

## Die Vermessung des Menschen



Shakespeare: Wie er uns gefällt

Die dunkle Seite der Materie

Stammzellforschung: Die Programmiererin



Welche Werte sind die besten? Die Vermessung des Menschen ist Alltag – wie hier beim Augenarzt. Foto: Andreas Teich/CARO/ullstein bild

## Liebe Leserinnen, liebe Leser,

die Debatten reißen nicht ab, der politisch aufgeladene Streit um die Familienförderung, um Krippenausbau beispielsweise und Betreuungsgeld – ausgestanden ist er nicht. Jede der Parteien reklamiert dabei für sich, junge Familien bestmöglich zu unterstützen. Doch wie leben Familien heute wirklich? Wie bewältigen sie ihren immer dichterem Alltag und wie nahe kommen die Paare ihrem Ideal vom Leben? Schaffen sie es, Familie und Beruf unter einen Hut zu bringen? Und was geben sie ihren Kindern mit? Das untersuchen bundesdeutsche Sozialforscher in einer breit angelegten Längsschnittstudie; Wissenschaftler der LMU wie die Psychologin Sabine Walper und der Soziologe Josef Brüderl sind maßgeblich daran beteiligt. Es ist gleichsam die Vermessung der Familie.

Gegenstand der Vermessung sind auch andere Aspekte des menschlichen Lebens: Wie versuchen die Wissenschaften, den Menschen als biologisches und soziales Wesen zu beschreiben?

Wie lassen sich physiologische und medizinische, aber auch psychologische und gesellschaftliche Phänomene fassen? Das sind Fragen, die LMU-Wissenschaftler in der neuen *Einsichten*-Ausgabe beantworten. Der Humanbiologe Heinrich Leonhardt lernt erkennen, wie Umwelteinflüsse die Genaktivität in menschlichen Zellen steuern. Neuroforscher Andreas Herz nähert sich der großen Frage, wie das Gehirn arbeitet. Pädiater Berthold Koletzko vermisst Stoffwechsel und Ernährung mit molekularbiologischen Methoden. Medizinstatistiker Ulrich Mansmann schließlich arbeitet an Verfahren, mit denen sich neue Medikamente verlässlich bewerten lassen. Der Psychologe Markus Paulus untersucht mit Experimenten soziales Lernen und kindliche Entwicklung. Verhaltensökonom Martin Kocher analysiert das irrationale Moment der Ökonomie. Und Wirtschaftspsychologe Felix Brodbeck skizziert, welche Art von Führung Beschäftigte brauchen, um effizient und motiviert zu arbeiten.

Eine anregende Lektüre  
wünscht Ihnen  
Ihre *Einsichten*-Redaktion

# Inhalt



Schwerpunkt: Die Vermessung des Menschen

14



Familienangelegenheiten

34

- 6 **Aktuelles aus der Forschung**  
Die Worlds of Journalism Study ■ Meldungen ■  
Unterhaltung mit: Christof Wecker über Powerpoint

Schwerpunkt: Die Vermessung des Menschen

- 16 **Muster der Menschwerdung**  
Ein komplexer Schaltplan entscheidet darüber,  
mit welchen Genen die Zellen jeweils arbeiten

- 22 **Wiege der Gesundheit**  
Spurensuche im Blut: Wie stark prägt  
die Ernährung eines Babys dessen Leben?

- 26 **Studien über Studien**  
Die Suche nach Standards, mit denen sich neue  
Medikamente und Methoden sicher prüfen lassen

- 31 **Theorien vom Netz der Netze**  
Die Abkehr von den großen Entwürfen: In  
mühevoller Detailarbeit lassen Neurowissenschaftler  
ein Bild davon entstehen, wie das Gehirn arbeitet

- 34 **Familienangelegenheiten**  
Mit einer großen Umfrageserie analysieren  
LMU-Forscher das Wesen der Partnerschaft  
und ein Leben mit Kindern

- 41 **Ich und die anderen**  
Vom hilflosen Baby zum agilen Schulkind:  
Wie sich soziales Lernen und Wissen über das  
eigene Wissen entwickeln

- 46 **Die Macht des Irrationalen**  
Menschen verhalten sich im Wirtschaftsleben  
vernünftig und eigennützig: Experimente zeigen, wie  
wenig mitunter von dieser Idee übrig bleibt



Was Shakespeare uns heute sagt

56



Die dunkle Seite der Materie

68

**51** **Der menschliche Faktor**  
Was brauchen Mitarbeiter, um gut arbeiten zu können? Die Effekte guter wie schlechter Führung

**56** **„Who’s there?“**  
Shakespeares Stücke sind – immer wieder anders – aktuell: Erklärungen für ein Ausnahmephänomen

**64** **Die Welt – ein Theater**  
Ein Reigen der Kulturen: Die Globalisierung hat seit ihren Anfängen die Bühnengeschichte international geprägt

**68** **Die dunkle Seite der Materie**  
Operation Graviton – wie sich Schwarze Löcher durchgängig mit den Gesetzen der Quantenmechanik erklären ließen

**73** **Die Programmacherin**  
Umschalten auf einen anderen Kanal: Wie sogenannte Gliazellen eine neue Bestimmung finden – als Neurone

### Rubriken


**3** **Editorial**

**76** **Büchertisch**  
Über Augustus, Griechenland und globale Götter

**78** **Die Zukunftsfrage**  
Wohin bringt die Evolution den Menschen?

**78** **Impressum**

**Titelbild:** Im Labor der Psychologie. Foto: ole/LMU



# Aktuelles aus der Forschung

Das Original: Ausbruch des Eyjafjallajökull, Island, Frühjahr 2010. Foto: Orsolya Haarberg/Nature Picture Library/Corbis

## Vulkanblitze – im Labor kopiert

Als der isländische Vulkan Eyjafjallajökull im Frühjahr 2010 ausbrach und eine schwarze Aschewolke ausstieß, zuckten Blitze über ihm. Solche Vulkanblitze hat ein Team um Professor Donald Dingwell, Direktor des Department für Geo- und Umweltwissenschaften an der LMU, nun erstmals in einem Laborexperiment erzeugt und mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen. Dazu haben die Forscher in einem verschlossenen Druckbehälter einen Vulkanausbruch simuliert. Wird der Druck plötzlich freigesetzt, bildet sich ein wirbelnder Strahl aus Asche und Gas. Dabei entstehen auch Blitze, da sich die Partikel in der Aschesäule gegenseitig aufladen. „Unsere

Experimente belegen den Zusammenhang zwischen der Menge der Feinpartikel in der Aschesäule und der Anzahl der Blitze“, sagt LMU-Vulkanologe Dr. Corrado Cimarelli. „Aus der Beobachtung der Vulkanblitze könnten wir also auf die Konzentration der Aschepartikel rückschließen. Das ist entscheidend, um vorhersagen zu können, wie sich Aschewolken in der Atmosphäre bewegen – und welche Auswirkungen das auf den Flugverkehr haben kann.“ Die Aschewolke des Vulkans Eyjafjallajökull beispielsweise störte im Frühjahr 2010 über mehrere Wochen massiv den Flugverkehr über Europa. (nh)

Geology, Januar 2014

## Im Schatten der Vierten Macht



Mitten in der Konfliktzone: Bulgarische Journalisten interviewen einen prorussischen Separatisten in Slowjansk, Ostukraine, Ende April 2014.  
Foto: Scott Olson/Getty

In westlichen Ländern sehen sich die Medien gern als unabhängiges Korrektiv der Politik. Doch welche Aufgaben haben sie auf anderen Kontinenten? Eine Studie untersucht die Rolle des Journalismus im globalen Vergleich.

Im Büro von Thomas Hanitzsch steht eine Urkunde mit goldenen kyrillischen Buchstaben – ein Preis, der ihm kürzlich in St. Petersburg verliehen wurde. Der Medienforscher ist ein gefragter Mann, auch international. Er hat die *Worlds of Journalism Study* initiiert, sie ist die größte ihrer Art und von globalem Zuschnitt, Wissenschaftler aus mehr als 80 Ländern sind daran beteiligt. Mit Umfragen wollen die Forscher Rolle und Selbstverständnis von Journalisten untersuchen – weltweit. Wie stark passen sie sich dem Markt an, welche Qualitätsstandards

halten sie hoch? Wie viel Distanz haben sie zu den Machtzentren in Politik und Gesellschaft? Wie sehen sie ihre Rolle in Konflikten? „Damit können wir quasi in den Bauch der Journalisten schauen“, sagt Hanitzsch, der die Untersuchung koordiniert. Eine solch groß angelegte Analyse passt gut in eine Zeit, in der die Medienbranche einen radikalen Umbruch durchlebt: Weltweit ändern sich die Arbeitsbedingungen für Journalisten dramatisch; der ökonomische Druck steigt, die Qualität ist vielerorts in Gefahr, überall werden Ressourcen gekürzt.

„Ich war selbst überrascht, welchen Zuspruch wir für die Studie haben“, sagt Hanitzsch. „Sie war gar nicht so groß geplant.“

Schon in der ersten Phase bis 2011 hatten die Forscher 2100 Journalisten aus 21 Ländern, von Australien über China, Ägypten, Brasilien bis hin zu den USA, befragt. Aktuell steigt der Umfang der Studie noch einmal deutlich an, allein in Deutschland nehmen 1000 Journalisten teil. „Es ist überraschend, wie unterschiedlich Journalismus in verschiedenen Regionen der Welt verstanden

## Neutral bleiben oder deutlich Flagge zeigen?

wird“, sagt Hanitzsch. Insgesamt haben die Forscher vier verschiedene Typen identifiziert, wie Journalisten ihre Rolle sehen. In den arabischen Ländern beispielsweise wollen sie die Gesellschaft beeinflussen, nicht nur qua ihrer publizistischen Funktion, sondern indem sie aktiv Partei ergreifen. „Sie wirken wie in Ägypten als politische Akteure in die Gesellschaft hinein“, sagt Hanitzsch. „Was man etwa in Deutschland als unprofessionell bezeichnen würde, ist in arabischen Ländern auch eine Erwartung an den Journalismus.“ Redakteure machten in ihren Berichten stets deutlich, wer ihrer Meinung nach die richtigen Argumente habe. Sie sehen sich als Motor von Veränderungen. In westlichen Ländern dagegen dominiert das Bild des neutralen Beobachters, als „Vierte Gewalt“ der Demokratie, die den Mächtigen auf die Finger schaut. In Asien und Afrika gebe es wiederum viele Länder, in denen sich Journalisten sehr stark in der Rolle des Erziehers sehen. „Wir bezeichnen das als Entwicklungsjournalismus“, sagt Hanitzsch. Das bedeutet manchmal auch, dass Journalisten den Machthabern dabei

helfen wollen, die Gesellschaft zu wirtschaftlichem Wohlstand zu führen.

Journalisten sind dann bisweilen auch Steigbügelhalter der Regierung und nehmen für den wirtschaftlichen Erfolg in Kauf, dass Meinungs- und Pressefreiheit nicht so viel zählen. Der Studie zufolge trifft dies etwa auf rund 70 Prozent der Journalisten in Uganda zu, auf jeweils mehr als die Hälfte in China und Indonesien. Der vierte Typus ist eine Art populistischer Nachrichtenübermittler, den die Forscher vor allem in Rumänien, Bulgarien und Russland finden, aber auch in Israel und Spanien, alles Gesellschaften, die sich stark im Wandel befinden.

Lange Zeit habe sich der Journalismus vor allem mit Politik beschäftigt, sagt Hanitzsch. „Künftig aber wird die Arbeit der Journalisten stärker in das alltägliche Leben hineinwirken.“ Viele klassische Instanzen wie Familie, Schule oder Religion, die Werte vermitteln und den Menschen Orientierung bieten, verlieren an Kraft. In diesem entstehenden Leerraum nehmen die Medien eine immer wichtigere Funktion ein. Journalisten werden zu Ratgebern, die Hilfe im Alltag bieten und die Menschen durch die Welt des Konsums navigieren. Es geht um Nachrichten, die im Alltag von Nutzen sind. Ein Indiz für diesen Trend sei auch die Zunahme an Berichterstattung über Prominente. Diese bieten Orientierung in einer Welt komplexer Lebensstile. Es gibt heute eine große Zahl von Zeitschriften und Fernsehmagazine, die sich gezielt an den Leser oder Zuschauer als Konsumenten richten und ihn nicht mehr vornehmlich als politisch interessierten Bürger ansprechen. „Für die Werbeindustrie ist das gut, weil sie Produkte so besser platzieren kann“, sagt Hanitzsch. Dabei leide oft die publizistische Unabhängigkeit.

Mit der aktuellen Ausweitung der Worlds of Journalism Study wollen die Forscher weitere Rollenbilder herausfiltern. So spielen Journalisten in Konflikten eine immer wichtigere Rolle. „Im Westen erwarten wir, dass die Reporter unparteiisch sind, dass sie nicht Stimmung machen und Konflikte noch

anheizen“, sagt Hanitzsch. „Aber wir vergessen, dass Journalisten immer für ein Publikum schreiben, das oft nach ethnischer oder religiöser Zugehörigkeit sortiert ist. Dort entsteht die Erwartung, dass sie Flagge zeigen“ – in Ländern mit starken ethnischen oder religiösen Spannungen oder bewaffneten Konflikten. Journalismus lebt von einem Vertrauensverhältnis sowohl zu den Informationsgebern als auch zu den Lesern. Blieben Journalisten in Konflikten tatsächlich unparteiisch, entzögen die Leser ihnen womöglich das Vertrauen – was eine seriöse Kriegsberichterstattung nicht einfach macht. Auch westliche Journalisten unterliegen einer gewissen Erwartungshaltung; der sogenannte Friedensjournalismus ist ein Trend. Ausgehend von Erfahrungen aus dem Krieg in Bosnien, in dem der Westen Gräueltaten mitunter tatenlos zuschaute, haben Reporter die Haltung entwickelt, dass der Westen eingreifen müsse. „Ich halte das für problematisch. Parteinahme in Konflikten ist nicht Aufgabe der Medien; dafür gibt es andere Einrichtungen“, sagt Hanitzsch. „Was passiert denn, wenn sich Journalisten auf die falsche Seite stellen?“ Die Bedingungen, unter denen Reporter in Krisengebieten arbeiten, erlauben es oft nicht, das Geschehen in vollem Umfang zu beleuchten. Oft ist der Zugang zu bestimmten Regionen oder Informationen verwehrt. Beispiele gibt es genug, auch die aktuelle Ukraine-Krise gehört dazu. „Eine ausgewogene Berichterstattung ist dann nicht möglich“, warnt Hanitzsch. Deutsche Medien hätten gelernt, trotz dieser Hindernisse relativ sauber über Konflikte zu berichten. „Im Vergleich etwa zu den USA stehen wir gut da.“

(Hubert Filser)

### Prof. Dr. Thomas Hanitzsch

ist Professor für Kommunikationswissenschaft mit Schwerpunkt Journalismus an der LMU. Von Oktober an ist er Senior Researcher in Residence am Center for Advanced Studies (CAS) der LMU.



## Das Risiko der Annehmlichkeit

Das neue Kältemittel R1234yf für Klimaanlage in Autos setzt im Brandfall nicht nur, wie schon bekannt, Fluorwasserstoff frei, sondern auch das noch giftigere Carbonylfluorid. Die Brandgase enthalten bis zu 20 Prozent der Substanz, konnte das Team um Anorganik-Professor Andreas Kornath nachweisen. Carbonylfluorid kann beim Einatmen die Lungenbläschen verätzen, in den Blutkreislauf eindringen und zum Tod führen. Die EU verpflichtet Autohersteller, in PKW-Klimaanlagen neuer Autotypen das bisherige Kältemittel R134a durch andere Stoffe zu ersetzen, weil es zum Klimawandel beiträgt. In Deutschland ist R1234yf aber umstritten, weil es sich Tests zufolge bei Unfällen entzünden und so Fluorwasserstoff freisetzen kann. Angesichts des Carbonylfluorid-Risikos regt Kornath an, den Einsatz von R1234yf neu zu bewerten. (nh)

Zeitschrift für Naturforschung, April 2014

## Genetische Ursachen des Cushing-Syndroms

Kortisol, in der Nebennierenrinde produziert, ist ein lebenswichtiges Stresshormon. Beim Cushing-Syndrom leiden die Patienten an einer ungebremsten Kortisolproduktion. Betroffene nehmen zu, entwickeln eine Muskelschwäche, häufig eine Osteoporose, einen Diabetes und Bluthochdruck. Ursache dieser Kortisol-Überproduktion durch einen gutartigen Nebennierentumor ist in vielen Fällen eine Genveränderung der Proteinkinase A, wie ein internationales Team um die Endokrinologie-Professoren Felix Beuschlein und Martin Faßnacht zeigen konnte. Das für die Regulation essenzielle Gen wird durch die Mutation dauerhaft aktiviert. Ähnliche Mutationen fanden die Forscher in Keimbahnzellen von Patienten, die an einer erblichen Form des Cushing-Syndroms leiden. (nh)

New England Journal of Medicine, Februar 2014



Der Flug der Fruchtfliege. Foto: Stephen Dalton/NHPA/photoshot

## Die Manifestation der Arten

Biologische Arten sind dadurch definiert, dass die Paarung zweier Individuen derselben Art lebensfähige und fruchtbare Nachkommen hervorbringt. Was jedoch macht bei eng verwandten Arten den Unterschied aus, der Mischlinge nicht mehr fortpflanzungsfähig oder gar nicht lebensfähig sein lässt? Der Theorie zufolge entwickeln sich bestimmte Gene schnell auseinander – und zwar so, dass sie in der Kombination

in der jeweiligen Population gut harmonisieren, jedoch negative Auswirkungen haben, wenn sie im Hybrid aufeinandertreffen. Wie dieser Mechanismus funktioniert, konnte das Team um Axel Imhof, Professor am Adolf-Butenandt-Institut, an einem solchen Paar von Genen, abgekürzt mit Lhr und Hmr, in den beiden nah verwandten Fruchtfliegen *Drosophila melanogaster* und *Drosophila simulans* zeigen. Beide Arten bilden

## Was bei Legasthenie hilft

Eine Metaanalyse gibt erstmals einen Überblick über die Erfolgsaussichten gängiger Therapien bei Legasthenie. Viele populäre Methoden etwa, die an der Veränderung der Augenbewegungen und Verbesserung des Hörens ansetzen, sind nicht wirksam. Eine Behandlung mit leistungssteigernden Medikamenten oder die Nutzung farbiger Brillengläser (Irlen-Linsen) steigerten die Leseleistungen ebenfalls nicht. Vor allem sehr basale Prozesse der Laut-Buchstaben-Zuordnung müssten systematisch geübt werden, sagen die Autoren um Gerd Schulte-Körne, Direk-

tor der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie. Bis zu 40 Prozent der betroffenen Kinder haben psychische Probleme, oft als Folge der Diskriminierung. „Eine frühe Förderung und Therapie, die die individuellen Voraussetzungen eines Kindes berücksichtigt“, sei daher dringend notwendig. Die Studie sei Grundlage für überfällige Behandlungs- und Förderempfehlungen“ und die im Sommer 2014 erscheinende Diagnostik- und Behandlungsleitlinie zur Legasthenie (nh)

PLoS One, Februar 2014

## Die Logistik des Lernens

Lernen und Erinnern sind nur möglich, weil sich das Gehirn fortwährend verändert. Die Verbindungen zwischen den Nervenzellen, die Synapsen, werden gezielt modifiziert; werden sie häufig benutzt, werden sie gestärkt. Das Gehirn kann dann Informationen speichern und wieder abrufen. Ungenutzte Fähigkeiten kann es „verlernen“, die Synapsen können sich so verändern, dass die Verbindung wieder verloren geht. Kleine Transporteinheiten, die neuronalen Granula, wandern unablässig von Synapse zu Synapse und bringen Boten-RNA, die Protein-

baupläne für die Umgestaltung enthalten, zu den „lernenden“ Synapsen, erklärt Michael Kiebler, Ordinarius für Zellbiologie an der Medizinischen Fakultät. Anders als bisher vermutet unterscheiden sich die Granula-Typen deutlich in ihrer Proteinzusammensetzung, konnte Kieblers Team zeigen, ein Hinweis auf Variabilität und Dynamik des Systems. Schlüsselproteine der jeweiligen Granula-Typen wie das RNA-Bindeprotein Staufens2 erkennen jeweils ein bestimmtes Set von Boten-RNAs in Nervenzellen. (göd)

Cell Reports, Dezember 2013

## Das späte Leid des Krieges

sowohl Hmr- als auch Lhr-Protein als Genprodukte, diese verbinden sich normalerweise zu einem Komplex, der bei der Zellteilung eine wichtige Rolle spielt. Den Unterschied der Arten macht die Menge aus: *D. melanogaster* produziert viel mehr Hmr als Lhr, bei *D. simulans* ist es umgekehrt. Hybride aber bilden womöglich von beidem viel, was zu einer Fehlverteilung der vielen Hmr-Lhr-Komplexe über das gesamte Genom und so zur Lethalität führt. (göd) Developmental Cell, November 2013

Der Zweite Weltkrieg hat Europa verheert, rund drei Prozent der damaligen Weltbevölkerung starben. Wie kommen Menschen später mit ihrem Leben klar, wenn sie als Kind den Krieg erlebten, in Ländern wie Polen oder Frankreich den Naziterror sahen? Wenn sie Bombenhagel, Hunger, Flucht und Vertreibung kannten, ohne Vater aufwachsen? Die Katastrophe wirkt nach: Auch in hohem Alter noch, so konnten Forscher der LMU und der RAND Corporation, USA, jetzt erstmals quantifizieren, haben sie häufiger

mit physischen und mentalen Problemen zu kämpfen als andere, die später geboren sind oder in Ländern abseits der Kampfgebiete aufwuchsen. Sie leiden statistisch gesehen öfter an Diabetes, Depressionen oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen, haben einen niedrigen Bildungsstand erreicht, brauchten länger für die Ausbildung, heirateten seltener und sind insgesamt weniger mit ihrem Leben zufrieden, sagt Joachim Winter, Ordinarius für Empirische Wirtschaftsforschung. (math) The Review of Economics and Statistics, März 2014

## Unterhaltung mit: Christof Wecker



„Die Datei auf dem Rechner ist nicht die eigentliche Präsentation“, sagt Christof Wecker. Foto:LMU

### „Powerpoint kann dem Lernen schaden“

Es gibt heute kaum einen Vortrag ohne Powerpoint-Folien. Doch was bringen solche visuellen Medien eigentlich für den Wissenserwerb? Lernen die Zuhörer mit den Folien besser, oder schaden diese gar dem Lernerfolg? Bildungsforscher Christof Wecker analysiert den Wissenserwerb bei digitalen Präsentationen.

Was bringen Powerpoint-Präsentationen?

**Wecker:** Es macht keinen nennenswerten Unterschied für den Wissenserwerb, ob Powerpoint-Folien gezeigt werden oder nicht. Seit Mitte der 1990er-Jahre wurden weltweit etwa 40 Studien unterschiedlichster Qualität publiziert, die den Lernerfolg bei Vorträgen mit und ohne digitale Folien miteinander verglichen haben. Die habe ich in einer sogenannten Metaanalyse zusammenfassend analysiert. Das Ergebnis: Der Effekt ist klein – die Zuhörer lernen nur ein kleines bisschen mehr, wenn der Vortra-

gende Folien einsetzt. Dies gilt erstaunlicherweise sogar nur, wenn die Folien ausschließlich Text enthalten. Sobald Tabellen oder Grafiken darauf vorkommen oder gar Töne, Videos oder animierte Folienübergänge, bringen sie gar nichts.

Sind Sie in Ihren Experimenten auch zu diesem Ergebnis gekommen? Wie messen Sie überhaupt den Effekt von Powerpoint?

**Wecker:** Meine eigenen Studien finden teils in echten Lehrveranstaltungen, teils im Labor statt. In den Laborstudien sehen die Studierenden auf einer großen Leinwand in Lebensgröße eine Vorlesung, die wir auf Video aufgezeichnet haben. So lassen sich völlig identische Bedingungen realisieren, mit dem einzigen Unterschied, dass in der einen Testsituation Folien gezeigt werden, in der anderen nicht. So können wir den Vortrag immer an denselben Stellen anhalten und Fragen stellen über etwas, was kurz zuvor im Vortrag vorgekommen ist. Außerdem erfassen wir mit Eye-Tracking-Geräten die Blicke der Teilnehmer, um festzustellen, ob sie mit Lesen beschäftigt sind, und werten die Notizen aus, die sie sich während der Vorlesung machen. Die Ergebnisse zeigen, dass Zuhörer nach dem Vortrag häufig sogar weniger über rein mündlich vermittelte Informationen wissen als ohne Folien. Das scheint aber nicht daran zu liegen, dass sie diese Informationen gar nicht erst mitbekommen würden.

Was an Powerpoint lenkt ab? Überfordert es uns, zuzuhören und zugleich die Folien zu lesen?

**Wecker:** Die Ergebnisse legen eher nahe, dass Zuhörer das Mündliche für sekundär – etwa lediglich erklärend – halten, während die Folien als die eigentliche Botschaft angesehen werden. Was auf den Folien steht, findet sich häufiger in den Notizen der Teilnehmer, während die Informationen, die nur mündlich gegeben wurden, oft fehlen. In meiner ersten Studie zu diesem

Thema haben vor allem die, die besonders stark von der Wichtigkeit der Folien überzeugt waren, vergleichsweise wenig mündlich vermittelte Informationen gelernt.

Was bedeutet dieses Ergebnis für den Vortragenden?

**Wecker:** Ein Rezept könnte lauten: Schreib eben alles auf die Folien. Das führt aber zu Vorträgen, die keiner mehr hören will, und es wirft neue Probleme auf. Bei Lehrveranstaltungen, die 90 Minuten dauern, muss

## Was ist, wenn die Leinwand dunkel bleibt?

ich auch auf Nachfragen reagieren und mich darauf verlassen können, dass auch mündliche Informationen ankommen.

Und wie wäre es, wenn man die Folien ganz wegließe?

**Wecker:** Diese Möglichkeit wird viel zu wenig in Betracht gezogen. Tatsächlich würde es heute wohl auch seltsam wirken, hätte man zum Beispiel auf Konferenzen keine Folien dabei. Ein Kompromiss wäre, nicht die ganze Zeit Folien zu zeigen. In einer Studie habe ich den minimalen Einsatz von Folien untersucht: Dabei ist die Leinwand während des Vortrags streckenweise dunkel, weil schwarze Folien eingebaut sind.

Und das funktioniert?

**Wecker:** Das war das Ergebnis. In meinen eigenen Vorträgen mache ich das oft so, und die Wirkung ist spürbar. In dem Moment, in dem die Leinwand zum ersten Mal dunkel wird, merkt man die Überraschung der Zuhörer. Und plötzlich nehmen sie wieder die eigentliche Präsentation

wahr. Das ist ja nicht die Datei auf einem Rechner mit dem Kürzel „ppt“ am Ende, sondern die ganze Situation, in der jemand vor Publikum steht und spricht. Wir haben uns irrigerweise angewöhnt, nur das, was auf der Leinwand zu sehen ist, für die Präsentation zu halten.

Glauben Sie, dass Powerpoint unsere Art des Vortragens geändert hat?

**Wecker:** Sicher, und nicht nur zum Besseren. Viele Vortragende missbrauchen die Folien als Manuskript für ihren Vortrag und werfen dann ihre Gedächtnisstütze für alle sichtbar an die Wand. Dabei ist der Vortragende oft der Einzige, der all diese Informationen wirklich schriftlich braucht. Diese Gewohnheit verdrängt jegliche didaktischen Überlegungen, was die Zuhörer sehen sollten. Stattdessen sehen alle dem Dozenten quasi in die Karten. Warum sollte optimal lernförderlich sein, was mit Blick auf einen ganz anderen Zweck da hingeschrieben wurde?

Was sollten denn die Zuhörer sehen?

**Wecker:** Sinnvoll können Grafiken sein, die etwas veranschaulichen, das sich so besser darstellen lässt als sprachlich. Etwa ein Diagramm, das bestimmte Zusammenhänge auf einen Blick erfassbar macht.

Bringt es vielleicht etwas, wenn die Folien vor dem Vortrag verteilt werden?

**Wecker:** Studenten sind scharf auf die Foliensätze. Das ist gut belegt in der Literatur, und ich kenne das auch aus meinen eigenen Veranstaltungen. Wenn man die Folien vorab zugänglich macht, kommt es darauf an, was die Studierenden damit machen und was sie für Lernstrategien mitbringen. Wenn sie Foliensätze nutzen, um sich vorzubereiten, vielleicht sogar noch ein Lehrbuch und Vertiefungsliteratur dazu lesen, kann man sich beim Vortrag gut direkt auf den Folienausdrucken Notizen machen. Wer sich aber nicht vorbereitet und die Foliensätze nur zum Vortrag mitnimmt, kann

oft nicht ausreichend gut zuhören, um von den mündlichen Erklärungen wirklich zu profitieren. Sinnvoll könnten auch Trainings sein, wie man in Powerpoint-Präsentationen richtig zuhört und mitschreibt. Vielleicht hilft es auch schon, sich bewusst zu machen, dass man durch die Fixierung auf Folien mündliche Inhalte überhören kann. Die Forschung dazu muss aber erst noch gemacht werden.

Inzwischen gibt es Präsentationsformen wie das Onlinetool Prezi. Ist das besser?

**Wecker:** Es dürfte in den meisten Fällen völlig egal sein, ob man auf eine grüne Holztafel schaut oder eine Hightech-Darbietung mithilfe von Prezi. Damit kann man Visualisierungen im Stile einer Mind-Map entwickeln, in die man bei der Präsentation rein- und rauszoomt. Es ist utopisch zu glauben, dass das Medium allein einen Unterschied macht. Medien eröffnen bestimmte Möglichkeiten, die man eben richtig nutzen muss. Dazu muss man über den Tellerrand dessen hinausschauen, was derzeit üblich ist. Die Forschung hat sich bisher leider fast ausschließlich darauf konzentriert, ob mit oder ohne Folien mehr gelernt wird. Jetzt geht es endlich darum, herauszufinden, welche Gestaltungsvarianten von Folien und auch der Präsentationssituation als Ganzes lernförderlich sind. Es wäre zum Beispiel wichtig zu untersuchen, ob und unter welchen Umständen der Verzicht auf Text zugunsten von Diagrammen und Bildern oder das schrittweise Einblenden von Folieninhalten sinnvoll sein kann, auch wenn bisherige Studien dem zu widersprechen scheinen.

Interview: Nicola Holzapfel

**PD Dr. Christof Wecker** ist Akademischer Rat auf Zeit am Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie der LMU. Sein Projekt „Beeinträchtigung des Wissenserwerbs bei Präsentationen“ wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.



## Der Schwerpunkt

### **Muster der Menschwerdung**

Ein komplexer Schaltplan für die Aktivität der Gene

### **Wiege der Gesundheit**

Wie stark prägt die Ernährung eines Babys dessen Leben?

### **Studien über Studien**

Die Standards, um Medikamente sicher zu prüfen

### **Theorien vom Netz der Netze**

Wie arbeitet das Gehirn – ein Bild entsteht

### **Familienangelegenheiten**

Das Wesen der Partnerschaft und ein Leben mit Kindern

### **Ich und die anderen**

Wie wir sozial lernen und wie sich frühe Fertigkeiten entwickeln

### **Die Macht des Irrationalen**

Wie vernünftig verhalten sich Menschen, die wirtschaften?

