



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>

# UZH MAGAZIN

Die Wissenschaftszeitschrift  
25. Jahrgang | Mai 2016 | Nr. 2



## Nach dem Urknall

Was die Physik wissen will ab Seite 22

**Findige Cracker** Wie Jugendliche in den 1980er-Jahren Computerspiele knackten Seite 10

**Dichters neue Kleider** Ursula Amrein zeichnet ein vielschichtiges Bild Gottfried Kellers Seite 16

**Die letzte Reise** Theologe Simon Peng-Keller lehrt, wie man Sterbende begleitet Seite 46



Mehr Auto fürs Geld  
[www.kia.ch](http://www.kia.ch)

Der richtige  
Entscheid für  
Kopf und Bauch.  
Mit 204 PS!

cee'd GT

1.6 L T-GDi

Listenpreis CHF 35'777.-

minus Cash-Bonus

4'000.-



CHF

31'777.-\*



Kia cee'd GT



The Power to Surprise

Werden Sie ruhig unruhig! Durchtrainiert und voller Temperament wartet der Kia cee'd GT mit aufregenden Highlights auf: Recaro Sportledersitze, 18" Leichtmetall-Felgen, LED-Tagesfahrlicht, Bluetooth Freisprechanlage, Xenon Scheinwerfer, Startknopf, Doppelrohrauspuffanlage etc.

cee'd GT 1.6 L T-GDi 204 PS CHF 31'777.-



UEFA  
EURO2016  
FRANCE



Official Partner



Ihr Fachmann  
seit 1924.

**Emil Frey AG, Autohaus Zürich-Altstetten**

Badenerstrasse 600, 8048 Zürich

044 495 23 11, [www.lhrAutohaus.ch](http://www.lhrAutohaus.ch)



[facebook.com/lhrAutohaus.ch](https://www.facebook.com/lhrAutohaus.ch)

Abgebildetes Modell: Kia cee'd GT 1.6 L T-GDi man. (inkl. Option: Metallic-Lackierung CHF 590.-) CHF 32'367.-, 7,4 l/100 km, 171 g CO<sub>2</sub>/km, Energieeffizienzklasse G, Durchschnitt aller in der Schweiz verkauften Neuwagen: 139 g CO<sub>2</sub>/km (unverbindliche Preisempfehlung inkl. MwSt.). \* Die Aktion ist gültig auf gekennzeichnete Fahrzeuge bis 31.5.2016 oder solange Vorrat. Cash-Bonus CHF 4'000.- inbegriffen.

**Rechnungsbeispiel 3,9%-Leasing:** Kia cee'd GT 1.6 L T-GDi, Listenpreis CHF 35'777.- minus Cash-Bonus CHF 4'000.-, Nettopreis CHF 31'777.-, Leasingrate CHF 368.45, Leasingzins 3,9%, eff. Leasingzins 3,97%, Laufzeit 48 Monate, 10'000 km/Jahr, Sonderzahlung 15% (nicht obligatorisch), Kautions 5% vom Finanzierungsbetrag (mind. CHF 1'000.-), obligatorische Vollkasko nicht inbegriffen. Leasingpartner ist die MultiLease AG. Eine Leasingvergabe wird nicht gewährt, wenn sie zur Überschuldung der Konsumentin oder des Konsumenten führt.



## IMPRESSUM

### Herausgeberin

Universitätsleitung der Universität Zürich durch die Abteilung Kommunikation

### Leiter Publishing

David Werner, david.werner@kommunikation.uzh.ch

### Verantwortliche Redaktion

Thomas Gull, thomas.gull@kommunikation.uzh.ch  
Roger Nickl, roger.nickl@kommunikation.uzh.ch

### Autorinnen und Autoren

Theo von Däniken, theo.vondaeniken@kommunikation.uzh.ch  
Michael T. Ganz, michael@mtganz.ch  
Dr. Susanne Haller-Brem, haller-brem@bluewin.ch  
Prof. Georg Kohler, kohler@philos.uzh.ch  
Thomas Müller, thomas.mueller@email.ch  
Sascha Renner, sascha.alexander.renner@gmail.com  
Adrian Ritter, adrian.ritter@kommunikation.uzh.ch  
Simona Ryser, simona.ryser@bluewin.ch  
Dr. Tanja Wirz, tanja.wirz@gmx.ch  
Dr. Felix Würsten, mail@felix-wuersten.ch  
Claudio Zemp, claudio.zemp@gmx.ch

### Fotografinnen und Fotografen

Robert Huber, rh@roberthuber.com  
Ursula Meisser, foto@umeisser.ch  
Gerda Tobler (Illustration), gerda@gerdatobler.ch  
Stefan Walter, mail@stefanwalter.ch

### Gestaltung/DTP

HinderSchlatterFeuz, Zürich www.hinderschlatterfeuz.ch

### Korrektur, Druck und Lithos

Bruhin AG, druck/media, Pfarrmatte 6, 8807 Freienbach

### Adresse

Universität Zürich, Kommunikation,  
Redaktion UZH MAGAZIN  
Seilergraben 49, 8001 Zürich  
Sekretariat: Steve Frei  
Tel. 044 634 44 30 Fax 044 634 42 84  
magazin@kommunikation.uzh.ch

### Inserate

print-ad kretz gmbh, Tramstrasse 11, 8708 Männedorf  
Telefon 044 924 20 70 Fax 044 924 20 79  
info@kretzgmbh.ch

### Auflage

21000 Exemplare. Erscheint viermal jährlich

### Abonnenten

Das UZH MAGAZIN kann kostenlos abonniert werden: publishing@kommunikation.uzh.ch

ISSN 2235-2805

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck von Artikeln mit Genehmigung der Redaktion



Dieses Produkt wurde klimaneutral produziert.

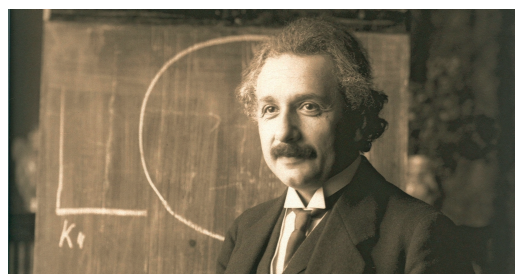
Website: www.kommunikation.uzh.ch/magazin

## EDITORIAL

# Physik Olympiade und das Rätsel der Materie

**I**m Juli treffen sich an der UZH die besten Physikalente der Welt. An der Internationalen Physik Olympiade (IPhO) messen sich 400 physikbegeisterte Jugendliche zwischen 18 und 20 Jahren aus 90 Ländern. An zwei Tagen haben sie Gelegenheit, ihr theoretisches und experimentelles Wissen und Können unter Beweis zu stellen ([www.ipho2016.org](http://www.ipho2016.org)).

Es ist kein Zufall, dass die IPhO an der UZH stattfindet, denn hier beschäftigen sich hervorragende Forscherinnen und Forscher mit den grossen Fragen der Physik. Einige davon stellen wir im Dossier dieses UZH-Magazins vor. Am Ursprung ihrer Arbeit steht die zunächst philosophische Frage, weshalb überhaupt etwas ist und nicht vielmehr nichts. Auf die Physik gemünzt bedeutet dies: Weshalb gibt es ein Universum voller Materie, obwohl sich – zumindest theoretisch – Materie und Anti-



Postulieren die Gravitationswellen: Albert Einstein.

materie gegenseitig aufheben sollten? Diesem Rätsel ist die «neue Physik» auf der Spur. Sie sucht nach bisher unbekanntem subatomaren Teilchen wie den so genannten sterilen Neutrinos. Der Teilchenphysiker Nicola Serra versucht am Cern in Genf diese in der Theorie vorausgesagten Teilchen dingfest zu machen.

Nach anderen subatomaren Teilchen, deren Existenz noch nicht nachgewiesen wurde, fahnden die Experimentalphysikerin Laura Baudis und der Theoretische Astrophysiker Prasenjit Saha. Die beiden Forscher versuchen das Geheimnis der Dunklen Materie zu lüften,

die etwa ein Viertel der Masse des Universums ausmacht, aber für uns nicht sichtbar ist.

Die Supermassiven Schwarzen Löcher, die Lucio Mayer erforscht, sind gigantisch: Sie können bis zu 20 Milliarden Mal so schwer sein wie unsere Sonne. Entstanden sind diese unsichtbaren Riesen vermutlich schon bald nach dem Big Bang.

Supermassive Schwarze Löcher können entstehen, wenn zwei Galaxien kollidieren und sich die Schwarzen Löcher in ihrer Mitte vereinigen. Bei solchen kosmischen Kollisionen werden starke Gravitationswellen ausgesendet. Diese sind so etwas wie Boten aus der Geschichte des Universums. Albert Einstein hat vor hundert Jahren die Existenz solcher Wellen postuliert. Erst kürzlich konnten sie mit einer Messung auf der Erde nachgewiesen werden. Der Theoretische Physiker Philippe Jetzer ist am LISA-Projekt (Laser Interferometer Space Antenna for the Detection of Gravitational Waves) beteiligt, das im All eine Art Riesenstethoskop einrichten will, um Gravitationswellen aus den Tiefen des Kosmos «abzuhören».

Neben den grossen Fragen zur Entstehung des Universums beschäftigen sich UZH-Physikerinnen und Physiker auch mit praktischeren Problemen. So erforschen Jürg Osterwalder und Thomas Greber Graphen. Das Supermaterial aus reinem Kohlenstoff hat das Potenzial, die Technik zu revolutionieren. Osterwalder und Greber schaffen mit ihrer Forschung die Grundlage für technische Anwendungen. Michael Chang beschäftigt sich mit einem weiteren vielversprechenden Material, den keramischen Hochtemperatursupraleitern, die bei einer bestimmten Temperatur Strom ohne Widerstand leiten. Bis heute ist allerdings nicht klar, weshalb.

