidende Rolle spielen. Und sie können vor allem auch untersuchen, wie die Rezeptoren eigentlich aktiviert werden. „Wir sind dabei nicht mehr allein auf das Mausmodell, das klassische Tiermodell der Immunologie, angewiesen“, sagt LMU-Forscher Hornung.

Erst vor Kurzem konnten Hornung und sein Team so im Detail analysieren, wie der Botenstoff Interleukin-1 (IL-1) von Monozyten ausgeschüttet wird. IL-1 spielt eine wesentliche Rolle, wenn wir Fieber bekommen oder ein Entzündungsprozess im Körper stattfindet. Die Forscher entdeckten dabei einen bis dahin unbekanntem Signalweg, der bei vergleichbaren Mauszellen nicht aktiv ist. Die LMU-Forscher konnten mit nur einem Stimulus das sogenannte NLRP3-Inflammasom aktivieren, einen Rezeptor, der eine Schlüsselrolle bei entzündlichen Erkrankungen wie Gicht, Typ-2-Diabetes oder Arteriosklerose spielt. Im Mausmodell wurde dieser Signalweg nur nach der gleichzeitigen Gabe von zwei Stimuli aktiv. „Wir glauben, dass dieser neu skizzierte Signalweg eine entscheidende Rolle in Entzündungsprozessen beim Menschen spielt“, sagt Hornung. „Menschliche Zellen zeigen in manchen Bereichen offenbar ein ganz anderes Verhalten als Mauszellen. Womöglich sind einige der bisher etablierten Mausmodelle zur Entstehung von Entzündungen nur bedingt auf den Menschen anwendbar.

Hornung hofft, dass seine neue Methode hilft, die zellbiologischen und molekularen Grundlagen von Immunerkrankungen besser zu verstehen. Möglicherweise lassen sich so auch neue Angriffspunkte für Therapien finden. Das NLRP3-Inflammasom wäre ein solcher Kandidat. „Wir arbeiten im Moment mit Hochdruck daran, diese wichtige Schaltstelle des angeborenen Immunsystems zu verstehen. Im Moment ist uns jedoch nicht klar, wie NLRP3 genau aktiviert wird. Wir wissen nur, dass jeglicher Stress, der die Zellmembran durchlässig macht, NLRP3 anschaltet.“

Für die Entwicklung eines Wirkstoffes wäre es jedoch wichtig, die genaue Funktionsweise dieser Kaskade zu verstehen. Die Forscher planen, Schritt für Schritt jedes Gen in humanen Monozyten auszuschalten, um so dem genauen Mechanismus auf die Spur zu kommen. „Der Aufwand ist immens, aber das ist es uns wert, zumal wir diesem Mechanismus eine zentrale Bedeutung in sterilen Entzündungsprozessen zuordnen“, sagt Hornung.

Die Vorgänge rund um die Schadenserkenkung zu verstehen könnte in Zukunft bei einer Reihe von klassischen Wohlstandskrankheiten zu neuen Therapien führen. Kennt man die Signalwege und beteiligten Botenstoffe, könnte das möglicherweise ein neuer therapeutischer Ansatz zur Behandlung von Erkrankungen wie Gicht, Diabetes oder Arteriosklerose sein. ■

Prof. Dr. Veit Hornung

ist Inhaber des Lehrstuhls für Immunbiochemie am Genzentrum der LMU. Hornung, Jahrgang 1976, studierte Medizin an der LMU, leitete eine Nachwuchsgruppe in der Abteilung für Klinische Pharmakologie am LMU-Klinikum und war Postdoktorand an der University of Massachusetts Medical School in Worcester, USA. 2008 wurde Hornung zum Professor für Klinische Biochemie am Universitätsklinikum Bonn berufen, danach war er dort Direktor des Instituts für Molekulare Medizin, bevor er im Jahre 2015 an die LMU kam.