### **Der menschliche Faktor**

Was Mitarbeiter brauchen, um gut arbeiten zu können

# Die Vermessung des Menschen

Die Quadratur des Kopfes: Leonardo da Vincis Grafiken in einer  
Ausstellung in Venedig, September 2013. Foto: Gabriel Bouys/AFP/Getty



Was aus Stammzellen wird, bestimmt auch ein epigenetischer Schaltplan. Heinrich Leonhardt (Mitte) und seine Mitarbeiter analysieren, wie er die Ausdifferenzierung beeinflusst. Foto: Jan Greune



# Muster der Menschwerdung

Der genetische Code ist nicht alles: Der Humanbiologe Heinrich Leonhardt lernt den komplexen Schaltplan lesen, der darüber bestimmt, mit welchen Genen die Zellen eines Organismus jeweils arbeiten.

Von Martin Thureau



Der 26. Juni 2000 war kein Tag für Selbstzweifel. Auf Pressekonferenzen rund um den Globus feierten Molekularbiologen ihre kollektive Großtat, schwärmten von der „größten Errungenschaft in der Geschichte der Menschheit“, nur vergleichbar mit der Kernspaltung und der Mondlandung. Das menschliche Erbgut sei entschlüsselt, der Datensatz habe zwar noch Lücken und Fehler, aber das Genom sei zu 85 Prozent identifiziert, bilanzierten die Wissenschaftler des Human Genome Project – einen Zwischenstand. Schließlich saß ihnen die private Konkurrenz von Craig Venter und seiner Firma Celera im Nacken, die am selben Tag den Durchbruch verkündete. Aber auch als drei Jahre später eine weitgehend fehlerfreie Reinschrift des genetischen Textes vorlag, eine Sequenz von drei Milliarden DNA-Bausteinen mit rund 25.000 Genen – auf entscheidende Fragen ließ und lässt sich damit keine Antwort finden.

Warum zum Beispiel unterscheiden sich Nervenzellen von Haut- oder Muskelzellen, wenn doch alle Zellen eines Menschen mit der identischen kompletten DNA-Sequenz ausgestattet sind? Wie entstehen die unterschiedlichen Formen und Funktionen? Warum sehen sich eineiige Zwillinge oft nicht so ähnlich, wie man es angesichts des gleichen Erbguts erwarten könnte? Und warum sind sie auch sonst oft alles andere als ein perfektes Double? Heinrich Leonhardt hat darauf eine Antwort, die zunächst einfach klingt: Nicht alle Gene sind in jeder Zelle aktiv; und in jeder Zelle gibt es eine Art Schaltplan, ein höheres Programm, das festlegt, welche dieser vielen genetischen Baupläne die Zellmaschinerie nutzen kann. Als Professor für Humanbiologie und BioImaging an der LMU untersucht Leonhardt die am Ende dann doch reichlich komplexen Mechanismen dieser sogenannten Epigenetik, die beispielsweise bei der Zelldifferenzierung eine entscheidende Rolle spielen. Es handelt sich um ein äußerst dynamisches System, keinen starren Bauplan, wie er im

Gencode festgeschrieben ist, stellt Leonhardt klar. Es legt mitunter recht kurzfristig fest, welche Gene stumm geschaltet sind – nicht wie ursprünglich angenommen, ein für alle Mal, sondern mitunter auch nur für Stunden oder Tage. Doch was steuert diese Modifikationen? Der Organismus reagiert damit auf alle nur möglichen Umwelteinflüsse, die er in physiologische Signale übersetzen kann. Forscher haben bereits entdeckt, dass in diesem Schaltplan die Ernährung ebenso Spuren hinterlassen kann wie körperliche und geistige Anstrengung, Drogenkonsum ebenso wie Luftverschmutzung. Epigenetische Veränderungen sind an der Entstehung vieler Krankheiten beteiligt, sie spielen eine Rolle bei Diabetes und Depressionen, bei Krebs und Kreislaufleiden. Der US-amerikanische Biologe Rudolf Jaenisch nennt sie „die Sprache, in der das Erbgut mit der Umwelt kommuniziert“.

## Genetische Spiele mit gezinkten Karten

Umwelt? Gene? Dabei galt doch genau dies einst als eine Art Gegensatzpaar. „Nature versus Nurture“: Was waren das für Grabenkämpfe, ja Glaubenskriege um die Frage, was den Menschen prägt: Veranlagung oder Umwelt. Auch wenn Leonhardt die Sache mit der epigenetischen Umweltkommunikation etwas zu reißerisch formuliert findet – an der Bedeutung des dynamisch von der Umwelt beeinflussten Schaltplans für den Organismus, seine Entwicklung und seinen Stoffwechsel lässt er keinen Zweifel: „Alle Wege führen zur Epigenetik“, sagt er. Wer also wissen will, wie das System Mensch funktioniert, wer wissen will, wie ein Organismus sich entwickelt und arbeitet, wie er biologisch auf die Umwelt reagiert und was

ihn anfällig und krank macht, der muss den epigenetischen Schaltplan lesen lernen: Mit ihm beginnt die genetische Vermessung des Menschen 2.0.

Chemisch gesehen erscheint dieser grundlegende Mechanismus auf den ersten Blick recht einfach. Häufig sind es nur simple Molekülreste, sogenannte Methylgruppen, die zusätzlich an der Erbsubstanz hängen. Wie kleine Fähnchen markieren sie einzelne Bausteine des DNA-Stranges. Sie signalisieren der Zellmaschinerie, welche Gene – meist nur vorübergehend – stillgelegt sind. Zusammengenommen bilden die Mini-Label ein komplexes Muster, das sich als eine Art genetischer Zusatzcode über die eigentliche Erbinformation legt, über den endlosen genetischen Text mit seinem Alphabet der vier Buchstaben A, C, G und T. Wie zentral diese Methylierung für den intakten Organismus ist, demonstrierten Heinrich Leonhardt und einer seiner Doktoranden in einem einfachen Experiment: Im Tiermodell drosselten sie das Enzym, das in den Zellen all die kleinen Fähnchen anklebt. Es schaffte nur ein Zehntel seines Solls – mit fatalen Folgen: Die Mäuse kamen verkümmert zur Welt, nach ein paar Monaten wuchsen ihnen aggressive Tumore – „der erste direkte Hinweis, dass DNA-Modifikationen zu Krebs führen können“, sagt Leonhardt. Das war vor gut zehn Jahren, die Arbeit erschien 2003 im renommierten Wissenschaftsblatt *Science*, in Kooperation übrigens mit Rudolf Jaenisch, unter anderem Professor am MIT in Cambridge/USA. Bis dahin hatten Mediziner und Biologen geglaubt, es brauche Mutationen, Schreibfehler im genetischen Bauplan, um Krebs entstehen zu lassen. Massive Änderungen im Zusatzcode, wie sie laut Leonhardt in jeder Krebszelle auftreten, galten als Folge der Tumorbildung, nicht als mögliche Ursache. Doch wie ist es denkbar, dass epigenetische Modifikationen einen Tumor wachsen lassen? Leonhardt erklärt den Einfluss so: Jede Zelle muss eine Balance finden „zwischen proliferierenden und hemmenden Faktoren“.



Kultur der Differenz: In den „hängenden Tropfen“ prägen sich die Stammzellen zu Körperzellen aus oder lassen sich darin gar reprogrammieren. Foto: Jan Greune

Kippt die Balance, dominieren zum Beispiel Wachstumstreiber das Geschehen, kann es sein, dass die Zelle sich unkontrolliert zu teilen beginnt. „Sie brauchen Gas und Bremse am Auto, um gut durch den Stadtverkehr zu kommen. Ist die Bremse defekt, fahren Sie vor die Wand“, sagt Leonhardt. Natürlich kann ein Defekt, eine Mutation etwa in einem Tumorsuppressorgen, das normalerweise unkontrolliertes Wachstum in Schach hält, der Auslöser sein. Ebenso kann aber auch eine epigenetische Modifikation dafür sorgen, dass dieses Gen nur stillgelegt ist.

Die Natur hat, wie Leonhardt es nennt, noch ein zweites „Spiel mit gezinkten Karten“ entwickelt, indem sie nicht nur die DNA methyliert, sondern auch einzelne Bausteine der Verpackung der DNA in den Chromosomen. Darin ist der DNA-Faden um Eiweißkörper wie um eine Garnrolle gewickelt. Diese sogenannten Histone können ebenfalls an einzelnen ihrer Bausteine, den Aminosäuren, mit Methylresten markiert sein. Daran wiederum haften sogenannte Repressorproteine an und drängen die Ablesemaschinerie gleichsam ab, sie kommt nicht mehr an die verpackten Gene heran, was diese faktisch stilllegt. Forscher wie der Molekularbiologe Peter Becker, Professor am Adolf-Butenandt-Institut der LMU, untersuchen auch diesen Weg, dem Erbgut nachträglich Informationen einzuschreiben, seit Langem.

Vor ein paar Jahren entdeckten Nukleinsäurechemiker, darunter LMU-Professor Thomas Carell, drei weitere Varianten von epigenetischen Mini-Labels an DNA-Bausteinen. Sie unterscheiden sich nur geringfügig von den schon bekannten Methylgruppen, und zunächst galten sie als Montagsprodukten der Zellmaschinerie, als verunglückte Stoffwechselprodukte. Doch heute weiß man, dass sie Stufen eines gezielten Abbaus darstellen. Über diese Zwischenprodukte löscht die Zelle die Methyl-Markierungen und hebt die Stilllegung einzelner Gene wieder auf. Offenbar sind daran auch die zellulären Mechanismen beteiligt, die sonst in den Zellen defekte DNA-Stränge reparieren. All

diese Erkenntnisse zeigen erneut auch die Dynamik der epigenetischen Modifikation. Seitdem analysieren die Forscher auch das Netz der Enzyme, die an diesen komplexen Umsetzungen beteiligt sind – und entdecken dabei immer wieder direkte Verbindungen, Shortcuts sozusagen zu anderen Teilen des Stoffwechsels. So fand Leonhardts Team zusammen mit Forschern vom Klinikum Großhadern, dass bei einer Gruppe von Leukämiepatienten ein Enzym, TET2 abgekürzt, defekt war, das die üblichen Methyl-Fähnchen in eine der anderen Varianten überführt. Damit änderte sich das epigenetische Muster der Blutzellen dramatisch, was die Forscher mit der Krebsentstehung in Verbindung bringen. Zugleich aber war bei diesen Patienten ein anderes Enzym aus einem zentralen Kreislauf im Metabolismus defekt, was zunächst nichts mit der DNA-Markierung zu tun hat. Doch braucht TET2 ausgerechnet dessen Stoffwechselprodukt als Cofaktor, ohne den es nicht arbeiten kann. Für Leonhardt zeigt sich an diesem Beispiel, wie eng verwoben Zellstoffwechsel und epigenetische Regulation sind. „Da haben wir gerade mal die Spitze des Eisbergs entdeckt.“

Wie weit also reicht der lange Arm der Epigenetik? Auf welche Einflüsse reagiert der Organismus mit den Modifikationen am Erbgut? Was steuern sie? Drei beliebige Beispiele aus der aktuellen Debatte: Wird die Stressempfindlichkeit, wie Forscher mittlerweile glauben, zu einem großen Teil in den Monaten um die Geburt im epigenetischen Muster des Gehirns und des Hormonsystems festgelegt? Dafür sprechen Beobachtungen aus Tierversuchen: Ratten, die von ihren Müttern in den ersten Wochen vernachlässigt wurden, hatten zeitlebens Probleme mit der Stressregulation. Sie zeigten epigenetische Veränderungen in Zellen des Hippocampus. Zellen in dieser Hirnregion bilden dann ungewöhnlich wenig Rezeptoren für das Stresshormon Cortisol aus. Sie reagieren träge auf den Anstieg des Hormons; die Tiere sind ängstlich und anfällig für Belastungen.



Um epigenetische Faktoren in lebenden Zellen nachverfolgen zu können, sind sie mit einem speziellen grünen Farbstoff markiert, was sich unter dem Mikroskop zeigt. Foto: Jan Greune

Wie mag sich, so eine andere Frage, eine frühe Traumatisierung epigenetisch auswirken? Münchner Psychiatrieforscher identifizierten ein menschliches Gen, das das Stresshormonsystem entscheidend mit reguliert und – erblich bedingt – in unterschiedlichen Varianten vorliegen kann. Eine Risikovariante deutet offenbar auf eine erhöhte Anfälligkeit für Depressionen und Angsterkrankungen hin, wenn die Träger im Kindesalter traumatisiert wurden. In Experimenten mit Nervenzellen machten die Forscher epigenetische Veränderungen an der Risikovariante des Gens aus. Findet sich eine körperliche Anstrengung in epigenetischen Mustern wieder – und wenn ja, wie schnell? Schwedische Forscher verordneten eher unsportlichen Männern ein sechsmonatiges Fitnessprogramm. Danach verglichen sie die epigenetischen Muster in

Fettzellen, die sie zu Beginn und zum Ende der Trainingsphase entnommen hatten. Die Screens zeigten enorme Unterschiede, auch an Genen, die mit Übergewichtsrisiko oder Diabetes in Verbindung gebracht werden. Ähnliche Experimente offenbarten die Flexibilität der Methylierung: Schon binnen Minuten, nachdem die Probanden am Home-trainer in die Pedale traten, so berichten die Wissenschaftler, zeigten sich erste epigenetische Veränderungen in den Muskelzellen. Vieles ist vorstellbar, vieles plausibel, sagt Humanbiologe Leonhardt, doch oft sei es schwierig mit einem eindeutigen Beweis. Manches lasse sich nur am Tiermodell belegen. Man könne die Ergebnisse zwar auf den Menschen extrapolieren, doch Leonhardt ist vorsichtig: Ein wissenschaftlich exakter Nachweis sei das nicht – ganz abgesehen von der generellen Frage, ob solche Versu-



che nicht äußerst komplexe Phänomene mit einfachen Korrelationen zu erklären suchten. Viele Experimente am Menschen genügten nicht den wissenschaftlichen Standards: keine präzise kontrollierbaren Versuchsbedingungen, zu geringe Fallzahlen.

Um den Nachweis epigenetischer Veränderungen tatsächlich führen zu können, müsse man an die betroffenen Gewebe kommen, sagt Leonhardt apodiktisch, müsse die Zellen entnehmen und analysieren können. Und das verbietet sich beim Menschen in den meisten Fällen. „Da findet man in der Literatur schon fast makabre Artikel.“ Darin beispielsweise machen Forscher an Autopsiematerial von einem Dutzend Suizidopfern epigenetische Veränderungen bei der Regulation eines Stresshormonrezeptors aus – und bringen dies mit dem Freitod in enge Verbindung, kritisiert Leonhardt. „So etwas

wird gerne medial ausgeschlachtet, genügt aber nicht den Kriterien für wissenschaftliche Qualität.“ Eine „Biologie des Selbstmords“ jedenfalls, wie Schlagzeilen lauteten, erklärt sich daraus noch nicht.

Dass nicht erst Umwelteinflüsse nach der Geburt einen Menschen epigenetisch prägen, sondern schon im Mutterleib, dafür gibt es zahlreiche Hinweise. Doch werden epigenetische Muster auch vererbt? Eine Reihe von Forschern hat diese Vorstellung geradezu elektrisiert, denn schließlich würden damit längst abgelegte Theorien der klassischen Genetik wiederbelebt: Ein Modell, das auf den französischen Naturforscher Jean-Baptiste de Lamarck zurückgeht, sieht die Vererbung erworbener Eigenschaften als einen Motor der Evolution. Durchgesetzt aber hat sich bekanntlich Charles Darwins Vorstellung, dass Mutation und Selektion die Entwicklung der Arten vorantreiben.

Untersuchungen zum sogenannten „Hungerwinter“ 1944/45 in den Niederlanden haben die Uraltdebatte wieder befeuert, erzählt Leonhardt. Die deutsche Besatzung des Landes während der NS-Zeit lebt nicht nur als kollektives Trauma fort, sie hatte auch nachhaltige gesundheitliche Folgen für Teile der überlebenden Bevölkerung. Kinder etwa, die in diesem Winter oder kurz darauf geboren wurden, kamen nicht nur mit geringem Geburtsgewicht zur Welt. Sie hatten im Erwachsenenalter häufiger Gewichtsprobleme, erkrankten öfter an Diabetes und Herz-Kreislauf-Leiden als andere, häufiger auch als ihre Geschwister, die in besseren Zeiten zur Welt kamen. Sie mussten im Mutterleib mit einem Minimum an Nahrung auskommen, weil ihre Mütter in der Schwangerschaft Hunger litten. Der Stoffwechsel des Embryos stellte sich notgedrungen darauf ein, langfristig – dank epigenetischer Veränderungen; in üppigeren Friedenszeiten war dies aber eine Fehlanpassung des Organismus. „Abstrakt gesprochen, wird alles, was über die Plazenta an den Embryo gelangt, einen Einfluss auf den heranwachsenden Embryo haben“, erklärt Leonhardt,

jede Form von Stress etwa, der ja die gesamte Physiologie der Mutter betrifft. Doch können sich solche epigenetischen Muster auch im Erbgut der nachfolgenden Generationen niedergeschlagen haben? Das jedenfalls sollen Befunde nahelegen, denen zufolge selbst die Kindeskinder der hungernden Frauen häufig mit einem geringen Gewicht geboren wurden, auch wenn deren Mütter längst im Wohlstand lebten. Leonhardt bleibt da skeptisch. Nach der Zeugung, wenn sich die befruchtete Eizelle zur Blastozyste entwickelt und sich in der Gebärmutter-schleimhaut einnistet, so erklärt er, wird die epigenetische Information nahezu vollständig gelöscht. Damit können die Stammzellen eine Art Neustart hinlegen und neue Zelllinien etablieren. Die einzige Ausnahme bildet die kleine Gruppe der geprägten Gene, denen die Herkunft der jeweiligen Kopie (Allel) von Vater oder Mutter epigenetisch eingeschrieben ist.

Doch unabhängig von der Frage der Vererbung: Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Gene. Schafft die Epigenetik also am Ende eine Art Versöhnung, eine Art Synthese aus zwei ehemals unversöhnlichen Positionen? Ob nun Anlage oder Umwelt den Ausschlag geben, dieser Streit schwelte über Jahrzehnte, ideologisch schwer besetzt. Immer wieder flammten die Kämpfe auf, und in Abwandlungen und Abschwächungen lebt er bis heute fort. „Die Gene setzen zwar Grenzen, aber es bleibt ein erheblicher Spielraum“, sagt Heinrich Leonhardt. „Je mehr wir über Epigenetik lernen, desto klarer können wir das sehen.“ ■

#### Prof. Dr. Heinrich Leonhardt

ist seit 2012 Inhaber des Lehrstuhls für Humanbiologie und Biolumineszenz der LMU. Leonhardt, Jahrgang 1961, promovierte in Biochemie an der FU Berlin, war Postdoktorand an der Harvard Medical School in Boston/USA und leitete Nachwuchsgruppen an der Franz-Volhard-Klinik und am Max-Delbrück-Centrum in Berlin-Buch, bevor er 2002 als Professor an die LMU kam.

# Wiege der Gesundheit

Spurensuche im Blut: Das sogenannte Metabolom gibt eine Art Statusbericht des Stoffwechsels. Der Pädiater Berthold Koletzko versucht aus den Daten herauszulesen, wie sehr die Ernährung eines Babys dessen weiteres Leben prägt.

Von Hanno Charisius

Durch unsere Adern strömt nicht nur Blut, sondern auch ein Cocktail aus über 1000 verschiedenen Chemikalien. Keine Sorge, die gehören dorthin, die meisten zumindest. Es sind die molekularen Spuren, die das Leben so mit sich bringt. Es sind die Anfangs-, Zwischen- oder Endprodukte des menschlichen Stoffwechsels, die sogenannten Metabolite, die im Körper zirkulieren. Jedes Stück Schokolade, jedes Wurstbrot, jedes Fischbrötchen und jede Blaubeere hinterlässt eine Art chemischen Fingerabdruck. Im Verdauungstrakt freigesetzt, wandern die Nährstoffe in die Blutbahn und verteilen sich von der Haar- bis zur Zehenspitze und werden von den Zellen aufgenommen. Enzyme bauen die meisten Nährstoffe in mehreren Schritten zu neuen Verbindungen um oder zerlegen sie, um Energie zu gewinnen. So werden zum Beispiel kurzkettige Fettsäuren aus pflanzlichen Ölen zu langkettigen, die die Zellen schließlich in ihre Membranen einbauen können.

Jede Zelle wandelt aber nicht nur um, was an Nährstoffen hereinkommt, sondern produziert auch noch fleißig selbst: chemische Energieträger, Hormone und andere Signalmoleküle zum Beispiel. Und dann gibt es noch eine dritte Quelle für Stoffwechselprodukte, die bis vor wenigen Jahren allerdings noch weitgehend ignoriert wurde: Bakterien, die im menschlichen Darm siedeln. Diese Darmflora ist nämlich nicht nur bei der Verdauung behilflich, sondern steuert auch zahllose Vorgänge im Körper. Die Mikroorganismen trainieren das Immunsystem und schützen uns auf diese Weise vor Autoim-

munerkrankungen und Allergien. Sie produzieren aber auch Botenstoffe wie Serotonin, die auf das zentrale Nervensystem und das Herz-Kreislaufsystem wirken. Und sie ergänzen die Stoffwechsellätigkeit der menschlichen Enzyme. Cholin aus Fleisch etwa wird in mehreren Reaktionsschritten auch mithilfe der Darmbakterien in eine Substanz namens TMAO verwandelt, die die Elastizität der Blutgefäße vermindert und zu Herzkrankheiten führen kann.

Diese 1000 Substanzen im Blut – und wahrscheinlich sind es sogar noch viel mehr – ergeben so zusammengenommen ein phy-

## Chemische Fingerabdrücke im Blut

siologisches Abbild des Menschen, eine Art biochemischen Statusbericht über seinen Zustand, seine Stoffwechselaktivitäten – und über seine Gesundheit. In Anlehnung zum „Genom“, das die Gesamtheit aller Gene bezeichnet, haben Forscher den Begriff „Metabolom“ geprägt, der alle Stoffwechsellvorgänge samt sämtlicher Zwischenprodukte erfasst. Für Berthold Koletzko, der die Abteilung Stoffwechsel und Ernährung am Haunerschen Kinderspital des LMU-Klinikums leitet, geben diese Spuren im Blut wichtige Hinweise auf die Entstehung von Krankheiten.

Denn jede Krankheit verändert das typische Stoffwechsellmuster eines Menschen. Sie drückt dem Metabolom ihren eigenen chemischen Fingerabdruck auf. Ein Beispiel ist der stark schwankende Blutzuckerspiegel von Diabetikern. Auch andere Krankheiten werden heute schon anhand ihrer charakteristischen Zeichen im Blutbild diagnostiziert. Dazu zählen auch die 14 angeborenen Stoffwechsel- und Hormonstörungen, auf die seit 2005 jedes neugeborene Kind in Deutschland routinemäßig getestet wird. Dieses Früherkennungsprogramm findet jedes Jahr einige Hundert Neugeborene mit solchen Leiden, die dann behandelt werden können, bevor die ersten Symptome auftreten.

Es ist eine wachsende Zahl von Forschern, die diesen Spuren im Blut folgt und daran untersucht, wie Krankheiten überhaupt entstehen. Pädiatrie-Professor Koletzko beispielsweise versucht zusammen mit seinen Mitarbeitern Franca Kirchberg, Christian Hellmuth und Olaf Uhl aufzuklären, wie sich die Art der frühkindlichen Ernährung auf die spätere Konstitution auswirkt. Kann sie das Entstehen von Stoffwechselstörungen befördern? Koletzko hat beobachtet, dass die Wachstumsgeschwindigkeit in den ersten zwei Lebensjahren mit einiger Sicherheit auf das spätere Risiko für starkes Übergewicht und damit verbundene Leiden wie Diabetes schließen lässt. „Wir wissen inzwischen, dass das Wachstum sehr stark von der Ernährung abhängt“, sagt er. Wer als Baby gestillt wurde, hat zudem später im Schnitt niedrigere Cholesterinwerte und weniger Gefäßablagerungen und ist damit besser vor Herz- und Kreislaufkrankungen geschützt.



Gestillte Kinder bekommen später seltener  
Gewichtsprobleme, zeigen Berthold Koletzkos  
Studien. Foto: Jörg Lange/Picture Alliance

Natürlich spielt auch die Veranlagung eine wesentliche Rolle für das Wachstum und die Gesundheit, doch das Nahrungsangebot scheint ein Umweltfaktor mit großem Einfluss zu sein. „Wir haben in einer großen Studie gesehen, dass gestillte Kinder und solche, die mit Flaschenkost ernährt werden, sehr unterschiedlich wachsen.“ Koletzko vermutet, dass es am unterschiedlichen Eiweißgehalt liegen könnte. Aber vielleicht sind es auch nur einzelne Eiweißanteile, die das Wachstum bis weit ins Schulalter hinein beeinflussen. Erst kürzlich hat Koletzkos Team eine randomisierte Studie veröffentlicht, die den starken Einfluss der frühkindlichen Ernährung auf die langfristige Gesundheit belegt. Kinder erhielten nach der Geburt eine herkömmliche Säuglingsnahrung mit hohem Eiweißgehalt oder eine Flaschnahrung mit einem niedrigeren Proteingehalt, der der Zusammensetzung der Muttermilch stärker angenähert war. Nach eiweißreicher Ernährung des Säuglings war im Grundschulalter der Body Mass Index (BMI) deutlich höher und das für andere Einflussfaktoren adjustierte Risiko für Adipositas fast dreimal höher als nach proteinärmerer Säuglingsnahrung.

Um herauszufinden, welche Substanzen in der Kindernahrung den stärksten Einfluss hat, untersucht die Arbeitsgruppe metabolische Muster im Blut von Kindern und verfolgt, welche Veränderungen sie im Körper hervorrufen. „Metabolische Programmierung“ nennen Forscher den Vorgang, bei dem die biologischen Weichen für die künftige Entwicklung und das gesamte Leben gestellt werden. Denn das wird längst nicht nur von den Genen bestimmt, die jeder Mensch von seinem Vater und von seiner Mutter vererbt bekommt, wie man noch vor 15 Jahren glauben wollte, damals, als gerade das erste menschliche Genom entziffert worden war. „Zu dieser Zeit glaubte man noch, dass in erster Linie Gene allein körperliche Merkmale prägen“, sagt Koletzko. Heute ist klar, dass sie es nur in Interaktion mit Umweltfaktoren wie der Ernährung tun.



Welche Faktoren bestimmen das Adipositas-Risiko von Kindern und Jugendlichen?  
Foto: Christian Beutler/Keystone/laif

„Wenn wir bei einem Kind zum Beispiel Mukoviszidose diagnostizieren, können wir allein mit einem Gentest den Krankheitsverlauf überhaupt nicht voraussagen. Wir beginnen gerade erst zu verstehen, wie diese Interaktionen mit anderen Einflussfaktoren funktionieren.“

Welcher Art aber sind diese Faktoren? Zumindest bei Bienen lässt sich diese Frage schon eindeutig beantworten: Das Futter der Larven entscheidet darüber, ob sie sich zu Arbeiterinnen oder einer Königin entwickeln werden. Bekommen sie für 13 Tage den besonders eiweißreichen Futtersaft, der in vielen Naturkostläden unter dem Namen Gelée Royale verkauft wird, werden sie zu Königinnen. Bekommen sie dieses Sekret von den fütternden Arbeiterinnen nur drei Tage lang und anschließend Honig und Pollen, werden sie zu Arbeiterinnen. Lange dachte man, dass bestimmte Substanzen im

Gelée Royale die Ursache für die Wandlung zur Königin sind. Tatsächlich ist es aber die frühe Fütterung mit Pollen und Honig, die dafür sorgt, dass Gene im Erbgut der Larven durch eine epigenetische DNA-Methylierung so inaktiviert werden, dass sich Arbeiterinnen und nicht Königinnen entwickeln. Anders gesagt: In jeder Biene steckt eine Königin. Sie kommt aber nur zum Vorschein, wenn sie eine besondere frühe Ernährung bekommt.

Substanzen im Futter lösen also biochemische Signalwege aus, die dafür sorgen, dass Gene langfristig ein- oder ausgeschaltet werden. Dieses Phänomen der Epigenetik (siehe S. 16) wird auch bei Menschen beobachtet. „Die Ernährungsweise in der Frühschwangerschaft war in einer Beobachtungsstudie mit epigenetischen Mustern verbunden, welche den Körperfettgehalt der Kinder im Schulalter vorhersagten“, sagt



Koletzko. Der Mediziner vermutet, dass durch die Ernährung ausgelöste Stoffwechselbedingungen im mütterlichen Organismus die Ursache dafür sind, dass die epigenetischen Signaturen an Teilen des kindlichen Erbgutes umgeschrieben werden. Noch allerdings könnte sich herausstellen, dass diese Hypothese nicht tragfähig ist. Welche molekularen Mechanismen die epigenetischen Veränderungen bewirken und welche Auswirkungen unterschiedliche Ernährungsweisen haben, ist eine wichtige Forschungsfrage, bei der Koletzko und seine Arbeitsgruppe eng mit Eva Lattka und Sonja Zeilinger vom Helmholtz Zentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg zusammenarbeiten. „Mit dem Wissen darüber ließe sich möglicherweise die präventive Gesundheitsförderung erheblich verbessern.“ Nicht zuletzt in einem Großprojekt, das der Europäische Forschungsrat (ERC)

mit rund 2,5 Millionen Euro fördert, ist es Koletzkos erklärtes Ziel, Schlüsselfragen der Regulation des kindlichen Wachstums zu klären und zu besseren Ernährungsempfehlungen beizutragen.

Bereits heute wissen Stoffwechselforscher, dass auch das Gewicht der Mutter einen Einfluss auf das spätere Gewicht ihrer Kinder hat. Diese Beobachtung lässt sich klar belegen, auch wenn erst in Ansätzen verstanden ist, auf welchem molekularen Weg sich der gestörte Metabolismus der Mutter ins biologische Gedächtnis ihrer Kinder einprägt. Allerdings wäre es von großem Nutzen, die Substanzen zu kennen, die vor Krankheiten schützen können. Wie jener Faktor in der Muttermilch, der vor Übergewicht und anderen Leiden zu schützen scheint. Koletzko hat bereits einen konkreten Verdacht und plant Studien, die seine Vermutungen belegen könnten.

Auch untersucht Koletzko die Auswirkung von Ernährungs- und Stoffwechselfaktoren nach der Perinatalzeit. Eine Fragestellung ist, ob sich der Verzehr von fettreichem Fisch mit hohem Gehalt an langkettigen Omega-3-Fettsäuren auf die Hirnfunktionen von Kindern auswirkt. In einer randomisierten Studie erhalten Familien mit Kleinkindern vorbereitete Mahlzeiten mit oder ohne Seefisch. Zu Beginn und Ende der Studie nehmen die Kinder an einem standardisierten Testprogramm teil, das ihnen meist großen Spaß macht und mit dem mögliche Effekte erfasst werden sollen. Hier ist es der Arbeitsgruppe gelungen, aus für die Kinder völlig harmlosen Abstrichen der Wangenschleim-

haut metabolische Auswirkungen der Ernährung zu messen.