*Wir wünschen eine spannende Lektüre,  
Thomas Gull und Roger Nickl*

**Titelbild:** Physikerin Laura Baudis fotografiert von Robert Huber

UZH MAGAZIN 2/16 3





9

**HEUREKA**

**Sinnvolles Zwitschern** Seite 6

**PHILOSOPHIE DES ALLTAGS**

**Heraklit und der Weltlauf** Seite 7

**BUCH FÜRS LEBEN**

**Frauen, Männer und Mäuse** Seite 8

**KUNSTSTÜCK**

**Flaneurin im Garten** Seite 9

**RÜCKSPIEGEL**

**Leiden helfen** Seite 9



16

**FORSCHUNG**

**Digitale Piraten**

Wie jugendliche Cracker Computerspiele knackten. Von Roger Nickl Seite 10

**Gefährliche Resistenz**

Wenn Antibiotika nicht mehr wirken. Von Susanne Haller-Brem Seite 14

**Kellers neue Kleider**

Ursula Amrein zeichnet ein neues Bild des «Nationaldichters». Von Thomas Gull Seite 16

**Die Moral des Markts**

Werte spielen bei ökonomischen Entscheidungen eine Rolle. Von Thomas Müller Seite 18



22-43

**DOSSIER**

**Nach dem Urknall**

Was die Physik wissen will

**Schöne Quarks**

Unbekannte Teilchen könnten die Physik revolutionieren. Von Theo von Däniken Seite 24

**Unsichtbare Schwächlinge**

Physiker wollen das Geheimnis der Dunklen Materie lüften. Von Michael T. Ganz Seite 26

**Kosmische Giganten**

Wie Supermassive Schwarze Löcher entstanden sind. Von Felix Würsten Seite 31





48

## Boten des Big Bang

Gravitationswellen erzählen die Geschichte des Universums. Von Stefan Stöcklin *Seite 34*

## Sternenstaub

Nachwuchsforschende über die Faszination der Physik. Von Claudio Zemp *Seite 36*

## Strom ohne Widerstand

Hochtemperatursupraleiter geben immer neue Rätsel auf. Von Thomas Gull *Seite 38*

## Zäher als Stahl

Das Supermaterial Graphen könnte die Technik revolutionieren. Von Roger Nickl *Seite 42*

### ESSAY

## Arabischer Feminismus

Wie Musliminnen um ihre Rechte kämpfen. Von Bettina Dennerlein und Yasmine Berriane *Seite 44*

### PORTRÄT

## Auf der letzten Reise

Theologe Simon Peng-Keller begleitet Sterbende. Von Simona Ryser *Seite 46*

### INTERVIEW

## Was wir für Geld tun

Brigitta Bernet und David Dorn über die Arbeitswelt gestern und morgen. *Seite 48*

### BÜCHER

## Adieu, «Fräulein»

Die UZH tat sich mit der «Frauenfrage» lange schwer. Von Tanja Wirz *Seite 52*

### SCHLUSSPUNKT

## Das Schnarchen der Physikerin *Seite 54*





Hat ein grosses Rufrepertoire, das syntaktischen Regeln folgt: die japanische Kohlmeise.

## Heureka – Neues aus der Forschung

### Sinnvolles Zwitschern

Die Sprache erlaubt es dem Menschen, mit einer begrenzten Anzahl von Lauten und Wörtern durch Kombinationen unendlich viele Bedeutungen zu schaffen. Anhand syntaktischer Regeln verbinden wir Wörter zu Wortgruppen und Sätzen und können so unterschiedlichen Dingen und Tätigkeiten eine Bedeutung zuweisen. Studien mit Primaten und Vögeln haben gezeigt, dass auch verschiedene Tierarten bedeutungslose Silben zu sinnvollen «Wörtern» verbinden. Doch die Evolution von Syntax wurde bislang als Einzigartigkeit der menschlichen Sprache angesehen.

Evolutionsbiologen der Universität Zürich können gemeinsam mit Kollegen aus Japan und Schweden nun erstmals zeigen, dass auch japanische Kohlmeisen (*Parus minor*) syntaktische Regeln entwickelt haben. Diese Singvogelart ist für ihr grosses Rufrepertoire bekannt. Die Wissenschaftler haben herausgefunden, dass die Vögel unterschiedliche Rufe und Rufkombinationen verwenden, um in bestimmten Situationen miteinander zu interagieren. Die Kombina-

tion von Ruflauten wie etwa «ABC» bedeuten «pass auf». Diese werden geäussert, wenn sich ein Sperber oder ein Nesträuber nähert – eine potenziell gefährliche Begegnung. «D-Rufe» hingegen heissen so viel wie «komm hierher». Die Vögel verwenden diesen Ruf, wenn sie eine neue Futterquelle entdeckt haben, oder um ihren Partner zum Nest zu rufen.

Die Kohlmeisen kombinieren diese beiden Rufvarianten, wenn sie sich beispielsweise Raubfeinden nähern und gemeinsam versuchen, diese zu vertreiben. Wird den Vögeln ab Tonaufnahme ein «ABC-D-Ruf» vorgespielt, werden sie in Alarmbereitschaft versetzt und rücken zusammen. Werden die Rufe jedoch in umgekehrter Reihenfolge «D-ABC» abgespielt, reagieren die japanischen Singvögel nicht.

Nature Communications. March 8, 2016. doi: 10.1038/ncomms10986

### Urtümlicher Riesenhai

Wer kennt ihn nicht, den Weissen Hai, der im Film sein Unwesen treibt? Aber es geht noch giganti-

scher und noch gefährlicher: Vor 23 Millionen bis 2,6 Millionen Jahren lebte der grösste Hai der Weltgeschichte, der *Carcharocles megalodon*. Dieser Raubfisch erreichte eine Körperlänge von bis zu 18 Metern und ernährte sich wahrscheinlich von Meeressäugtieren. Bislang wurden für sein Aussterben meist klimatische Veränderungen angeführt. Forschende der Universität Zürich untersuchten nun erstmals die geografische Verbreitung des Megalodon über diese Zeit und kamen zum Schluss: Der Riesenhai starb aus, weil sich die Artenvielfalt seiner Beutetiere reduzierte und neue Räuber als Konkurrenten auftauchten.

Das Team um Catalina Pimiento vom Paläontologischen Institut und Museum der UZH wertete rund 200 Funde von Megalodonen aus. Diese umfassen eine Zeitspanne von über 20 Millionen Jahren. Anhand der Daten rekonstruierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Ausbreitung und den damaligen Bestand der prähistorischen Tiere. Waren sie im frühen Miozän bis vor zirka 16 Millionen Jahren vor allem auf der Nordhalbkugel in warmen Gewässern vor Amerika, um Europa und im Indischen Ozean anzutreffen, stiessen sie später weiter an die asiatischen, australischen und südamerikanischen Küsten vor. Den höchsten Bestand erreichte die Tierart im mittleren Miozän, die grösste geografische Ausbreitung erst im späten Miozän. Vor etwa 5 Millionen Jahren folgte der kontinuierliche Niedergang, als sich im Pliozän allmählich eine bevorstehende Eiszeit ankündigte.

Journal of Biogeography. doi: 10.1111/jbi.12754

### Immer dicker

Während der letzten 40 Jahre hat die Weltbevölkerung an Gewicht zugelegt: Um 1,5 Kilogramm pro Dekade hat sich das Durchschnittsgewicht seit 1975 erhöht. Heute sind 375 Millionen Frauen und 266 Millionen Männer übergewichtig. Unter den einkommensstarken Ländern haben Japanerinnen und Japaner den tiefsten Body-Mass-Index (BMI), den höchsten BMI verzeichnen Männer und Frauen in den USA, wie die in der Fachzeitschrift «Lancet» erschienene Studie belegt. Evolutionsmediziner und Epidemiologen der Universität Zürich haben sich gemeinsam mit über 700 anderen Forschenden weltweit an dieser Metastudie beteiligt. Dabei wurden 1700 Studien zum BMI der Bevölkerung ausgewertet und die erst-



mals konsistent gemessenen Daten für eine Zeitspanne von 40 Jahren weltweit untersucht.

Rund um den Globus sind zurzeit 2,3 Prozent aller Männer und 5 Prozent aller Frauen stark fettleibig. Dadurch vergrössert sich ihr individuelles Risiko für Diabetes, Krebs, eine Nieren- oder Herz-Kreislauf-Erkrankung signifikant. Setzt sich der Trend zur Gewichtszunahme fort, werden im Jahr 2025 weltweit 18 Prozent der Männer und 21 Prozent der Frauen übergewichtig sein. Das von der WHO deklarierte Ziel einer globalen Stabilisierung der Fettleibigkeit im Jahr 2025 auf dem Niveau von 2010 ist laut Studienautoren unrealistisch.

Europaweit ragen die Schweizer Frauen heraus: Sie haben – gemeinsam mit bosnischen Männern – den tiefsten mittleren BMI. Grundsätzlich verlief die Entwicklung des Übergewichts in der Schweiz weniger schnell als in anderen Weltregionen. «Sie hat sich in den letzten Jahren sogar verlangsamt», wie Studienmitautor Frank Rühli vom Institut für Evolutionäre Medizin der Universität Zürich erklärt.

The Lancet, published April 1st, 2016

### Neuer Wirkstoff gegen Alzheimer

Seit Jahrzehnten wird weltweit intensiv an Medikamenten geforscht, um Alzheimer-Patienten zu behandeln. Doch während in der Diagnostik grosse Fortschritte zu verzeichnen sind – die Krankheit kann immer früher und präziser erkannt werden –, sind die Therapiemöglichkeiten nach wie vor sehr beschränkt. Zusammen mit Forschern in der Schweiz, in Deutschland und in Indien hat das Team von Prof. Lawrence Rajendran des Instituts für Regenerative Medizin der Universität Zürich nun eine zielgerichtet wirkende Substanz entwickelt. Diese blockiert die krankheitsverursachende Funktion eines Enzyms in den Zellen, ohne dessen andere, lebenswichtige Funktionen zu unterbinden. Die Forschungsergebnisse eröffnen neue Möglichkeiten, um Medikamente zu entwickeln, die keine schweren Nebenwirkungen haben.

Cell Reports, doi: 10.1016/j.celrep.2016.01.076  
Cell 163, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.023>

Ausführliche Berichte und weitere Themen unter:  
[www.mediadesk.uzh.ch](http://www.mediadesk.uzh.ch)

## Heraklit und der Weltlauf



Zu den berühmten Sätzen der Philosophie gehören die beiden Sprüche, die dem um 500 v. Chr. lebenden Heraklit, genannt der Dunkle, zugeschrieben werden: «Alles fliesst» und «Krieg ist der Vater aller Dinge». Es ist klar, dass Heraklit dabei nicht an das 21. Jahrhundert, an die super- und postindustrielle Zivilisation der Gegenwartsmoderne, gedacht hat. Dennoch passen seine Worte gut zu den Aggregatzuständen un-

---

*Der planetarische Gesamtprozess kümmert sich um die Klagen der von ihm Enteigneten so wenig wie die Lawine um das zerstörte Dorf.*

---

serer Epoche: Als Formen einer Wissensgesellschaft mit globalen Zügen in Zeiten krasser kultureller und ökonomischer Differenzen realisieren diese das Gegenteil von stabiler Identität und harmonischem Wandel. Man mag es bedauern, aber das ändert nichts an den Tatsachen.