Entscheidung für den Eingriff

Die Chirurgie und ihre Chancen: Der Gynäkologe Sven Mahner über die Bedeutung innovativer Operationsmethoden im Kampf gegen Krebs

Von Hubert Filser



„Man muss gründlich arbeiten“, sagt Sven Mahner. „Es ist enorm wichtig, den Krebs vollständig zu entfernen.“ Foto: Jan Greune

Wohl nur Mediziner können die Welt und ihr Tun so griffig beschreiben. Sogar, wenn es um so ernste Dinge wie den Kampf gegen Krebs geht. „Stahl, Strahl und Medikamente, auf diesen drei Säulen beruhen unsere Strategien“, sagt Sven Mahner. Der Gynäkologe leitet am Klinikum der LMU seit September 2015 die Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe. Mahner ist Spezialist für die Therapie gynäkologischer Krebserkrankungen wie Eierstockkrebs, Brust- und Gebärmutterkrebs. „Stahl“, erklärt Mahner, stehe für den „chirurgischen Part“, also das Operieren der Tumoren. „Strahl“ sei die Bestrahlung der Krebszellen mit Röntgenstrahlen und eine weitere Säule die Therapie mit Medikamenten. Das ist das Arsenal gegen Krebs. Und vielleicht braucht es diese Art von nüchterner Beschreibung, um sich den Forschungsfragen zu nähern, die Mahner in der Sorge um die Patientinnen umtreiben. Was die Behandlungsstrategien angeht, spricht Mahner gar von einem „Dreiklang“. Dieser Ausdruck lässt erahnen, dass Mediziner wie Sven Mahner tagtäglich den Spagat zwischen klinischem Alltag und medizinischer Grundlagenforschung bewältigen müssen. Mahner behandelt Frauen mit gynäkologischen Krebsleiden, berät sie, operiert und muss zudem die neuesten Fortschritte etwa in der Immuntherapie im Blick behalten, ganz abgesehen davon, dass er auch noch lehrt. „Ich empfinde das nicht als Spagat“, sagt Mahner. „Eher als Chance, neue Erkenntnisse schnell im Alltag umzusetzen und den Patientinnen besser zu helfen.“ Jede Krebserkrankung, jede Patientinengeschichte sei anders, auch diese Erkenntnis reife im Zusammenspiel aus Forschung und klinischer Versorgung. Je enger die Verzahnung, sagt Mahner dezidiert, umso besser sei es für die Patientinnen. Meist werden in der Krebsmedizin in aufwendigen randomisierten Studien die Chancen untersucht, die sich durch neue Wirkstoffe eröffnen können, nicht zuletzt, weil

das ein Markt für die Pharmaindustrie ist. „Hier profitieren wir inzwischen von den Fortschritten der evidenzbasierten Medizin, die ein realistisches Bild der Erfolgsaussichten zeichnet“, sagt Mahner. Doch als Chirurg weiß er nicht zuletzt aufgrund der Daten aus Operationszentren weltweit, wie wichtig auch die Tumor-OP ist. Und schon ist man mittendrin in der Diskussion, die Mahner mit seinen Arbeiten vorantreiben möchte: Wie lassen sich die Teile der Strategie kombinieren? In welchem Verhältnis zueinander sollten „Stahl, Strahl und Medikamente“ stehen? Was ist richtig für welche Patientin und für welches Stadium der Erkrankung? Und welche zusätzliche medikamentöse Therapie bietet sich an? Es ist eine Diskussion, die um Wahrscheinlichkeiten und Überlebensraten, nüchterne Maßzahlen also, kreist, um die Fragen zu präzisieren und die Antworten zu fokussieren. „Den Krebs möglichst vollständig zu entfernen ist enorm wichtig“, sagt Mahner, egal

Die Güte der OP bestimmt die Überlebensrate

um welche der Krebserkrankungen es geht. Das ist die erste Botschaft, die einem der Krebsmediziner mitgibt: Man muss „gründlich“ arbeiten, wie er sagt, sonst hat man gegen diesen Feind keine Chance. Gerade beim Eierstockkrebs hänge die Überlebensrate der Frauen entscheidend von der Operation ab. Es geht darum, auch die oft weit ausgebreiteten Tumorabsiedlungen komplett zu entfernen, sagt der Gynäkologe. Untersuchungen aus Operationszentren weltweit und große Metaanalysen von Chemotherapie-Studien zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit, mehr als fünf Jahre mit dem Krebs zu überleben, bei knapp 70 Prozent