Eine besondere Herausforderung für Koletzko und seine Mitarbeiter ist die Auswertung der sehr umfangreichen Datensätze, welche mit den modernen, hochempfindlichen Analysemethoden gewonnen werden. Aus jeder Blutprobe eines an einer Studie teilnehmenden Kindes können etwa 250 verschiedene metabolische Substanzen quantitativ bestimmt werden. Noch viel umfangreicher sind die erhobenen genetischen und epigenetischen Daten. „Eine Schwierigkeit dabei ist, dass man nicht irgendwelchen zufälligen Unterschieden zwischen den Blutproben aufsitzt, sondern sicher die identifiziert, die wirklich eine biologische Bedeutung haben“, sagt der Mediziner. Das auszuwerten ist sehr aufwendig, deshalb sei die Qualität der Datenanalyse besonders wichtig.

Versucht man den menschlichen Metabolismus wie einen Schaltplan zu zeichnen, kommt dabei ein verwirrendes Netzwerk von chemischen Reaktionen heraus, die mitunter über Zwischenschritte vielfach miteinander verkoppelt sind. Alle Abläufe gleichzeitig zu erfassen, ist heute noch nicht möglich. Die Forscher konzentrieren sich deshalb auf vergleichsweise kleine Ausschnitte des biochemischen Geflechts, dürfen dabei aber das Gesamtbild des Stoffwechsels nie aus den Augen verlieren. Nur so können sie lernen, wie sich der Körper eines Menschen sogar noch nach 70 Jahren gleichsam daran erinnert, was in seinen ersten Lebenswochen passiert ist. ■



#### Prof. Dr. Berthold Koletzko

ist Professor für Pädiatrie, leitet die Abteilung Stoffwechsel- und Ernährungsmedizin am Dr. von Haunerschen Kinderspital des LMU-Klinikums und ist Mitglied des Center for Advanced Studies der LMU. Koletzko, Jahrgang 1954, studierte an der Universität Münster. Seine Ausbildung in Kinder- und Jugendmedizin führte ihn an Kliniken unter anderem in Südafrika, Tansania und Kanada. Er habilitierte sich an der Universität Düsseldorf. 2012 zeichnete ihn der Europäische Forschungsrat mit einem Advanced Grant aus.





# Studien über Studien

Nach welchen Standards lassen sich neue Medikamente und Methoden sicher prüfen? Medizinstatistiker wie Ulrich Mansmann wachen mit ihren Analysen über die Aussagekraft klinischer Versuchsreihen.

Von Hubert Filser

Der Weg in die Apotheke ist weit: Bis ein neues Medikament zugelassen ist und in den Verkauf kommt, muss der Nutzen in einer ganzen Reihe komplexer Studien nachgewiesen sein. Foto: Rolf Vennenbernd/dpa



Es gibt wohl kaum einen Arztbesuch, bei dem nichts gemessen wird. Fieber, Blutdruck, Puls, Cholesterin,, Gewicht, Augeninnendruck, die Liste der Messwerte ließe sich beliebig erweitern. Und je feiner und ausgefeilter die Diagnoseverfahren der modernen Medizin sind, desto mehr Größen umfasst der Katalog. Der Arzt sucht dabei stets nach der Abweichung von der Norm. Checkt er einen Patienten durch, vergleicht er bestimmte Werte mit Standards, die er im Kopf hat. Er will wissen, wie sich ein Erscheinungsbild eines Patienten im Vergleich zu dem eines gesunden Menschen verhält. Das ist die Folie. Statistiker wie Ulrich Mansmann beschreiben das nüchtern: „Medizin ist ohne Messen nicht möglich.“ Die entsprechenden Messinstrumente gehören zum Grundinventar. Schon immer gab es die Versuche, Parameter zu finden, die Gesundheit von Kranksein unterscheiden helfen. „Bereits in der Renaissance gaben etwa der Geruch oder die Farbe des Urins deutliche Hinweise“, sagt der LMU-Forscher. Während der Anamnese erhobene Messwerte helfen dem Arzt, wenn er seinem Patienten eine Diagnose oder eine Prognose stellen möchte. „Sie sind Puzzlesteine in einem individuellen Gesamtbild. Und dieses ist letztlich maßgebend für die Therapieentscheidungen des Arztes.“ Die Möglichkeiten, Aktivitäten des Körpers, seinen Stoffwechsel in Parametern zu erfassen, entwickeln sich immer weiter, in den vergangenen Jahren gab es einen regelrechten Methodenboom. Hinzu kommen eine Reihe bildgebender Verfahren, die ebenfalls komplexe Informationen bereitstellen. Auch Molekularbiologie oder Psychobiologie liefern neue Daten über den menschlichen Körper. „Das Gesamtbild entsteht aus dem Zusammenspiel verschiedenster Messungen“ der Laborwerte, der individuellen Funktionsfähigkeit etwa und der Aktivität kranker Zellen, sagt Mansmann. „An der Veränderung solcher Profile bewerten Ärzte die Wirksamkeit einer Therapie, das Fortschreiten oder Heilen einer Erkrankung.“

Ärzte müssen also die schnell voranschreitende Entwicklung und die Flut von Daten, die damit einhergeht, im Auge behalten. In großen Einrichtungen wie Universitätskliniken sollen sie zudem ihre Patienten betreuen, *und* exzellente empirische Forschung betreiben – eine Doppelbelastung im Alltag und gleichzeitig eine hohe Anforderung an die Mediziner. Sie müssen nicht nur Therapeut sein, sondern auch noch Naturforscher.

Als Wissenschaftler versuchen Mediziner, mithilfe immer präziserer Messungen den komplexen Abläufen im Körper auf den Grund zu gehen. Damit entschlüsseln sie die Prozesse und Mechanismen, die zu einer Krankheit führen. Oft ist das reine Grundlagenforschung am Mausmodell oder an Zellkulturen. Wer wissen will, welche Parameter bestimmte Krankheitsmechanismen bestimmen, wird zum Datenjäger und -sammler. „Ärzte sind dann oft Messfetischisten.“ Doch irgendwann komme der Punkt, an dem in den vielfältigen Messungen wesentliche Informationen kaum noch erkennbar sind. „Deshalb brauchen Ärzte uns Biometriker, um die Puzzlesteine besser erklären zu können und die Nadeln im Heuhaufen zu finden“, sagt Mansmann, der an Klinikum das Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie leitet. „Hier sind wir als Statistiker an der Seite der Mediziner, um ihnen die Substanz der Messungen zu zeigen. Das ist unsere Aufgabe.“ Gleichzeitig liegt gerade hierin auch ein Konfliktfeld zwischen Medizin und Statistik. „Unser Theoriendenken ist für Ärzte oft sperrig und wenig intuitiv“, sagt Mansmann. Doch die wissenschaftliche Praxis fordert einen theoretischen Apparat mit formalen Modellen und validen Analysestrategien. „Das Messen braucht objektive, verlässliche, valide und präzise Instrumente.“ Es habe Jahrzehnte gedauert, solche theoretischen Instrumente als Grundlage empirischer Forschung zu etablieren. Das wichtigste Beispiel dafür ist das Design der randomisierten kontrollierten Studie „als Goldstandard klinischer Evidenzgewinnung“.

Biometriker wie Mansmann versuchen, im Vorfeld das Design einer randomisierten Studie in einem Versuchsplan (Protokoll) mit einfachen Richtlinien optimal zu gestalten. PICO nennen sie diesen Prozess, eine Abkürzung, deren vier Buchstaben für vier wesentliche Aspekte stehen. Zunächst gilt es, die Population genau zu beschreiben, für die die Aussagen gelten sollen, und die sogenannte Intervention festzulegen. Was wird wann und wie verabreicht? Dann ist erforderlich, die klinische Standardmethode zu bestimmen, die als Kontrolle (Control) dient, und schließlich auch den patientenorientierten Outcome zu definieren, das klinisch relevante Maß für Nutzen und Wirksamkeit. „Das Design entscheidet über die Qualität einer Studie“, sagt Mansmann. Solche Studien sind sehr komplex und für alle Beteiligten steht viel auf dem Spiel. Denn ehe eine medizinische Innovation überhaupt auf den Markt kommen kann, müssen die Hersteller nachweisen, dass sie sicher und wirksam ist und für Patienten einen Zusatznutzen hat. Für Pharmafirmen geht es um viel Geld, von der Bewertung der Studien durch unabhängige Stellen wie das Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) in Köln hängen nicht zuletzt der spätere Preis und die Verkäuflichkeit eines Produkts über die Kassen ab. Das IQWiG prüft im Auftrag des Gemeinsamen Bundesausschusses, so Mansmann, „die vorliegende Evidenz zum Zusatznutzen einer medizinischen Innovation“. Schon manches Präparat, das sich im Tiermodell als überaus wirksam etwa gegen Herzinfarkt oder Alzheimer gezeigt hat, floppte bei Studien am Patienten. Im letzten Jahrzehnt betrieben Einrichtungen wie das IQWiG oder das Deutsche Cochrane-Zentrum in Freiburg mit großem Erfolg Qualitätssicherung in der medizinischen Evidenz. Das Credo der Forscher: Keine Kompromisse bei der Qualität, weder bei der Planung noch bei der Durchführung und der Auswertung von Studien. „Es ist ein großes Verdienst der deutschen Gesetzgebung – im Paragraphen 35 a des Sozialgesetz-

buches V – und der daraus abgeleiteten Institutionen, dass nun der Nutzen nachgewiesen werden muss“, sagt Mansmann. „Es genügt nicht mehr zu sagen, mein Medikament bringt auch was, es muss besser sein als die verfügbaren Therapien.“

Das Zauberwort der Methodiker heißt Randomisierung. Bei diesem Verfahren werden die an der Studie teilnehmenden Patienten über einen Zufallsmechanismus in der Regel in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe testet tatsächlich die innovative Therapie. Die Vergleichsgruppe bekommt eine Standardtherapie oder ein sogenanntes Placebo, ein Mittel ohne Wirkstoff. Der Zufall sorgt für Strukturgleichheit zwischen den Gruppen und sichert, dass der substanzielle Unterschied zwischen beiden Gruppen tatsächlich in den Therapien liegt. So schaltet das Studiendesign Störfaktoren aus, die einen Einfluss auf das Ergebnis haben könnten. Mit statistischen Methoden lässt sich dann der mittlere Unterschied im Outcome zeigen – zwischen der Behandlung der Patientengruppen nach Therapiestandard oder mit der innovativen Therapie. Die Ergebnisse für einzelne Patienten können aber von diesem Mittel abweichen. „Eine randomisierte kontrollierte Studie macht nur eine unklare Aussage darüber, welcher individuelle Patient wirklich substanziell von der untersuchten Therapie profitiert“, so Mansmann.

Für einen Arzt bedeutet Randomisierung, dass er die Behandlung seines Patienten aus der Hand geben muss, er muss eine Entscheidung für eine Therapie von einem Computer treffen lassen, der eine Zufallsauswahl macht. „Das ist eine sehr abstrakte Handlung, die auch ethisch geprüft werden muss“, räumt Mansmann ein. Gleichzeitig aber ist die Randomisierung wissenschaftstheoretisch notwendig. „Dies zu akzeptieren ist für Kliniker schwer“, sagt er. „Dennoch ist es der beste Weg: Wir müssen eine innovative Therapie gegen die beste Standardtherapie oder Placebo randomisiert testen. Registeranalysen oder Einzelfalluntersuchungen bringen uns nicht weiter.“ Obwohl Forscher



Tamiflu galt als Wunderwaffe gegen Grippeepidemien, Studien konnten die Erwartungen nicht belegen, sagt Ulrich Mansmann. Vorräte des Mittels in Großbritannien, 2009. Foto: AFP/Getty

seit gut 50 Jahren erfolgreich damit arbeiten, sind bei Klinikern nicht alle Vorbehalte gegen die Randomisierung ausgeräumt. Es prallen also bisweilen Welten aufeinander, wenn sich Biometriker und Mediziner begegnen, Mansmann kennt das auch aus seinem eigenen Alltag. Auf der einen Seite, so erleben die Beteiligten allerorten die Konfliktsituation, finden sich die nüchternen Methodiker, die sich auf die strengen und erprobten Prinzipien der evidenzbasierten Medizin berufen, auf der anderen die erfahrenen Ärzte inmitten eines hektischen Klinikalltags, die ihre persönlichen Erfahrungen und den direkten Kontakt zu ihren Patienten als höchstes Gut begreifen. Warum diese Erfahrungen nicht systematisch in Registern sammeln und diese dann sorgfältig auswerten? Warum eine komplexe und zeitraubende randomisierte Studie durchführen? Warum zu den Anstrengungen eines ärztlichen Alltags im Universitätsklinikum noch die aufwendigen methodischen Forderungen an die klinische Forschung? Und warum nicht einfach „biologistisch-mechanistischen Vorstellungen zu einer innovativen Therapie“ folgen? Leider stellt sich zu oft heraus, sagt Mansmann, dass diese Vorstellungen nicht zutreffend sind. Das zeigte der TeGenero-Skandal aus dem Jahr 2006: Der monoklonale Antikörper TGN1412 war für Affen wirksam und sicher, führte jedoch bei seiner ersten Injektion beim Menschen zu einem Albtraum für die an der Studie beteiligten sechs Probanden. „Die Komplexität eines zellulären Systems und seine Flexibilität auf Einwirkungen von außen macht dessen Reaktion auf eine biologische Intervention kaum vorhersehbar.“ Mansmann nennt als weiteres Beispiel das Mittel Tamiflu, das als pharmakologische Wunderwaffe gegen Grippeepidemien angesehen wurde. Der Wirkmechanismus schien klar, die simple Ursache-Wirkung-Logik aber griff nicht. Studien konnten die aus den biologischen Mechanismen abgeleiteten Erwartungen nicht belegen. Um Therapieeffekte mit belastbarer Evidenz nachzuweisen, sind

die aufwendigen randomisierten Studien unerlässlich. Vernachlässigt man die Qualität beim Design und bei der Durchführung der Studie geht dies nachweislich mit einer Überschätzung der Effekte einher. „Echte Qualitätssicherung kostet Zeit und Geld.“ Hier sieht Mansmann durchaus Verbesserungsmöglichkeiten für die klinische Forschung. An der LMU seien erste Schritte durch die Einrichtung eines eigenen Zentrums für klinische Studien, des CSC<sup>LMU</sup>, gemacht. Die Fakultät sei weiterhin „sehr aktiv und erfolgreich darin“, so Mansmann, Drittmittel für randomisierte kontrollierte Studien bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft und beim Bundesforschungsministerium einzuwerben.

Mansmann selbst begleitet als Mitantragsteller und verantwortlicher Biometriker immer wieder randomisierte Studien. So in den vergangenen Jahren, als in der sogenannten Sitagrami-Studie geprüft wurde, ob bestimmte Medikamente nach einem Herzinfarkt Stammzellen mobilisieren können und ob diese dann zu einer verbesserten Herzfunktion beitragen. Bei Mäusen war dies nachweisbar. „Die Auswertung der Studie im letzten Jahr ergab ein absolutes Nullergebnis beim Menschen“, sagt Mansmann. „Die Stammzelltherapie zeigt keinerlei Verbesserung in den betrachteten Funktionsparametern des menschlichen Herzens.“ Für die beteiligten Forscher war das natürlich eine Enttäuschung. Positiv dagegen war das Ergebnis einer langjährigen randomisierten Krebsstudie zu Weichteil-Sarkomen. Sie zeigte eine klar verbesserte Wirksamkeit, wenn bei der Therapie gleichzeitig der Körper überwärmt wird (Hyperthermie). In der Öffentlichkeit nehmen die Diskussionen um bestimmte Therapien und Untersuchungen seit Jahren zu, denn nicht immer lässt sich ein Nutzen nachweisen. In diesen oft emotionalen Debatten etwa um Krebsvorsorge-Untersuchungen kommt den Biometrikern ebenfalls eine Schlüsselrolle zu. Sie sagen etwa, wie Statistiken zur Mammografie zu lesen sind oder dass die PSA-Untersuchung

bei Prostata-Krebs nicht den erwarteten Informationsgewinn bringt. Auch bei den Vorsorgeuntersuchungen bei Darmkrebs ist Ulrich Mansmann vorsichtig. „Obgleich es viele Belege für ihre Wirksamkeit gibt, wird darüber gestritten, wie sich eine effiziente

## Das Zauberwort heißt Randomisierung

und akzeptable Darmkrebsvorsorge in unserem Gesundheitssystem etablieren lässt.“ Mansmann arbeitet daran, die Aussagekraft von Vorhersagen zu Risikofamilien zu verbessern. „Wir schlagen hier einen Score vor, der sich aus der Geschichte von Darmkrebs-erkrankungen in der Familie berechnen lässt.“ Die Forscher wollen so zeigen, dass Auftreten früher Darmkrebs-erkrankungen in Familien tatsächlich ein erhöhtes Risiko bedeutet, das sich auch im Score angemessen widerspiegelt. Mit einem solchen Instrument lässt sich ein effektives Darmkrebs-screening für Risikofamilien organisieren. Auch die Biometrie stößt an ihre Grenzen. Da geht es zum Beispiel darum, Instrumente zu haben, um die patientenrelevante Wirksamkeit einer Therapie zu bestimmen. So wollen die Forscher Schwindel, ein höchst subjektives Gefühl, objektiver messen. Dabei suchen sie gemeinsam mit den Ärzten

nach Strategien und charakteristischen Werten, die das Krankheitsbild gut erfassen.

Manchmal ergibt sich daraus ein differenzierteres Bild von der Wirksamkeit. Einzelne Patientengruppen profitieren stark, andere kaum. Denn auch wenn eine medizinische Innovation statistisch als gut wirksam gilt, können die Ergebnisse von Patient zu Patient im Einzelfall stark schwanken. Aus dieser Erkenntnis entwickelt sich gerade ein neues Feld, die individualisierte und personalisierte Medizin. Bei diesen Schwankungen können nicht nur Alter, Geschlecht oder einfach bestimmbare Größen wie der Blutdruck eine zentrale Rolle spielen, sondern auch genetische Varianten oder Stoffwechseleigenschaften. Oft lassen die sich anhand von sogenannten Biomarkern bestimmen. Dies können beispielsweise spezifische Genabschnitte oder Proteine im Blut sein; all diese Größen fügen sich zu individuellen Profilen. Identifiziert man also bestimmte genetische und molekulare Besonderheiten, lassen sich Therapien auf ihre individuelle Wirksamkeit überprüfen und so gezielter einsetzen oder verfügbare Medikamente auf neue Anwendungen hin untersuchen. Bei Krebsmedikamenten wie Cetuximab kommen solche Biomarker-Analysen schon zum Einsatz. Mansmann warnt als Statistiker auch hier vor einer allzu großen allgemeinen Euphorie. „Von einer personalisierten Medizin sind wir weit entfernt.“ Doch eine Tendenz zeichnet sich deutlich ab: Wir werden in Zukunft noch genauer und umfassender vermessen. Und dazu auch die passenden statistischen Verfahren entwickeln. ■



**Prof. Dr. Ulrich Mansmann**

ist Direktor des Instituts für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie an der Medizinischen Fakultät der LMU München. Mansmann, Jahrgang 1959, promovierte an der TU Berlin, war wissenschaftlicher Assistent am Institut für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie, Klinikum Benjamin Franklin der FU Berlin, wo er sich auch habilitierte, und arbeitete als Hochschuldozent am Institut für Medizinische Biometrie und Informatik am Klinikum der Universität Heidelberg.

# Theorien vom Netz der Netze

Abkehr von den großen Entwürfen: Neurowissenschaftler wie Andreas Herz lassen nach und nach ein Bild davon entstehen, wie das Gehirn arbeitet. Der Biophysiker trägt dazu vor allem mit Datenanalysen und mathematischen Modellen bei.

Von Hubert Filser

Manches Experiment beginnt mit mächtigem Streicherklang. Drei kurze markante Achtel erklingen, dann die um eine Terz tiefere Fermate, ein langer Ton. Dem furiosen Auftakt folgen verhaltenere Töne, leisere Variationen des Motivs. So weit, so eingängig, so bekannt. In den Labors der Neuroforscher allerdings ist zumindest das Auditorium mitunter äußerst ungewöhnlich. Da nämlich spielen Forscher das Anfangsmotiv von Beethovens Fünfter schon einmal Grashüpfern vor. Doch Schicksalssymphonie hin, Höhepunkt der musikalischen Klassik her – das Hörerlebnis beurteilen die Wissenschaftler in diesem Falle einigermaßen prosaisch: Das Trommelfell eines Grashüpfers nimmt die Schwingungen auf und gibt sie als Signale an die Gehörnerve weiter. Aus Beethovens Ta, Ta, Ta, Taaaa werden auch bei den Insekten sogenannte Aktionspotenziale, die durch die Nervenbahnen flitzen. Der Schall wird – insofern gleicht der Grashüpfer dann doch dem Menschen und Konzertbesucher – in Nervensignale übersetzt und dann vom Gehirn verarbeitet.

Um zu verstehen, wie ein Ton und die daraus folgende neuronale Aktivität zusammenhängen, muss Biophysiker Andreas Herz beides immer wieder miteinander vergleichen. Das Gehör des Grashüpfers jedenfalls, sagt der Professor für Computational Neuroscience an der LMU, ist ein ideales Modellsystem, um im Detail zu analysieren, wie Informationen aus der Umwelt in elektrische Aktivitäten umgesetzt werden und wie Nervenzellen diese Informationen

codieren. Beethovens musikalisches Genie scheint einen Grashüpfer nicht wirklich zu beschäftigen, er reagiert unabhängig von der exakten melodischen Struktur. „Zeitlich wird Beethoven perfekt erfasst, nicht aber tonal“, sagt Andreas Herz. Das Gehör des Grashüpfers ist eben auf Sinnesreize optimiert, die für das Verhalten des Tiers am wichtigsten sind – die eigenen Lockrufe, die die Tiere mithilfe ihrer Hinterbeine erzeugen, ein zeitlich stark moduliertes Geräusch: Weibchen können die für sie wichtige Amplitudenmodulation in den „Liedern“ der Männchen tatsächlich auf Millisekunden genau erfassen.

Solche Modellsysteme sind für Forscher wie Herz ein spannender Einstieg, um die faszinierende Welt unseres Gehirns kennenzulernen, die wohl komplexeste Struktur, die die Evolution hervorgebracht hat. Sekunde für Sekunde jagen Milliarden Nervenimpulse durch unseren Kopf, aus denen Gedanken und Gefühle entstehen, Wahrnehmungen und Erinnerungen. „Wir erinnern uns an Dinge, die wir als Kind erlebt haben, an Sekundenbruchteile. Selbst kürzeste Details prägen sich ein und können noch Jahrzehnte später abgerufen werden“, sagt Herz. Wie das genau passiert, ist immer noch ein großes Mysterium.

Kaum verwunderlich also, dass nach dem Genom das Gehirn das kommende Objekt der Begierde ist, wenn es um die Vermessung des Menschen geht. US-Präsident Barack Obama erklärt die „Brain Initiative“ zum „nächsten großen amerikanischen Projekt“. Sie soll es ermöglichen, irgendwann einmal die gesamten neuronalen

Aktivitäten zu kartieren. Und auch die Europäische Union finanziert das milliarden-schwere „Human Brain Project“, bei dem Forscher aus Dutzenden Einrichtungen das gesamte Gehirn modellieren und 1:1 im Computer abbilden wollen. Ein schier übermenschliches Projekt: Das menschliche Gehirn detailgetreu simulieren zu wollen, heißt nämlich, 100 Milliarden Nervenzellen gleichzeitig zu erfassen. Wobei die meisten dieser Nervenzellen eine weit verzweigte räumliche Struktur aufweisen, mehrstufige elektrochemische Signale erzeugen und mit Tausenden anderen Neuronen kommunizieren. Herz sieht den Ansatz denn auch recht kritisch: „Selbst die größten Simulationen können die Komplexität des echten Gehirns nicht widerspiegeln“, sagt der Neuroforscher. „Sollte dies mithilfe neuer Computertechnologien eines Tages doch möglich sein, werden die Simulationen so komplex sein, dass wir sie nicht mehr verstehen können. Die Kunst liegt im geschickten Vereinfachen.“

Andreas Herz hält deshalb wenig von allumfassenden Ansätzen. Schon an relativ einfachen Modellen großer Nervenzell-Netzwerke konnte er nämlich zeigen, dass bereits minimale Unterschiede in Modelldetails zu dramatischen Auswirkungen auf das Systemverhalten führen. „Wenn wir aber die Details experimentell gar nicht genau bestimmen können, wie sollen wir dann mit detailreichen Modellen quantitative Vorhersagen machen?“, gibt Neuroforscher Andreas Herz zu bedenken. „Das war schon hart für mich zu sehen, denn die Mathematik dahinter ist wunderschön.“ Ein



Beethovens Fünfte lässt ihn kalt. Trotzdem kann ein Grashüpfer das Eingangsmotiv zumindest zeitlich erstaunlich gut erfassen. Foto: Patrick Landmann/SPL/Agentur Focus

Modell ist jedoch eben nur so gut wie seine Vorhersagekraft.

Herz geht deshalb inzwischen einen anderen Weg, um sich den großen Fragen der Neurowissenschaften anzunähern: „Es erscheint mir wichtig, experimentelle Daten auf der Basis präziser theoretischer Konzepte und vollkommen ergebnisoffen zu analysieren.“ Dazu verbinden seine Arbeiten neurobiologische Experimente, computergestützte Datenanalyse, biophysikalische Simulation und mathematische Modellierung. „Gerade wir Theoretiker sollten nicht vorschnell neue Hypothesen zur Funktionsweise des Gehirns in die Welt setzen, selbst wenn diese auf den ersten Blick faszinierende Erkenntnisse versprechen“, sagt Herz. „Auf lange Sicht ist es oft wertvoller, bestehende Hypothesen auf ihre Konsequenzen hin zu untersuchen und gegebenenfalls zu verwerfen. Nur so können wir Schritt für Schritt eine tragfähige Grundlage für die Erforschung des Gehirns aufbauen, das noch viele Generationen von Forschern beschäftigen wird.“ Nach dieser Prämisse arbeitet auch das Münchner Bernstein Zentrum für Computational Neuroscience, das von Herz koordiniert wird, der zudem der zentrale wissenschaftliche Ansprechpartner für das bundesweite Bernstein Netzwerk ist, in dem sich mehrere Hundert Neuroforscher organisiert haben.

Derzeit konzentrieren sich Herz' eigene Arbeiten auf die neuronale Repräsentation von Raum und Zeit. Dazu wertet der LMU-Biophysiker vor allem Daten von Forschern aus Trondheim aus, die Ratten untersuchen, während sich diese im Raum bewegen. Konkret messen die norwegischen Wissenschaftler die neuronalen Entladungsmuster im entorhinalen Cortex und Hippocampus, zwei Hirnarealen, die unter anderem für räumliche Orientierung und Gedächtnis zuständig sind. Weltweit können Wissenschaftler auf diese Daten zugreifen, für Theoretiker ist das Material ein schier uner schöpflicher Fundus, um Hypothesen zur Raumkodierung zu testen.

Im Fokus stehen dabei die sogenannten Gitterzellen im entorhinalen Cortex. Diese sind in der Lage, ein virtuelles Koordinatensystem zu erstellen, mit dessen Hilfe eine Art Landkarte im Gehirn entsteht. Dabei ist eine Gitterzelle immer dann aktiv, wenn sich das Versuchstier an einem der vielen Schnittpunkte eines imaginären hexagonalen Gitters befindet, eine andere, wenn es sich an einem Schnittpunkt eines dazu verschobenen oder skalierten Gitters befindet. Ist eine bestimmte Gitterzelle aktiv, kann sich das Tier also an vielen möglichen Orten im Raum befinden. Erst aus dem Aktivitätsmuster vieler Zellen mit unterschiedlichen Gitterabständen ergibt sich ein eindeutiger Ort.

Dies ist eine auf den ersten Blick verwunderliche Strategie, kannte man doch seit Langem schon Neurone im Hippocampus, die nur an einem einzigen Ort aktiv sind und damit eine deutlich einfachere Repräsentation des Raums ermöglichen. Mathematische Analysen der Gruppe um Herz zeigen jedoch, dass das scheinbar aufwendigere Netzwerksystem der Gitterzellen den Raum letztlich viel effizienter codieren kann.

Herz und seine Kollegen haben sich zudem die Nervensignale von Gitterzellen in einzelnen Versuchsläufen angesehen und analysiert, ob das detaillierte zeitliche Muster der neuronalen Entladungen Information enthält, die das Tier zur Orientierung verwenden kann – was tatsächlich der Fall ist. Bislang hatte man nur die über viele Läufe gemittelte Aktivität solcher Zellen betrach-

tet. „Hiermit konnten wir erstmals zeigen, dass im Gehirn präzise zeitliche Information für die Steuerung von Verhalten zur Verfügung steht“, sagt Andreas Herz. „Ob diese Information jedoch auch wirklich verwendet wird, können wir derzeit noch nicht sagen.“

Die Forscher nutzen Methoden aus der Theorie dynamischer Systeme und der Wahrscheinlichkeitstheorie, um elektrophysiologische Daten wie die aus Trondheim zu analysieren und mit mathematischen Modellen zu beschreiben. „Modelle bilden die Natur jedoch immer reduziert und damit unvollkommen ab“, sagt Herz und verweist auf den russischen Physiker Jakob Frenkel, der bereits vor knapp hundert Jahren erkannte, ein gutes theoretisches Modell eines komplexen Systems sollte sein „wie eine gute Karikatur“. Es solle die charakteristischen Eigenschaften betonen und keine unwichtigen Details enthalten. „Der einzige Haken“ daran sei, „dass man nicht wirklich weiß, welches die wichtigen und welches die unwichtigen Details sind, bis man ein Phänomen ganz verstanden hat“. Deshalb solle man, so lautet Frenkels Schlussfolgerung, sein Leben und seine wissenschaftliche Erkenntnis nicht nur auf ein bestimmtes Modell gründen, sondern lieber viele verschiedene Modelle untersuchen. „Dieser Rat gilt nach wie vor“, sagt Neuroforscher Herz. Doch eines komme erschwerend hinzu, wenn man biologische Systeme studiere: Man könne niemals sicher sein, dass diese als Werk der Evolution überhaupt unwichtige Details enthalten. ■



**Prof. Dr. Andreas Herz**

leitet seit 2007 den Lehrstuhl für Computational Neuroscience an der LMU. Herz, Jahrgang 1961, promovierte in Theoretischer Physik an der Universität Heidelberg. Nach Stationen am California Institute of Technology in Pasadena, an der University of Illinois in Urbana-Champaign und der University of Oxford wurde Herz 1996 auf eine Professur für Theoretische Biophysik an der Universität Bremen und 1997 auf den Lehrstuhl für die Theorie neuronaler Systeme an der Humboldt-Universität zu Berlin berufen.





Wie sehr Kinder das Leben bereichern, „das ist etwas, das sich schwer aus Datensätzen herauslesen lässt“, sagt Familienforscherin Sabine Walper. Foto: Adam Berry/Getty



# Familienangelegenheiten

Was macht Paare glücklich und Ehen stabil? Was geben Eltern und Kinder einander? Mit einer großen Umfrageserie analysieren LMU-Forscher das Wesen der Partnerschaft und ein Leben mit dem Nachwuchs.