Der planetarische Gesamtprozess kümmert sich um die Klagen der von ihm Enteigneten so wenig wie die Lawine um das zerstörte Dorf. Der von pragmatischer Zuversicht inspirierte Versuch, sich ins Geschehen einzufügen, ist die empfehlenswerte Einstellung; die Absicht, so leben zu lernen, dass man im Fluss bleibt und «Krieg» zur Bereitschaft wird, die Fahrt durch dialektisch – These, Antithese, Synthese – bestimmte Ereignisräume zu riskieren.

Aber was heisst das konkret? Was tun? Antworten sind nicht so schwer zu geben, wie man vielleicht meint. Denn zunächst ist – wie immer in Lagen unsicherer Orientierung – Besonnenheit

verlangt; das Interesse an der sorgfältigen Analyse gegebener Komplexitäten – was zugleich die Zuflucht zu einfachen Lösungen und schrecklichen Vereinfachungen verbietet. Und das erfordert zum Beispiel aktiven Widerstand gegen jegliche Art von Trumperei und Frontnationalismus, wo immer er auftritt.

Wer diese Arbeit unternimmt, kommt rasch auf zwei Einsichten, die der aktuellen Wahrheit von Heraklits Weisheit zugrunde liegen. Zum einen: Der Basisvorgang der Gegenwart ist die unablässige Produktion neuer, hoch effektiver und global anwendbarer, wissenschaftlich gesicherter Techniken zur Überschreitung zuvor vorhandener Begrenzungen menschlicher Verfügungsmacht. Mithilfe dieser kollektiv zugänglichen Potenziale wird jede Limite bisheriger Handlungsfreiheit durchbrochen; genauer gesagt, jede – noch – gegebene Schranke menschlicher Tatkraft wird sogleich zum Anlass des nächsten wissenschaftlich-technischen Fortschritts und der damit eröffneten Chancen, bisher geltende Ligaturen und deren ordnungsstiftende Freiheitsgrenzen aufzuheben: «Alles fliesst.»

Zum anderen: Da wir zwar auf einer Erde, doch in vielen verschiedenen Welten leben, also von einem Prozess bewegt, aber davon in unterschiedlichen Kulturen unterschiedlich betroffen sind, werden Zusammenstösse zwischen den Beteiligten unvermeidlich. Dass dadurch Krieg (im nicht mehr metaphorischen Sinn) nicht zum Vater aller Dinge wird, muss man wenigstens versuchen.

Wie? – Wiederum findet sich die erste Antwort auf dem Feld persönlicher Tugenden. Nämlich im Willen zur Selbstbeschränkung (so wäre die Klimakatastrophe vielleicht zu verhindern) und in der Haltung vernünftiger Unerschrockenheit, die etwa dem Terrorkrieg mehr als blosser Polizeigewalt entgegengesetzt. Wer diesen Rückgriff auf die Ebene persönlicher Entscheidungen nicht zu vollziehen weiss, dem nützt auch kein politisches Grossprogramm.

Georg Kohler ist emeritierter Professor für Politische Philosophie an der Universität Zürich.



## Frauen, Männer, Mäuse

Die 1970er-Jahre waren die Geburtsjahre der Soziobiologie. In der Anfangsphase dieses in der Folge sehr einflussreichen Arbeitsgebiets stand das männliche Geschlecht im Mittelpunkt der (überwiegend durch Männer repräsentierten) Forschung. Es herrschte die These vor, dass natürliche Selektion primär über das männliche Geschlecht wirkt. Die weiblichen Vertreter einer Art waren zwar wegen ihres Fürsorgeverhaltens für die Nachkommen von Bedeutung, galten ansonsten aber in Bezug auf ihr Fortpflanzungs- und Kooperationsverhalten als eher passiv, dem dominanten männlichen Verhalten untergeordnet.

Die Primatologin Sarah Blaffer Hrdy hat in ihrem 1981 erschienenen Buch erstmals sämtliche Daten zusammengetragen, die belegen, dass aus evolutionsbiologischer Sicht weibliche Primaten häufig unabhängig, kompetitiv, kooperativ und sexuell «selbstbestimmt» sind. Ihre These war, dass uns vergleichende Studien über unsere (stammesgeschichtlich gesehen) Verwandten Rückschlüsse zum Verhalten unserer Vorfahren

ermöglichen und wir dadurch eine recht überraschende Antwort auf die Frage erhalten «Was bedeutet es, eine Frau zu sein?». In einer New Yorker Buchhandlung fiel mir dieses Buch eher zufällig in die Hände.


Ich hatte kurz zuvor mit meiner Doktorarbeit über ein soziobiologisches Thema (über Hausmäuse) begonnen, und das Buch hat mir wichtige Botschaften für meine weitere wissenschaftliche Tätigkeit vermittelt – auch wenn ich einige erst später erkannte. Erst einmal war ich von der Präzision und kritischen Ausgewogenheit beeindruckt, mit der Sarah Blaffer Hrdy verhaltensbiologische Daten analysierte. Weiterhin führten mir ihre Überlegungen vor Augen, wie wissenschaftliches Denken durch den «Zeitgeist» beeinflusst wird und wie wichtig es ist, eine andere Perspektive zuzulassen, vorausgesetzt, man kann sie belegen!

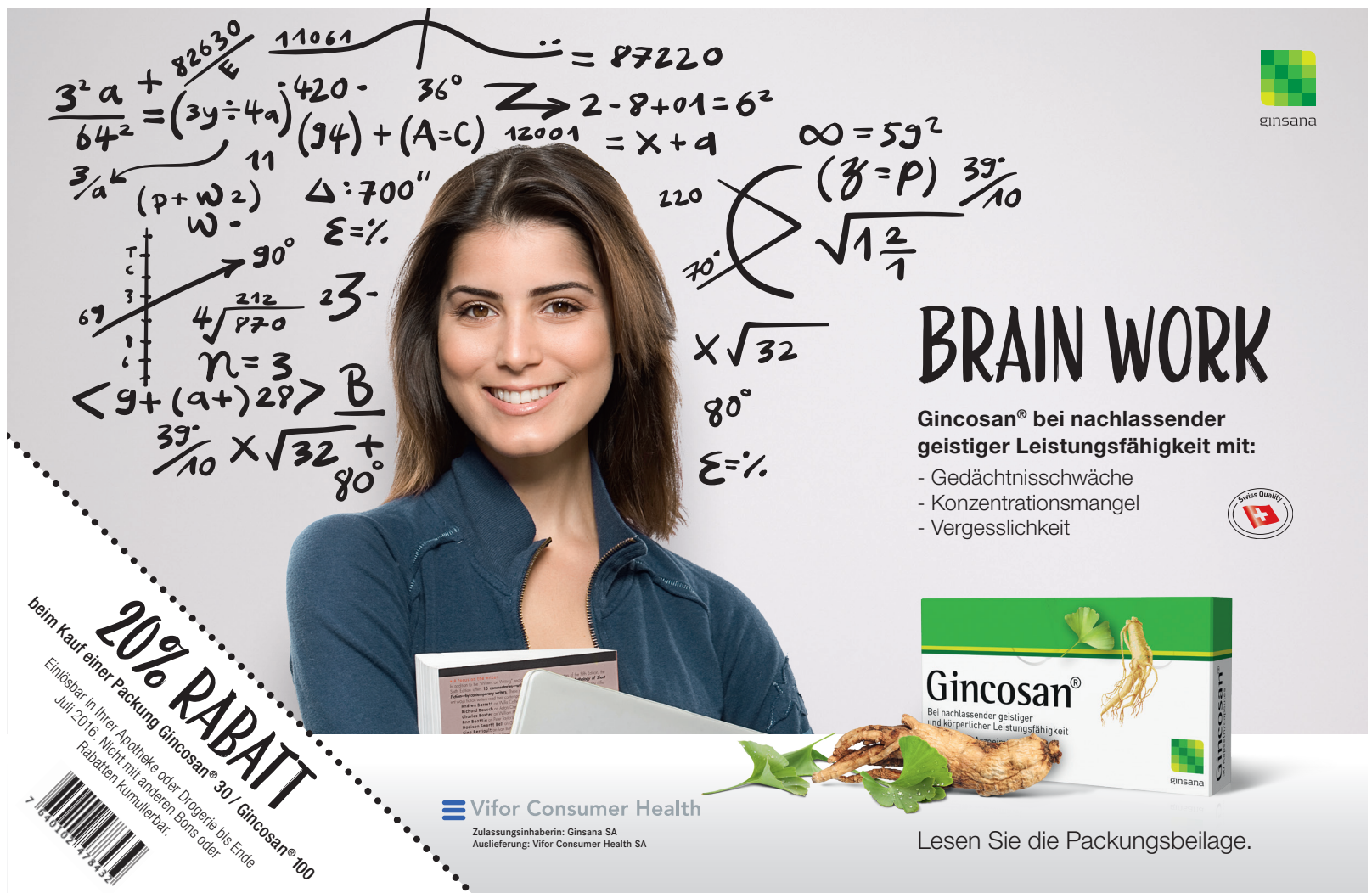
Mittlerweile hat sich die anfänglichen Ablehnung und heftige Kritik gegenüber Hrdys Thesen gelegt, die Soziobiologie ist den Kinderschuhen entwachsen und hat zu zahlreichen Studien geführt, die uns ein differenzierteres Verständnis des Verhaltens von weiblichen und männlichen

Primaten (Menschen eingeschlossen) ermöglichen. Biologie kann – und sollte – nicht allein den Menschen erklären, die Biologie zu ignorieren, würde aber bedeuten, wichtige Aspekte unseres Verhaltens nicht übergreifend erklären zu können und folglich misszuverstehen. Heute sind wir mit der Frage konfrontiert, wie unser biologisches (genetisches) Erbe unser Leben beeinflusst. Für mich stellte sich diese Frage erstmals nach der Lektüre des Buchs von Sarah Blaffer Hrdy. Aber auch heute erlaubt es noch Anregungen und kritische Gedanken zur unverändert wichtigen Genderdiskussion – und dies nicht allein aus feministischer Sicht.