liegt, wenn der Tumor vollständig entfernt und dann chemotherapiert wurde, aber nur bei 25 Prozent, wenn Reste im Körper blieben – ein dramatischer Unterschied also. Es ist im Gespräch schnell zu spüren, wie sehr Mahner auf die Möglichkeiten der Chirurgie setzt und überzeugt ist, dass man auch hier höchste Qualitätsstandards etablieren muss. So dauert es nicht lange, bis er auf Operationen selbst zu sprechen kommt und fragt, ob man so einen Eingriff schon einmal gesehen habe. Der 40-jährige Gynäkologe holt seinen Laptop und zeigt Bilder aus einer Vorlesung, die er vor seinen Studenten hält. Auf solchen Aufnahmen sind im Bauchraum klein die Eierstöcke mit den Wucherungen zu sehen. Aber nicht nur dort hat sich der Krebs ausgebreitet, auch Gebärmutter, Bauchfell, Milz und Teil von Darm und Leber sind befallen. Man erkennt kleine Verkrustungen und weißliche Knoten. In jeder Region sieht der Tumor anders aus, mal knollig wuchernd, mal verästelt, mal punktförmig und weißlich, mal im gut durchbluteten Darmgewebe versteckt. Chirurgen können oft erst während der Operation entscheiden, was sie entfernen. „Keine Sorge“, kommentiert Mahner die Bilder, „der Patientin geht es gut.“ Solche Eingriffe dauern bis zu acht Stunden, und es sei gerade bei solch aufwendigen Operationen wichtig, dass man dafür wirklich die Zeit hat, sagt Mahner. Ein Chirurg müsse „fit und motiviert“ sein. „Und er muss an den Erfolg seines Tuns glauben.“ Das Ganze stelle auch keine Einzelleistung dar, sondern erfordere ein erfahrenes interdisziplinäres Team. „Ein guter Operateur alleine nützt den Patientinnen wenig“, sagt Mahner, nur im Team mit Anästhesiologen, Urologen und Viszeralchirurgen, aber auch erfahrenen Pflegekräften ließen sich bei entsprechend guter technischer Ausstattung, „zuverlässig optimale Ergebnisse für die Patientinnen“ erzielen. Mahner will nun in einer Forschungsarbeit die Qualität der Chirurgie mehr in den Mittelpunkt rücken. Soeben ist die neue, internationale TRUST-Studie zur Therapie des

fortgeschrittenen Eierstockkrebses angehen, an der weltweit knapp 700 Frauen teilnehmen. Sie soll klären, ob es besser ist, den Tumor zunächst zu operieren und dann mit einer Chemotherapie zu behandeln oder

Zwei Stunden? Für komplizierte Eingriffe zu kurz

ihn zunächst mit einer Chemotherapie zu behandeln, dann zu operieren und noch mal eine Chemotherapie zu machen.

„Eigentlich sollten wir die Studie gar nicht machen müssen“, erzählt Mahner. „Denn es gab schon zwei große internationale Untersuchungen zu dieser Frage.“ Die Ergebnisse waren ernüchternd, vor allem aufgrund der niedrigen Überlebensrate. Das habe viele zum Nachdenken gebracht, ob nicht andere Faktoren eine Rolle gespielt haben könnten, eine schlechte Auswahl der Patientinnen etwa oder eben auch eine mangelnde Qualität der Operationen. Im Mittel operierten die Kollegen nur gut zwei Stunden, berichtet Sven Mahner. „Meines Erachtens lassen sich komplizierte Eingriffe beim Eierstockkrebs in dieser Zeit nicht durchführen.“ Nur wenn der Krebs ausreichend gründlich operiert werde, könne man die Therapien vergleichen. Ein Qualitätskriterium für die neue TRUST-Studie ist daher, dass jedes der beteiligten Behandlungszentren mindestens 36 solcher Operationen pro Jahr durchführt. Wer nicht Experte ist, kann die unterschiedliche Qualität medizinischer Studien oft schwer erkennen. Der Bedarf an hochwertigen Studien in diesem Bereich jedenfalls ist groß, wenngleich sie oft nur schwer zu finanzieren sind. Pharma-Firmen haben naturgemäß wenig Interesse, Untersuchungen zu Operationsstrategien zu fördern. Die Arbeitsgemeinschaft Gynäkologische Onko-