Von Martin Thureau

Es gibt einen heiklen Punkt im jungen Familienglück, da spätestens ist Schluss mit der modernen Beziehung: Die gleichberechtigte Aufgabenteilung bleibt eine Illusion. Schon bei Paaren ohne Kinder ist es in jeder zweiten Beziehung die Frau, die den Großteil der Hausarbeit erledigt. Und wenn erst einmal das erste Kind da ist, geraten die Verhältnisse endgültig aus dem Gleichgewicht. Dann sind es schon drei von vier Kernfamilien, in denen im Wesentlichen die Frau den Haushalt macht, das Waschen, Kochen, Putzen erledigt, ganz zu schweigen von der Kinderbetreuung. Der Soziologe Ulrich Beck, ehemals Professor an der LMU, hat mit Blick auf die männliche Attitüde schon vor langen Jahren von „verbaler Aufgeschlossenheit bei weitgehender Verhaltensstarre“ geschrieben.

„Das stimmt auch heute noch so“, sagt Familienforscherin Sabine Walper. Die LMU-Professorin, die derzeit als Forschungsdirektorin am Deutschen Jugendinstitut arbeitet, spricht von einem „Traditionalisierungseffekt“. Spätestens nach der Geburt des ersten Kindes „werden die Karten noch einmal neu gemischt“, stellt sie fest. „Nicht immer ganz freiwillig“, teilweise sind es äußere Faktoren, die zählen, teilweise werden die Argumente herbeirationalisiert. Noch immer beispielsweise gibt es ein Einkommensgefälle zwischen Männern und Frauen, erklärt Walper, das macht es für viele Paare selbstverständlich, dass die Frau im Beruf zurücksteckt. Family as usual also?

Wie sieht Familienleben heute aus? Was nehmen sich junge Erwachsene für ihre Ehe vor? Welche Ideale haben sie, welche Ziele? Was macht Paare glücklich, was Familien zufrieden, was Ehen stabil? Wie gedeihen Kinder am besten? All das sind Fragen, über die man womöglich meint, schon alles zu wissen, oft aus eigener Anschauung, viel aus eigener Lektüre. Die Medien sind voll damit, ganze Zeitschriften-Genres leben inhaltlich davon, die einschlägige Ratgeberliteratur füllt Regalmeter in jeder Buchhandlung.

Und auch in der Wissenschaft ist die Familienforschung sicher kein unbestelltes Feld. Neu sind jedoch beispielsweise der Ansatz und die Genauigkeit, mit denen eine große Studie, an der Sabine Walper maßgeblich beteiligt ist, das Thema Partnerschaft und Familie in den Blick nimmt. „Pairfam“ heißt die Untersuchung, an der knapp zwei Dutzend Sozialwissenschaftler aus München, Chemnitz und Bremen arbeiten, seit Kurzem auch aus Köln und Jena. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert das Großprojekt mit mehreren Millionen Euro. Pairfam ist eine sogenannte Panelstudie, in der rund 12.000 Personen alle zwölf Monate befragt werden – über 14 Jahre hinweg, erklärt Josef Brüderl, Soziologie-Professor an der LMU, Sprecher des Pairfam-Projekts und dort für die Methodik zuständig. 2008 startete die erste Befragung, da waren die jüngsten Teilnehmer 15, die ältesten 37, am Ende wird die Studie eine Altersspanne von 15 bis über 50 abdecken. Zusätzlich befragen die Wissenschaftler die Partner, Eltern und Kinder der Teilnehmer. „Panels liegen in den Sozialwissenschaften im Trend“, sagt Brüderl, egal ob es um Bildung, Migration oder Sozialsysteme geht.

Mit einem solchen Längsschnitt lassen sich nicht nur soziologische Momentaufnahmen machen wie mit einer einmaligen Umfrage, sagt Brüderl. Es lassen sich Entwicklungslinien aufzeigen: Wie etwa schlagen Beschleunigung und digitaler Umbruch in der Arbeitswelt auf die Familien durch? Wie definieren die Generationen jeweils die Familie neu? Oder tun sie es gar nicht? Da über die gesamte Laufzeit immer wieder dieselben Probanden Auskunft geben, lässt sich ganz konkret verfolgen, wie Partnerschaften sich entwickeln, erklärt Brüderl, wie junge Menschen ihre Vorstellungen von Familie zu leben versuchen, wie sie die Anforderungen meistern und wie mitunter ihre Wünsche in der Wirklichkeit stecken bleiben. Mit den stetig wiederholten repräsentativen Umfragen lässt sich so die ganze Dynamik des Wandels einfangen – auf der individuellen



wie der gesellschaftlichen Ebene; es ist die Vermessung des Familienmenschen.

Die Bedeutung der Institution Ehe, so viel lässt sich anhand der Daten schon einmal feststellen, hat kontinuierlich abgenommen. Das zeigt sich zum Beispiel auch am steigenden Anteil der Kinder, die außerhalb einer Ehe geboren werden. 2010 waren es laut Statistischem Bundesamt in Deutschland 33 Prozent, gut doppelt so viele wie 20 Jahre zuvor. In den Neuen Ländern lag die Zahl unlängst sogar bei 60 Prozent. Und die Zahl der Paare, die dann noch heiraten, ist deutlich gefallen. „Die Paare wollen die Elternschaft erst ausprobieren“, sagt Walper. „Die



Die Skepsis gegenüber der Institution Ehe ist insgesamt gestiegen, doch gibt es nach wie vor „das hohe Ideal der romantischen Liebe“, sagt Sabine Walper. Foto: Andrea Warnicke/dpa

Skepsis“ gegenüber der Ehe ist insgesamt gestiegen – angesichts anhaltend hoher Scheidungsraten, stellt Walper in ihren Studien fest. Jahr für Jahr enden derzeit rund 180.000 Ehen vor dem Scheidungsrichter. Das heißt aber nicht, dass plötzlich das Primat der Nüchternheit regiert. „Wir haben nach wie vor das hohe Ideal der romantischen Liebe“, stellt Walper immer wieder fest. Aus den Umfragedaten haben die Wissenschaftler versucht, Typen herauszufiltern, die jeweils eine unterschiedliche Erwartungshaltung an die Partnerschaft haben. Da gibt es, klar, die „Romantiker“, die sich viel Liebe und Geborgenheit von der Beziehung

versprechen. Ähnlich geht es den „Individualisierten“, sie pochen aber gleichzeitig auf Freiheit und Unabhängigkeit. Die dritte Gruppe stellen die „Skeptiker“. Sie zeigen in ihren Antworten eher gedämpfte positive Erwartungen – und sie haben Befürchtungen: Liebeskummer, Langeweile und das große Schweigen. Den vierten der vergleichsweise markanten Typen haben die Wissenschaftler den „Anspruchsvoll-Ambivalenten“ genannt; er hat hohe positive Erwartungen, anders als der Romantiker auch an Statusgewinn und selbst finanzielle Vorteile aus der Ehe, verbindet mit der Partnerschaft aber auch deutlich negative Seiten.

Interessant sei, sagt Walper, wie sich angesichts solcher Erwartungsmuster die Beziehungen tatsächlich entwickeln. Schlecht sind dabei in der Regel sowohl die Skeptiker als auch die Ambivalent-Anspruchsvollen dran, konnten die Forscher aus den Umfragen nachvollziehen. Sie sind insgesamt unzufriedener mit der Partnerschaft und legen oft „dysfunktionale Konfliktstile“ an den Tag, wenn es etwas auszufechten gibt, können nicht mit Streit umgehen. Und schnell drohen so die negativen Erwartungen zu selbsterfüllenden Prophezeiungen zu werden: Ihre Beziehungen gehen eher in die Brüche. Für die Skeptiker sind ihre Vorbehalte womöglich auch eine Art von Selbstschutz, damit sie das Risiko Beziehung erst gar nicht eingehen müssen. Auf jeden Fall, so zeigen die Daten, tun sie sich mit ihrer Einstellung schwer, überhaupt jemanden zu finden, auf den sie sich einlassen mögen.

Was aber macht dann eine Partnerschaft überhaupt stabil? Die Frage, wie man miteinander umgeht, sagt Walper, „das ist das Herzstück.“ Können wir Konflikte austragen, ohne den anderen dabei zu beschädigen und ohne, dass dabei die Verbundenheit leidet? Können wir stets Anteilnahme und Zuwendung signalisieren als Zeichen der Verlässlichkeit und einer vertrauensvollen Basis? Schaffen wir es, auch berechtigten Ärger nicht eskalieren zu lassen? Kurzum: Auch in der Beziehung, so fasst die Familienforscherin zusammen, spielen natürlich die „sozialen Fertigkeiten“ die entscheidende Rolle, sich öffnen zu können, empathisch zu sein, mit den eigenen Gefühlen umgehen zu können. „Echte Freundschaft“ sei letztlich wichtiger als die „Herzklopfdramatik der sogenannten großen Liebe“: So haben Medien die Interpretation der Pairfam-Daten interpretiert – auf der Suche nach der „Glücksformel“. Die Sache mit der Freundschaft allerdings, warnt Walper, könne auf eine Art Geschwisterlichkeit hinauslaufen, „die die nötige Spannung aus dem System nimmt“. Die Stabilität einer Partnerschaft, so viel ist sicher, zeigt sich wenn das erste Kind kommt.



Geraten Kinder zwischen die Fronten im Elternstreit, „unterminiert das ihre emotionale Sicherheit“, sagt Sabine Walper. Foto: Kahnert/dpa



Aber sind Kinder „Beziehungskiller“, wie es in Medienberichten immer wieder ernüchternd heißt? „Eine ernsthafte Belastungsprobe, das ja“, sagt Sabine Walper. „Die wichtigste Botschaft aus all unseren Studien ist: Wer eine wacklige Beziehung hat, sollte sie nicht durch ein Kind festigen wollen.“ Es braucht ein tragfähiges Fundament. „Sicher, all das können wir mit unseren Studien zeigen. Wie sehr Kinder eine Partnerschaft aber

## „Elternschaft ist ein geplantes Projekt“

bereichern, das ist etwas, was sich schwer aus Datensätzen herauslesen lässt.“ Die Partnerschaft erlange eine „andere Art von Tiefe“, weil man neben allem anderen auch eben noch „das gemeinsame Projekt Kind bewältigt“, sagt Walper. Das sei schließlich „eines der intensivsten Lernfelder, die das Leben für uns bereithält“.

Umso wichtiger ist jungen Paaren die Frage nach dem „richtigen Zeitpunkt“, sagt Walper. „Elternschaft ist heute ein geplantes Projekt.“ Über die Jahre ist dieser Zeitpunkt immer weiter nach hinten gedriftet. Im Schnitt ist eine Frau in Deutschland heute 29 Jahre, wenn sie ihr erstes Kind bekommt. Das gilt seit Langem vor allem für Akademikerinnen, deren Biografie zunächst auf den Berufseinstieg und Karriere ausgerichtet ist. Viele von ihnen bleiben ganz ohne Kinder, drei von zehn sind es laut Statistischem Bundesamt. Doch während diese Zahl unter jungen Akademikerinnen langsam sinkt, steigt der Anteil von Frauen ohne akademischen Abschluss, die kinderlos bleiben.

Wie abhängig sind Kinder von einer intakten Partnerschaft? Entscheidend für ihr Wohlergehen ist nicht die Dauerpräsenz der Eltern, die ständige Verfügbarkeit für das

Kind, entscheidend ist das familiäre Klima: Wie stehen die Eltern zueinander? Gibt es unversöhnliche Dauerkonflikte, untergründige Spannungen? „Dann geraten die Kinder leicht zwischen die Fronten in einem zermürbenden Stellungskrieg und sind deshalb dauernd auf der Hut“, sagt Walper. Sie meinen, vermitteln oder ablenken zu müssen, mitunter auch, sich in Sicherheit bringen zu müssen. Wie sehr das ihre emotionale Sicherheit unterminiert, weiß Walper nicht zuletzt aus eigenen älteren Untersuchungen mit Scheidungskindern.

Aus den Pairfam-Befragungen können die Forscher ersehen, dass sich die emotionalen Unsicherheiten gegenüber den Eltern auch gegenüber dem Partner fortsetzen. Auch in ihrer eigenen Partnerschaft reproduzieren sie oft die alten Muster, haben Schwierigkeiten, Vertrauen zu fassen und Selbstbewusstsein zu zeigen. Hochbelastend aber für Kinder ist es auch, wenn die Partnerschaft der Eltern scheitert, ohne dass eine tragfähige Beziehung zu ihnen besteht. Fehlt der Rückhalt zu den Eltern, haben Jugendliche deutlich größere Schwierigkeiten, die elterliche Trennung zu bewältigen.

Dabei wollen Eltern doch etwas ganz anderes mitgeben. Wichtig ist ihnen vor allem die eigene Urteilsfähigkeit ihrer Kinder, ihre Selbstbehauptung, aber auch ihre Sozialität und ihre Kooperationsbereitschaft. Sie wollen ihren Kindern Partner sein, Auseinandersetzungen im Diskurs klären, sich selbst aber auch eindeutig positionieren und den Kindern klare Grenzen setzen. „Das aber ist ein sehr anspruchsvolles Muster“, sagt Walper, „das Eltern mitunter das Gefühl der Hilflosigkeit gibt, das Gefühl, den anstrengendsten Job der Welt zu haben.“ Wo muss ich hart bleiben, wo kann ich nachgeben? Muss ich mich an dieser Front auch noch verkämpfen? Muss sich nicht auch mein Kind an mir abkämpfen können? Das sind Fragen, die sich mit kleinen Anlässen fast Tag für Tag stellen. Und nicht zuletzt lassen sie das Feld der Ratgeberliteratur blühen, auch solcher Titel, die Zeitgeistanalysen mit steilen The-

sen etwa vom „kleinen Tyrannen“ anreichern. Dass ein sogenannter autoritativer, ein „liebvoll-konsequenter“ Erziehungsstil besser ist als ein autoritärer und besser als Laissez-faire, ist schon aus älteren auch retrospektiven Studien bekannt, aus denen abzulesen ist, was Eltern kompetenter Kinder richtig gemacht haben: Sie geben Wärme und Zuneigung, fordern aber auch viel, sind klar und konsequent.

Von den alten Sekundärtugenden, die früher einmal viel galten in der Erziehung, halten Eltern heute den Fleiß durchaus noch hoch. Und es sind eher die beruflich Erfolgreichen, die auch das „Projekt Kind“ gleichsam mit dem größten Erfolg abschließen wollen. „Sie entwickeln mitunter gehörigen Ehrgeiz darin, ihre Kinder selbst an der Universität noch gut zu begleiten“, moniert Walper. „Es wird nicht unbedingt selbstverständlicher, die Kinder in die Autonomie zu entlassen.“ Pädagogen und Soziologen sprechen von „Helicopter-Parenting“. Und angesichts des Pisa-Schocks über die im globalen Schnitt keineswegs herausragenden Leistungen deutscher Schüler müsse man da achtgeben, dass sich nicht eine Bildungshysterie breitmache, die die Kinder überfordere – und die Eltern auch. Chinesisch, Geige, Tennis schon für die Jüngsten, immer fördern, fördern, fördern: „Diese pausenlose Bespielung kann nicht gut sein“, warnt Walper.

Sind also Familien heute insgesamt mehr unter Druck als vor 20, 30 Jahren? „Die Drehzahl hat sich deutlich erhöht“, resümiert Walper: Die Erwerbswelt wird „immer anspruchsvoller“, die beruflichen Anforderungen sind gestiegen. Nicht zuletzt „regiert die Forderung nach ständiger Erreichbarkeit stark in das Familienleben hinein“. Es ist schwierig, sich dagegen abzugrenzen und Beruf und Familie noch unter einen Hut zu

bringen. Schließlich arbeiten immer öfter beide Elternteile; zuletzt war dies in 55 Prozent der Familien der Fall. Großenteils gehört es – vor allem unter den Jüngeren – selbstverständlich zum Lebensentwurf, teilweise erfordert die ökonomische Situation es. Doch wenn das erste Kind kommt, sind es nach wie vor die Frauen, die auch länger nach der Geburt noch aussetzen. Nur etwa 30 Prozent der Frauen mit Kindern im Krippenalter waren nach den Daten des Mikrozensus 2012 berufstätig, erst wenn die Kinder in den Kindergarten kommen, steigt der Anteil wieder auf das Doppelte an. Insgesamt ist das häufigste Familienmodell, dass der Vater in Vollzeit arbeitet, die Mutter in Teilzeit. Das trifft auf 70 Prozent der Doppelverdienerpaare mit Kindern zu.

## Oma und Opa wohnen meist in der Nähe

Bei vielen geht dies nur mit der Hilfe der Großeltern bei der Kinderbetreuung. Und entgegen dem gerne gezeichneten Bild vom mobilen Menschen in der globalisierten

Welt kann zumindest die Masse der jungen Familien auf diese „Ressource“ zurückgreifen, zeigen die Pairfam-Daten. Im Schnitt wohnen Oma und Opa zwischen zehn und 30 Minuten entfernt, was allerdings nicht ausschließt, dass vor allem unter Jungakademikerfamilien, die insgesamt für ihre Jobs mobiler sind, die Entfernungen viel größer sein können.

Männer tun sich nach wie vor schwer, Vaterzeiten wie den freien Nachmittag fürs Kind als selbstverständlich vom Arbeitgeber einzufordern. „Sie fürchten oft noch, dass die Kollegen sie schief ansehen und dass der ehrgeizige Nebenbuhler allzu gern die Gelegenheit nutzt vorbeizuziehen“, wenn sie sich vermeintlich weniger engagiert zeigen, erklärt Walper. Und gar eine Auszeit für die Kinder nehmen? Dazu sind Männer – auch die jüngeren – in der Summe wenig bereit. Einer Untersuchung des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialwissenschaften (WZB) zufolge lehnt ein Drittel der Männer zwischen 21 und 34 das kategorisch ab, der Rest würde nur kurz pausieren. Das deckt sich mit den Zahlen des Statistischen Bundesamtes. Danach gehen etwa 30 Prozent der Väter in Elternzeit, fast 80 Prozent von ihnen aber nur für das Minimum von zwei Monaten. Sabine Walper ist zuversichtlich, dass Betriebe zunehmend ihre Spielräume nutzen und nutzen müssen, um Familienfreundlichkeit zu gewährleisten. Denn je stärker zumindest in bestimmten Branchen der Mangel an Fachkräften wird, so sagt sie, desto besser werde es Paaren gelingen, Freiräume für die Familie auch durchzusetzen. ■



**Prof. Dr. Sabine Walper** ist Professorin für Pädagogik mit dem Schwerpunkt Jugendforschung an der LMU. Derzeit ist sie beurlaubt und arbeitet als Forschungsdirektorin am Deutschen Jugendinstitut, München. Walper, Jahrgang 1956, hat Psychologie und Pädagogik an der Universität Düsseldorf und an der TU Berlin studiert, sie hat an der TU Berlin promoviert und sich an der LMU in Psychologie habilitiert. **Prof. Dr. Josef Brüderl** ist seit 2011 Lehrstuhlinhaber für Soziologie an der LMU. Brüderl, Jahrgang 1960, studierte Soziologie und Volkswirtschaft an der LMU, wo er auch promovierte. Er habilitierte sich in Soziologie an der Universität Bern, war Professor für Statistik und sozialwissenschaftliche Methodenlehre an der Universität Mannheim.

# Ich und die anderen

Vom hilflosen Baby zum agilen Schulkind: Der Psychologe Markus Paulus untersucht, wie sich soziales Lernen und das Wissen über das eigene Wissen entwickeln. Seine Ergebnisse zeigen, wie frühe Fertigkeiten das weitere Leben bestimmen.

Von Nicola Holzapfel



Was ist fair? Was ist gerecht?  
Das lernen Kinder schon früh.  
Foto: Silke Wernet/laif



Warte mal kurz“, sagt der Versuchsleiter. „In dieser Tüte habe ich ein Geschenk für dich. Ich gebe es dir gleich, wenn ich wieder da bin.“ Dann geht er aus der Tür. Zurück bleiben ein zweieinhalbjähriges Kind und das Geschenk, das versteckt in einer Tüte auf einem Tisch liegt. Was in den folgenden Minuten passiert, wird mit einer Kamera aufgezeichnet: Guckt das Kind heimlich in die Tüte? Macht es sie gar auf und nimmt das Präsent heraus? Oder wartet es, bis der Versuchsleiter zurückkommt?

Das Experiment ist eine Variation des Marshmallow-Tests, den der amerikanische Psychologe Walter Mischel Ende der 1960er-Jahre entwickelte. Mischel stellte seinen kleinen Versuchsteilnehmern einen Marshmallow vor die Nase und sagte ihnen: Wenn du es schaffst, die Süßigkeit nicht zu essen, solange ich nicht im Raum bin, bekommst du einen zweiten Marshmallow. Der Versuch gehört inzwischen zum festen Repertoire der Entwicklungspsychologie. Filme auf

## Die Versuchung: allein mit dem Marshmallow

Youtube aus aller Welt zeigen, wie sehr Kinder mit sich ringen, um diesen „Belohnungsaufschub“ auszuhalten. Manche schieben den Marshmallow aus ihrem Blickfeld oder lenken sich mit lautem Singen ab, andere starren minutenlang darauf, schnuppern daran oder versuchen ein paar Krümel und wieder andere beißen sofort rein, noch bevor der Versuchsleiter den Raum verlassen hat. Entwicklungspsychologen testen mit diesem Experiment die Selbstbeherrschung des Kindes, die nicht nur etwas über sein Temperament und seinen Entwicklungsstand aussagt,

sondern auch einen Blick in die Zukunft erlaubt. „Kinder, die sich beherrschen, nicht zur Tüte hinlaufen oder höchstens reingucken, werden im Alter von fünf Jahren eher teilen“, sagt Markus Paulus, Professor für Entwicklungspsychologie an der LMU.

Diesen Entwicklungszusammenhang hat eine Längsschnittuntersuchung gezeigt, die Paulus mit seinen Kollegen am Baby- und Kinderlabor der Fakultät für Psychologie und Pädagogik der LMU durchführt. Die Studie wurde 2006 von Beate Sodian, Inhaberin des Lehrstuhls für Entwicklungspsychologie, initiiert. Im Alter von sechs Monaten sind die Kinder erstmals ins Labor gekommen. Seither nehmen sie in regelmäßigen Abständen an Tests teil und helfen so den Wissenschaftlern zu verstehen, wie Kinder die Welt erfahren und wie sich ihre Wahrnehmung, ihr Denken und Lernen entwickelt und wie sie dabei von anderen lernen. Auch zu Einzelstudien kommen Kinder ab einem Alter von zehn Monaten an die Universität. Die Wissenschaftler messen neben der Selbstbeherrschung auch ihr prosoziales Verhalten, ob sie also freiwillig etwas für andere tun, zum Beispiel bereit sind zu teilen. So nähern sie sich der in der Entwicklungspsychologie heiß debattierten Frage, wie viel Wissen Kinder bereits mit auf die Welt bringen und was sie sich in den ersten Wochen, Monaten und Jahren selbst aneignen.

Eines der ersten Experimente, für das kleine Kinder ins Labor kommen, testet ihr Handlungsverständnis. „Das erste Verständnis, das Kinder überhaupt über die Absichten einer anderen Person entwickeln, ist ein Verständnis von Zielen“, sagt Markus Paulus. Sie zeigen es ab einem Alter von etwa sechs Monaten. Im Versuch wird den Kindern auf einem Bildschirm oder einer Art Puppenbühne vorgespielt, wie ein Erwachsener nach etwas greift. Eine Videokamera erfasst die Augenbewegungen und Blickzeiten des Kindes. Mit dieser „Eye-Tracking-Methode“ lässt sich erkennen, ob die Kinder bemerken, wenn auf einmal nach etwas anderem gegriffen wird. Schauen sie länger hin, wenn die

Person ein anderes Objekt greift, spricht dies dafür, dass sie erkannt haben, welches das Handlungsziel der beobachteten Person ist. Die Kinder unterscheiden sich darin, wie gut sie in diesem frühen Alter bereits Handlungen und Absichten anderer verstehen. Unter anderem hängt das von der Beziehung zwischen Mutter und Kind ab, wie die Entwicklungspsychologen zeigen konnten. „Kinder, deren Mütter prompt auf ihre Signale eingehen und für sie emotional verfügbar sind, können besser abschätzen, welche Ziele ein anderer hat“, sagt Paulus. „Es ist spannend zu sehen, wie solch frühe Erfahrungen die soziale Wahrnehmung und unterschiedliche Aspekte der Entwicklung beeinflussen.“

Den Zusammenhängen in der kindlichen Entwicklung sind die Wissenschaftler auch mithilfe von EEG-Untersuchungen auf der Spur. Paulus und sein Team haben mit EEG unter anderem bei 14 Monate alten Kindern die Aktivitäten im Frontalhirn gemessen. Die unterschiedlich starke Aktivierung des rechten oder linken Frontalbereichs, die mit positiven beziehungsweise negativen Gefühlen einhergeht, erlaubt Aussagen über das Annäherungs-Vermeidungsverhalten eines Menschen. Ein paar Monate später, als die Kinder zwei Jahre alt waren, untersuchten die Forscher ihre Empathie. Sie wollten wissen, wie die Kinder reagieren, wenn ein anderer Schmerz simuliert.

Wie ihre Auswertungen zeigen, bewiesen jene Kinder mehr Empathie, deren Annäherungstendenz im EEG-Versuch stärker ausgeprägt war. „Das Spannende daran ist, dass die Kinder mit 14 Monaten, zum Zeitpunkt des EEG, noch keine Empathie zeigen können. In diesem Alter empfinden Kinder zwar selbst Schmerz, wenn ein anderer Schmerz äußert. Sie laufen aber nur zu ihrer Mutter, um sich selbst trösten zu lassen. Erst von eineinhalb Jahren an können sie den Schmerz einem anderen Menschen zuordnen. Das heißt: In einem Alter, in dem Kinder noch gar nicht trösten können, haben wir ein elektrophysiologisches Muster gefunden, das vorhersagt, ob sie später

andere eher trösten oder nicht.“ In einer weiteren Studie untersucht das Team nun, welchen Einfluss die Mutter-Kind-Interaktion darauf hat, wie das Annäherungs- oder Vermeidungsverhalten mit 14 Monaten ausge-

## Das neunte Radiergummi warfen sie fort

prägt ist. „Aus Studien mit Kindern depressiver Mütter wissen wir bereits, dass bei ihnen das Vermeidungsverhalten stärker ist.“ In einem weiteren EEG-Versuch untersuchte Paulus zusammen mit niederländischen Kollegen Ursprünge und neuronale Mechanismen sozialen Lernens, ein weiterer Forschungsschwerpunkt. Im Alter zwischen sechs und neun Monaten beginnen Kinder, andere zu imitieren. Ihre Eltern gewöhnen sich dann schnell an, manches nur unbeobachtet zu tun, weil sie wissen, dass ihr Kind es ihnen sonst nachmacht und in null Komma nichts Küchenschranke ausräumt oder Herdplatten anstellt. Paulus ließ neun Monate alte Kinder über einen Zeitraum von einer Woche immer wieder beobachten, wie ihre Mutter eine neue Rassel schüttelte, ohne dass sie selbst damit spielen durften. Danach wurden im EEG-Labor die neuronalen Aktivitäten in ihrem Gehirn aufgezeichnet, wenn sie das Rasselgeräusch hörten. „Sie zeigten eine Reaktion im Motorkortex, ziemlich genau in den Bereichen für die Hände, wenn sie das Rasselgeräusch hörten. Sie simulierten auf einer motorischen Ebene die Handbewegung, die ihre Mutter gemacht hatte. Sie hatten also neues Handlungswissen erworben, ohne zuvor selbst die Rassel in der Hand gehabt zu haben“, sagt Paulus. „Die Ergebnisse zeigen, dass das soziale Lernen schon sehr früh beginnt. Die Kinder beobachten, spiegeln die Handlungen neu-

ronal und rufen das so erworbene Wissen später ab.“

Unter Entwicklungspsychologen gibt es unterschiedliche Annahmen darüber, wie bewusst sich kleine Kinder sind, wenn sie ein bestimmtes Verhalten zeigen. Paulus sieht sich in dem Experiment bestätigt, dass der Vorgang des sozialen Lernens bei kleinen Kindern unbewusst abläuft. „Sie lernen auf einer sehr basalen Ebene. Dieser Vorgang scheint sehr automatisch zu sein, ohne dass die Kinder viel darüber nachdenken oder sich dessen bewusst sein müssen.“

Um die Ursprünge und die Entwicklung des prosozialen Verhaltens zu untersuchen, testet Paulus unter verschiedenen Studienbedingungen, wie Kinder teilen. Ihn interessiert, warum Kinder helfen, unter welchen Umständen sie mit anderen teilen und welche Erwartungen sie dabei an das Verhalten anderer haben. „Die Kindergartenjahre sind für die Entwicklung unseres prosozialen Verhaltens entscheidend“, sagt Paulus. Zwischen drei und fünf Jahren machen die Kinder beim Teilen große Entwicklungsschritte. „Ab einem Alter von drei Jahren entwickeln die Kinder ein Verständnis dafür, was gut und fair ist, und nach und nach die Fähigkeit, den Normen auch zu folgen.“

Den Weg dorthin bilden die Studien des LMU-Baby- und Kinderlabors ab. So wissen dreijährige Kinder bereits, was fair wäre, teilen aber trotzdem nicht gerecht, sondern geben sich selbst am meisten. „Je älter Kinder werden, desto mehr nähern sie sich der Norm an. Sie wissen dann nicht nur, was gerecht wäre, sondern halten sich auch daran“, sagt Paulus. Dabei spielt offenbar auch das Verständnis für die Situation des anderen, mit dem geteilt werden kann, eine Rolle. In einer gerade abgeschlossenen Studie, die Paulus im Raum Erfurt durchführte, sollten Kinder vor dem Teilen darüber nachdenken, wie sie sich selbst fühlen würden, wenn mit ihnen geteilt würde oder nicht, oder wie es einem anderen in dieser Situation ginge. Ihr Verhalten wurde mit dem von Kindern verglichen, die zuvor nicht zu sol-

chen Gedanken aufgefordert worden waren. „Die Kinder, die darüber nachgedacht haben, wie das Teilen Gefühle beeinflusst, haben mehr abgegeben“, sagt Paulus. „Sich zu vergegenwärtigen, welche Folgen das Teilen für Gefühle hat, beeinflusst ihr Verhalten.“ Damit zeige das Experiment auch, sagt Paulus, wie sich positives Sozialverhalten früh fördern lässt. Weitere Studien sollen nun mögliche langfristige Effekte des Trainings von Perspektivenübernahme auf das Sozialverhalten der Kinder überprüfen.

Je älter die Kinder werden, desto mehr tritt zudem ihr Gerechtigkeitsinn zutage. In einer weiteren Studie konnten Paulus und seine kanadischen Kooperationspartner an der Dalhousie University in Halifax zeigen, dass bereits Fünfjährige auf eine gerechte Verteilung in einer Gruppe achten. Dreijährige denken und handeln noch in einer Zweier-Welt, als sei ein Dritter nicht da. Fünfjährige erfassen dagegen offenbar schon den Gedanken der sozialen Gerechtigkeit. In einem Alter von sechs Jahren sind die Fairnessüberlegungen dann so stark, dass Kinder sogar zu recht radikalen Methoden greifen, um nicht ungleich zu verteilen. Das zeigte sich in einem Experiment, in dem sie neun Radiergummis zwischen sich und

## Wo Sally nach den Murmeln suchen wird

einem anderen Kind verteilen sollten. „Ihre Aversion gegen Ungleichheit war so stark, dass sie jedem vier gaben und das neunte Radiergummi wegwarfen“, sagt Paulus.