Barbara König ist Professorin für Zoologie, speziell Verhaltensbiologie an der UZH.  
Sarah Blaffer Hrdy: **The Woman That Never Evolved.** Harvard University Press, Cambridge Massachusetts 1981





$$\frac{3^2 a + \frac{82630}{E}}{64^2} = (3y \div 4a) \cdot 420 - 36^\circ \rightarrow 2 - 8 + 01 = 6^2$$

$$\frac{11061}{12001} = X + a$$

$$\infty = 59^2$$

$$\frac{39^\circ}{10} \sqrt{1 \frac{2}{1}}$$

$$X \sqrt{32}$$


$$80^\circ$$


$$\epsilon = \%$$

# BRAIN WORK

**Gincosan® bei nachlassender geistiger Leistungsfähigkeit mit:**

- Gedächtnisschwäche
- Konzentrationsmangel
- Vergesslichkeit






Lesen Sie die Packungsbeilage.

**Vifor Consumer Health**  
Zulassungsinhaber: Ginsana SA  
Auslieferung: Vifor Consumer Health SA

beim Kauf einer Packung Gincosan® 30 / Gincosan® 100

Einlösbar in Ihrer Apotheke oder Drogerie bis Ende Juli 2016. Nicht mit anderen Bons oder Rabatten kumulierbar.







Trollhafte Expressivität: Wandgemälde von Hanny Fries.

## Flaneurin im Garten

Vom 11. Juni bis zum 10. Juli verwandelt die Wanderbiennale Manifesta Zürich in ein grosses Laboratorium für Kunst. Auch die Universität Zürich wird im Programm mit einer eigenen Ausstellung vertreten sein, die den interessanten Versuch macht, das Kreative und Schöpferische losgelöst von den Zuordnungen «Künstler» und «Wissenschaftler» zu denken. Kooperation lautet überhaupt das Mantra dieser Manifesta. Künstler arbeiten mit Vertretern lokaler Berufssparten zusammen, dem Polizisten, Metzger, Taxifahrer. Dies entspricht dem Ideal einer zeitgenössischen Kunstpraxis: Sie sucht die Interaktion, die Wirklichkeit, den Widerstand, den Ausbruch aus dem geschützten Museumsraum. Das Werk ist ein Prozess, ein Anlass, eine Begegnung und muss nichts Bleibendes und Feststoffliches an sich haben.

Gegenüber diesem Kunstbegriff nimmt sich ein Werk wie jenes, das ich kürzlich im Botanischen Garten der Universität Zürich entdeckt habe, trotz

seiner Grösse demütig aus. An der Fassade der Cafeteria zur Terrasse hin erstreckt sich das Wandgemälde über drei mal drei Meter. Es schämt sich nicht, als dekorativ zu gelten. Die Kratzspuren der Gartentische an den Emailplatten zeugen davon, dass das Werk den hier Speisenden keine distanzierte Hochachtung gebietet. Man lebt damit, und nahtlos fügt es sich motivisch in die Umgebung ein. Seine unscheinbare Präsenz macht das Werk rätselhaft. Auch einen Titel trägt es nicht. Seine Farbpalette beschränkt sich auf Blau, Grün, Türkis und Erdbraun. Monochrome Flächen ohne Schattierungen. Eine trollhafte Expressivität bestimmt die Linienführung. Man glaubt, Bäume, Pflanzen, eine Landschaft, Wasser zu erkennen – ein Abbild des Botanischen Gartens?

Das Werk aus dem Jahr 1976 stammt von Hanny Fries (1918 – 2009). In der Zürcher Kunstszene der Nachkriegszeit und bis zu ihrem Tod war sie ein Fixstern. Die überdimensionierte Sonnenbrille, die existenzialistische Erscheinung (Simone de Beauvoir bewunderte sie), ihr Einsitz in Jurys und Kommissionen, die ihr verliehenen Kunstpreise, das alles hält die Erinnerung an sie in ihrer Heimatstadt wach. Passend dazu war es nicht das Atelier, in dem sie sich vorzugsweise aufhielt, sondern öffentliche Orte. Cafés, Schalterhallen, Wegkreuzungen, Schiffsstege, Parks, Bahnhöfe, Warterräume. Nicht-Orte, die sich weder ins Gedächtnis einprägen noch eine über ihre Funktion hinausweisende Bedeutung haben. Es waren ihre Motive. Dort sass die zierliche Künstlerin stundenlang mit dem Skizzenblock und liess ihren Blick gleiten. «Der Flaneur arbeitet dann am intensivsten, wenn er unbeschäftigt scheint», pflegte sie zu sagen. Hier liegt auch der Schlüssel zur Arbeit ohne Titel im Botanischen Garten: Das Beiläufige schien ihr bedeutsamer als das Sinnträchtige.

Nach ihrem Tod vor sechs Jahren beginnt nun die Aufarbeitung und Erforschung ihrer Familiengeschichte und des Nachlasses. Schon ihr Vater und Grossvater waren Künstler, die das öffentliche Leben und den Kunstbetrieb prägten. Anhand ihrer Biografien lässt sich eine Zürcher Zeit- und Kunstgeschichte erzählen, die bis heute in weiten Teilen ungeschrieben und unerforscht ist. Gut möglich, dass auch die stille enigmatische Arbeit vor der Cafeteria neu zu sprechen beginnt.

Sascha Renner ist freier Kunstjournalist.

## Moralische Tat

Die Situation in Holland war prekär. Nachdem die Nationalsozialisten das Land im Mai 1940 besetzt hatten, wurden auch die Universitäten «gesäubert». Jüdische Universitätsangehörige wurden ermordet, nichtjüdische mussten eine Loyalitätserklärung zuhanden Nazideutschlands unterschreiben. Viele Wissenschaftler kündigten, tauchten in den Untergrund ab und gingen in den Widerstand.

Wegen Protesten gegen die Absetzung jüdischer Mitarbeiter schlossen die deutschen Besatzer die Universität Leiden – die grösste des Landes. Dies blieb in Zürich nicht ohne Reaktion. An der Senatsitzung der Universität Zürich riefen insbesondere Medizinprofessor Hans Fischer und Hans R. Schinz als Dekan der Medizinischen Fakultät zu einer «moralischen Tat» der Unterstützung auf. Im Dezember 1944 übernahm die UZH das Patronat über die Universität Leiden.

Warum erst mehr als vier Jahre nach der Besetzung? Die Antwort von Dekan Schinz im Senat zeigt die Ambivalenz, mit der der Herausforderung begegnet wurde. Erst jetzt, meinte Schinz unter anderem, sei die Neutralität der Schweiz durch die Armee genügend geschützt und die Unabhängigkeit des Landes nicht mehr bedroht. Mit anderen Worten: Eine universitäre Hilfsaktion für Holland konnte Nazideutschland nicht mehr so erzürnen, dass die Schweiz darob in Gefahr geriet.

Am 5. Mai 1945 war es endlich so weit, die Alliierten befreiten Holland. Im Rahmen des Patronats der Universität Zürich verbrachten im darauffolgenden Sommer rund 100 Dozentinnen und Dozenten der Universität Leiden mit ihren Angehörigen einen Erholungsaufenthalt in der Schweiz.

Zudem wurde Studierenden aus Leiden ein erleichtertes Studium an der Universität Zürich ermöglicht und Schweizer Dozierende hielten Gastvorlesungen in Leiden. Die Universität Leiden wurde im September 1945 wiedereröffnet. Heute ist sie mit rund 26 000 Studentinnen und Studenten ähnlich gross wie die Universität Zürich und wie diese ebenfalls Teil der League of European Research Universities (LERU). *Adrian Ritter*





Schöne neue Welt der Heimcomputer: An Cracker-Partys, wie hier 1988, traf sich jeweils die «Elite» der jugendlichen Computerspielknacker.

## Die Codeknacker

Cracker knackten in den 1980er-Jahren den Kopierschutz von Computerspielen und verbreiteten sie weiter. Gleb Albert erforscht diese Jugendszene und schreibt damit ein Stück Sozialgeschichte des Computeruntergrunds. Von Roger Nickl

1980 eroberte ein gefräßiger Kreis die Welt und nicht zuletzt die Zimmer von Jugendlichen rund um den Globus. Damals wurde das Computerspiel Pac-man veröffentlicht, in dem eine kreisrunde Figur mit grossem Schlund in einem Labyrinth Punkte fressen muss, während sie von bunten Gespenstern verfolgt wird. Gespielt wur-

den Spiele wie Pac-man bis dato vor allem auf eigens dafür entwickelten Spielkonsolen, die man an den Fernseher anschloss. Anfang der 1980er-Jahre begann sich dies allmählich zu ändern.

Damals zogen die ersten Heimcomputer mit eigener Tastatur in die Privathaushalte ein. Mit Geräten wie dem legendären Commodore 64 er-

öffneten sich ganz neue Möglichkeiten. «Man konnte mit diesen Geräten nun eigene Programme schreiben», sagt der Historiker Gleb Albert, «aber nicht nur das: Die Software, die man für die Computer kaufen konnte, wurde auf wiederbeschreibbaren Medien, Kassetten oder Floppy Disks, geliefert.» Die Software wurde somit theoretisch unbegrenzt und ohne Qualitätsverluste kopierbar.

### Computerbegeisterte Teenager

Genau dies machten sich die Jugendlichen, für die sich der Geschichtsforscher interessiert, damals zu Nutzen. Denn mit dem allmählichen Einzug des Heimcomputers in Stuben und Schlaf-



zimmer entstand in Europa und den USA eine neue Jugendkultur: die der Cracker. Cracker waren computerbegeisterte Teenager – meist männlich –, die sich zu Gruppen zusammenschlossen. Sie tüftelten gemeinsam Methoden aus, mit denen sie den Kopierschutz von Computerspielen knacken konnten, den die Hersteller in die Software integrierten, um eine Vervielfältigung zu verhindern.

Die geknackten Programme versahen sie hernach mit einem selber entworfenen, kunstvollen Vorspann, einem so genannten Cracker-Intro. «Diese visuellen Signaturen schufen eine Art Corporate Identity und enthielten auch das Logo der Gruppe», sagt Gleb Albert, «oft waren diese Vorspanne spektakulärer als die Spiele selbst.» Die Cracker wollten damit ihre Fähigkeiten als Programmierer und Grafiker unter Beweis stellen. Die so veränderten Spiele tauschten sie anschliessend in der Szene gegen andere Spiele aus – unter anderem an eigens dafür veranstalteten Copy-Partys, wo viele neu geknackte Games ihre Premiere erlebten. Oder sie vertickten sie auf dem Schulhof für ein kleines Entgelt. «Das war ein stückweit Beschaffungskriminalität», sagt der Historiker. Denn die Jugendlichen brauchten Geld etwa für das Briefporto, um die Spiele an Mitglieder der wachsenden Crackerszene in ganz Europa zu verschicken. In der Ära vor dem Internet war die gute alte Post noch einer der wichtigsten Übermittler von Informationen.