logie (AGO) brachte mit ihrer Studiengruppe TRUST (für „Trial on Radical Upfront Surgery“) trotzdem auf den Weg. Bis man belastbare Ergebnisse habe, werde es wohl zehn Jahre dauern. Aber man könne vernünftige Leitlinien zur Behandlung eben nur an methodisch einwandfreien Studien ausrichten. Zehn Jahre – ist das nicht zu lang? „Theoretisch kann ein Medikament auf den Markt kommen, das besser wirkt als jede Operation“, sagt Mahner. „Dann würden wir die Studie natürlich sofort beenden.“ Krebsforscher hoffen nach wie vor, dass neue Medikamente künftig eine wichtigere Rolle bei der Heilung von Krebs spielen werden, denn Immunologen beispielsweise verstehen immer besser, die Mechanismen seiner Entstehung zur Bekämpfung zu nutzen. In der Vergangenheit gab es vor allem bei Immuntherapien immer wieder ernüchternde Rückschläge. „Was im Labor fantastisch aussah, hat nur wenigen Frauen geholfen“, sagt Mahner. Doch das lag, wie man heute weiß, oft nicht daran, dass die Erkenntnisse der Grundlagenforscher falsch waren; sie galten aber offenbar nur unter bestimmten Voraussetzungen. Jeder Mensch ist genetisch anders, so wie jeder Krebs anders ist. „Wir müssen schauen, dass wir die Gruppen an Patientinnen erkennen lernen, für die ein Medikament oder eine Therapie wirksam ist, auch wenn es nur wenige sind“, sagt Mahner. „Bei anderen könnten wir direkt auf eine belastende Chemotherapie verzichten, wenn wir erkennen, dass die genetischen Faktoren nicht dafür sprechen.“ Mitunter müssen sich die Ärzte auch damit begnügen, den Krebs nicht heilen, sondern nur eine Weile aufhalten zu können. Da-bei kommt den Mediziner zugute, dass sie immer mehr über die Beteiligung bestimmter Gene an Krebserkrankungen wissen. Trägerinnen einer Reihe von Varianten der Gene BRCA 1 und 2 haben ein erhöhtes Risiko, an Brust- oder Eierstockkrebs zu erkranken. Lange wusste man nicht, warum das so ist. Jetzt liefern Immunologen Antworten, etwa die, dass Zellen mit BRCA-Mutationen nicht

ausreichend auf Schäden in der zelleigenen DNA reagieren können. An dem Reparaturprozess in intakten Zellen sind auch zahlreiche Enzyme beteiligt, etwa die sogenannten PARP-Enzyme 1 und 2. Sie werden normalerweise bei Zellschäden aktiviert und helfen bei der Instandsetzung. Sind jedoch die Reparaturmechanismen in einer Tumorzelle nicht mehr intakt, ist es hilfreich, die PARP-Enzyme zu blockieren und so die Zelle in den kontrollierten Zelltod zu treiben. „Hemmt man den Reparaturmechanismus, stirbt die Krebszelle ab“, sagt Mahner. Eine internationale Forschergruppe konnte unter Beteiligung der AGO-Studiengruppe erst im Oktober dieses Jahres eine Phase-III-Studie vorstellen, bei der Patientinnen mit Eierstockkrebs nach einer erfolgreich verlaufenden Chemotherapie von einem neuen Medikament profitierten. Das Mittel Niraparib, das die PARP-Enzyme hemmt, verlängerte die progressionsfreie Zeit deutlich. Mit dem Medikament kam der Krebs erst nach 21,5 Monaten wieder, bei der Placebo-Kontrollgruppe bereits nach 5,5 Monaten. „Die Ergebnisse haben uns überrascht“, sagt Mahner, der die im renommierten Fachblatt *New England Journal of Medicine* publizierte Studie in Deutschland leitete. „Die Zeit bis zum Fortschreiten der Erkrankung vervierfacht sich mit dieser Therapie – eine enorme Verbesserung. Durch solche operativen und medikamentösen Fortschritte“, sagt Sven Mahner, „wird das Arsenal der Waffen gegen die gynäkologischen Krebserkrankungen deutlich aufgestockt.“ ■