In weiteren Studien untersuchen die Wissenschaftler nun, ob und wie auch die Erwartungen des anderen die Bereitschaft der Kinder zu teilen beeinflusst und von welchem Alter an dies der Fall ist. Die Fähigkeit,



„Das meiste, was wir über die Welt lernen, lernen wir sozial“: Mit dem Vater im Kajak an der Saale. Foto: Malte Jaeger/laif

etwas über die psychischen Vorgänge anderer Menschen zu wissen, wird in der Psychologie als „Theory of Mind“ bezeichnet. Test-Klassiker dafür ist der Sally-Anne-Test. In dem Test müssen Kinder darüber nachdenken, ob Sally Murmeln finden wird, die Anne unter einem anderen Becher versteckt hat, als Sally nicht im Raum war. Erst ab einem Alter von vier bis fünf Jahren können Kinder richtig vorhersagen, wo Sally suchen wird (nicht da, wo die Murmeln tatsächlich sind, sondern da, wo die Murmeln waren, als Sally den Raum verließ). Dafür müssen sie wissen, dass Sally über ein anderes Wissen verfügt als sie selbst.

Die Theory of Mind scheint eng mit der Entwicklung des Wissens über die eigenen kognitiven Prozesse zusammenzuhängen, was als Metakognition bezeichnet wird. „Kinder, die im Alter von vier bis fünf Jahren die Sally-Aufgabe gelöst haben, waren die, die mit sechs eher Metakognitionsaufgaben lösen konnten. Das spricht dafür, dass sich zuerst die Fähigkeit entwickelt, über die mentalen Zustände der anderen nachzudenken, und Kinder diese Fertigkeit dann auf sich selbst anwenden“, sagt Paulus. „Man versteht sich selbst, indem man andere versteht.“

Die Fülle der Versuche zu unterschiedlichen Bereichen der kindlichen Entwicklung, bei denen Kinder im Rahmen der Längsschnittstudie über Jahre hinweg immer wieder teilnehmen, verschaffen der Entwicklungspsychologie einmalige Einblicke. Dank der verschiedenartigen Experimente mit unterschiedlichen Altersgruppen sehen die LMU-Forscher nicht nur, wie sich eine Fertigkeit entwickelt, sondern können auch bislang unbekannte Zusammenhänge erkennen.

„Selbstbeherrschung, die Fähigkeit, die eigenen negativen Gefühle zu regulieren, und frühes Handlungsverständnis spielen eine wichtige Rolle bei der frühen Entwicklung prosozialer Fähigkeiten“, sagt Paulus. Studien zeigten: Kinder, die sich schon früh gut beherrschen können, sind als junge Erwachsene beruflich und sozial erfolgreicher. „Das hat viel damit zu tun, dass man seine eige-

nen Bedürfnisse zurückschrauben und auch mal andere bestimmen lassen kann.“

Bei der nächsten Testreihe werden die Kinder, die an der Längsschnittstudie teilneh-

## Der Übergang in die Schule: Ist er geglückt?

men, bereits acht Jahre alt sein. Dann können Paulus und seine Kollegen untersuchen, wie ihnen der Übergang in die Schule gelungen ist, wie ihr Verhalten und ihre Leistungen dort sind und welche frühen Fertigkeiten damit verbunden sind. Daraus könnten sich wichtige Schlüsse für die frühe Förderung von Kindern ziehen lassen.

Die Studien im Babylabor zeigen, wie wichtig das Umfeld des Aufwachsens und das Verhalten der Eltern für die kindliche Entwicklung sind. Das wird auch durch eine gerade abgeschlossene Studie bestätigt. Darin untersucht Paulus den Erziehungsstil von Müttern und Vätern. Das Sozialverhalten ihrer drei- bis fünfjährigen Kinder wurde gleichzeitig von ihren Kindergärtnerinnen erfragt. Es zeigt sich, dass die Konsistenz im Erziehungsstil das Sozialverhalten vorhersagte: Je ähnlicher die Eltern auf Fragen zum Erziehungsstil antworteten, desto weniger problematisches Sozialverhalten legten die Kinder an den Tag.

Einem Übereifer engagierter Eltern will Paulus aber lieber vorbeugen: „Die allermeisten Eltern verhalten sich ihren Kindern gegenüber intuitiv richtig. Frühförderung macht Sinn in Bereichen, in denen ein Kind zurückfällt, aber man muss nicht jedes Kind früh fördern. Das artet in Leistungsdruck aus. Wer zu viel macht, baut eine Erwartungshaltung auf und nähert sich dem Kind nicht mehr natürlich. Das geht schief. Man kann Kinder nicht beliebig formen.“

Aufmerksame Eltern erkennen ziemlich gut, wie sich ihr eigenes Verhalten in dem ihrer Kinder spiegelt. So färbt auch auf ihre Kinder ab, wie sie sich beim Teilen verhalten, ob und wann sie anderen helfen und auch wie sie sich selbst beherrschen, was dann beim Marshmallow-Test und seinen Varianten erhoben wird. „Selbstbeherrschung ist eben auch gelernt“, sagt Paulus. Ob die Kinder ihre Augen vor der süßen Versuchung schließen oder sie in die Hand nehmen, betasten und daran riechen: Der Versuchsleiter sieht, welche Strategien sich die Kinder bereits von ihren Eltern und anderen Bezugspersonen anschauen konnten. Räumen die Eltern eine angebrochene Schokolade in den Schrank oder lassen sie sie auf dem Tisch liegen, bis sie aufgegessen ist? Machen sie erst eine Arbeit zu Ende oder springen so sofort auf, wenn sich eine angenehme Unterbrechung bietet? „Wie Eltern mit solchen Situationen umgehen, hat einen großen Einfluss darauf, ob Kinder in der Lage sind, sich zu beherrschen“, sagt Paulus. „Das meiste, was wir über die Welt lernen, lernen wir sozial.“ ■



**Prof. Dr. Markus Paulus**

ist seit 2013 Professor für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie der frühen Kindheit an der LMU. Paulus, Jahrgang 1980, studierte an den Universitäten Eichstätt und Oulu/Finnland. Er promovierte am Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour der Radboud University Nijmegen in den Niederlanden und forschte am Early Social Development Lab der Dalhousie University in Halifax (Kanada), bevor er nach München kam.



LEHMAN BROS

# Die Macht des Irrationalen

Menschen verhalten sich im Wirtschaftsleben vernünftig und eigennützig – eine Grundannahme der modernen Ökonomie. Martin Kochers Experimente zeigen, wie wenig mitunter von dieser Idee übrig bleibt, wenn man sie genauer untersucht.

Von Nikolaus Nützel

Der Tag, an dem mit der Lehman-Pleite die Finanzkrise eskalierte: Banker gingen bewusst hohe Risiken ein, in der Überzeugung, dass dies alle taten, sagt Verhaltensökonom Martin Kocher. Foto: Mark Lennihan/AP

OTHERS

P 15

Der Homo oeconomicus sollte sich vorsehen, man hat ihn ins Visier genommen. Leute wie Martin Kocher haben es auf ihn abgesehen: Mit seiner Forschung sorgt der Professor für Verhaltensökonomik dafür, dass über den Homo oeconomicus bald das Gleiche geschrieben werden könnte wie etwa über den Homo neanderthaliensis: ausgestorben. Es ist jedoch kein Jagdeifer, der Kocher antreibt. Vielmehr bewegt ihn eine Grundfrage: Wie unterscheiden sich die Bewohner der wirklichen Wirtschaftswelt vom Bild des Menschen, das Ökonomen seit mehr als zwei Jahrhunderten zeichnen – eines Wesens, für das zwei Grundannahmen gelten: dass es in wirtschaftlichen Fragen rational handelt. Und egoistisch. Als Homo oeconomicus eben.

„Dass wir nicht immer rational handeln und auch nicht immer egoistisch, sieht eigentlich jeder“, sagt Martin Kocher. Doch verschiedene Menschen sind auf verschiedene Weise irrational. Und sie sind auch in unterschiedlicher Weise bereit, für den Vorteil einer Gruppe auf eigene Vorteile zu verzichten. Hier sieht Kocher eine ganze Reihe zentraler Forschungsfragen: Lassen sich die unterschiedlichen Verhaltensweisen in Modelle und Typen fassen? Lässt sich Verhalten vorhersagen? Hängt das Verhalten der Menschen mit ihrer Biografie zusammen, ihrer Ausbildung, ihrem Geschlecht, ihrem Alter, vielleicht sogar mit ihrem genetischen Code? Je mehr Antworten Verhaltensökonomien wie Kocher auf solche Fragen sammeln, desto näher kommen sie dem Ziel, das sich der LMU-Wissenschaftler setzt: „die Reaktionen der Menschen auf Veränderungen in ihrem wirtschaftlichen Umfeld einigermaßen treffsicher vorhersagen zu können“. Kocher will Modelle entwerfen können, vor allem aber ist er Empiriker. Er muss von seinem Büro nur wenige Schritte gehen, um ein Labor zu betreten, in dem er und sein Team Daten gewinnen. „Melessa“ heißt die interdisziplinäre Einrichtung, an der eine ganze Reihe von Forschergruppen aus den

Sozial- und Wirtschaftswissenschaften beteiligt sind. Der Raum ist etwa so groß wie ein Klassenzimmer, schulterhohe Holzwände trennen zwei Dutzend halb offene Kabinen voneinander ab. Auf den Arbeitsflächen in jeder Kabine steht jeweils ein Bildschirm, an dem die Versuchsteilnehmer mit Maus und Tastatur ökonomische Entscheidungen treffen müssen. Mit sogenannten Diktatorspielen zum Beispiel haben Verhaltensökonomien schon seit Jahren immer wieder eine Erkenntnis vertieft, die auf den ersten Blick trivial erscheint – die aber zum Standardmodell des Homo oeconomicus nicht recht passt: Menschen verhalten sich in identischen Situationen unterschiedlich. Bei der einfachsten Version der Diktatorspiele erhalten Probanden eine bestimmte Summe Geld. Sie sollen nun einem anderen Probanden etwas davon abgeben. Es zeigt sich: Ein Teil der Teilnehmer gibt die Hälfte

## Die Lehren aus dem Diktatorspiel

ab, manche deutlich weniger, einige auch gar nichts. Nie kommt es vor, dass sich alle Teilnehmer einer Studie gleich verhalten. Diese simple Form des Diktatorspiels lässt sich auf vielerlei Weise variieren und verfeinern. „Besonders interessant wird es, was die Leute machen, wenn egoistisches Verhalten zwar einem einzelnen Individuum Vorteile bringt – aber der Gruppe insgesamt schadet“, erklärt Kocher. Eine Versuchsanordnung, um dieser Frage nachzugehen, sieht so aus: In einer Gruppe von vier Personen erhält jeder Einzelne ein Startkapital von 20 Geldeinheiten. Die Spieler erhalten die Anweisung, ihr Kapital ganz, teilweise oder auch gar nicht in einen gemeinsamen Topf zu geben. Der Inhalt dieses Topfes wird

vom Spielleiter verdoppelt und auf alle verteilt, egal ob sie etwas beigetragen haben.

Wenn alle vier Spieler ihr gesamtes Kapital investieren und insgesamt 80 Einheiten in den Topf geben, wird der Einsatz also auf 160 erhöht – und jeder Teilnehmer erhält 40 Geldeinheiten. Gibt ein Proband aber nichts hinein, die anderen drei hingegen zahlen ihr ganzes Kapital ein, ergibt sich folgende Konstellation: Im Topf sind 60 Einheiten, die auf 120 verdoppelt werden. Jeder Spieler erhält ein Viertel, also 30 Geldeinheiten. Für den „Schwarzfahrer“, der nichts beigetragen hat, heißt das: Er behält sein Kapital von 20 Einheiten, bekommt 30 dazu, macht in der Summe 50. Er steht unter allen Teilnehmern also mit Abstand am besten da. Denn die anderen drei haben zwar auch ihren Einsatz steigern können, sie müssen sich aber mit 30 Geldeinheiten begnügen. Gleichzeitig hat der „Schwarzfahrer“ der Gruppe wirtschaftlichen Schaden zugefügt. Denn statt 80 Einheiten sind nur 60 zusätzlich in den Topf gekommen. Die Möglichkeiten, sozusagen den Wohlstand der Gruppe zu mehren, sind nicht optimal ausgeschöpft. Verhielten sich alle wie der Schwarzfahrer, legte der Spielleiter nichts drauf. Allen würde die Chance auf einen Zusatzverdienst entgehen.

Kocher hat solche Konstellationen mit Teilnehmern aus verschiedenen Altersstufen untersucht, auch mit Kindern. Das Ergebnis war eindeutig: Mit zunehmendem Alter waren die Probanden immer stärker bereit, mehr an den Vorteil der Gruppe zu denken und weniger nur an den eigenen. Kocher meint dazu: „Provokant formuliert könnte man Gier oder Egoismus als Entwicklungsstörung bezeichnen.“

Kocher weiß, dass Forscher sich mit solchen Experimenten dem Vorwurf aussetzen, alles, was positiv ist, auf Monetäres zu reduzieren. Er stellt klar: „Geld ist nur eine Metapher für alles, was Anreize betrifft.“ Und er hat auch einen praktischen Grund für sein Vorgehen. Experimente zu entwerfen, bei denen sich im Labor klare Daten erheben lassen, sei bei anderen Formen von Belohnung schwierig.



„Die meisten Menschen scheuen das Risiko“, sagt Martin Kocher. Wie agieren Spielernaturen?  
Foto: Robert Blombäck/Scanpix/Bildhuset

Höhere Anerkennung durch eine Gruppe etwa für Menschen, die sich prosozial verhalten, lasse sich nicht sauber messen. Vielmehr legt Kocher bei seinem Studiendesign Wert darauf, dass die Teilnehmer keinerlei Beziehung zueinander haben. Es soll nicht vorkommen, dass der Proband A, der aus einem wohlhabenderen Umfeld kommt, der weniger begüterten Probandin B, die er sympathisch findet, besonders viel abgibt. A soll am Bildschirm einfach nur dem Buchstaben B gegenüberstehen – ohne irgendetwas über die Person dahinter zu wissen.

Dennoch lasse sich aus den Laborergebnissen auch vieles fürs wirkliche Leben ableiten, betont Kocher. So machen quer durch alle Wirtschaftszweige Berufstätige immer wieder die gleiche Erfahrung: Zu den unangenehmen Eigenheiten der Teamarbeit gehört es, dass manche Teammitglieder weniger beitragen, von den Ergebnissen aber ebenso profitieren wie alle anderen. Ganz so wie der „Schwarzfahrer“ im Laborexperiment, der von seinen 20 Euro nichts abgibt und mit 50 Euro nach Hause geht, während die uneigennützigsten Teilnehmer sich mit 30 Euro begnügen müssen. Im Labor lässt sich untersuchen, auf welche Weise die „Schwarzfahrer“ zu mehr Teamgeist angehalten werden können. Die Grunderkenntnis aus solchen Experimenten: Regeln und Strafen, die von außen übergestülpt werden, nutzen am wenigsten. Besser sind Sanktionen, die die Gruppe selbst entwickelt. Und noch effizienter ist oftmals ein System von Belohnungen für erwünschtes Verhalten – das aber ebenfalls die Gruppe selbst erarbeitet.

Diese Grundaussagen lassen sich mit Studien belegen, bei denen die Teilnehmer ihr Geld nicht nur einsetzen, um selbst Vorteile zu haben. In den entsprechenden Versuchsanordnungen können Probanden auch Geld einzahlen, damit andere Teilnehmer, die sich antisozial verhalten, finanziell bestraft werden. Hier pegelt sich oftmals ein Verhalten ein, das dafür sorgt, dass sich auch „Schwarzfahrer“ einigermmaßen so verhalten, dass für die Gruppe ein größerer Nutzen entsteht.



Dass ein Strafsystem, das unüberlegt eingeführt wird, auch das Gegenteil der erwünschten Wirkung haben kann, zeigt das Beispiel eines israelischen Kindergartens, dessen wissenschaftliche Aufarbeitung zu einem Klassiker der Verhaltensökonomie geworden ist. Die Leitung der Kita stand vor einem Problem: Viele Eltern holten ihre Kinder regelmäßig zu spät ab. Die Leitung hat deshalb Strafzahlungen eingeführt. Im Ergebnis wurde die Pünktlichkeit der Abholer noch schlechter. Kocher hat dafür eine Erklärung: „Die Kindergartenleitung hat nicht zuerst gefragt, warum die Eltern zu spät kommen. Hätte sie das getan, wäre ihr klar geworden: Die Eltern hatten durchaus eine intrinsische Motivation, pünktlich zu sein; sie haben es einfach nicht geschafft. Als nun sozusagen blind eine Strafe eingeführt wurde, hatten sie nicht einmal mehr ein schlechtes Gewissen. Jetzt zahle ich ja dafür, dachten sie, ich muss mich nicht mehr beeilen. Man muss sich also bei allen Anreizsetzungen Gedanken machen, welche – auch unerwünschten – Effekte diese Anreize haben könnten.“

Falsche Anreize waren in den Augen vieler auch der Auslöser der weltweiten Finanzkrise, die ab 2008 eskaliert ist. Kocher warnt aber davor, Bonussysteme etwa in der Bankbranche per se zu verdammen. „Die meisten Menschen scheuen Gefahr, sie sind risikoaavers“, erklärt er. Ökonomischer Erfolg lasse sich aber oft nur erzielen, wenn man Risiken eingeht. „Die Bonusverträge waren zum Teil nicht optimal konstruiert, aber sie waren nicht das Grundproblem.“ Das sieht er woanders: „Die Banker handelten in der Gewissheit: Es gibt eine systemische Absicherung, wenn alle gegen die Wand fahren.“ Viele Manager hätten ein Risiko aufgenommen, von dem sie wussten, dass es zu hoch war. Aber sie wussten auch, dass alle anderen ebenfalls ein zu hohes Risiko eingegangen waren. Und gemeinsam war den Bankern klar, dass nicht alle Finanzinstitute in den Konkurs gehen konnten. „Das zu korrigieren ist schwierig“, sagt Kocher, „denn das würde heißen, es darf keine systemrelevanten Ban-

ken geben; doch die gibt es nun mal.“ Eine zentrale Aufgabe sei es daher, die Bankbranche so zu regulieren, dass keine Domino-Effekte mehr auftreten können, wie sie ab 2008 gewütet haben: „Das Verständnis der starken Verwobenheit des Banken- und des Versicherungssystems hat gefehlt.“

## Vorkehrungen treffen gegen Domino-Effekte

Interessieren sich die Verhaltensökonomien also nicht mehr für Forschungen, die sich als Zeitungsschlagzeile dann so lesen: „Geld wirkt im Hirn genauso wie Sex oder Kokain“? Kocher lächelt bei dieser Frage, denn er kennt natürlich entsprechende Forschungen der Neuroökonomie, bei denen das Gehirn der Probanden in funktionalen Magnetresonanztomografen durchleuchtet wird, während sie in Spielsituationen finanzielle Belohnungen erhalten. Er selbst forscht derzeit selbst mit einem Studiendesign, das in Richtung Neuroökonomie geht. Kocher und sein Team untersuchen, wie sich das Verhalten von Testpersonen in einer Gruppe verändert, wenn sie ein Nasenspray mit dem Wirkstoff Oxytocin erhalten haben – der auch als „Kuschelhormon“ bekannt ist. Die ersten Ergebnisse hätten ihn ziemlich überrascht, sagt Kocher. Denn entgegen seiner

Vermutung hat das Oxytocin die Probanden keineswegs zu aktiveren Team-Playern gemacht. Ein Grund könnte sein, dass das Team sich wirtschaftliche Vorteile erarbeiten sollte und dass die den Probanden unter dem Einfluss des Hormons weniger wichtig gewesen seien, meint Kocher. Doch diese Erklärung sei momentan noch Spekulation und müsse näher untersucht werden.

Neben Ausflügen von der Verhaltens- in die Neuroökonomie interessiert sich Kocher für ein Feld, für das ihm keine gute deutsche Übersetzung einfällt: „Behavioral Education Economics“. Er und sein Team haben etwa in Studien belegt, dass Kinder, die es schwer ertragen, auf eine Belohnung zu warten, später als Jugendliche mit größerer Wahrscheinlichkeit zu trinken oder zu rauchen beginnen. „Die spannende Frage: Wie kann es gelingen, in der Entwicklung von Kindern etwas so zu gestalten, dass deren Geduld fördert – mit der begründeten Erwartung, dass sie dann als Jugendliche seltener zu Zigaretten oder Alkohol greifen?“

Es geht Kocher also nicht nur darum, irrationales Verhalten besser vorherzusagen zu können. Sondern auch darum, herauszufinden, was sich tun lässt, damit Menschen weniger irrational handeln. Am Anfang müsse aber immer die Frage stehen, wie das irrationale Verhalten im Einzelnen aussieht. Als er einem Taxifahrer in den USA erklärte, woran er arbeitet, sagte der: „You’re studying the madness of people!“ Kocher findet: „Das stimmt zu einem gewissen Grade.“ Er seziert den wirtschaftlichen Irrsinn. Aber mit dem Ziel, diesen Irrsinn etwas einzudämmen. ■



**Prof. Dr. Martin Kocher**

ist Inhaber des Lehrstuhls für Verhaltensökonomie und Experimentelle Wirtschaftsforschung an der Volkswirtschaftlichen Fakultät der LMU. Kocher, Jahrgang 1973, promovierte an der Universität Innsbruck, wo er sich 2007 auch habilitierte. Er ist unter anderem Sprecher des Vorstands des Munich Experimental Laboratory for Economic and Social Sciences (MELESSA). Derzeit ist Kocher Senior Researcher in Residence am Center for Advanced Studies (CAS) der LMU.

# Der menschliche Faktor

„Hart gegen die Person“ sind deutsche Chefs, sagt Felix Brodbeck. Was aber brauchen Mitarbeiter wirklich, um gut arbeiten zu können? Der Wirtschaftspsychologe misst die Effekte guter wie schlechter Führung.

Von Nicola Holzapfel

„Humanorientierung“ – kein schöner, aber ein selbsterklärender Begriff: Deutsche Chefs jedenfalls landen in dieser Disziplin auf den hinteren Rängen. Foto: Bally/Keystone Schweiz/laif

Deutsche Führungskräfte haben das Glück, dass ein Fehler manchmal auch eine Stärke bedeuten kann. Sie zeigen, das ist ihr Fehler, keine Wertschätzung im unmittelbaren Dialog mit ihren Mitarbeitern, behandeln sie weder sehr respektvoll noch besonders höflich, loben wenig. Ihnen fehlt die Humanorientierung, heißt das in der Sprache der Wirtschaftspsychologen. Dafür sind sie aber stark aufgabenorientiert. Das ist die Kehrseite, ihre Stärke. Sie hilft ihnen dabei, ihre Ziele zu erreichen und Probleme anzupacken. „Der Erfolg stimmt. Die deutsche Wirtschaft steht gut da“, sagt Felix Brodbeck, Professor für Organisations- und Wirtschaftspsychologie an der LMU. Doch der Fehler ist damit nicht aus der Welt: Brodbeck hat das Wesen der deutschen Bosse in der weltweiten Globe-Studie analysiert, mit einem internationalen Wissenschaftlerteam die Führungskulturen in 61 Ländern verglichen. Bei der Humanorientierung landeten die deutschen Chefs ganz weit hinten auf dem drittletzten Platz der Rangliste.

„Tough on the person“, hart gegen die Person, seien die deutschen Führungskräfte, sagt Brodbeck. Dass sie sich dieses Verhalten leisten können, liege am Kontext: „Deutsche Manager arbeiten in einem Wirtschaftssystem, das sehr humanorientiert ist. Die Humanorientierung ist bei uns durch das Betriebsverfassungsgesetz verankert. Die Mitbestimmung durch Betriebsräte und die Gewerkschaften sorgt dafür, dass die Interessen der Mitarbeiter großes Gewicht haben.“

Die Globe-Studie zeigte, dass die Deutschen auch wenig Rücksicht von ihren Vorgesetzten erwarten. „Es herrscht ein rauer Ton in den Firmen hierzulande“, sagt Brodbeck, das sei die typische „german straightforwardness“, die deutsche Direktheit. „Doch die Mitarbeiter sind sehr selbstbewusst. Sie sagen, wenn sie etwas nicht richtig finden. Das ist in Bezug auf die Sache sehr viel wert. Es ist gut, wenn man um die beste Erledi-

gung der Aufgaben streitet. Und das halten deutsche Mitarbeiter genauso aus wie deutsche Führungskräfte.“

Doch seit einigen Jahren stellen neue Entwicklungen diese harte deutsche Führungskultur auf eine ernste Probe. „Die psychische Beanspruchung ist in den vergangenen Jahren sehr stark gestiegen, vor allem im nicht-industriellen Sektor“, stellt Brodbeck fest. Und mit dieser steigenden Belastung nehmen in der Tat auch die psychischen Erkrankungen zu, sie sind immer häufiger der Grund, warum Mitarbeiter nicht arbei-

## »In den Firmen herrscht ein rauer Ton«

ten können. Die Bundestherapeutenkammer hat für das Jahr 2012 Angaben der großen gesetzlichen Krankenkassen sowie Daten der Rentenversicherung ausgewertet, demnach gingen knapp zwölf Prozent der Fehltag auf psychische Erkrankungen zurück, auch bei 42 Prozent der Frühverrentungen waren psychische Erkrankungen die Ursache.

Das auf die harte Hand der Chefs zu schieben, greift Brodbeck zufolge jedoch zu kurz. Viele Faktoren seien die Ursache für den Stress am Arbeitsplatz: „Die Anforderungen an die Leistung sind enorm gestiegen. Im Zuge der Globalisierung sind nicht nur viele Unternehmen international tätig, sondern müssen sich mit einer Konkurrenz in einem globalen Markt messen. Bei dem weltweiten Wettrennen müssen alle mithalten mit der hohen Geschwindigkeit, die im nordamerikanischen Markt immer herrschte. Die internationale Ausrichtung an den Besten sorgt für diesen enormen Stress“, sagt Brodbeck. Dazu kommt die Entgrenzung von Arbeit durch die moder-

nen Kommunikationsmedien. Per E-Mail und Handy ist jeder jederzeit erreichbar, auch weit über den Feierabend hinaus und selbst am Wochenende. „Vielen gelingt es nicht mehr, von der Arbeit loszulassen und freie Zeit zu erleben“, sagt Brodbeck.

Auf einmal erscheint der deutsche Führungsstil, der die Aufgabe über die Bedürfnisse der Mitarbeiter stellt, nicht mehr zeitgemäß. „Gesundheitsförderliche Führung ist das Zukunftsthema. Die Gesundheit der Mitarbeiter ist eine entscheidende Voraussetzung für ihre Leistung. Das wurde lange vernachlässigt“, kritisiert Brodbeck. Ein Umschwung wird jedoch umso dringender, als die Humanorientierung der Arbeit in Deutschland schwindet. In der industriellen Fertigung, die traditionell stark gewerkschaftlich organisiert ist, arbeitet beispielsweise nur noch knapp ein Viertel aller Beschäftigten. Der Dienstleistungssektor boomt und mit ihm die Zahl der Jobs, die nicht von den Gewerkschaften überwacht werden. „Dort sind die Arbeitsbedingungen vergleichsweise härter und die Leistungsanforderungen sehr hoch. In Beschäftigungsverhältnissen, bei denen der gewerkschaftlich ausgestaltete Mitbestimmungskontext fehlt, spielen Führungskräfte eine umso wichtigere Rolle bei der Mitarbeiterorientierung“, mahnt Brodbeck. „Sie haben eine besondere Verantwortung gegenüber ihren Mitarbeitern.“

Dass es vielen Unternehmen nicht gelingt, dieser Verantwortung gerecht zu werden, zeigt sich spätestens, sobald Mitarbeiter auf eigene Faust für ihre Rechte zu streiken beginnen. So wie beim Onlinehändler Amazon im vergangenen Jahr: „Gnadenlos.com“, „17 Kilometer zu Fuß durchs Versandzentrum“, „Als Roboter im Internetkaufhaus“ lauteten die Schlagzeilen, als die Arbeitsbedingungen in den Versandzentren bekannt wurden, die die deutsche Öffentlichkeit als unmenschlich empfand. „Für ein Unternehmen ist es die Quadratur des Kreises, zugleich kundenorientiert zu sein und auf die Work-Life-Balance der Mitarbeiter zu



amazon.de®

**STREIK**

Arbeitskampf bei Amazon: Beschäftigte  
am Standort Leipzig, Ende Mai 2013.  
Foto: Hendrik Schmidt/dpa

achten. Das ist in der Praxis schwierig“, räumt Brodbeck ein. Und es ist eine kaum erfüllbare Aufgabe für die Führungskräfte, diese Balance zu halten. „Die Führungskraft muss also plötzlich auch Betriebsrat, -arzt und -psychologe sein. Die Frage ist: Sind unsere Führungskräfte heute dafür gut ausgebildet? Und wie kann man sie dabei unterstützen?“

Oftmals sind es die Führungskräfte selbst, die in die Burnout-Falle tappen. Sie stecken in der Klemme, in einer Art Sandwichposition: Sie müssen sowohl die Anforderungen von oben an Effizienz, Kostenersparnis und Schnelligkeit erfüllen und sollen zugleich aber auch die Mitarbeiter verantwortungsbewusst führen. „Eine überarbeitete Führungskraft kann auf andere keine Rücksicht mehr nehmen, sie ist für die Belange der Mitarbeiter nicht mehr aufmerksam. Das ist dann ein sich selbst verstärkender Prozess“, sagt Brodbeck. Das ganze Team übernimmt sich, mit absehbaren Folgen: „Selbstverausgabung führt dazu, dass Menschen langfristig krank werden.“ Es geht los mit dem Gefühl, gestresst zu sein, es folgen Kopf- oder Rückenschmerzen, Schlafprobleme.

## Führungskräfte in der Sandwichposition

Ändert sich nichts am Arbeitsdruck, wird der Mitarbeiter früher oder später krank. „Die Frage ist doch: Wie erreiche ich“, sagt Brodbeck, „dass Mitarbeiter und Führungskräfte ‚Topleistung‘ bringen, aber auch ‚topgesund‘ sind?“

Um eine Antwort darauf geben zu können, wurden unter Brodbecks Leitung 150 Metaanalysen ausgewertet, die einen Überblick über alle Studien geben, die in den vergangenen Jahren den Zusammenhang zwi-

schen der Leistung von Beschäftigten und anderen Komponenten im Unternehmen untersucht haben. Im Rahmen seiner Doktorarbeit hat Stefan Mauersberger an Felix Brodbecks Lehrstuhl auf diese Weise rund 7500 Einzelstudien, die in mehr als 10.000 Unternehmen weltweit erhoben wurden, erfasst, sie in einer Datenbank zusammengestellt und in Linkage-Analysen Korrelationen berechnet, also die Leistung der Mitarbeiter in Beziehung zu anderen Faktoren gesetzt.