### Computercracks mit Doppelleben

Vom Gesetz her gesehen handelten die jugendlichen Softwarepiraten in einem Graubereich. Das Kopieren von kommerzieller Software wurde ab Mitte der 1980er-Jahre zunehmend illegal. Und so wurden Cracker immer wieder juristisch verfolgt und wegen Verstössen gegen das Copyright zu Geldstrafen verurteilt. Die Computerjugendlichen hatten aber auch smarte Strategien, um Konflikten mit dem Gesetz aus dem Weg zu gehen. «Die Cracker nutzten nationale Unterschiede in der Gesetzgebung aus – ein gemeinsames Urheberrecht für digitalen Content gibt es in Europa erst seit 1991», sagt Historiker Albert, «so wurden Softwarepiraten in Deutschland bereits in der zweiten Hälfte der 1980er-Jahre relativ scharf verfolgt, während die Schweiz das reinste Cracker-Paradies war.» Schweizer Cracker-Grup-

pen organisierten zur gleichen Zeit Copy-Partys, für die sie offensiv Werbung machten. Ganz unter dem Motto: «Bei uns kann euch nichts passieren.»

Trotz aller Illegalität wurden aber auch in Ländern mit einer straffen Gesetzgebung längst nicht alle Vergehen gegen den Kopierschutz geahndet. Zum einen lag dies an der Unerfahrenheit der Behörden im Umgang mit Computern. Zum anderen, dies zeigt die Forschung von Gleb Albert, gab es zwischen den Crackern und der Software-Industrie gemeinsame Interessen und entsprechend enge Verflechtungen. Die Spielehersteller brauchten fähige Fachleute und kreative Köpfe. Sie fanden sie – nicht zuletzt, wenn es darum ging, neue und bessere Kopierschutz-Routinen zu schreiben – bei den Autodidakten der Cracker-Szene. «Die Szene war eine unglaubliche Talentgrube», sagt Albert.

Und so gab es Cracker, die ein eigentliches Doppelleben führten. Als erfahrene Codeknacker

---

*Mit dem Einzug der Heimcomputer in die Stuben und Schlafzimmer entstand in den 1980er-Jahren eine neue Jugendkultur: die der Cracker.*

---

berieten sie Firmen bei der Entwicklung von sichereren Kopierschutz-Routinen, während sie gleichzeitig als Cracker im Computeruntergrund die Algorithmen der Konkurrenz entschlüsselten. So ist es auch kein Zufall, dass viele ehemalige Cracker mit den Jahren ganz die Seiten wechselten und Teil der Computerspielindustrie wurden. «In vielen Firmen der Game-Branche sind heute Mitarbeiter zu finden, die ursprünglich aus dem Computeruntergrund stammen», sagt Gleb Albert, «unter ihnen auch Firmengründer.»

### Symbiose mit Software-Industrie

Der Wissenstransfer bei Fragen des Kopierschutzes ist aber nicht der einzige Beleg für die Symbiose von Crackern und Software-Industrie. Es kam auch vereinzelt vor, dass Herstellerfirmen ausgewählten Cracker-Gruppen ein Computerspiel schon vor dessen Marktlancierung überliessen. Dies mit der Abmachung, es nur innerhalb der Szene-«Elite» zu verwenden und nicht weiterzuverbreiten. «Dieses Modell scheint sich für

die Industrie rentiert zu haben», glaubt Gleb Albert, «wurden die besten Cracker zufriedengestellt, dauerte es länger, bis ihre weniger fitten Kollegen den Code knackten.» In dieser Zeit konnte das Spiel von den Herstellern ohne illegale Konkurrenz gewinnbringend verkauft werden. Denn die ersten Wochen nach der Lancierung waren für den Erfolg eines Computerspiels in der schnelllebigen Branche entscheidend.

### Neoliberale Jugendkultur

Gleb Albert ist einer der ersten Historiker, die sich für die Jugendkultur der Cracker interessieren. Sein Ziel ist es, eine Sozialgeschichte des Computeruntergrunds in den 1980er-Jahren zu schreiben. Albert ist es wichtig, deutlich zwischen Hackern und Crackern zu unterscheiden – zwei Gruppen, die bislang meist in denselben Topf geworfen wurden. «Zu Unrecht», meint der Forscher, «denn Hacker und Cracker haben eine völlig unterschiedliche Genealogie.» Die Hacker haben ihre Wurzeln in Rechenzentren von US-Universitäten der 1970er-Jahre. Ihr Selbstverständnis und ihr Handeln waren stark politisch motiviert. «Den Hackern ging es darum, Informationen für alle zur Verfügung zu stellen», sagt Gleb Albert, «sie wollten einen emanzipatorischen Umgang mit dem Computer fördern und waren oftmals mit linksalternativen Bewegungen im Austausch.»

Im Gegensatz zu den Hackern hat die darauf folgende Generation der Cracker Politik kaum interessiert: Die 1980er-Jahre, in denen sie gross wurden, standen unter dem Zeichen des Neoliberalismus. Ronald Reagan in den USA und Margaret Thatcher in Grossbritannien setzten sich damals wortstark, tatkräftig und einflussreich für den freien Markt ein und bauten Sozialleistungen des Staats ab. In Deutschland etwa wurden von konservativen Publizisten zur gleichen Zeit ein Ende der «Gleichmacherei» und eine Rückkehr gesellschaftlicher Eliten gefordert. Die Cracker verstanden sich durchaus als eine solche Elite unter den jugendlichen Computernutzern.

«Etwas polemisch zugespitzt formuliert, waren sie eine der ersten neoliberalen Jugendsubkulturen», sagt Gleb Albert, der sein am Historischen Seminar der UZH angesiedeltes Projekt im Rahmen der internationalen Forschergruppe «Medien und Mimesis» durchführt. Die Cracker





Universität  
Zürich <sup>UZH</sup>

talk im turm

# Nach dem Urknall Was die Physik wissen will

Ein Teil der Materie im Universum ist unsichtbar. Woraus diese «Dunkle Materie» besteht, weiss man jedoch bis heute nicht. Laura Baudis will das herausfinden. Gravitationswellen sind Boten aus dem Universum. Der Theoretische Physiker Philippe Jetzer will die von Albert Einstein vorhergesagten Wellen im All messen. Im Talk im Turm diskutieren Philippe Jetzer und Laura Baudis mit den Redaktoren des UZH-Magazins, Thomas Gull und Roger Nickl, über ungelüftete Geheimnisse des Universums.

Es diskutieren:

Die Astro-Teilchenphysikerin Laura Baudis  
und der  
Theoretische Physiker Philippe Jetzer

Montag, 6. Juni 2016  
18.15–19.30 Uhr  
Türöffnung um 17.45 Uhr

Restaurant uniTurm  
Rämistrasse 71  
8006 Zürich

Anmeldung unter  
[www.talkimturm.uzh.ch](http://www.talkimturm.uzh.ch)  
Eintritt frei . Anmeldung erforderlich  
Platzzahl beschränkt



VENTURE  
KICK

AN INITIATIVE OF THE VENTURE KICK FOUNDATION

Explore the business potential of your technology:

**CHF 130.000  
TO KICK YOUR  
STARTUP**

A PHILANTHROPIC INITIATIVE OF A PRIVATE CONSORTIUM

— GEBERT RUF STIFTUNG —  
WISSENSCHAFT.BEWEGEN

ERNST GÖHNER STIFTUNG

FONDATION  
LOMBARD ODIER

OPPO STIFTUNG

RISING TIDE  
FOUNDATION

Fondation  
ProTechno

DebiopharmGroup  
WE DEVELOP FOR PATIENTS

André Hoffmann

Hansjörg Wyss

Get your kick: [venturekick.ch](http://venturekick.ch)

The team of QualySense - ©Tina Surzenegger





Experten in Sachen Kopierschutz: Die Cracker-Szene war für die Industrie eine Talentschmiede.

hätten den Zeitgeist, der uns bis heute prägte, ganz früh und ganz affirmativ aufgesogen, ohne dass sie sich in die ökonomische Theorie eingelese haben. Albert bezeichnet die Cracker-Kids als

*Wettbewerb war wichtig:  
Den Crackern ging es darum, wer  
der Beste ist, wem es am schnellsten  
gelingt, einen Kopierschutz zu  
entschlüsseln.*

«mimetische Unternehmer»: Ohne auf Gelderwerb aus zu sein, imitierten sie nicht nur die ästhetischen Formen der «erwachsenen» Unternehmen, sondern auch ihre Ethik und Praxis – wie in einem Spiel, das sie mit grossem Ernst betrieben.

So wurde neben dem Marketing und der Markenpflege, die die Softwarepiraten mit den «Crack-Intros» betrieben, auch der Wettbewerb unter den

Spieleknackern grossgeschrieben. «Die Szene war sehr stark meritokratisch ausgerichtet», sagt Albert. Der Wert eines Gruppenmitglieds wurde an seinen Fähigkeiten gemessen. Den Crackern ging es immer darum, wer der Beste ist, wem es am Schnellsten gelingt einen Kopierschutz aufzuheben. So hat es regelrechte Stars in der Szene gegeben, die an Copy-Partys zuweilen auch Autogramme verteilen mussten.

Einer dieser ehemaligen Cracker-Ikonen ist der mittlerweile 50-jährige Niederländer Joost Honig (Szenename: Honey), der heute eine E-Commerce-Firma leitet. Honig stellte private Dokumente für Gleb Alberts Online-Archiv «Got Papers?» zur Verfügung ([gotpapers.untergrund.net](http://gotpapers.untergrund.net)).

#### Den Zeitgeist verstehen

Solche Privatarhive sind neben Interviews mit Zeitzeugen eine wichtige Quelle für Gleb Alberts Forschungsprojekt. Gespräche mit den Crackern von gestern helfen ihm, den Zeitgeist und die Praktiken des Computeruntergrunds von vor

dreissig Jahren besser zu verstehen. Über seinen Blog versucht der Historiker neue Interviewpartner zu finden, aber auch an weitere schriftliche Quellen aus der Zeit zu kommen – Briefe, Magazine und Flyer. «Analoge Kulturtechniken waren in dieser fröhdigitalen Zeit äusserst wichtig», sagt der Forscher, «in der Geschichtsschreibung, die sich mit dem Computerzeitalter auseinandersetzt, wird dies oft vergessen.»