Prof. Dr. med. Sven Mahner

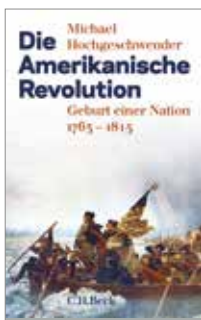
ist Direktor der Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe des Klinikums der LMU, Campus Großhadern und Campus Innenstadt. Mahner, Jahrgang 1975, studierte Medizin an der Universität Heidelberg, machte seinen Facharzt für Gynäkologie und Geburtshilfe am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE). Er war Oberarzt, Leitender Oberarzt und schließlich kommissarischer Klinikdirektor am UKE, bevor er 2015 nach München kam.



Aufgeopfert für Gleichheit und Freiheit? Ganz so eindeutig und ruhmreich sieht Michael Hochgeschwender die Amerikanische Revolution nicht. Foto: akg-images/De Agostini Picture Lib.

Büchertisch

It's Tea Party Time



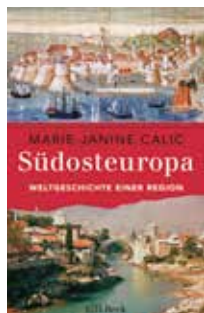
Am 16.12.1773 löschen als Irokesen verkleidete Siedler die Ladung von drei Teefrachtern der East India Trading Company direkt ins Bostoner Hafenbecken. Hintergrund des Vorfalles, der als Boston Tea Party in die Geschichtsbücher einging, ist die sogenannte Stamp-Act-Krise, ein Zoll- und Steuerstreit.

Großbritannien ist nach gewonnenem siebenjährigem Krieg nahezu pleite und will die Kolonien an den immensen Militärausgaben zur Sicherung der Siedler beteiligen. Doch die wollen lieber in ihrem Steuerparadies bleiben – dies ist der Anfang der Amerikanischen Revolution, die in die Unabhängigkeitserklärung von 1776 mündet. Zum ersten Mal in der Geschichte bekommen Gleichheit und Freiheit Verfassungsrang. Ganz so eindeutig und glorios ist die Geschichte aber nicht, wie Michael Hochgeschwender in seinem neuen Buch schreibt: „Die einfache Geschichte von den Amerikanern als freiheitsliebenden, patriotischen Helden auf der einen Seite und den Briten als korrupten, arroganten und despotischen Schurken auf der anderen Seite lässt sich heute nicht mehr erzählen“, sagt der Münchener Amerikanist. „Janusköpfig“ sei die Amerikanische Revolution gewesen, eben nicht nur den Geist der Aufklärung atmend und der Zukunft zugewandt, sondern „ganz

dem frühneuzeitlichen, partikularistischen und rückwärtsgewandten Denken verpflichtet“, wie der Umgang mit Sklaven und Indianern und frühe militärische Abenteuer – etwa 1812 in Tripolis – zeigen.

Hochgeschwender legt dar, wie sich aus 13 überseeischen Kolonien schnell eine mit missionarischem Furor ausgestattete demokratisch-imperiale Supermacht entwickelt: „Aus der Union sich unterdrückt wahnender ehemaliger Kolonien wurde binnen kurzer Zeit, im Grunde bereits 1812, eine expansive Macht.“ So wundert es nicht, dass sich die Rechte, die Amerika vorgeblich wieder groß machen will, auf die Gründerväter beruft: Der Wahlsieg des populistischen Außenseiters Donald Trump mag in Europa verstören, doch ist er so gesehen nur der jüngste Sproß der Amerikanischen Revolution. (mbu)

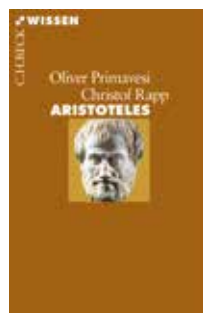
Michael Hochgeschwender: Die Amerikanische Revolution; Verlag C.H. Beck, München 2016, 512 Seiten, 29,95 Euro