„Mitarbeiter sind effektiv, wenn sie sich gesund fühlen und eine hohe Arbeitszufriedenheit zeigen sowie ein hohes Engagement und eine ausgeprägte Loyalität gegenüber ihrer Firma“, sagt Brodbeck. „Wir haben dann rückwärts geforscht, um zu untersuchen: Woran liegt es denn, wie Mitarbeiter sich fühlen?“

Den stärksten Zusammenhang errechneten die Wissenschaftler zwischen der Mitarbeiter-Effektivität und dem Verhalten ihrer Vorgesetzten. „Die direkte Führung der Mitarbeiter hat einen großen Einfluss auf ihre Leistung. Doch in der Regel beherrschen die Vorgesetzten das Einmaleins guter Führung“, sagt Brodbeck. Viele Erkenntnisse aus der Psychologie sind in dieses Einmaleins geflossen. Mitarbeiter müssen die Erwartungen an sie kennen, klare und herausfordernde Zielvorgaben haben. Die Ziele müssen „smart“ sein – die Abkürzung steht für spezifisch, messbar, akzeptiert, realistisch, terminiert. Arbeitnehmer brauchen ein klares Feedback, mit dem sie etwas anfangen können, und müssen ihre Leistung belohnt sehen. Dazu gehören das Lob ebenso wie eine faire Entlohnung und Aufstiegsmöglichkeiten. Für dieses Einmaleins guter Führung ist nicht allein der direkte Vorgesetzte zuständig. „Die Führungskräfte stehen zwischen der Organisation und den Beschäftigten, sie sind für die Mitarbeiter das Gesicht des Unternehmens“, sagt Brodbeck. „Aber sie müssen auch die nötige Unterstützung durch ihren Arbeitgeber erfahren.“

Führungskräfte sind darauf angewiesen, dass der Arbeitgeber auch die Instrumente bereitstellt, mit denen sie zum Beispiel auf die Work-Life-Balance ihrer Mitarbeiter achten können: flexible Arbeitszeiten etwa oder Sabbaticals. Dasselbe gilt für die Belohnung:

## Wenn die Fehlerraten steigen

Ist das Gehaltssystem transparent und wird es als fair empfunden? Gibt es Aufstiegs- und Entwicklungsmöglichkeiten?

Gemeinsam mit seinem Team hat Brodbeck die Leistung der Mitarbeiter auch mit objektiven Kennzahlen, etwa zur Produktivität des Unternehmens und zu Fehlerraten, verknüpft. Das Ergebnis: Unzufriedene und gestresste Mitarbeiter können ihren Arbeitgeber teuer zu stehen kommen, und das nicht nur, weil sie wegen Krankheit ausfallen. „Wenn es Mitarbeitern schlecht geht, gehen über kurz oder lang die Fehlerraten im Unternehmen hoch“, sagt LMU-Forscher Brodbeck.

Aus all ihren Ergebnissen haben die Wissenschaftler ein Modell abgeleitet, das den Zusammenhang veranschaulicht zwischen der Leistung des einzelnen Mitarbeiters und der Führung durch den direkten Vorgesetzten, allerdings auch zwischen der Personalentwicklung im Unternehmen, den Strategien und Zielen der gesamten Organisation und der Kommunikation im Unternehmen. „Viele achten nur auf die direkte Führung“, sagt Brodbeck, „aber in einer Organisation spielen die Führungskaskaden vom Topmanagement bis hinunter zu den unteren Leitungsebenen eine große Rolle und auch die Systeme im Unternehmen, die die Arbeitsbedingungen regeln, die Kommunikation und die Veränderungsprozesse steuern.“

Das Modell wurde inzwischen vielfach in der Praxis bei Mitarbeiterbefragungen eingesetzt. „Die Idee hinter der Metaanalysen-Auswertung war, etwas Wertvolles für die Praxis zu schaffen. Es war wichtig für uns, unsere wissenschaftlichen Ergebnisse anwendbar zu machen“, sagt Brodbeck. So finden die Wissenschaftler nun durch Befragungen von Mitarbeitern und Führungskräften heraus, ob und, wenn ja, wo es im Unternehmen klemmt. „Die Einschätzungen, die Mitarbeiter und Führungskräfte uns geben, sind in der Regel zutreffend“, sagt Brodbeck. Über Fragebogen und Interviews wird zum Beispiel gefragt, wie die Mitarbeiter ihre Arbeit und ihr eigenes Engagement sowie das ihrer Kollegen erleben. Die Befragten haben die Möglichkeit, auf Skalen beispielsweise von eins bis zehn abgestuft zu antworten. „Mithilfe multidimensionaler Skalierung“, sagt Brodbeck, „können wir durch eine Mitarbeiterbefragung eine Organisation erleben und herausfinden, woher zum Beispiel Stress und Burnout kommen.“

Durch die „befragungsunterstützte Organisationsentwicklung“ lässt sich nun sogar die innere Wandlungsfähigkeit eines Unternehmens messen, die „strategische Fitness“, wie Felix Brodbeck es nennt. „Organisationen müssen sich in verändernden Umwelten behaupten“, sagt der Wirtschaftspsychologe. Sie müssen auf neue technische Entwicklungen oder Gesetze ebenso reagieren können wie auf die Globalisierung und auf Wirtschaftskrisen. Wie ein Unternehmen seine Mitarbeiter über Veränderung, veränderte Strategien und Ziele informiert, bezeichnet Brodbeck als „transformativ Führung“. „Bei der transformativen Führung spielen Führungskräfte vom Top-Management bis zur unteren Leitungsebene eine entscheidende Rolle.“ Deswegen untersucht Felix Brodbeck auch, wie gut ein Unternehmen seine Mitarbeiter bei Veränderungsprozessen mitnimmt. Wie gut kommuniziert es intern? Und wie gut schafft es die Organisation, ihren Führungskräften

und ihren Mitarbeitern eine Orientierung zu geben?

Ändern Unternehmen ihre Ziele oder Strategien, ohne dies ausreichend nach Innen zu kommunizieren, verlieren sie die Unterstützung ihrer Mitarbeiter. „Häufig hapert es beim Veränderungsmanagement“, sagt Brodbeck. Wie seine Auswertungen zeigen, hängt die transformative Führung sehr stark damit zusammen, wie es Mitarbeitern geht. „Es ist ein elementarer Bestandteil guter

## Stress und Burnout – woher sie kommen

Führung, dass Mitarbeiter das Gefühl haben, vertrauen zu können“, sagt Brodbeck. Bei der Globe-Studie wurden 112 Führungsmerkmale abgefragt, doch in einem herrscht weltweit Einigkeit: „In allen Kulturen sind Vertrauenswürdigkeit, Ehrlichkeit und Integrität die höchstbewerteten Merkmale guter Führung“, sagt Brodbeck.

Wie viel Schaden mangelnde Integrität anrichten kann, zeigen die großen Managementkandale der vergangenen Jahre. „Wenn die persönliche Integrität hoher Führungskräfte einmal infrage steht, strahlt das auf das Unternehmen und die gesamte Branche aus. Auch wenn uns manche Wirtschaftsbosse dieser Welt weismachen wol-

len, es gehe nur um Profit – das Entscheidende ist, dass man Vertrauen schöpfen kann. Von der Geburt an leben wir in Kontexten des Führens und Geführtwerdens, angefangen bei der ersten Mutter-Kind-Interaktion“, sagt Brodbeck. Auch in Betrieben gebe es diese Zweiseitigkeit. „Das sich Aufeinander-verlassen-können basiert auf dem Prinzip der Integrität, der Wahrhaftigkeit und Lauterkeit. Es geht nicht ohne.“

Eine der künftigen Herausforderungen, die viele Unternehmen bereits umtreibt, ist die demografische Entwicklung in Deutschland. Die Regeln des Marktes spielen künftig den Arbeitnehmern zu: In der alternden Gesellschaft nimmt der Pool an möglichen Mitarbeitern ab. Vom „War for talents“ ist bereits die Rede. „Unternehmen nehmen diesen Kampf um Talente sehr stark wahr. Sie interessieren sich dafür, wie sie Mitarbeiter an ihr Unternehmen binden können.“ Umso wichtiger, sagt Brodbeck, sind die Ergebnisse zur Mitarbeiterzufriedenheit: „Denn wenn schlecht geführt wird, laufen die Mitarbeiter davon. Um sie zu behalten, müssen Unternehmen ihnen Orientierung geben, sie in Veränderungen einbinden, ihnen Möglichkeiten geben, sich zu entwickeln, und für gute und gesunde Arbeitsbedingungen sorgen.“ Die Zeichen der Zeit stehen also auf eine Änderung des deutschen Führungsstils. Führungskräfte sollten mehr Rücksicht auf die Mitarbeiter, deren Bedürfnisse und Motivation nehmen. Brodbeck sagt, sie sollten zwar „tough on the issue“ sein, hart in der Sache also, aber „soft on the person“.



**Prof. Dr. Felix Brodbeck**

ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschafts- und Organisationspsychologie an der LMU. Brodbeck, Jahrgang 1960, habilitierte sich an der LMU, war Chair an der Aston Business School, Aston University, in Großbritannien und gehörte der Steuerungsgruppe des Forschungsverbundes GLOBE (Global Leadership and Organisational Behavior Effectiveness) an. Brodbeck ist Wissenschaftlicher Berater der Logit Management Consulting; die im Text erwähnte Metaanalyse ist in Kooperation mit dem Unternehmen entstanden.



„Das Stück würde wahrscheinlich heute vor einem ZDF-Redakteur nicht durchgehen“: *Hamlet*, hier mit Lars Eidinger in der Titelrolle. Foto: Evie Fylaktou/epa ANA



# „Who's there?“

Was sehen wir heute in Shakespeares Stücken? Vor 450 Jahren wurde der Dramatiker geboren, doch seine Texte sind – immer wieder anders – aktuell. Die Anglisten Tobias Döring und Andreas Höfele erklären ein Ausnahmephänomen.

Interview: Maximilian Burkhart



London im 16. Jahrhundert, Shakespeare-Zeit: In Theatern sehr ähnlich dem Globe Theatre, einem Bretterrund ohne Kulissen im Süden Londons, werden zur Belustigung Hunde auf Bären gehetzt. Ist das der Ursprung des modernen Dramas, die voyeuristische Lust an der rohen Gewalt?

**Höfele:** Es ist sicherlich ein Ursprung des modernen Dramas. Das frühneuzeitliche Drama muss ebenso aufregend sein wie die benachbarten Spektakel der Bärenhatz, aber es ist nicht Ursprung im archäologischen Sinn, obwohl es große Bauähnlichkeiten zwischen den Hatzarenen und den Theatern gibt und manche Theater zur gleichen Zeit an anderen Tagen auch für diese Bärenhatzspektakel benutzt wurden.

Dennoch sind manche Stücke Shakespeares, wie zum Beispiel *Titus Andronicus* von einer Blutrünstigkeit, die man in dieser Form vielleicht noch bei Kleist findet. Titus verarbeitet die beiden Söhne von Tamora zu Pastete und tischt sie ihr auf. Ist der Kern des Theaters nicht auch wesentlich Gewalt und Gewaltdarstellung?

**Döring:** Das ist aber nicht Shakespeares Erfindung. Sie spielen darauf an, dass die Spektakularität dieser Stücke offensichtlich stärker ist, als unser bürgerliches Theaterpublikum heute im Abonnement das wahrnehmen möchte.

**Höfele:** Ganz sicher bei Shakespeare – aber auch bis heute im Film. Sex und Gewalt sind offensichtlich das Interessanteste. Aber es geht eben nicht nur um den Voyeurismus der Gewalt, sondern auch um das, was dieses Theater gegen diese Gewalt mobilisiert. Die grausamste Szene Shakespeares ist die Blendung Gloucesters im *King Lear*: Auf offener Bühne werden einem alten gefesselten Mann beide Augen ausgedrückt mit dieser drastischer kaum vorstellbaren Formulierung „Out, vile jelly!“ („Raus damit, mit diesem Gelee!“). Der alte gequälte Mann identifiziert sich in dieser Situation mit dem Bären, der von den Hunden bedrängt wird. Da haben wir die Nach-

barschaft zum Spektakel der Bärenhatz. Aber in genau dieser Szene tritt eine Gegenkraft auf in Gestalt des Dieners des Folterers. Er ersticht seinen Herrn, was auch ihn selbst das Leben kostet. Wir haben hier die Komplizenschaft mit der Grausamkeit und dem Voyeurismus der Zuschauer wie auch die Mobilisierung der anti-gewaltsamen Gegenkraft. Der Nadir der Unmenschlichkeit ist zugleich der Moment, in dem Menschlichkeit ausgelöst wird.

**Döring:** Vielleicht täuscht die Fokussierung auf das Kanonische. Shakespeares Rivale und Vorläufer Christopher Marlowe ist nicht weniger grausig. Ein Theater, das sich mit diesen physischen Akten auseinandersetzt finden wir vielleicht heutzutage schockierend, aber Gewalt ist ein Gründungselement und sie hat dramatische Funktion. Außerdem sind Worte keineswegs weniger grausam. Richard III. vollbringt seine Grausamkeiten nicht öffentlich, da sieht man gar nichts, alles ist verbale Gewalt – kein bisschen harmloser.

Dennoch: Was für ein Menschenbild steckt da eigentlich dahinter? Ist das uns heute noch nahe, oder ist es ein sehr pessimistisches Menschenbild?

**Höfele:** Ja und nein. Bei Shakespeare ist vieles ja und nein. Das Interessante ist, dass Shakespeare in dieser Sache keine eindeutige Antwort gibt.

**Döring:** Das ist kennzeichnend für diesen Dramatiker.

**Höfele:** Er stellt Fragen und er stellt infrage. Das macht ihn auch heute nach wie vor interessant. Shakespeare ist, wie wahrscheinlich jeder große Künstler, ein absoluter Schwamm von Zeitströmungen und geistigen Impulsen. Nehmen Sie noch mal die Szene: Ist das ein pessimistisches Menschenbild oder nicht im Gegenteil ein ungeheuer optimistisches? Dieser Diener, der sich wehrt, ist die Essenz des Menschlichen. Und sehr oft – wir brauchen nur fünfzig Jahre zurückzugehen – ist *King Lear* geradezu als Apotheose eines kurz nach

dem Krieg hochwillkommenen christlichen Humanismus gesehen worden. Heute schütteln wir uns vor Lachen über diese Auffassung. Oder wir sehen Anknüpfungspunkte im *Tempest (Der Sturm)*, der uns als eine Vorspiegelung kolonialer beziehungsweise postkolonialer Situationen und Thematiken erscheint. Das wiederum wäre den Menschen kurz nach dem Krieg wahrscheinlich absurd vorgekommen. Ein Weltbild liegt bei Shakespeare nicht in abgeschlossener Form vor, sondern als ein nach wie vor aktuelles Bündel von Fragen.

**Döring:** Aussagen über Shakespeares Menschenbilder sind Selbstaussagen über die, die das konstatieren. An Shakespeare muss sich immer das aktuelle, auch jeweils wissenschaftlich-philosophisch fundierte Bild bewähren. Bestes Beispiel ist die Psychoanalyse. Ich glaube nicht, dass Freud sehr viel dazu beigetragen hat, Shakespeare neu zu deuten. Aber Shakespeare hat sehr viel dazu beigetragen, Freud kulturell zu autorisieren. Durch *Hamlet* verstehen wir Freud als Mitspieler des Weltbildes des 20. Jahrhunderts besser. Also, es funktioniert andersherum.

Eine Konstante in den Stücken Shakespeares ist die Frage nach dem Wesen von Macht und dem Funktionieren von Politik. Ist das die *conditio humana* der Moderne, die da aufscheint?

**Döring:** Für mich wäre die Quintessenz nicht unbedingt die Macht als solche. Ich betrachte die Königsdramen als Angebot zum Rollenspiel. Richard III. und die anderen Könige gewinnen ihre Macht dadurch, dass sie Spieloptionen nutzen. Eine in all ihrer dargestellten Perfidie grandiose Szene kommt gleich zu Anfang von *Richard III.*. Richard schafft es durch Verführung – oder Vergewaltigung – der Lady Anne, ihre Spielzüge so einzuengen, dass sie am Schluss in die Ehe mit ihm einwilligt. Und das obwohl er ihren Gatten wie ihren Schwiegervater umgebracht und sie an der Leiche gerade getrauert hat. Das macht diese Stücke so



Das Menschenbild? Da gibt Shakespeare keine eindeutige Antwort, sagen Tobias Döring (links) und Andreas Höfele. Fotos: ole/LMU

brisant: Sie fordern das Rollenspiel heraus, es sind metadramatische Stücke. Shakespeare ist da nicht der Einzige, aber er hat es in Brillanz und Virtuosität durchspielt.

**Höfele:** Dafür gibt es in der damaligen Zeit auch ein extrem geschärftes Bewusstsein, das eben nicht nur vom Theater ausgeht. Königin Elisabeth wie auch ihr Nachfolger Jakob haben geäußert: Wir Könige sind wie Schauspieler auf einer Bühne und müssen vor der ganzen Welt unsere Rolle spielen. Wir haben ja in dieser Zeit keinen Staat im modernen Sinn, die Monarchie funktioniert durch Schauspiele, durch Spektakel. In dieser Zeit ist das Theater in einem sehr direkten Sinn politisch. Es gibt diese berühmte Äußerung von Elisabeth I.: „Wisst ihr nicht, dass ich Richard II. bin?“ Die Essex-Verschwörer haben sich am Vorabend ihrer Verschwörung gegen Elisabeth das Stück *Richard II.* von Shakespeares Truppe vorführen lassen.

Die Geschichte des Schauspiels ist immer auch Technikgeschichte. Das Barocktheater bietet ganz großes Illusionskino mit der entsprechenden Mechanik. Shakespeare indes war sehr protestantisch: sola parola.

Er lässt ganze Schlachtfelder entstehen durch die Macht der Rhetorik. Ist das die eigentliche Kunst?

**Döring:** Für die früheren und mittleren Stücke ist das ganz klar das entscheidende Kriterium, die Wortkulisse oder die Welt schaffende Macht der Rede. Am offensichtlichsten oder selbstreflexivsten wird das im Chorus im *Heinrich V.* zum Ausdruck gebracht. Die späteren jakobäischen Stücke haben durchaus mehr Gepränge und Schaulusteffekte und sind stärker dem Geschmack eines neuen Hoftheaters angepasst – *Cymbeline* etwa oder *The Tempest*. Es wurde ja auch nicht alles nur fürs Globe geschrieben. Es gab auch Indoor Theatres wie das Blackfriars, wo mit ganz anderen Mitteln des theatralen Spiels gearbeitet wurde.

**Höfele:** Es ist auffallend, dass die Kulissenlosigkeit genauso im erzkatholischen Spanien des Siglo de Oro der Fall ist.

**Döring:** Es ist nicht alles protestantisch.

**Höfele:** Protestantisch nur mit dem Wort, katholisch auch mit den Bildern ist zwar eine schöne Analogie, aber ein bisschen fragwürdig. Wenn Elisabethaner ins Theater gingen, sagten sie „let’s go hear a play“

oder „let’s go and see a play“. Es war nicht so, als hätte man da nichts gesehen. Die Schauspieler waren ein Schauspiel, die trugen prachtvollste abgelegte Hofkostüme.

**Döring:** Und es war kein Deklamationstheater.

Kommen wir vom Wort-Illusions-Theater zu den opulenten Bilderwelten des Kinos. Welchen Bedeutungszuwachs gibt das Kino Shakespeare? Wo gelingt im Medienwechsel eine Ebene, Shakespeares zu zeigen, die vorher so gar nicht sichtbar war?

**Döring:** Die Worte bei Shakespeare entwerfen ja auch Bildwelten. Es ist eine Sprache, die einen Bilddiskurs immer mitlaufen lässt. Und das Kino bietet die Chance, diese Bildersprache zu übersetzen. Ich finde die Shakespeare-Filme von Kurosawa großartig, weil sie es schaffen, Sprachbilder auf die Kinoleinwand zu projizieren – die Wolkenbilder aus *King Lear* zum Beispiel in *Ran*. Das finde ich aufregend, da bietet das Kino einen Mehrwert.

**Höfele:** Baz Luhrmanns *Romeo & Julia* von 1995 fand ich wunderbar, weil es auch ironisch gebrochen war. Viele meiner Studenten verdanken dagegen dem *Hamlet*-Film



Die Sprache des Originals, Bilder der Gegenwart: Claire Danes als Julia ...

von Michael Almereyda (2000) mit Ethan Hawke einen großen *Hamlet*-Eindruck. Dieser todtraurige *Hamlet* hat im Grunde auf eine sehr vorsichtige Weise versucht, einzelne Elemente irgendwie doch wieder getreu umzusetzen – und genau das fand ich langweilig. Der gelungenste Shakespeare-Film für mich ist Peter Brooks *King Lear*, schwarz-weiß und ganz viele Close-ups – großartig.

**Döring:** Mein Lieblings-Shakespeare-Film ist auch schwarz-weiß, es ist Ernst Lubitschs *Sein oder Nichtsein*. Da ist so viel Shakespeare drin, und das ist so prägnant auf den Punkt gebracht. Ich finde, diese Aussage, „wäre Shakespeare in Hollywood gewesen, hätte er ...“ plausibel. Man muss das Drama um 1600 als ein neues Medium begreifen, so wie wir heute die digitalen Medien begreifen, so wie im frühen 20. Jahrhundert der Film ein neues Medium war. Und dann die frühen Shakespeare-Stummfilme: Shakespeare ohne Worte können wir uns nicht denken, aber trotzdem funktionieren diese Filme.

Shakespeares Sprache zeichnet sich auf der

einen Seite durch derbste Zoten aus – und durch dicht gedrängten, im Stakkato vorgetragenen Wortwitz. Liegt der Erfolg auch darin, dass Shakespeare jedem nach dem Mund redet?

**Döring:** Klar.

**Höfele:** „As you like it“ eben. „Wie es euch gefällt und „Was ihr wollt“ – das ist sicher oberstes Gebot für ein Theater, das eine frühe Form eines teilhaberschaftlich organisierten Unterhaltungsbetriebs war. Er gibt alle Schichten wider, er spricht ihre Sprache und will damit auch bei allen ankommen. Die Eintrittspreise waren so gestaffelt, dass wirklich von den Unteren bis zu den ganz Oberen jeder ins Theater konnte. Und für dieses Publikum musste natürlich was geboten sein.

Unser Shakespeare-Bild – zumindest in Deutschland – hängt auch stark mit Goethe zusammen. Haben wir ein sehr idealistisches Shakespeare-Bild?

**Döring:** Jede Generation hat das Shakes-

peare-Bild, das sie sich verdient hat. Kurz vor Goethes Rede zum Shakespearetag gab es in England das erste große Shakespeare-Jubiläum von David Garrick, dem regierenden Tragödiendarsteller der Zeit. Er hat Shakespeare als Gott verehrt, ihm einen Tempel gebaut und ihn damit dem Geniekult überantwortet. Davon zehren immer noch sehr viele, nicht zuletzt die Deutsche Shakespeare-Gesellschaft. Das hat heute einen geradezu antiquarischen Charme. Ich fand es eine interessante Aufgabe, ein Dichterjubiläum zu feiern in einer Zeit, in der wir es eigentlich eher peinlich bis rührend finden, so etwas als Geniekult fortzuführen. Wie macht man das denn?

Und: Wie macht man's?

**Döring:** Wir haben es selbstreflexiv gemacht und das Feiern von Shakespeare zum Gegenstand einer wissenschaftlichen Diskussion erhoben. Wir haben die Tradition fortgesetzt, indem wir sie kommentiert haben. Und wir haben natürlich auch ein wenig Geniekult betrieben. Indem wir ihn



... und Leonardo DiCaprio als Romeo in Baz Luhrmanns Adaption. Fotos: Cinetext Bildarchiv

aber kommentiert haben, haben wir eine spielerische Ebene mit hineingebracht, von der wir bei Shakespeare selber ja ausgegangen waren.

**Höfele:** Goethe hat natürlich einen sehr nachhaltigen Einfluss auf das deutsche Shakespeare-Bild gehabt: „Natur! Natur! Nichts so Natur wie Shakespeares Menschen!“ Da kommen zwei Kerndinge der Zeit zusammen: Shakespeare als die neue Entdeckung und Natur – im Gegensatz zu den Franzosen, die dann eben nur noch für „gekünstelt“ stehen. Ein Jahrhundert später wäre der Begriff nicht mehr „Natur“ gewesen, sondern „Leben“. Und auch unter dem Lebensbegriff, diesem hochpolitischen Begriff um 1900, ist Shakespeare natürlich erste Wahl. Man muss schon sagen, er ist immer wieder erste Wahl, weil Zeiten eben das jeweils sie Interessierende in Shakespeare finden können.

Eine der merkwürdigsten Blüten des Geniekults um Shakespeare ist die Diskussion um die Autorschaft. Über fünfzig Namen sind

auf dem Markt, von Marlowe über den Earl von Oxford bis hin zu Königin Elisabeth. Wer also war Shakespeare?

**Höfele:** „Die Werke Shakespeares wurden nicht von Shakespeare verfasst, sondern von einem Dichter gleichen Namens.“ Shaw hat das gesagt. Das sind Folgen des Geniekults. Diejenigen, die meinen, ein Hochadliger hätte unter dem Pseudonym Shakespeare geschrieben, gehen davon aus, dass ein so großes Werk nicht von einem mittelständisch uninteressanten Autor stammen konnte. Das geht von der falschen Prämisse aus, dass man nur über das schreiben kann, was man selber erlebt hat. Das plausibelste Gegenargument finde ich immer: Cui bono? Wer hat etwas davon? Es ist nie klar, warum die Autorschaft hätte verborgen werden müssen. Und es ist für mich völlig undenkbar, dass ein solches Staatsgeheimnis wirklich eines hätte bleiben können.

**Döring:** Es ist nicht ehrenrührig gewesen, fürs Theater zu schreiben. Und der Earl of Oxford war auch bekannt als Autor. Das sind alles völlig inkonsistente Verschwö-

rungeorien, und sie sind einfach nicht historisch gedacht. Nur haben sie längst ein Eigenleben gewonnen und sind mittlerweile so etwas wie ein Gesellschaftsspiel.

Jede Zeit findet ihren Shakespeare. Dennoch ist Shakespeare im Grunde sehr sperrig. Nehmen wir *Hamlet*, den Inbegriff eines Shakespeare-Stückes. Warum kennt eigentlich jeder den im Kern doch sehr rätselhaften Hamlet-Monolog?

**Döring:** Es heißt ja immer, Hamlet sei die Mona Lisa der Literatur, das stammt von T.S. Eliot. Ein komplett schiefer Vergleich, denn Mona Lisa spricht nicht, und Hamlet spricht ständig. 40 Prozent des Stückes sind sein Text. Doch je mehr er von sich sagt, desto enigmatischer kommt er uns vor. Er übernimmt ständig andere Rollen und fordert uns auf, selbst Rollen zu übernehmen. Und: Über was für einen Hamlet reden wir hier eigentlich? Das ist auch schon eine Konstruktion, häufig eine Herausgeberkonstruktion. Ganze Monologe fehlen in den verschiedenen Fassungen.

**Höfele:** Das Stück würde wahrscheinlich heute vor einem ZDF-Redakteur nicht durchgehen: Es fehlt eine klar durchmotivierte Handlung, es gibt viele Inkonsistenzen. Die bekannteste: Warum zögert Hamlet? Das wird nicht ausgelotet, und zwar genau, weil dieser Hamlet ja dauernd darüber redet. Irgendwann wüssten wir schon gern, warum. Das aber hat dieses Stück lebensfähig gehalten. Es ist ein Realitätseffekt, denn unser Leben hat auch keinen stimmigen Plot. Ich glaube, in dem Nichtverstehen im Sinne von „nie vollständig sicher sein“, haben wir auch einen großen Teil des Erfolgsgeheimnisses.

**Döring:** Für mich liegt der eigentliche Punkt beim *Hamlet* nicht in den großen Monologen, sondern in der Eingangsfrage: „Who's there?“ Peter Brook hat einen ganzen Theaterabend zu dieser Frage gemacht: „Qui est là? Who's there? Wer da?“ Das ist die Frage, die das Theater stellt. Das ist die Frage, die *Hamlet* stellt und die wir immer wieder erwidern, die Frage nach Selbstpositionierung und Selbstorientierung. Die Frage des Theaters „Who's there?“ wird mit der Gegenfrage beantwortet: „Nay, answer me.“ Nur im wechselseitigen Dialog dieser Fragen kann man das begreifen, das ist „Sein oder Nichtsein“. Es ist nicht das Philosophische, es ist dieses Positionierende in der Eingangsfrage. Wir kommen damit nicht ans Ende, denn diese Frage stellt sich immer wieder anders.

„Sein oder Nichtsein“ ... Um es etwas zuzuspitzen: Shakespeare psychologisiert nicht, er historisiert nicht. Seine Figuren sind den Elementen und Naturgewalten existenziell ausgesetzt wie König Lear in der Heide. Ist es das, dieses Überwältigende? Dieses Geworfensein?

**Höfele:** Ja, natürlich. Diese Konfrontation mit elementaren Situationen, mit Notsituationen, hat natürlich – Sie haben nicht umsonst die Heidegger-Vokabel genannt – den *König Lear* nach dem Zweiten Weltkrieg zum Stück unserer Zeit werden las-



„Ich bin dagegen, dieses Stück zu tabuisieren“, sagt Tobias Döring: Ulrich Matthes als der Jude Shylock, der auf einen unmenschlichen Handel besteht. Foto: Cinetext/OZ

sen. Das sind ja alles existenzialistische Formulierungen. Mehr Grenze und mehr Ausgesetztsein war nie. Und eine Mondlandschaft der Anarchie, in der am Schluss nur noch ein paar klapprige Gestalten dastehen, ist natürlich eine Situation, die im Schatten einer drohenden Atombombe naheliegt und für diese Zeit besonders gesprochen hat. Genauso wie dann *Othello* in gewisser Weise das Stück der gerade zurückliegenden Jahrtausendwende geworden ist.

Inwiefern?

**Höfele:** Insofern, als Kolonialismus und die darauf rekurrierende postkoloniale Kritik in der Gestalt des Mohren und im venezianischen Umfeld natürlich besondere Anknüpfungspunkte sieht.

Auch der *Kaufmann von Venedig*, eine Komödie über den Juden Shylock, verursacht im Licht der neueren Geschichte immer wieder Probleme, Stichwort: Antisemitismus. Jeder Zeit ihren *Kaufmann*?