Cracker mussten viele handschriftliche Notizen machen. Denn sie konnten nicht – wie das heute möglich wäre – ein Programm knacken und gleichzeitig auf demselben Bildschirm in einem Word-Dokument ihre Gedanken dazu festhalten. Gleb Albert sammelt solche analogen Artefakte der digitalen Cracker-Kultur und baut damit sein Online-Archiv aus, das auch anderen Wissenschaftlern zu Verfügung stehen soll.

#### Kunst oder Kriminalität?

Spätestens mit der flächendeckenden Durchsetzung des Internets in der Mitte der 1990er-Jahre ging die Gründerzeit der Computercracker zu Ende. Erste Zerfallserscheinungen waren bereits ein paar Jahre vorher auszumachen. Der Teil der Szene, der sich vor allem mit den kreativen Crack-Intros beschäftigte, koppelte sich allmählich von den Codeknackern und Raubkopierern ab und begann sich ganz auf die Kunst zu konzentrieren und um die schönsten und besten digitalen Grafikeffekte und Computeranimationen zu wetteifern. «Daraus entstand die so genannte Demo-Szene, die es heute noch gibt», sagt Gleb Albert. «Sie trifft sich regelmässig an internationalen Wettbewerben, die ihre Wurzeln in den Copy-Partys der 1980er-Jahre haben.» Andere Cracker rutschten dagegen, um im harten Wettbewerb um die schnellsten Kopien zu bestehen, endgültig in die Kriminalität ab und betätigten sich im Kredit- und Telefonkartenbetrug, um ihre Daten kostenlos um den Globus zu schicken.

Auch heute noch versuchen Cracker Computerspiele zu knacken. Die Bedingungen dafür sind im Zeitalter von Internet und Social Media aber gänzlich andere als vor dreissig Jahren. Wie extrem sich Technologie und Gesellschaft in dieser kurzen Zeit verändert haben – auch dies macht die Forschung von Gleb Albert deutlich.

**Kontakt:** Dr. des. Gleb J. Albert, [gleb.albert@uzh.ch](mailto:gleb.albert@uzh.ch)



# Resistente Krankmacher

Bislang gab es kaum Bakterien, die gegen das Antibiotikum Colistin resistent sind. Das könnte sich ändern. Veterinärmediziner der UZH haben ein gefährliches Resistenzgen nachweisen können. Von Susanne Haller-Brem

Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation WHO verursachen multiresistente Bakterien allein in Europa rund 2,5 Millionen Spitaltage pro Jahr, rund 25 000 Menschen sterben daran. «Das Problem der Antibiotikaresistenzen ist riesig. Zurückdrehen lässt es sich längst nicht mehr, aber eventuell stabilisieren», sagt Roger Stephan, Professor für Tierärztliche Lebensmittelsicherheit und -hygiene an der Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich und Direktor des gleichnamigen Instituts. Die WHO warnt bereits vor einem Rückfall in «Vor-Antibiotika-Zeiten», in denen es gegen bakterielle Infektionen keine medizinische Hilfe gab. Dass solche Warnungen nicht aus der Luft gegriffen sind, haben chinesische Forscher letzten November gezeigt. Sie entdeckten in Darmbakterien von Schweinen und Hühnern aus Südchina ein leicht übertragbares Resistenzgen, MCR-1 genannt, das die Bakterien unempfindlich gegen Colistin werden lässt.

Colistin ist ein Antibiotikum, das bereits 1959 auf den Markt kam. Wegen diverser Nebenwirkungen wie beispielsweise Schädigung der Nieren wurde der Wirkstoff in der Humanmedizin aber nur selten eingesetzt. Gerade dies hat das Antibiotikum so wertvoll werden lassen. Durch die zurückhaltende Verwendung wurden bislang kaum Colistin-resistente Bakterien beim Menschen selektiert. Heute gilt Colistin gemäss WHO als letztes Reserveantibiotikum, das Ärzte einsetzen, wenn alle anderen nicht mehr helfen. In solchen Fällen nimmt man auch gravierende Nebenwirkungen in Kauf.

## Mobil und gefährlich

Ganz anders sieht die Situation in der Tierproduktion aus. Während in China Rinder, Schweine und Hühner routinemässig Antibiotika als Wachstumsförderer dem Futter beigemischt bekommen, sind solche Praktiken in der Schweiz seit 1999 und in der EU seit 2006 verboten. Hier dürfen Antibiotika nur therapeutisch eingesetzt werden, also bei

kranken Tieren. Veterinärmediziner verabreichen Colistin beispielsweise Ferkeln gegen Durchfallerkrankungen. In den vergangenen Jahren traten bei den Nutztieren zwar gelegentlich Bakterien mit Resistenzen gegen Colistin auf, diese breiteten sich aber kaum aus. Deshalb sah man sich bisher auch nicht gezwungen, etwas an den bestehenden Praktiken zu ändern. Doch nun sieht die Sachlage möglicherweise anders aus.

«MCR-1 ist ein Resistenzgen, das anders agiert als die bisher bekannten Colistinresistenzen», sagt Katrin Zurfluh, Postdoktorandin in Roger Stephans Forschungsgruppe, und fügt hinzu «das

---

*Die WHO warnt bereits vor einem Rückfall in «Vor-Antibiotika-Zeiten», in denen es gegen bakterielle Infektionen keine medizinische Hilfe gab.*

---

Gen ist nicht im chromosomalen Erbgut der Bakterien verankert, sondern sitzt auf genetisch mobilen Teilen, den Plasmiden.» Plasmide sind ringförmige, extrachromosomale DNA-Moleküle, die wie Legobausteine im Bakterium sitzen und sich leicht von einem Bakterium zum anderen verschieben lassen, auch zu einer komplett anderen Spezies. Genau das macht sie so problematisch. Das MCR-1-Gen bereitet den Wissenschaftlern auch deshalb Sorgen, weil auf Plasmiden nicht selten ganz viele verschiedene Resistenzmechanismen zu finden sind. «Ein solcher Sammeltopf an Resistenzgenen ist gefährlich», sagt Roger Stephan. Katrin Zurfluh ist Experte in Sachen Resistenzplasmide: Sie erforscht ESBL (Extended Spectrum Beta Lactamase) produzierende Darmbakterien, die bereits gegen eine breite Gruppe mit Penicillin verwandter Antibiotika resistent sind.

Seit der Publikation der chinesischen Forscher letzten November suchen Wissenschaftler welt-

weit nach dem MCR-1-Gen. In kurzer Zeit zeigte sich, dass dieses Resistenzgen nicht nur in China existiert, sondern bereits auch in vielen anderen Ländern zu finden ist. Katrin Zurfluh und Roger Stephan konnten diesen Resistenzmechanismus beispielsweise bei Kolibakterienstämmen in Importgemüse aus Thailand und Vietnam sowie in Geflügelfleisch, das aus Deutschland und Italien importiert worden war, nachweisen. Die Zürcher Wissenschaftler fanden auch in Gewässerproben aus dem Jahr 2012 einen Bakterienstamm mit MCR-1. Dabei handelte es sich um ESBL-produzierende Kolibakterien. Die Darmbakterien waren nicht nur gegen mit Penicillin verwandte Antibiotika resistent, sondern auch gegen Colistin.

## Resistenzbakterien auf Geflügelfleisch

Im Moment untersuchen die Zürcher Wissenschaftler die isolierten Bakterienstämme weiter und hoffen, bald mehr über die verschiedenen plasmidgebundenen Resistenzen zu wissen. «Das MCR-1-Gen kann über viele Kanäle, auch entlang der Lebensmittelkette, zum Menschen übertragen werden und hatte dazu anscheinend schon einige Jahre Gelegenheit», bilanziert Roger Stephan. Interessanterweise fanden die Forscher bei Schweinen in der Schweiz, also dort, wo Colistin eingesetzt wird, bis anhin noch keine MCR-1 tragenden Stämme.

Hingegen ist MCR-1 bei Bakterienstämmen auf Importgeflügelfleisch zu finden, obwohl hier das Antibiotikum gar nicht verwendet wird. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass MCR-1 eventuell co-selektiert wird und die Colistinresistenz nur eine «Begleiterscheinung» ist. «Deshalb dürfen wir auch keine Schnellschüsse wie zum Beispiel ein Verbot der Anwendung von Colistin bei Tieren aussprechen, denn im Moment wissen wir schlicht noch zu wenig», sagt der Veterinärmediziner. Es sind ja kranke Tiere, die behandelt werden müssen. Mit einem Ausweichen auf andere Antibiotika kommt es eventuell zu noch grösseren Kollateralschäden – möglicherweise würde man den Teufel mit dem Beelzebub austreiben.

Resistenzen sind Teil eines natürlichen Selektionsprozesses, der aber in den letzten Jahrzehnten durch übermässigen und wenig gezielten Antibiotikagebrauch aus dem Ruder gelaufen ist.





Das Gen, das Bakterien gegen das Antibiotikum Colistin resistent macht, wurde erstmals in chinesischen Hühnern entdeckt.

Je mehr Antibiotika verwendet werden, desto eher werden Bakterien überleben, die resistent sind. Das Auftreten der mobilen Colistinresistenz macht einmal mehr deutlich, wie wichtig der verantwortungsvolle Umgang mit Antibiotika in der Humanmedizin, der Tiermedizin und der Agrarwirtschaft ist. «Alle sitzen im gleichen Boot, es braucht eine One-Health-Strategie», sagt Roger Stephan. Die Einsicht dafür ist bei den verschiedenen Institutionen in den letzten Jahren gewachsen, auch in der Schweiz.

Dass man den Fernen Osten – den Schmelztiegel für die Entwicklung von Antibiotikaresistenzen – dafür gewinnen kann, ist im Moment kaum wahrscheinlich. Auf jeden Fall sollten Antibiotika nicht nur sparsamer, sondern auch gezielter

eingesetzt werden. Wenn man beispielsweise immer überprüfen würde, wogegen ein Erreger resistent ist, wüsste man, welches Antibiotikum wirkt. Das wäre der richtige Weg. Roger Stephan Institut leistet in der Veterinärmedizin und in der Landwirtschaft Pionierarbeit. «Wir analysieren laufend die Resistenzsituation bei den wichtigsten Euterinfektionserregern der Kuh», sagt er. Dieses Wissen erlaubt den Tierärzten, das adäquate Antibiotikum auszuwählen.