Spielstätte der Großen

Ibrahim Edhem, geboren auf der griechischen Insel Chios, wurde 1822 als Sklavenjunge in Istanbul verkauft. Eine solche Entwurzelung war Schicksal vieler Südosteuropäer. Die Region, ihrer Lage wegen strategisch wichtig, war vielen Imperien unterworfen. Völker wurden vertrieben oder versklavt, flüchteten oder arrangierten sich mit neuen Herrschaftsverhältnissen. Bei Edhem wendete sich alles zum Guten, als ihn ein Großwesir adoptierte. Doch nur selten nahmen Lebenswege einen „so glücklichen Verlauf“, schreibt Marie-Janine Calic in ihrem neuen Buch, das in Österreich auf der Shortlist zum Wissenschaftsbuch des Jahres steht. Darin erzählt sie die „Weltgeschichte“ der Region. Transnationale Verbindungen führten vereinzelt zu frühen „globalen Lebensläufen“ wie bei Edhem, der im Osmanischen Reich gar zum hohen Würdenträger aufstieg. Mit dem Zerfall des Imperiums nahmen nationalistische Bestrebungen zu. Versuche, ganze Volksgruppen zu vernichten, standen in unrühmlicher Kontinuität zu vergangenen Jahrhunderten. Zuletzt lösten das Ende des Kommunismus und des Vielvölkerstaats Jugoslawien ethnisch motivierte Kriege aus. Endgültig abgeschlossen, so schreibt Calic, sei dieser Prozess bis heute nicht. (nh)

Marie-Janine Calic: Südosteuropa. Weltgeschichte einer Region; C.H. Beck, München 2016, 704 Seiten, 39 Euro



Der Wille zum Wissen

Erforschung der ersten Ursachen – so definiert Aristoteles Philosophie. Der griechische Denker, der vor 2400 Jahren geboren wurde, sieht den Gegenstand möglichen Ursachenwissens anders als sein Lehrer Platon nicht nur im Unveränderlichen, sondern auch in der Natur als einem Bereich ständiger Veränderung: Die Metaphysik setzt die Physik voraus. Innerhalb der Naturwissenschaft hat er vor allem eine systematische, auf umfassenden empirischen Forschungen beruhende Biologie begründet: An die Stelle von Platons „Ideen“ treten bei ihm die Gattungen und Arten der Lebewesen. Er hat eine Argumentationslehre entworfen, die die formale Logik ebenso umfasst wie die Theorie des wissenschaftlichen Beweises und die Rhetorik. Und er ist bis heute eine Autorität auf den Gebieten der politischen Theorie, der Ethik und der Poetik. Angesichts von Umfang, Gewicht und Wirkungsmacht des Aristotelischen Werkes brauche es Orientierung, sagen Gräzist Oliver Primavesi und Philosoph Christof Rapp. Sie haben eine schlanke Einführung geschrieben, in der sie die Hauptgedanken des Philosophen über die einzelnen Schriften hinweg verdichten und den geschichtlichen Kontext seines Lebens neu bewerten. (mbu)

Oliver Primavesi, Christof Rapp: Aristoteles; C.H. Beck Wissen, München 2016, 128 Seiten, 8,95 Euro



Hundewelt

Es ist ein kleines Rechenexempel, nicht mehr als eine statistische Fußnote, die griffig wie kaum eine andere die globale Ungleichheit beschreibt, ein wenig zynisch vielleicht, aber durchaus erhellend. Stephan Lessenich berichtet ganz nüchtern davon: Setzt man den Geldbetrag, den der Durchschnittsamerikaner für seinen Hund ausgibt, als Pro-Kopf-Einkommen eines fiktiven Staates, so gehört dieses „Dogland“ im Weltmaßstab zu den Ländern mittleren Einkommens – oberhalb von Paraguay oder Ägypten etwa. Die Welt teilt sich in Arm und Reich, provokant erzählt der Soziologe diese „Doppelgeschichte“ der westlichen Moderne, berichtet ganz „unironisch“, wie er bekennt, vom „bitteren Beigeschmack der bestehenden Produktions- und Konsumverhältnisse“. Und rechnet vor, was Wohlstand und Fortschritt des Nordens am anderen Ende der Welt kosten: Er beklagt die „Schmutzarbeit in den Werkhallen des globalen Südens“, Umweltzerstörung, dramatische Folgen des Klimawandels sowie die Vertreibung durch Ökodesaster und Ressourcenkonflikte. Lessenich bringt das Wesen dieser „Externalisierungsgesellschaft“ auf eine einfache Formel: „Wir leben nicht über unsere Verhältnisse. Wir leben über die Verhältnisse anderer.“ (math)