**Döring:** Ich bin dagegen, dieses Stück zu tabuisieren. Es ist so viel in Auschwitz verbrannt, warum soll nicht auch ein Shakespeare-Stück dabei sein, schreibt Georg Hensel in seinem *Spielplan*-Buch. Das muss man ernst nehmen, aber es gibt ja auch Gegenbeispiele. George Tabori hat an den Münchner Kammerspielen 1978 eine Auseinandersetzung mit dieser Figur und diesem Erbe gewagt, die auf der Prämisse beruhte, dass eine Zensur oder Tabuisierung es umso mehr ermächtigt. Man kann den Post-Holocaust-Shylock nur dadurch bearbeiten, dass man ihn bearbeitet. Es steht außer Frage, dass die Komödie des Kaufmanns von Venedig, die sie ja 1596 war, heute selten zum Lachen reizt. Das war aber auch schon im 18. Jahrhundert so. Seither gibt es eine empathische Shylock-Rezeption, dass dem armen Mann übel mitgespielt wird. Ich glaube, man tut dieser Rolle keinen Gefallen, wenn man sie als reines Opfer sieht; das ist schon auch eine

Täterfigur, das macht sie auch so brisant. Im England der 1590er-Jahre herrschte eine sehr harte antisemitische Linie, eine regelrechte Pogromstimmung. Aber wieder gilt: Aus dem vorfindlichen Material, das er aufzog wie ein Schwamm, konstruierte Shakespeare doch eine unglaublich spannungsreiche Figur und ein eindrucksvolles Stück, in dem auch andere Entwürfe von Fremdheit eine wichtige Rolle spielen. Das Stück stellt die Frage nach dem Anderen, mit der wir uns heute zu beschäftigen haben. Nicht erst seit der Shoah erzeugt dieser eigentlich marginale Charakter Shylock, der nur fünfmal auftritt, immer wieder Brisanz und entfaltet eine solche Wucht, dass man ihn nicht mehr loswird.

Shakespeares Welt ist auch eine Welt der Magie. Steckt dahinter nicht die Spur eines ganz anderen Denkens, einer irrationalen vormodernen Welt, die uns heute doch fremd geworden ist?

**Döring:** Ich würde der Aufklärung weniger Glauben schenken. Die Magie interessiert deswegen in diesen Stücken, weil es wieder um die Macht des Theaters geht. Mit den Magierfiguren erkundet das Theater seine eigene welterschöpfende Kraft. Das ist bei Prospero aus dem *Sturm* ganz evident. Er ist der Spielleiter, der die Inszenierungen macht. Auch der Geist im *Hamlet* ist eine metatheatralische Figur. Die Magie ist ein Rationalisierungssystem, es war die gängige Wissenschaft der Zeit. Und auch unsere eigene Wissenschaft ist ja nicht von magischen Praktiken befreit worden.

*Der Sturm* entlässt den Zuschauer letztlich in eine unbestimmte Zukunft. Es wird nicht klar, ob der Kreislauf von Intrige und Gewalt durchbrochen wird. Wo geht es hin?

**Döring:** Ganz klar wird der Kreis der Gewalt durchbrochen. Das ist die Fiktion, mit der das Stück uns entlässt. Prospero ist Unrecht geschehen, er will dieses Unrecht durch Vergeltung aus der Welt schaffen. Da ist er wie der Titus oder wie diese ganzen ande-

ren Rächerfiguren. Aber er bricht mit diesem Mechanismus von Gewalt, Gegengewalt, Rache. Doch ist dieser Utopie auch immer mit Misstrauen begegnet worden, weil Prospero ja so offensichtlich Leichen im Keller hat und man ihm nicht alles abnehmen muss, was er sagt. Das sind auch wieder diese Inkonsistenzen, die dieses Stück so reichhaltig machen. Prospero kann man auch als Gewaltherrscher, als Tyrann, Kolonisator und Exterminator sehen – alles Perspektiven, die den vorgeblich friedfertigen Schluss in ein anderes Licht setzen. Nicht zuletzt, weil die Gegensätzlichkeit dieser Herr-Knecht-Dialektik sich nicht wirklich auflöst. *Der Sturm* ist neben *Hamlet* das Stück, das am allermeisten zu Neudeutungen eingeladen hat.

Also doch keine Versöhnung?

**Höfele:** Das kann man so nicht sagen. Ich glaube, der erste Satz steht; hier wird dezidiert der Kreislauf der Gewalt durchbrochen. Aber es gibt keine vorherrschende Lesart, die bei Shakespeare nicht auch wieder eine Umkehrung hervorriefe. So funktioniert Rezeptionsgeschichte.

**Prof. Dr. Tobias Döring** ist seit 2005 Inhaber eines Lehrstuhls für Englische Literaturwissenschaft an der LMU. Döring, Jahrgang 1965, studierte an der University of Kent in Canterbury/Großbritannien und an der FU Berlin, wo er auch promovierte und sich habilitierte. Er lehrte an der FU und an der Universität Münster. Bis vor Kurzem war Döring Präsident der Deutschen Shakespeare-Gesellschaft.

**Prof. Dr. Andreas Höfele** ist seit 2000 Inhaber eines Lehrstuhls für Englische Literaturwissenschaft an der LMU. Höfele, Jahrgang 1950, studierte an der Universität Frankfurt und an der LMU, wo er auch promovierte. Er habilitierte sich an der Universität Würzburg, war Gastprofessor an der University of New Mexico in Albuquerque/USA, Professor für Theaterwissenschaft an der LMU und Lehrstuhlinhaber für Anglistik an der Universität Heidelberg. Von 2002 bis 2011 war Höfele Präsident der Deutschen Shakespeare-Gesellschaft.



# Die Welt – ein Theater

Ein Reigen der Kulturen: Christopher Balme und Nic Leonhardt gehen den internationalen Bezügen nach, die die Globalisierung seit ihren Anfängen der Bühnengeschichte eingeschrieben hat.

Von Maximilian Burkhart

*Nijinsky Siam*: Eine komplexe Rezeptionsgeschichte steckt hinter dem asiatisch-europäischen Crossover.  
Foto: Sky Goh/Picture Alliance

Das Publikum ist begeistert: Im Mai 2010 präsentiert der thailändische Tänzer und Choreograf Pichet Klunchun auf dem international renommierten Festival „Theater der Welt“ in Mülheim an der Ruhr seine neueste Choreografie. In *Nijinsky Siam* verbindet Klunchun zeitgenössisches Tanz-Theater mit Khon, dem traditionellen und viele Jahrhunderte alten thailändischen Masken-Tanz. Doch *Nijinsky Siam* ist nicht einfach nur ein postmodernes Traditionen-Potpourri. „*Nijinsky Siam* ist die Interpretation eines asiatischen Tänzers einer westlichen Interpretation eines traditionellen asiatischen Tanzes“, wie die *Straits Times* am 29. Mai 2010 schreibt. Hinter diesem Satz verbirgt sich indes nicht nur eine komplexe Rezeptionsgeschichte, sondern gewissermaßen der Kern des Theaters überhaupt.

„Theater war als Kunst immer international“, sagt Christopher Balme, Direktor für Theaterwissenschaft an der LMU. Doch hat es die Theaterwissenschaft nicht eben einfach: Für die Texte sind die jeweiligen Philologen zuständig und von den Aufführungen ist – zumindest im Vor-Internet-Zeitalter – oft nicht allzu viel Anschauungsmaterial übrig geblieben. Umso vehementer orientierte sich das Fach am Ortsprinzip, also an ganz konkreten Theatern: „Man will die kulturspezifische Verortung privilegieren“, diagnostiziert der gebürtige Neuseeländer, der einen Großteil seines wissenschaftlichen Lebens in Deutschland verbracht hat. Die Folge der „kulturspezifischen Verortung“ aber ist ein gewaltiger, ideologisch aufgeladener blinder Fleck, der die Theaterwissenschaft auf gewisse Weise recht konsequent am Gegenstand vorbei hat forschen lassen. Vor vier Jahren hat Balme als Principal Investigator darum das internationale Projekt „Global Theatre Histories“ gestartet, das die „Herausbildung von Theater als globalem Phänomen von 1860 bis 1990“ untersucht und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wird. In dieser Formulierung, die nach dürrer Antragsprosa

klingt, offenbart sich ein Blickwinkel, der weitreichende Konsequenzen für die wissenschaftliche Programmatik hat – erläutert Nic Leonhardt, die seit Projektbeginn als Associate Director dabei ist, am Beispiel von *Nijinsky Siam*.

Irgendwie muss der polnische Balletttänzer und Choreograf Vaslav Nijinsky in Kontakt mit dem thailändischen Theater gekommen sein. Ein folgenreicher Kontakt, denn Nijinsky war immerhin einer der Superstars des weltberühmten Pariser Ballets Russes der 1910er-Jahre. Er choreografierte Strawinskys Skandalballett *Le Sacre du Printemps* und ist bis heute für seine perfekte Sprung-

## »Theater war als Kunst immer international«

technik bekannt. Dass Nijinsky thailändisches Theater kennengelernt hatte, mutmaßte zumindest Pichet Klunchun, denn wie ließe sich anders die Ähnlichkeit von Nijinskys *La Danse Siamoise* aus dem von den Ballets Russes am 25. Juni 1910 in Paris uraufgeführten Ballett *Les Orientales* mit Kostümen und Bewegungsabläufen aus dem Khon-Theater erklären?

So begann Klunchun zu recherchieren. Und tatsächlich, erzählte er Nic Leonhardt in einem Interview, fanden sich Fotos und sogar ein Gemälde, die klar belegen, dass Michail Fokin und Léon Bakst im Jahr 1900 in St. Petersburg Kontakt mit der thailändischen Formation *Boosra Mahin Theatre Troupe* hatten. Fokin wiederum hatte Nijinskys Solo *Danse Siamoise* choreografiert, von Léon Bakst stammten die Kostüme.

Was aber machte eine elitäre Theatertruppe aus dem fernen, nicht kolonialisierten Thailand 1900 in St. Petersburg, fragte sich die Münchner Theaterwissenschaftlerin – und

begann ihrerseits zu recherchieren. Die Ergebnisse, die Nic Leonhardt virtuell in der halben Welt zusammengetragen hat, fügen sich zu einem faszinierenden Puzzle, das demnächst im renommierten Fachmagazin *Theatre Research International* erscheinen wird. 1890, so viel sei hier verraten, machte sich der russische Kronprinz Nikolaj Alexandrowitsch Romanow mit einem Segelschiff auf nach Fernost, um mögliche Ziele der geplanten Transsibirischen Eisenbahn zu erkunden. Über Indien, Ceylon, Java und China kam er schließlich nach Thailand.

Dort zog den späteren Zar Nikolaus II. das knapp tausend Zuschauer fassende *Prince Theatre* in Bangkok an, in dem die Boosra Mahin Theatre Troupe auftrat, so sehr, dass er die Truppe nach St. Petersburg einlud. So machten sich die Performer zehn Jahre später tatsächlich auf zu einer Tournee, die sie über die größten Theater in Singapur, Paris, Wien und Berlin schließlich nach St. Petersburg führte. In der exotismussüchtigen Jahrhundertwende wurden die Gastspiele ein voller Erfolg. Neben frühen Tonaufnahmen wurde die Tour auch mit Fotografien und sogar einem Ölgemälde dokumentiert – die Vorlagen für Klunchuns *Nijinsky Siam*.

Theater, das zeigen die Ergebnisse von Nic Leonhardt, die sich im Rahmen des „Global Theatre Histories“-Projektes mit einer Arbeit über transatlantische Theaternetzwerke zwischen 1900 und 1930 habilitiert, ist wesentlich früher deutlich internationaler als bislang gedacht. „Noch vor zehn Jahren“, sagt ihr Mentor Balme, „wäre diese Forschung so nicht möglich gewesen.“ Zwei Bedingungen hat das „Global Theatre Histories“-Projekt: Zum einen galt es, den ideologischen Ballast der Theaterwissenschaft abzuwerfen. Begonnen haben die Geisteswissenschaften damit zwar schon in den 1990er-Jahren mit den „Post Colonial Studies“. Doch damals ging es, so Balme, „vor allem um das Aufzeigen subversiver Strukturen“.

Balme selbst verfasste seine Habilitation noch im theoretischen Fahrwasser der „Post Colonial Studies“. Doch irgendwann, meint





Von Léon Bakst stammen die Choreografie für Nijinskys Solo *La Danse Siamoise* – und die Kostüme, wie die Skizze zeigt. Foto: AKG

er, laufen sich Theorien tot. Auf eine gewisse Weise forschten auch die „Post Colonial Studies“ an der Theaterwirklichkeit vorbei. Ein Großteil der Produktionen, in Europa wie im Rest der Welt, sind Unterhaltung – und damit alles andere als subversiv.

Balmes „Aha-Erlebnis“ hängt mit der zweiten Bedingung zusammen, der digitalen Revolution, die mittlerweile auch die Geisteswissenschaften erfasst hat. Überall auf der Welt – eine der wenigen Ausnahmen ist ausgerechnet Deutschland – haben Archive damit begonnen, ihre Bestände zu digitalisieren und mithilfe der Volltext-Recherche einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Eine Forschungsarbeit wie die zu *Nijinsky Siam* wäre vor 20 Jahren weder zeitlich noch finanziell zu stemmen gewesen. Heute aber können die meisten Archive online durchsucht werden.

Irgendwann nun stieß Christopher Balme auf den heute völlig vergessenen Theater-

Impresario Maurice E. Bandmann (1872 – 1922), Sohn eines bekannten deutsch-jüdischen Schauspielers und einer englischen Schauspielerin. Neugierig geworden, recherchierte Balme im Internet und in Digitalversionen asiatischer Zeitungen der 1910er-

## Beteiligt an 50 Theatern in Fernost

und 20er-Jahre: „Plötzlich entstand vor meinen Augen eine Präsenz. Von der Nicht-Existenz zur Existenz war es nur ein Klick.“ Auf einmal stellte Balme fest: „Es gibt eine sehr intensive Tourneegeschichte.“ Schon in den 1890er-Jahren stand der junge Mau-

rice Bandmann vielbeachtet an der Seite seiner Mutter als Wanderschauspieler auf englischen Bühnen. Bereits zur Mitte der 1890er-Jahre hatte er zwei eigene, in England tourende Truppen unter Vertrag und begann zur Jahrhundertwende eine Tournee, die ihn nach Gibraltar, Malta, Alexandria und Kairo, Südafrika, Südamerika, die West Indies und Kanada und etwas später nach Indien, Burma, Malaysia, China, Japan, Java und auf die Philippinen führte. Mittlerweile hatte sich der Shakespeare-Darsteller auf englische Operetten spezialisiert.

1908 baute Bandmann sein erstes Theater, das Empire Theatre in Kalkutta, drei Jahre später kam das Royal Opera House in Bombay mit etwa 1000 Sitzplätzen hinzu. Zehn Jahre später war er an 50 Theatern in Fernost beteiligt, vor allem als Pächter. Bis zu fünf hochspezialisierte Truppen dirigierte Bandmann gleichzeitig um die ganze Welt. Gut eine Woche blieben die Ensembles mit

bis zu 50 Mitgliedern – Schauspielern, Musikern, Technikern und eigenem Poesstross – an einem Ort. Bandmann bot Shakespeare-Stücke, die vor allem bei den Parsi in Indien großen Anklang fanden, zeitgenössische europäische Komödien und Operetten, aber auch einheimisches Theater.

Für die englischen Verwaltungsbehörden war Bandmann einfach ein Produzent, und wirtschaftliche Freizügigkeit war eines der obersten Prinzipien des Empire – egal, ob es nun Baumwolle, Tee oder Theater betraf. Ohne die schnellen Dampfschiffe aber, die von der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an Übersee-Reisen drastisch verkürzten, wäre die schnelle Rotation der Ensembles auf den Handelsrouten des Empire niemals möglich gewesen. So dauerte die Passage von England nach Indien nur noch zehn Tage statt mehrerer Monate. Und ohne die Erfindung des Telegrafen hätte Bandmann seine Truppen niemals orchestrieren können: Industrialisierung und Kolonisation sind also Voraussetzungen für den Erfolg des Theatertermachers außerhalb Europas, sagt Christopher Balme.

Bandmann profitierte aber nicht nur vom Fortschritt der Moderne, er trieb sie auch selbst voran. Die Rotation der Ensembles diente der Auslastung der großen Theaterhäuser Bandmanns und befriedigte das immer schneller wachsende Bedürfnis des außereuropäischen Publikums nach neuer Unterhaltung. Um die Auslastung seiner Häuser zu gewährleisten, fuhr Bandmann eine hochprofessionelle Medienkampagne. Poesstrupps reisten den Schauspielern vor-

aus und fütterten die lokale Presse, internationale Stars auf und hinter Bandmanns Bühnen sorgten für entsprechende mediale Zugkraft, hat Balme herausgefunden.

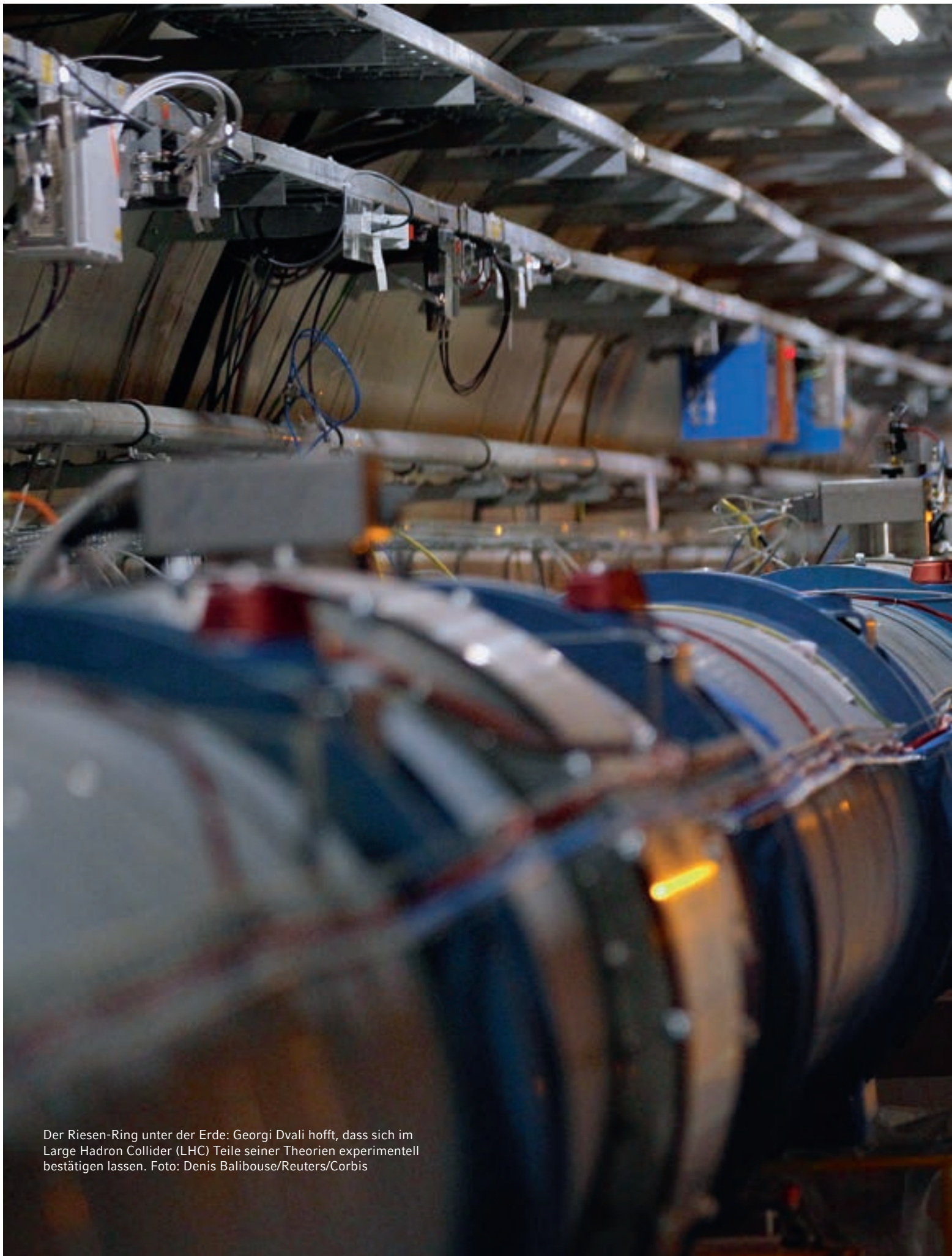
War gerade keine Truppe vor Ort, wurden die Säle schon ab 1908 als Kinos genutzt. „Bandmann war nicht so dumm, subversive Stücke aufzuführen“, betont Christopher Balme, „im Gegenteil.“ Im Ersten Weltkrieg lief in Bandmanns Theater-Kinos viel patriotische Propaganda. Das tat ihrer Beliebtheit keinen Abbruch. Besonders bei indischen Studenten kamen Bandmanns Filmvorführungen gut an, und so wurde der Theatermann zu einem der Gründerväter von Bollywood. Umso erstaunlicher, dass Bandmann in der Fachwelt vollkommen vergessen war. „Wir brauchen einen neuen Zugang zur Theatergeschichte“, sagt Balme, „und ein anderes methodisches Vorgehen als bislang.“ Deswegen ist das Kernstück des Projekts auch kein Sammlungs- oder Tagungsband, den es selbstverständlich auch gibt. Die Ergebnisse der Forschung, an der vier Doktoranden und vier assoziierte Nachwuchswissenschaftler aus Serbien, Indien, den Philippinen, Deutschland und Österreich beteiligt sind, sollen in einer interaktiven Karte dargestellt und so weltweit zugänglich gemacht werden. „Mithilfe spezieller Filter können dann die unterschiedlichen weltweiten Beziehungen visualisiert werden.“ Besonders wichtig für den transnationalen und interdisziplinären Ansatz des Projektes ist die globale Vernetzung mit 16 renommierten Partnerinstitutionen aus allen Teilen der Welt; auch hier hilft der technische Fort-

schrift bei der Zusammenarbeit via Lync und ähnlichen Kommunikationsplattformen. So forschen neben Theaterwissenschaftlern auch Historiker, Geografen und Kommunikationswissenschaftler in dem Projekt. „Was uns fehlt“, meint Christopher Balme, „ist ein Experte für Wirtschaftsgeschichte. Aber die sind mit kulturellen Projekten nicht einfach zu ködern“, ergänzt er mit einem Lächeln. Wie bei Bandmann ist auch Balmes Projekt vom technischen Fortschritt bedingt. Großes Hindernis war zunächst aber die Finanzierung, denn es wollte sich kein Geldgeber für das Projekt „Global Theatre Histories“ finden – zu riskant, hieß es. So landete „Global Theatre Histories“ schließlich, als einziges geisteswissenschaftliches Vorhaben überhaupt neben allerlei Medizin- und Technikforschung, bei der DFG als „Reinhart-Koselleck-Projekt“: Das Förderformat stehe „für mehr Freiraum für besonders innovative und im positiven Sinne risikobehaftete Forschung“, schreibt die DFG dazu.

In einem Jahr endet nun der bewilligte Projektzeitraum von fünf Jahren. Doch wenn man so will, steht „Global Theatre Histories“ erst am Anfang. Kein Wunder, möchte man meinen, schließlich ist es ein vollkommen unerforschter Bereich – und die ganze Welt die Bühne. Es ist zudem der Zeitraum der vergangenen 150 Jahre, den das Projekt abdeckt, eine Zeit der permanenten „Verwandlung der Welt“. Es gibt so viel über die beginnende Globalisierung zu erfahren, sagt Christopher Balme: „Es ist unglaublich, wie viel Gemeinsamkeiten an verschiedensten Punkten der Welt sich dabei auftun.“ ■



**Prof. Dr. Christopher Balme** ist seit 2006 Professor für Theaterwissenschaft und Direktor des Instituts an der LMU. Balme, Jahrgang 1957, studierte an der Universität von Otago. Seit 1985 lehrte und forschte er in Deutschland, an den Universitäten Würzburg, München und Mainz. Zuletzt stand er dem Fach Theaterwissenschaft an der Universität Amsterdam vor. **Dr. Nic Leonhardt** ist seit 2010 Associate Director des DFG-Projekts „Global Theatre Histories“ und seit 2013 Leiterin des Projektes „Theatrescapes“ an der LMU. Sie promovierte an der Universität Mainz, forschte in Projekten dort, an den Musikhochschulen Köln und Leipzig, der Columbia University New York, sowie im Exzellenzcluster „Asien und Europa im globalen Kontext“ der Universität Heidelberg.



Der Riesen-Ring unter der Erde: Georgi Dvali hofft, dass sich im Large Hadron Collider (LHC) Teile seiner Theorien experimentell bestätigen lassen. Foto: Denis Balibouse/Reuters/Corbis



# Die dunkle Seite der Materie

Operation Graviton: Physiker Georgi Dvali rechnet mit einer besonderen Form von Elementarteilchen. Damit ließen sich Schwarze Löcher und Dunkle Materie durchgängig mit den Gesetzen der Quantenmechanik beschreiben.

Von Alexander Stirn

Im Grunde ist das Universum ein großer Widerspruch. Es besteht aus den riesigsten Strukturen, die man sich vorstellen kann: aus Galaxien mit einem Durchmesser von mehr als 50 Trillionen Kilometern, aus Sternen, die fast 100 Millionen Mal so massereich sind wie die Erde. Gleichzeitig wird es regiert von den Gesetzen der Quantenmechanik. Die spielen ihre Macht erst bei Größenordnungen aus, die so winzig sind, dass selbst ein menschliches Haar wie eine eigene Galaxie erscheint.

Lange Zeit haben Physiker diesem scheinbaren Widerspruch wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Sie erklärten das Verhalten von Planeten, Sternen, Galaxien und all den anderen Strukturen im Kosmos mit den klassischen Gesetzen der Schwerkraft – aufgestellt von Isaac Newton und verfeinert von Albert Einstein. Meist ist das gut gegangen. Doch langsam kommen Zweifel auf, ob die Gesetze der Quantenwelt selbst bei derart großen Abmessungen vernachlässigt werden dürfen.

„Ohne das Verständnis der Natur in den kleinsten Maßstäben ist es unmöglich, das Universum als Ganzes zu begreifen“, sagt Georgi Dvali, Lehrstuhlinhaber für Theoretische Teilchenphysik an der LMU und Direktor am Max-Planck-Institut für Physik in München. Der gebürtige Georgier, der als gefragter Wissenschaftler obendrein eine Professur an der New York University innehat, erkundet die Grundlagen von Raum und Zeit. Er sucht nach einer quantenmechanischen Beschreibung der Schwerkraft. Er will die Anfänge und die heutige Zusammensetzung des Universums theoretisch erklären. Ende vergangenen Jahres hat ihn der Europäische Forschungsrat ERC dafür gemeinsam mit dem Kollegen César Gómez vom Instituto de Física Teórica in Madrid mit einem Advanced Grant ausgezeichnet – einer mit insgesamt 2,5 Millionen Euro dotierten Forschungsförderung.

Im Zentrum von Dvalis Arbeit steht die Untersuchung sogenannter Schwarzer Löcher. Die kosmischen Schwergewichte ent-

stehen, wenn ein Stern am Ende seiner Lebenszeit angekommen ist. Der gesamte Treibstoff, der Jahrtausenden lang die Kernfusion in seinem Innern befeuert hat, ist dann verbraucht. Ohne diese Sonnenfeuer kann sich der Stern nicht mehr dem Druck entge-

## Ein Stern am Ende seiner Lebenszeit

genstemmen, den die äußeren Schichten seiner Gashülle aufbauen. Der ausgebrannte Riese kollabiert unter seiner eigenen Schwerkraft und schleudert dabei großen Mengen Gas ins All. Übrig bleibt ein kompakter Kern, der weiter in sich zusammenfällt.

Irgendwann ist schließlich so viel Masse auf so wenig Raum konzentriert, dass nicht einmal mehr Licht der Anziehungskraft des kompakten Objekts entkommen kann. Ein Schwarzes Loch ist entstanden. Bei einem Planeten mit der Masse der Erde wäre es etwa einen Zentimeter groß, bei der Sonne gut drei Kilometer. Im Zentrum der meisten Galaxien existieren allerdings deutlich massereichere Schwarze Löcher, deren Entstehung nicht vollständig geklärt ist.

„Schwarze Löcher gehören zu den äußerst mysteriösen Objekten in der Physik“, sagt Dvali. Trotzdem haben Theoretiker sie bislang – ermuntert von den guten Erfahrungen mit Planeten, Sternen, Galaxien – meist wie klassische Objekte behandelt: Die altbewährten Gravitationsgesetze von Newton und Einstein sollten ihren Aufbau und ihr Verhalten erklären.

Bei genauerem Hinschauen bereitet das allerdings große Probleme: Ein Schwarzes Loch ist, wie der Name sagt, schwarz und kugelförmig. Weitere Eigenschaften hat es nicht. Folglich macht es auch keinen Unterschied, ob bildlich gesprochen ein Stuhl

oder ein Laptop zu einem Schwarzen Loch kollabiert. Solange beide die gleiche Masse haben, lässt sich das Endergebnis nicht unterscheiden. Die Erinnerung, woraus das Loch entstanden ist, wird ausgelöscht.

„Das stellt uns vor immense Schwierigkeiten“, sagt Dvali. Ausgelöschte Erinnerungen bedeuten, dass das Schwarze Loch keine Information enthalten kann. Information wird in der Physik aber nicht einfach zerstört, sie muss vielmehr stets erhalten bleiben. „Unitarität“ nennen Theoretiker diese Vorgabe. „Sie ist ein extrem wichtiges Prinzip, eines der Fundamente der modernen Physik“, sagt Dvali. Theoretische Überlegungen gehen sogar so weit, dass ein Schwarzes Loch von allen Objekten mit gleicher Masse stets die größte Menge an Informationen beinhalten sollte. Ein eklatanter Widerspruch zur klassischen Beschreibung.

Das hat bereits der britische Physiker Stephen Hawking erkannt. Im Jahr 1975 postulierte er daher, dass auch Schwarze Löcher Strahlung abgeben können, die sogenannte Hawking-Strahlung. Um sie theoretisch zu begründen, bemühte der Brite Gesetze aus der Quantenwelt, ergänzt um bewährte Ideen aus Thermodynamik, Relativitätstheorie und klassischer Mechanik.

Hawkings Strahlung hat jedoch ein Problem: Die Verteilung ihrer Wellenlängen entspricht der einer x-beliebigen Wärmequelle. Damit kann auch sie keine zusätzlichen Informationen aus dem Schwarzen Loch übertragen. „Der Ansatz bleibt somit auf halbem Weg stecken“, sagt Dvali.

Der 50-jährige Wissenschaftler versucht deshalb, die Schwarzen Löcher komplett quantenmechanisch zu beschreiben. Geht es nach Dvali, dann setzt sich ein Schwarzes Loch aus unzähligen „Gravitonen“ zusammen. Die hypothetischen Quantenteilchen sollen nicht nur die Schwerkraft vermitteln, sie befinden sich dabei auch in einem ganz besonderen Zustand: Sie verharren inmitten eines sogenannten Phasenübergangs.

Das physikalische Phänomen ist fernab der Quantenwelt wohlbekannt: Wenn in einem



Im Zentrum ein Schwarzes Loch? Die Spiralgalaxie M74 – in einer Aufnahme des Hubble-Teleskops. Die Galaxie misst 80.000 Lichtjahre im Durchmesser und ist 30 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt. Foto: NASA/ESA/Hubble Heritage Team/STSCI/SPL/Agentur Focus

Gefäß voller Wasserdampf die Temperatur sinkt oder der Druck steigt, geht das Wasser vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand über. „Normale Systeme bleiben allerdings nie an der Schwelle dieses Phasenübergangs stehen“, sagt Dvali.

Quantenmechanische Schwarze Löcher sind anders. Dvalis Berechnungen zufolge befinden sich ihre Gravitonen stets im Zustand des Phasenübergangs. Der Theoretiker vergleicht den Vorgang mit einem Volk, das kurz vor einer Revolution steht. Jeder ist extrem unglücklich, jeder wartet nur darauf, dass ein Funke die angespannte Situation explodieren lässt. „Normalerweise kann das nicht ewig so weitergehen“, sagt Georgi Dvali. Werden die Wortführer des Aufstands allerdings konsequent aus der Gesellschaft entfernt, dann ändert sich zwar nichts an der Unzufriedenheit des Volkes, die Revolution bleibt trotzdem aus.