#### **Gesündere Tiere**

Eine zusätzliche Strategie zur Antibiotikaminimierung wäre, die Rahmenbedingungen in der Nutztierhaltung weiter zu optimieren, um die Gesundheit von Nutztieren zu verbessern. Nur

krankte Tiere müssen behandelt werden. Würde man beispielsweise die Kälber länger bei der Mutter lassen, hätten sie genug Antikörper über die Muttermilch aufgenommen, um sich gegen Krankheiten besser zu wehren. Überdenken muss man gemäss Roger Stephan auch die Verbreitung von multiresistenten Bakterien in die Umwelt beispielsweise über das Ausbringen von Gülle oder Abwasserreinigungsanlagen. Es braucht Anlagen, die nicht nur chemische Substanzen aus dem Wasser filtern können, sondern auch neue Technologien, mit denen sich Bakterien aussondern lassen.

**Kontakt:** Prof. Roger Stephan, [stephanr@fsafety.uzh.ch](mailto:stephanr@fsafety.uzh.ch)



# Der ganze Keller

«Shakespeare der Novelle», «grossköpfiger Zwerg», «Schutzgeist der Heimat» – Gottfried Keller wurde so manches Etikett verpasst. Jetzt zeigt ein Handbuch den «Nationaldichter» Keller in neuen Kleidern. Von Thomas Gull

Zu Lebzeiten wusste Gottfried Keller mit Bestimmtheit, was er nicht sein wollte: ein Schweizer Dichter. Die Idee einer Schweizer Nationalliteratur hielt er für provinziell und tat sie als «Alpenrosenpoesie» ab. Wie die meisten anderen Schweizer Autoren seiner Zeit definierte er sich über eine doppelte Zugehörigkeit zur Schweiz als politischer Nation einerseits und zur deutschen «Geisteskultur» andererseits.

Das hat nicht verhindert, dass Keller postum zum Schweizer Nationaldichter stilisiert und als Vorläufer einer reaktionären Heimatdichtung vereinnahmt wurde. Den Anfang dieser Mythologisierung wider Willen machte C. F. Meyer, der Keller in einem Nachruf als «Schutzgeist der Heimat» bezeichnete. Doch die Etikettierung Kellers als Schweizer Nationaldichter sei keine Auszeichnung, sondern stelle ihn «in den Schatten», erklärt Ursula Amrein, Professorin am Deutschen Seminar der UZH. Keller war eben gerade kein Alpenrosenpoet, Keller war einer der grossen Dichter der deutschen Sprache in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

## Atheist und Melancholiker

Diesen grossen, vielseitigen, streitbaren und streitlustigen, zuerst immer wieder scheiternden und am Schluss grandios erfolgreichen Schriftsteller, Patrioten, Atheisten und Melancholiker Gottfried Keller rückt Ursula Amrein jetzt ins rechte Licht – mit dem von ihr herausgegebenen Handbuch «Gottfried Keller. Leben – Werk – Wirkung». Die Grundlage dazu lieferte die «Historisch-kritische Gottfried-Keller-Ausgabe», zu deren Herausgebern Amrein zeitweilig gehörte und die 2013 abgeschlossen wurde.

Ja, Gottfried Kellers Leben war über lange Zeit geprägt von unglücklichen Wendungen und gescheiterten Ambitionen. Als der 1819 geborene Keller fünf Jahre alt war, starb sein Vater, ein erfolgreicher und politisch engagierter Drechslermeister, später wurde die zweite Ehe seiner Mut-

ter mit dem ersten Gesellen der väterlichen Werkstatt gerichtlich geschieden. Im selben Jahr wurde Keller als vermeintlicher Rädelsführer eines Schüleraufstands gegen einen missliebigen Lehrer von der Schule verwiesen. Ein Entscheid, der für ihn der «Todesstrafe» gleichkam. Zeitlebens litt er unter dem Gefühl seiner «verhunzten» Bildung. Seinen ersten Berufswunsch, Landschaftsmaler zu werden, konnte er nicht verwirk-

---

*An seinem ersten Arbeitstag als  
Staatsschreiber musste Keller  
nach einem Besäufnis von einem  
Regierungsrat aus dem Bett  
geholt werden.*

---

lichen – er ging nach München um zu studieren, frequentierte aber stattdessen die Kneipen und kehrte 1842 nach zwei Jahren erfolg- und mittellos in die Schweiz zurück. Kellers erster Anlauf als Künstler war gescheitert.

Die Wende brachte ein eigentliches Erweckungserlebnis: Zurück in Zürich las Keller die revolutionären Schriften von deutschen Emigranten wie Georg Herwegh (1817–1875), die ihn zum Schluss brachten, sich «dem Kampfe für die völlige Unabhängigkeit und Freiheit des Geistes und der religiösen Ansichten in die Arme zu werfen». Solcherart beflügelt, wandte sich Keller dem Schreiben zu und verfasste politische Gedichte wie «Sie kommen, die Jesuiten!». Keller nahm an zwei Freischarenzügen gegen Luzern teil und trat als politischer Publizist in Erscheinung. Die politische Agitation verschaffte ihm die Aufmerksamkeit der liberalen Kreise in Zürich, die ihn mit einem Stipendium förderten, das ihm erlaubte, zuerst in Heidelberg und dann in Berlin zu studieren.

In Heidelberg lernte Keller als rund Dreissigjähriger den deutschen Religionsphilosophen Ludwig Feuerbach kennen, einen vehementen

Verfechter des Atheismus, der auch Keller überzeugte. «Feuerbach besiegelte Kellers diesseitsbezogene Anthropologie, die mit der Politisierung Anfang der 1840er-Jahre eingesetzt hatte», schreibt dazu Michael Andermatt im Keller-Handbuch. Kellers Schluss aus der Vorstellung einer Welt ohne Gott war, dass man als Mensch nur ein Leben hat und nichts im Jenseits nachgeholt oder kompensiert werden kann. Sein künstlerisches Schaffen ist deshalb geprägt von einer radikalen Diesseitsorientierung.

## Gottfried-Keller-Aktie

Den spätberufenen Studenten Keller hielt es nicht lange im beschaulichen Heidelberg. Nach zwei Jahren zog er weiter nach Berlin, wo er als Dramatiker reüssieren wollte und sich deshalb gleich gegenüber dem Staatstheater einquartierte. Auch dieser Plan scheiterte. Trotzdem legte Keller in seiner Berliner Zeit den Grundstein für seine späteren Erfolge: Er arbeitete an der ersten Fassung des «Grünen Heinrich», am ersten Band der «Leute von Seldwyla» und weiteren Prosaprojekten, die erst nach seiner Zeit als Staatsschreiber publiziert wurden. In Berlin wurde der Lyriker zu dem Roman- und Novellenautor, der später zu Weltruhm gelangte.

Vorderhand sah es noch nicht danach aus. Als die mehrmals verlängerten Stipendien aus Zürich ausblieben, versank Keller erneut in Schulden, worauf in Zürich liberale Kreise um Alfred Escher und den späteren Bundesrat Jakob Dubs eine «Gottfried-Keller-Aktie» herausgaben, mit der die Schulden teilweise getilgt werden konnten.

Doch Keller machte es seinen Förderern und Freunden nicht einfach. Er lehnte das Angebot einer Professur am neu gegründeten Polytechnikum in Zürich (heute ETH) ab, weil ihm die Arbeitslast zu gross schien. Erst mit seiner Ernennung zum Staatsschreiber des Kantons Zürich 1861 (Keller war 42-jährig) war er seine finanziellen Sorgen los. Keller versah dieses Amt während 16 Jahren gewissenhaft, obwohl er an seinem ersten Arbeitstag nach einem Besäufnis mit anschliessender Prügelei von einem Regierungsrat aus dem Bett geholt werden musste. Während dieser Zeit versiegte allerdings Kellers literarische Produktion.

Kellers grosse literarischen Erfolge, die auch seinen Nachruhm begründeten, setzten 1871





Kein Alpenrosenpoet: «Die Etikettierung als Nationaldichter stellt Keller in den Schatten», sagt Germanistin Ursula Amrein.

ein – noch während seiner Zeit als Staatsschreiber – mit dem Wiederabdruck von «Romeo und Julia auf dem Dorfe» in der Anthologie «Deutscher Novellenschatz». Die Anthologie machte Keller auch in Deutschland bekannt als «grossen, bislang zu wenig gewürdigten Novellisten» (Andermatt) und adelte ihn als «Shakespeare der Novelle». Durch den Erfolg ermutigt, publizierte Keller die «Sieben Legenden» – ein älteres Manuskript, das jahrelang in der Schublade vor sich hingedämmert hatte, und begann an der Fortsetzung der «Leute von Seldwyla» zu arbeiten.

Nun stellte sich der Erfolg ein. Das erlaubte ihm, 1876 seine Stelle als Staatsschreiber aufzugeben und bis zu seinem Tod 1890 als freier und nun gefeierter Schriftsteller zu leben. Kellers Ruhm kulminierte in den Feierlichkeiten zu seinem siebzigsten Geburtstag, denen er entfloh, und schliesslich in seiner Beerdigung rund ein Jahr später, bei der «ganz Zürich auf den Beinen und an den Fenstern war». Der sperrige Dichter wurde mit einem eigentlichen Staatsbegräbnis gewürdigt. Keller galt zu diesem Zeitpunkt als «herausragender Dichter deutscher Sprache und zugleich als Repräsentant der kulturellen und politischen Schweiz nach 1848» (Ursula Amrein).

#### **Unbändige Phantasie**

Mit der pompösen Abdankungsfeier, den Nachrufen und Würdigungen begann auch Kellers «Vergötzung» (Carl Spitteler). Er musste postum allerhand Deutungen über sich ergehen lassen, gegen die er sich nun nicht mehr zu Wehr setzen konnte. So wurde er etwa als Vorläufer der anti-modernen Heimatliteratur vereinnahmt, durch C. F. Meyer zum «Schutzgeist» stilisiert, und schliesslich bei den Gedenkfeiern zu seinem 100. Geburtstag 1919 und seinem 50. Todestag 1940 als Nationaldichter belobigt. Beide Anlässe fielen in eine Zeit nationalistischer Selbstvergewisserung der Schweiz.

Ironischerweise erkannten nicht nur die Antimodernisten, sondern auch die Autoren der Moderne und die Naturalisten in Keller einen ihrer Vorläufer. Der Dichter des «Grünen Heinrich» landete zudem auf der Couch der Psychoanalytiker. Das von Sigmund Freud herausgegebene Journal «Imago» publizierte 1916 die Studie «Gottfried Keller. Psychoanalytische Behauptungen und Vermutungen über sein Wesen und sein Werk». Darin



## FORSCHUNG

wird Kellers Werk als Kompensation für ein verfehltes Leben gelesen mit inzestuöser Mutterbeziehung und «schmerzlichem Bewusstsein körperlicher Minderwertigkeit» des «groszköpfigen Zwergs». Keller hätte den Verfasser der Studie wohl in eine wüste Schlägerei verwickelt, wenn er noch gelebt hätte.