Stephan Lessenich: Neben uns die Sintflut. Die Externalisierungsgesellschaft und ihr Preis; Hanser Verlag, München 2016, 224 Seiten, 20 Euro



Ressentiments in Reinkultur: Im Trumpf-Lager, am Abend der Wahlparty. Foto: Andrew Harrer/Bloomberg via Getty Images

Die Zukunftsfrage

Wohin führt der weltweite Populismus?

Karsten Fischer, Professor für Politische Theorie an der LMU: „Populismus ist nicht neu, sondern nur eine spezifische Spielart der die Menschheitsgeschichte begleitenden Verschwörungstheorien. Heute richtet sich der Verdacht gegen Experten, Eliten und Entscheidungsträger. Dabei provoziert und stimuliert er bewusst jene Ressentiments, die er anschließend als authentisch behauptet und bloß zu repräsentieren vorgibt. Wenn Eliten wie dem Milliardär Trump und den Berufspolitikern der AfD, des ‚Front National‘, der UKIP und anderer populistischer Parteien ihre ressentimentbeladene Elitenkritik geglaubt wird, zeigt das die Frustration größerer Teile der Bevölkerung, stellt aber auch deren politische Rationalität infrage. Insofern fordert der Populismus auch unser Demokratieverständnis heraus: Soll der politische Wille des Volkes stets unbedingt zur Geltung kommen, oder soll er weiterhin unter dem verfassungsrechtlichen Vorbehalt stehen, Freiheit und Menschenwürde zu wahren?“

Martin Schulze Wessel, Professor für Geschichte Ost- und Südosteuropas an der LMU: „Populisten neigen nicht nur zu einfachen Lösungen. Sie beanspruchen vor allem, für das ‚wahre Volk‘ zu sprechen. Dieser Alleinvertretungsanspruch trennt sie im Übrigen von den Protagonisten einer nur populären Politik. In der Tat handelt es sich beim Populismus um ein universales Phänomen, das besonders nach einschneidenden Transformationserfahrungen an Boden gewinnt – wie es in den Staaten Osteuropas nach dem Zusammenbruch des Sowjetimperiums der Fall ist. In Polen beispielsweise gab es Anfang der 1990er-Jahre eine Art Schockliberalisierung, die in der Folge links- und rechtspopulistische Parteien hochspülte. Ähnliches gilt für Ungarn, die Slowakei und andere Staaten. Russland und sein Präsident Wladimir Putin nutzen das aus und schmieden derzeit eine europaweite Allianz populistischer Strömungen.“

Protokolle: math

Lesen Sie im nächsten Heft ein ausführliches Gespräch über die Herausforderungen des Populismus

Impressum

Herausgeber

Präsidium der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

Konzept und Redaktion

Kommunikation & Presse LMU
Luise Dirscherl (verantwortlich)
Martin Thureau (federführend)

Autoren dieser Ausgabe

Maximilian Burkhart (mbu), Hubert Filser (huf),
Monika Gödde (göd), Nicola Holzapfel (nh), Martin
Thureau (math), Klaus Uhrig

Design

Christoph Olesinski

Online-Redaktion

Thomas Pinter

Auflage

9000 Exemplare

Erscheinungsweise

halbjährlich

Druck

Kriechbaumer Druck GmbH & Co. KG,
München
Einsichten. Das Forschungsmagazin wird auf
Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft gedruckt.

Distribution

Mathias Schiener

Redaktionsadresse

Geschwister-Scholl-Platz 1
80539 München
Tel.: 089 2180 3808
E-Mail: Einsichten@lmu.de

www.lmu.de/einsichten

Unter dieser Adresse können Sie
Einsichten. Das Forschungsmagazin
auch kostenlos abonnieren.

www.lmu.de/einsichten