Genau das passiert in einem Schwarzen Loch. Die Gravitonen interagieren fortwäh-

rend miteinander. Dabei werden die Quantenteilchen mit der höchsten Energie, ob sie wollen oder nicht, aus dem System geschleudert. Die zurückbleibenden Teilchen rücken etwas näher zusammen, dadurch steigt jedoch ihre gegenseitige Anziehungskraft. Den Phasenübergang schaffen sie deshalb trotzdem nicht. Von außen betrachtet sieht es so aus, als würde das Loch kontinuierlich Strahlung abgeben. Das erklärt die mysteriöse Hawking-Strahlung. Und das löst das vermeintliche Informations-Paradoxon der Schwarzen Löcher.

„Unsere Erkenntnisse eröffnen zudem eine völlig neue Richtung für die Forschung“, sagt Dvali. Kurz nach dem Urknall, in den ersten Augenblicken des Universums, war die Materie ähnlich stark komprimiert wie in heutigen Schwarzen Löchern. Dann,  $10^{-37}$  Sekunden nach dem großen Knall, begann eine Phase, die Astrophysiker als Expansion bezeichnen. Jeder Fleck des Mini-Universums begann sich zu verdop-

peln – ähnlich wie bei der Zellteilung, die aus einer einzigen befruchteten Eizelle einen Menschen werden lässt.

Mit den Methoden der klassischen Physik lässt sich dieser Vorgang zurück bis zur etwa 60. Verdopplung nach dem Urknall verfolgen. Der Rest verschwindet im Nebel des physikalisch Ungewissen. „Mit unseren neuen Quantenprinzipien können wir dagegen die gesamte Geschichte des Universums nachvollziehen“, sagt Georgi Dvali.

Die neue Theorie zu den Schwarzen Löchern hat noch andere Folgen. Bislang sind Astrophysiker davon ausgegangen, dass besonders leichte Löcher mit einer Masse von weniger als 100 Millionen Tonnen infolge der Hawking-Strahlung längst verdampft sein müssen – sofern sie überhaupt existiert haben. Die quantenmechanische Beschreibung erlaubt dagegen Schwarze Löcher mit vielen unterschiedlichen Massen. Die ältesten von ihnen könnten seit dem Urknall existieren.

Das eröffnet völlig neue Erklärungsansätze für ein Phänomen, das Astrophysiker „Dunkle Materie“ getauft haben: Die gemeinsame Anziehungskraft aller sichtbaren Sterne im Universum reicht bei Weitem nicht aus, um die dichte Zusammenballung der Galaxien zu erklären. Hierfür muss eine weitere, unsichtbare Kraft verantwortlich sein. Die Quelle dieser bislang unbekanntes Gravitationswirkung nennen Kosmologen Dunkle Materie. Berechnungen zufolge macht sie etwa 80 Prozent der reinen Materie im Universum aus.

„Alle bisherigen Theorien gehen typischerweise davon aus, dass ein unbekanntes Teilchen für die Dunkle Materie verantwortlich ist“, sagt Georgi Dvali. „Unseren Überle-

## Verzerrungen von Raum und Zeit

gungen zufolge könnte sie genauso gut aus winzigen Schwarzen Löchern mit unterschiedlicher Masse bestehen.“ Die kleinsten Vertreter dieser Mikrolöcher würden sich dabei, so das Ergebnis früherer Berechnungen wie ein extrem kurzlebiges Elementarteilchen verhalten. Sie sollten folglich, so hoffen Dvali und sein spanischer Kollege César Gómez, in Teilchenbeschleunigern wie dem Genfer Large Hadron Collider (LHC) sichtbar werden.

Als die Idee vor einigen Jahren aufkam, war die Aufregung groß. Kritiker des LHC befürchteten, die Mikrolöcher aus dem Beschleuniger könnten die Erde verschlingen; sogar Gerichtsprozesse wurden angestrengt. „Dabei beruhte all das auf einer Fehlinterpretation unserer Theorie“, klagt Dvali. Mehr als vier Jahre nach der Inbetriebnahme des LHC existiert die Erde immer noch. Fündig geworden ist der Beschleuniger in der

Zwischenzeit allerdings nicht: Eigentlich müssten die winzigen Löcher, so die Vorhersage, im LHC sofort in andere Teilchen zerfallen. Eine Lawine unterschiedlicher Partikel sollte entstehen und auf die Detektoren einprasseln. Bislang konnte dies in Genf nicht nachgewiesen werden.

Die Theoretiker sind sich allerdings auch nicht hundertprozentig sicher, nach welchen Signalen sie überhaupt suchen sollen. Sie müssen sich vielmehr durch das dichte Hintergrundrauschen kämpfen, das entsteht, wenn 600 Millionen Protonen pro Sekunde miteinander kollidieren. Zudem arbeitet der LHC, der gerade stillsteht und auf neue Aufgaben vorbereitet wird, noch nicht mit der höchstmöglichen Energie.

Der Genfer Beschleuniger ist indes nicht die einzige Möglichkeit, Dvalis Theorie nachzuweisen: Falls im frühen Universum tatsächlich die errechneten Regeln der Quantengravitation gegriffen haben sollten, müsste sich das noch heute am Himmel bemerkbar machen – in Form sogenannter Gravitationswellen.

Mitte März haben Wissenschaftler des Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics bekannt gegeben, dass sie mit dem BICEP2-Teleskop, das vom Südpol aus das kosmische Hintergrundrauschen untersucht, Hinweise auf genau diese Verzerrungen in Raum und Zeit gefunden haben. Die neuen Erkenntnisse aus den Frühzeiten des Universums werfen Fragen auf, die sich nur mit einem besseren Verständnis der Schwerkraft auf den kleinsten Maßstäben beantworten lassen – genau bei diesem Verständnis

könnten die Ideen von Dvali und Gómez helfen.

Im Prinzip sollte es sogar möglich sein, in irdischen Labors ähnliche Bedingungen zu erschaffen wie im Innern eines Schwarzen Lochs. Quantenoptiker wollen dazu ein System modifizieren, das sie Bose-Einstein-Kondensat nennen. Alle darin enthaltenen Teilchen befinden sich – ganz ähnlich wie die Gravitonen eines Schwarzen Lochs – im selben quantenmechanischen Zustand, just an der Schwelle zu einer anderen Quantenphase. „Es wäre absolut fantastisch, wenn wir damit die Physik in einem Schwarzen Loch simulieren könnten“, sagt Georgi Dvali. Der Theoretiker ist jedenfalls zuversichtlich, dass seine Ideen eines Tages in der Praxis bestätigt werden – „hundertprozentig zuversichtlich sogar“, sagt er. Die Quantentheorie der Schwarzen Löcher ist für Dvali vergleichbar mit dem Higgs-Boson, dessen Nachweis im vergangenen Jahr mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Auch seine Existenz sei vor langer Zeit vorhergesagt worden, auch seine Eigenschaften seien so logisch und offensichtlich gewesen, dass es einfach gefunden werden musste.

Falls nicht, wäre das für den Physiker eine große Überraschung, ein Wunder: „Bei unserer Theorie setzen wir lediglich voraus, dass sich ein Schwarzes Loch aus einzelnen Bestandteilen, den Gravitonen, zusammensetzen muss. Alles andere ist Mathematik, alles andere lässt sich ableiten“, sagt Georgi Dvali. „Ich weiß nicht, wie das schiefgehen könnte – es sei denn, die Natur ist völlig verzerrt geworden.“ ■



**Prof. Dr. Georgi Dvali**

ist Lehrstuhlinhaber für Theoretische Physik an der LMU und Direktor am Max-Planck-Institut für Physik in München. Außerdem ist er Professor an der New York University (NYU). Dvali, Jahrgang 1964, promovierte an der Staatlichen Universität Tiflis, Georgien, forschte an Einrichtungen in Triest, Genf, Pisa und an der NYU. 2008 wurde er mit einer hochdotierten Humboldt-Professur ausgezeichnet, die ihn nach München brachte, 2013 mit einem Advanced Grant des Europäischen Forschungsrates.



# Die Programmacherin

Umschalten auf einen anderen Kanal: Magdalena Götz gibt sogenannten Gliazellen eine neue Bestimmung – als Neurone. So soll sich eines Tages defektes Nervengewebe reparieren lassen, hofft die Stammzellforscherin.

Von Hanno Charisius

Zellen künstlich reprogrammieren – ohne den Umweg über das Embryonalstadium: Stammzellforscherin Magdalena Götz. Foto: Jan Greune



Eine Nervenzelle im Gehirn steht im Durchschnitt mit 1000 anderen Neuronen in Kontakt. Viele von ihnen liegen in direkter Nachbarschaft und die Zellen haben viele gemeinsame Kontaktpunkte. Aber es gibt auch Verknüpfungen mit Neuronen in ganz anderen, weit entfernten Hirnregionen. Übertragen auf die Welt der Wissenschaft muss man auch Magdalena Götz gut vernetzt nennen, vernetzt wie jene Zellen, die sie am liebsten unter dem Mikroskop betrachtet. Und das nicht nur in München oder Deutschland, sondern weltweit.

Das war nicht immer so. Als Magdalena Götz vor etwas mehr als zehn Jahren zum ersten Mal in einem Fachjournal beschrieb, dass sich Gliazellen im Gehirn in Neurone verwandeln können, hielten die meisten ihrer Fachkollegen diese Idee für ziemlich verrückt. Es gibt im Gehirn grob gesagt zwei Zelltypen: die rund hundert Milliarden Neurone, die Informationen verarbeiten, übertragen und abspeichern, und die sogenannten Gliazellen, die damals nur als besserer Nervenkitz galten. Allenfalls Versorgungs- und Stützfunktionen wurden ihnen zugeschrieben. Götz aber hatte beobachtet, dass die verkannten Zellen sich in Neurone verwandeln können, und das sogar noch im Gehirn von Erwachsenen. Damit rüttelte sie gleich auch noch an einem zweiten Dogma. Bis dahin galt, dass sich im ausgewachsenen Gehirn keine neuen Nervenzellen mehr bilden. Man glaubte sogar, dass sprießende Nervenzellen die Hirnfunktionen stören würden.

Doch inzwischen zeigt sich, dass selbst alte Hirne noch erstaunlich wandelbar sind, und womöglich liegt das an den stammzellartigen Gliazellen, die sich so wundersam verwandeln können. Magdalena Götz ist Inhaberin des Lehrstuhls für Physiologische Genomik an der LMU und Direktorin des Instituts für Stammzellforschung am Helmholtz Zentrum München und leitet so „ein Labor mit Mitarbeitern an zwei Orten“, wie sie es nennt. Die Wissenschaftlerin will ihre

Erkenntnisse nutzen, um gezielt Reparaturen vorzunehmen nach Krankheiten oder Unfällen, bei denen Nervengewebe zerstört wurde. Finden sie und ihre Mitarbeiter einen Weg, gezielt Nervenzellen wieder zum Wachsen zu bringen, könnte dies vielleicht eines Tages Querschnittsgelähmten, Alzheimer- und Parkinsonpatienten oder Schlaganfall-Geschädigten helfen. Für ihre Arbeiten bekam sie im Jahr 2007 den wichtigen Leibnizpreis der Deutschen Forschungsgemeinschaft und im vergangenen Jahr einen millionenschweren Advanced

## Normalerweise gibt es kein Zurück

Grant des Europäischen Forschungsrates (ERC).

Ganz am Anfang des Lebens, wenn ein Mensch nur aus ein paar Zellen besteht, kann noch jede dieser Zellen zu einem vollständigen Menschen heranwachsen, wenn man sie von ihren Schwesterzellen trennt. „Totipotent“ sind solche Zellen, aber mit diesem Wunder ist es wahrscheinlich spätestens vorbei, sobald ein Embryo aus mehr als acht Zellen besteht. Danach beginnen die Zellen die genetischen Informationen jeweils etwas anders auszulesen, sie beginnen sich zu spezialisieren. In den ersten Tagen des Embryos sind auch diese Zellen noch sehr wandlungsfähig, sie können sich zu Haut oder Knochen entwickeln, zu Blut oder Haaren, zu Nerven, Herzen, Fingernägeln oder den Nieren. Sie können alles, außer zu einem vollständigen Lebewesen erwachsen. Sie sind „pluripotent“, können sich also theoretisch in jede der etwa 200 verschiedenen Gewebearten des menschlichen Körpers verwandeln. Nur wenn sie einmal einen Weg eingeschlagen haben,

gibt es für sie normalerweise kein Zurück mehr, dann bleiben sie spezialisiert, bis sie sterben.

Einzig im Embryo sollte es solche Stammzellen mit der größten Wandlungsfähigkeit geben, so zumindest glaubten die Wissenschaftler lange Zeit. Solchen Zellen wird ein enormes therapeutisches Potenzial als Ersatzmaterial zugeschrieben. Transplantiert in ein kaputtes Organ, sollen sie einfach die Aufgaben der ausgefallenen Zellen übernehmen. An solche Zellen kommt man aber nur, indem man Embryonen zerstört. Eine Lösung für dieses ethische Dilemma brachten die sogenannten induzierten pluripotenten Stammzellen (iPS) des Japaners Shinya Yamanaka. Er hatte 2006 eine Methode beschrieben, mit der man durch biochemische Behandlung ausdifferenzierte Zellen wieder in Alleskönner verwandeln kann. Eine solche Reprogrammierung brachte Shinya Yamanaka 2012 den Nobelpreis ein.

Doch gegen das, was Götz vorhat, erscheint auch das Rückstellen der molekularen Uhr der Zellen ziemlich altbacken. Inzwischen hat sich nämlich gezeigt, dass man auch ohne den Umweg über die Verjüngung auf den embryonalen Grundzustand zum Ziel kommen kann. „Transdifferenzierung“ heißt die Methode, die momentan Stammzellforscher auf der ganzen Welt elektrisiert. Dabei werden Zellen ohne den Umweg über das Embryonalstadium von einem Typ in den anderen verwandelt. Haut zu Nerven etwa, Bindegewebe zu Herzmuskel, Bauchspeicheldrüsenzellen in Insulin produzierendes Gewebe – und das sogar im lebenden Organismus. Oder eben Gliazellen zu Neuronen, wie Götz es vorgemacht hat. Das spart nicht nur viel Zeit, sondern umgeht auch einige Nachteile, die der Umweg über die Pluripotenz normalerweise mit sich bringt. Der birgt immer das Risiko, dass nicht alle Zellen korrekt zu dem Gewebe reprogrammiert werden, das sie einmal im kranken Körper ersetzen sollen. Schon eine versteckte pluripotente Zelle in einem Gemisch könnte

bei einem Patienten zu unkontrollierbaren Wucherungen führen.

Solche direkten Umprogrammierungen sind inzwischen so einfach, dass Wissenschaftler sie bereits an Labortieren erproben. Am Anfang musste man die Ausgangszellen noch in einer Mixtur aus Dutzenden Regulatorproteinen baden, aber inzwischen genügen in einigen Fällen einzelne Wirkstoffe, die diesen Trick hinbekommen. Mehr brauchen auch Götz und ihre Kollegen nicht, um im Labor Gliazellen in Neurone zu verwandeln, das haben sie bereits 2002 in der Kulturschale und 2005 in vivo nach Gehirnverletzung gezeigt. Inzwischen haben sie die Effizienz dieser Faktoren deutlich steigern können, indem sie grundlegende Wirkungsmechanismen aufgeklärt haben. So hängt nämlich zum Beispiel der Erfolg der Umprogrammierung von Zellen entscheidend davon ab, dass sich auch die Energieerzeugung umstellt, die bei Gliazellen etwas anders abläuft als bei Neuronen.

Wichtig ist auch die Frage, wie sich neue Neurone in das bestehende Nervennetzwerk eines verletzten Gehirns integrieren. Zwar experimentieren bereits viele Labors mit Stammzelltransplantationen in die Gehirne am Tiermodell, aber bislang haben noch keiner untersucht, ob die neuen Nervenzellen auch die Eingänge und Kontaktstellen bekommen, die notwendig sind, damit sie die Aufgaben der alten Zellen übernehmen können, erklärt Götz. „Das ist eine ganz zentrale Frage.“

Auch wenn Götz das Ziel, Krankheiten zu bekämpfen, fest vor Augen hat, erwartet sie nicht, dass sie noch eine therapiefähige Version ihrer Entdeckung erleben wird. „Forschung lässt sich nicht vorhersagen“, sagt sie. Erst ganz zum Schluss, wenn es Richtung Anwendung gehe, könnte man die Zeiträume ein wenig besser einschätzen. „Grundlagenforschung ist kreativ und nicht planbar. Es kann sein, dass wir schon in zwei Jahren an den ersten Therapien arbeiten, aber es kann auch noch 20 Jahre dauern.“ Diese Entwicklung will sie aber anderen

überlassen, Experten, die Erfahrung darin haben, Arzneimittel zu entwickeln und Unternehmen zu führen.

Gliazellen durchziehen das Nervennetz des gesamten Gehirns. Götz sieht in ihnen einen ruhenden Vorrat an Vorläuferzellen, die nur dazu angeregt werden müssten, Nerven zu bilden. Bislang sind allerdings nur zwei Hirnregionen bekannt, in denen auch bei Erwachsenen noch neue Nervenzellen aus Stammzellen gebildet werden: im Hippocampus, der für das Gedächtnis wichtig ist, und im Riechkolben, an dem die Nervenbahnen aus der Nase ins Gehirn münden.

## Als würde alles noch einmal von vorn beginnen

Einige Regulatorproteine steuern diese Vorgänge, wie Götz und ihre Mitarbeiter nachweisen konnten. Ihr Traum wäre es, dass ein Patient einfach einen Wirkstoff schluckt, der in einer verletzten Hirnregion die Verwandlung von Gliazellen in Neurone anregt. Aus Untersuchungen an Mäusehirnen wissen die Forscher bereits, dass sich nach Verletzungen in der betroffenen Region vermehrt Gliazellen in Stammzellen verwandeln, die wiederum Neurone bilden. Allerdings sterben sie oft wieder ab oder bilden Narbengewebe. Das zeigt Götz, dass zumindest das Potenzial zur Erneuerung da ist. Man muss die Zellen nur noch anleiten, das Richtige zu tun.

Vielleicht hilft ihr die Arbeit mit den umprogrammierten Zellen dabei. Derzeit möchte sie vor allem verstehen, was bei einer direkten Umprogrammierung in den Zellen abläuft und wie man dies besser kontrollieren kann. Das ist nicht nur im Hinblick auf eine therapeutische Nutzung wichtig, sondern auch für das grundlegende Verständ-

nis dessen, was in den ersten Lebenswochen eines Menschen passiert, in der Phase, in der aus einer einzelnen Zelle schließlich ein Wesen erwächst, das atmet, isst, kämpft, liebt, Bücher liest und Nachwuchs zeugt. „Wenn wir Zellen programmieren, um von Stammzellen zu spezialisierten Zellen zu kommen, wenden wir genau das an, was auch während der Embryonalentwicklung passiert“, sagt Götz. Im Grunde trickst sie die Biologie aus, indem sie so tut, als würde alles noch mal von vorne beginnen.

Götz studierte Philosophie in Heidelberg und anschließend noch Biologie in Zürich und Tübingen, wo sie 1992 ihre Doktorarbeit abschloss. Wissenschaftlerin wollte sie schon als junge Schülerin werden. Eine berufliche Alternative kam für sie nie in Betracht, einen Plan B hatte sie nie. Ein kurzer Karriereausflug in die Industrie zeigte ihr, dass sie sich ihre Freiheit, zu forschen woran sie will, nicht von einem Manager nehmen lassen möchte. Bald möchte sie auch wieder selbst mehr im Labor stehen, das zumindest war einer ihrer Vorsätze, die sie zum Jahreswechsel gefasst hatte. Sie wird sicher nicht so viel Zeit dafür investieren können wie früher als Doktorandin oder in den ersten Jahren nach ihrer Promotion. Aber ihre Begeisterung hat sich kein bisschen verbraucht. Eher scheint sie sich aufzufrischen mit jedem neuen Detail, das Götz über die Fähigkeiten der Hirnzellen und deren Erneuerung lernt. ■

### Prof. Dr. Magdalena Götz

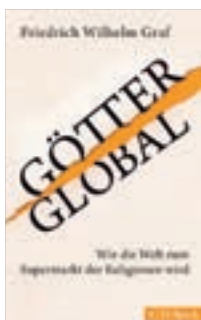
ist Inhaberin des Lehrstuhls für Physiologische Genomik an der LMU und Direktorin des Instituts für Stammzellforschung am Helmholtz Zentrum München in Neuherberg. Götz, Jahrgang 1962, studierte Biologie, promovierte in Zoologie und habilitierte sich 2000 in München. Sie forschte unter anderem am Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried. Sie ist Trägerin des Leibnizpreises (2007) der DFG. 2013 zeichnete sie der Europäische Forschungsrat (ERC) mit einem Advanced Grant aus.



Der Boom der Pfingstkirchen: Gottesdienst in der City Harvest Church, Singapur, März 2014. Foto: Edgar Su/Reuters/Corbis

## Büchertisch

# Markt, Mission



Die beiden großen Volkskirchen in Deutschland schrumpfen kontinuierlich, auch in anderen Teilen Europas „erodieren die alten volkswirtschaftlichen Christentümer“, wie der Münchner Theologe Friedrich Wilhelm Graf feststellt. Da mag einem die Botschaft von der Wiederkehr der Götter wenig einleuchtend erscheinen. Doch das ist ein reichlich

verengter Blick, das macht Graf in seinem neuen Buch einmal mehr klar, denn das Gegenteil ist der Fall – global gesehen: Heute zum Beispiel leben drei Viertel aller Christen außerhalb Europas, vor hundert Jahren war es nur ein Viertel. Insgesamt hat sich die Zahl der Christen seitdem weit mehr als verdreifacht. In Nigeria, um nur ein Beispiel zu nennen, leben heute mehr als doppelt so viele Protestanten wie in Deutschland, „dem Stammland der Reformation“, schreibt Graf, vor Kurzem emeritierter Ordinarius für Systematische Theologie und Ethik an der LMU. Auch die Zahlen von Muslimen, Hindus und Buddhisten sind deutlich gestiegen und werden weiter zunehmen.

Graf beschreibt diese religiöse Globalisierung, und schon der Untertitel verrät, welche Tonart er dabei anschlägt: „Wie die Welt zum Supermarkt der Religionen wird“. Der Theologe greift auf die Religionsökonomie zurück und nutzt das Marktmodell als Deutungsmuster: Er zeigt die ganze Diversifizierung der Angebotspalette und belegt, dass aufs

Ganze gesehen „aggressives God-selling“ mehr Konjunktur hat als die „konventionelle Vermarktung von Religionsprodukten“. So beschreibt Graf zum Beispiel detailliert, wie die protestantischen Pfingstkirchen in Lateinamerika, aber auch in Teilen Asiens und Afrikas dramatisch wachsen, macht klar, dass die „hohe Konversionsdynamik“ mit dem für diese Weltregionen „so zentralen Armutsthema“ zusammenhängt und wie stark sich dort Aufstiegshoffnungen daran knüpfen. Und Graf konstatiert nicht nur eine weitere Wiederkehr, eine Renaissance des Heiligen Krieges, als Prozess der Globalisierung. Er zeichnet auch die „extrem schnelle weltweite Ideenzirkulation“ von Weltbildern nach, mit denen eine „kreativistische Internationale“ ausgehend von den USA die Evolutionstheorie zugunsten des Schöpfungsglaubens aushebeln will. (math)

Friedrich Wilhelm Graf: Götter global. Wie die Welt zum Supermarkt der Religionen wird, C.H. Beck, München 2014, 286 Seiten, 16,95 Euro



## Der erste Kaiser

Er war einst der mächtigste Mann der Welt, ein glanzvoller Herrscher und dabei gleichzeitig ein Feldherr und Politiker, der nicht vor blutigen Taten zurückschreckte, um seine Macht auszubauen. „Habe ich meine Rolle gut gespielt? Nun, so klatscht Beifall!“, das waren laut Überlieferung die letzten Worte des ersten römischen Kaisers Augustus, als er am 19. August vor zweitausend Jahren in Nola auf Sizilien starb. Kein anderer Politiker, so schrieb sein Biograf damals, habe über derart viele Menschen und über ein solch großes Gebiet geherrscht wie er. Er regierte zur Epochenwende und führte das römische Reich aus einer Zeit blutiger Bürgerkriege in eine erfolgreiche Friedensperiode, in der auch Literatur und Kunst eine Blüte erlebten. Der Machtmensch Augustus war ein facettenreicher Mann.

Jetzt, zum 2000. Todestag, erscheinen zahlreiche Biografien, darunter auch der reich bebilderte Band *Divus Augustus. Der erste römische Kaiser und seine Welt*. Darin erklären mit dem Archäologen Ralf von den Hoff, dem Altphilologen Wilfried Stroh und dem Althistoriker Martin Zimmermann drei renommierte Kenner der Antike, warum die römische Kaiserzeit bis heute eine so große Wirkung entfaltet. Jedes der sechs Kapitel, die chronologisch die verschiedenen Phasen im Leben des Herrschers beleuchten, ist dreigeteilt in Geschichte, Kunst und Literatur. Blutige Bürgerkriege und die alles ent-

scheidende Auseinandersetzung zwischen Augustus und seinen Widersachern Marcus Antonius und Cleopatra spielen hier ebenso eine Rolle wie die politische Neuorganisation des römischen Imperiums. Jeder der drei Wissenschaftler hat seinen durchaus spezifischen Blick auf die Ereignisse. So stellt der Altphilologe fest, dass beispielsweise kaum zeitgenössische Literatur zu finden sei, die sich mit der anfänglichen Brutalität des neuen Herrschers Augustus beschäftigt, als sich dieser die Macht sichert. Der Archäologe schaut, wie sich die zunehmende Machtfülle in der Symbolwelt der Bilder auf Schildern, Münzen oder Bauwerken wiederfindet. Der Althistoriker verdeutlicht, mit welcher Brutalität, aber auch mit welch ausgeprägtem Spürsinn für die an ihn gestellten Erwartungen Augustus vorging. Die drei Wissenschaftler suchen auf ihrer Reise durch das Zeitalter des Augustus nach Spuren, in denen sich der mächtigste Mann der Welt verewigt hat. Die Abschnitte zur Geschichte der Augusteischen Zeit stammen jeweils von Martin Zimmermann, der an der LMU lehrt, die zur Archäologie übernimmt der Freiburger Forscher Ralf von den Hoff, die Literatur der emeritierte LMU-Altphilologe Wilfried Stroh. (huf)

Ralf von den Hoff, Wilfried Stroh, Martin Zimmermann: *Divus Augustus*, C.H.Beck, München 2014, 341 Seiten, 26,95 Euro



## Griechenlands Krisen

Der griechische Literaturnobelpreisträger Odysseas Elytis entwarf ein poetische Bild seiner Heimat: „Zerlegst du Griechenland in seine Einzelteile, so bleiben am Ende ein Olivenbaum, ein Weinstock und ein Schiff übrig. Was bedeutet, dass du es aus diesen Teilen auch wieder zusammensetzen kannst.“ Dass die Vergangenheit des Landes jedoch sehr komplex ist, zeigt die *Kleine Geschichte Griechenlands* von Ioannis Zelepos, Professor für Neogräzistik an der LMU. Es ist ein Streifzug durch die Entwicklung Griechenlands von den Unabhängigkeitskriegen über „Bayernherrschaft“, zwei Weltkriege und die Diktatur bis zur Ankunft im 21. Jahrhundert. Zelepos berichtet über die dramatische jüngere Geschichte, über den deutschen Besatzungsterror während des Zweiten Weltkriegs etwa, dem mehr als 500.000 Menschen zum Opfer fielen. Die Anbindung an Westeuropa löste mit dem Beitritt zur Währungsunion einen Kreislauf der Überschuldung aus, die der damalige Ministerpräsident Giorgos Papandreou beim Ausbruch der Finanzkrise 2009 die größte Herausforderung Griechenlands seit 1945 nannte. Eine Sicht, die laut Zelepos angesichts der vielen Krisen in Griechenlands Geschichte auch „Raum für Optimismus“ lasse. (nh)

Ioannis Zelepos: *Kleine Geschichte Griechenlands*, C.H. Beck, München 2014, 240 Seiten, 12,95 Euro



Herausforderungen in Ballungszentren: Rushhour in Peking. Foto: imaginechina/Corbis

## Die Zukunftsfrage

# Wohin bringt die Evolution den Menschen?

**Gisela Grupe**, Professorin für Anthropologie und Umweltgeschichte an der LMU und Direktorin der Staatssammlung für Anthropologie und Paläoanatomie, München: „Vorhersagen lässt sich so etwas nicht, weil die Betrachtung nur retrospektiv funktioniert. Tatsache ist, dass der Mensch sich dadurch, dass er die Umwelt formt, selbst neue Formen des Selektionsdruckes aufbaut. Ein Beispiel sind die Herausforderungen des Lebens in Ballungszentren, in komplett anthropogenen Umwelten. Oder denken Sie, um einen anderen Bereich zu nennen, an die Laktosetoleranz, die Europäer über die Jahrhunderte entwickelt haben – und damit den selektiven Vorteil nutzen können, den das reichhaltige Nahrungsmittel Milch bietet. Auf jeden Fall steckt noch viel Biologie in uns. Wie Genetik und Umwelt die Entwicklung des heutigen Menschen prägen, das wollen wir in einem neuen Schwerpunkt am Center for Advanced Studies aus einer ganzheitlichen Perspektive untersuchen.“

**Wolfgang Stephan**, Inhaber des Lehrstuhls für Evolutionsbiologie an der LMU: „Sicher hat sich der Mensch nicht durch die Kultur und Technikentwicklung von der biologischen Evolution abgekoppelt. Vielleicht müsste die Frage trotzdem eher lauten: Wohin führt der Mensch die Evolution? Denken Sie nur an den menschengemachten Klimawandel, mit dem sich beispielsweise die Verbreitungsgebiete von Tieren und Pflanzen dramatisch verändern. Handelt es sich bei solchen Anpassungsleistungen um Adaptationen, hinter denen vergleichsweise schnelle evolutionäre Entwicklungen stecken? Eine Frage, die mich als Genetiker besonders interessiert. Bisher hat man geglaubt, die Evolution sei durchweg ein sehr langsamer Prozess. Welche Mechanismen, so fragen wir uns jetzt, sorgen dafür, dass sie sich über eine viel kürzere Frist in Populationen genetisch niederschlägt?“

Protokolle: math

Lesen Sie ein ausführliches Gespräch zur Evolutionsbiologie im nächsten Heft.

### Impressum

#### Herausgeber

Präsidium der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München

#### Konzept und Redaktion

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

#### Autoren dieser Ausgabe

Maximilian Burkhardt, Hanno Charisius, Hubert Filser (huf), Monika Gödde (göd), Nicola Holzapfel (nh), Nikolaus Nützel, Alexander Störn

#### Design

Christoph Olesinski und Christine Meyer (Titel)

#### 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](http://www.lmu.de/einsichten)

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

Einsichten – Das Forschungsmagazin erscheint mit großzügiger  
Unterstützung der Münchener Universitätsgesellschaft.