Ursula Amrein zeichnet Kellers Nachleben und die damit verbundenen Deutungskontroversen bis in die 1940er-Jahre detailliert nach. Für sie ist klar, dass die «zählebigen Stereotype» der Keller-Deutung bis heute «einer verharmlosenden und verfälschenden Lektüre Vorschub leisten». Das Keller-Handbuch soll hier Gegensteuer geben und Keller als den Dichter erkenn- und lesbar machen, wie Amrein ihn sieht: als poetischen Realisten, der seine Gegenwart mit dem Allgemeingültigen und Idealen verschränkte, oder, um es mit Kellers eigenen Worten auszudrücken, «in der gemeinen Wirklichkeit eine schönere Welt wiederherzustellen durch die Schrift». Mit Beschönigung und Verharmlosung habe das nichts zu tun, sagt Ursula Amrein. «In Kellers Geschichten blitzt immer wieder eine hintersinnige und kaum zu bändigende Phantasie auf.»

### Verheissungsvoll und prächtig

Das Handbuch stellt Keller in seinen zeitgenössischen historischen Kontext. Dazu gehört, dass Keller nicht nur als Romanautor und Meister der Novelle gezeigt wird, sondern auch als Lyriker, gescheiterter Dramatiker, als Maler, politischer Heissporn, gut vernetzter Intellektueller, als Sohn, der lange, lange am (finanziellen) Rockzipfel seiner Mutter hing, und – eher en passant – als glückloser Verehrer.

Ursula Amrein und die anderen Keller-Spezialisten machen in ihren sorgfältig recherchierten und eingängig geschriebenen Beiträgen Kellers künstlerische Entwicklung und seine Karriere nachvollziehbar und ermöglichen einen neuen Blick auf den Nationaldichter wider Willen, der nun in neuen Kleidern vor uns steht, doch recht verheissungsvoll und prächtig, und uns einlädt, ihn wieder zu lesen.

**Kontakt:** Prof. Ursula Amrein, [ursula.amrein@ds.uzh.ch](mailto:ursula.amrein@ds.uzh.ch)

**Literatur:** Ursula Amrein (Hg.): «Gottfried Keller Handbuch. Leben – Werk – Wirkung», Metzler Verlag, erscheint im Juli.



Ein fairer Preis für ein faires Produkt: In dieser Fabrik in Vietnam werden die Arbeitsbedingungen regelmässig überprüft.

## Fairer als gedacht

Weshalb geben Menschen für ein faires Produkt mehr Geld aus? Der Ökonom Björn Bartling zeigt, dass gesellschaftlich verankerte moralische Normen stärker sein können als der Wettbewerb. Von Thomas Müller

Ein weisses Hemd ist ein weisses Hemd. Dem Produkt ist nicht anzusehen, wie es hergestellt wurde. Vielleicht ist das Hemd etwas teurer, weil die Näherinnen einen fairen Lohn erhielten. Oder es ist ein Schnäppchen, und die Textilarbeiter arbeiteten womöglich unter unmenschlichen Bedingungen. Doch der reine Gebrauchswert des weissen Hemds bleibt unbeeinflusst davon, ob das Kleidungsstück nun fair oder ausbeuterisch produziert wurde.

Wie kann es also sein, dass faire und damit in der Regel teurere Produkte am Markt überleben?

Auf solche Fragen hat sich Björn Bartling spezialisiert, Professor an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich. Faires Verhalten, so viel ist klar, spielt in bilateralen Beziehungen eine wichtige Rolle. Erst wenn die Zahl der Akteure steigt und eine Marktsituation mit Wettbewerb entsteht, schwindet die Fairness.

Umstritten ist das Ausmass der Erosion. Etlliche Forschungsergebnisse lassen den Schluss zu, dass nur noch eines zählt, wenn eine grössere Zahl von Anbietern und Kunden aufeinander-





treffen: die Maximierung des eigenen Gewinns. Demnach holt jeder Akteur für sich das Beste heraus – und im Markt bleiben Fragen der Moral auf der Strecke. Diesen Schluss legen beispielsweise die Marktexperimente nahe, die der spätere Nobelpreisträger Vernon Smith bereits in den 1960er-Jahren durchgeführt hatte.

#### Fairness im Labor

«Das haben wir uns nochmal näher angeschaut», sagt der 42-jährige Verhaltensökonom Bartling. Die Resultate seiner Forschung sind bemerkenswert. So gelingt ihm der Nachweis, dass Fairness auch unter kompetitiven Marktbedingungen eine wichtige Rolle spielt – und zwar dann, wenn die entsprechende moralische Handlung auf einer gefestigten gesellschaftlichen Norm beruht. Zudem stiess er auf einen verblüffenden Katalysatoreffekt, mit dem sich die Zahl fairer Transak-

tionen markant steigern lässt. Ausgangspunkt war ein Experiment, das erlaubt, die Entscheide der einzelnen Marktteilnehmer im Verhaltenslabor nachzuverfolgen. Die Laborsituation hat den Vorteil, dass das Resultat unverfälscht ist. Es funken keine nicht messbaren Einflüsse dazwischen, wie das in den echten Märkten der Fall ist – so kann es zum Beispiel sein, dass ein faires Produkt deshalb gekauft wird, weil Konsumenten es für qualitativ besser halten.

Am Experiment nahmen je sechzehn junge Frauen und Männer teil. Sie wurden per Los einer Gruppe zugeteilt. Die einen übernahmen die Rolle einer Firma, die ein Produkt anbietet, andere wurden zu Kunden. Die dritte Gruppe wie-

---

*«Ob der Markt die Moral  
korrumpiert, hängt von der Stärke  
der gesellschaftlichen Normen ab.  
Diese können stärker sein als die  
Kräfte des Wettbewerbs.»*

---

derum bestand aus Personen, die möglicherweise geschädigt werden, wenn ein Produkt gehandelt wird. Stets gab es mehr Anbieter als Käufer, um den Wettbewerb anzuheizen. Zur Auswahl standen zwei Produkte: ein günstiges, das die dritte Partei schädigt, und ein faires Produkt, das in der Herstellung etwas teurer war. Der Gebrauchswert der beiden Produkte war jedoch identisch. Dann wurde gehandelt, Handelsrunde um Handelsrunde. Insgesamt spielten mehrere hundert Personen, in der Regel Studierende, im Zürcher Labor diese Marktsituationen durch. Manche «Firmen» und manche «Kunden» verhielten sich so, wie man es von Homo oeconomicus erwartet: Sie rechneten kühl und maximierten ihren eigenen Nutzen, indem sie das günstigere Produkt handelten, ungeachtet des Schadens für die Drittpartei.

Überraschend häufig aber ging das faire Produkt über den Ladentisch, obwohl die Produktionskosten für den Verkäufer höher waren und der Kunde mehr dafür hinblättern musste. Die fairen Produkte erreichten 45 Prozent Marktanteil. «Das zeigt, dass auch in freien Märkten faires Verhalten entstehen kann, getrieben durch die freiwillige Zahlungsbereitschaft der Konsumenten

und Konsumenten», hält Björn Bartling fest. Selbst wiederholte Marktinteraktion verdrängte die Moral nicht, nach zwei Dutzend Spielrunden war der Anteil des fairen Produkts immer noch praktisch gleich hoch.

Anschliessend führte Bartling dasselbe Experiment an der Shanghai University of Finance and Economics durch. Dort wichen die Resultate auffällig von den schweizerischen ab. Die chinesischen Studentinnen und Studenten verhielten sich im Marktexperiment deutlich unfairer. Sie hatten viel weniger Probleme damit, mit dem Kauf eines Produkts anderen Menschen Kosten aufzubürden, um den eigenen Vorteil zu vergrössern. Das faire Produkt kam auf 16 Prozent Marktanteil.

Sind die Menschen in China also generell egoistischer als die Menschen in der Schweiz? «Nein», sagt Björn Bartling. Die Erhebung der Fairnessvorstellungen anhand klassischer Messmethoden aus der Verhaltensökonomie ergab keine Differenz zwischen der Schweiz und China. Das heisst, die Vorstellungen von Fairness unterscheiden sich ausserhalb von Märkten praktisch nicht zwischen den beiden Ländern. Doch sobald sich die chinesischen Studierenden in einer Marktsituation bewegen, verhalten sie sich deutlich unfairer als die Schweizer.

#### «Bereichert euch!»

Warum? Bartling erhob die moralischen Normen in der Gesellschaft, die hinter diesen Entscheidungen stehen – und stiess auf grosse Unterschiede. In der Schweiz ist es sozial «nicht akzeptabel», ein Produkt zu verkaufen oder zu kaufen, das andere schädigt. In China hingegen gilt es als «akzeptabel». Das mag damit zu tun haben, dass der von Deng Xiaopeng mit der Losung «Bereichert euch!» vor rund gut drei Jahrzehnten eingeführte Kapitalismus in China noch relativ neu ist. Der Wettbewerb ist eine akzeptierte Quelle von Ungleichheit. Sich in Märkten auf Kosten anderer Menschen zu bereichern, ist nicht verpönt, während sich in der Schweiz mit der Zeit gesellschaftliche Normen herausgebildet haben, etwa nicht jeden kurzfristig erzielbaren Vorteil auszunutzen, wenn daraus langfristig ein Problem entstehen könnte. Allerdings zeigte sich auch in der Schweiz, dass der Egoismus zunimmt, sobald sich Menschen in Marktsituationen bewegen. Nur das Ausmass ist weniger ausgeprägt als im Reich der Mitte.



Moralische Fragen kommen ins Spiel, wenn Marktfehler auftreten. Im perfekten Markt spiegelt der Preis alle Kosten, die bei der Produktion und beim Konsum in der Gesellschaft entstehen. Ob jemand ein Gut kauft, ist dann letztlich eine private Entscheidung ohne jeden moralischen Bezug. Sie hängt davon ab, ob die persönliche Wertschätzung für ein Produkt und die Zahlungsbereitschaft ausreichen, um die Kosten zu decken. Ist der Markt nicht perfekt, gilt dies nicht mehr. Klassische Beispiele für Marktfehler sind externe Kosten wie Luftverschmutzung, Lärmbelastung oder Klimaerwärmung, die im Preis für Kerosin, Heizöl oder Benzin nicht enthalten sind. Faire Produkte versuchen, diese Marktfehler auszugleichen.

Nach ökonomischer Standardtheorie zielt der Markt einzig darauf ab, Güter und Dienstleistungen zu allozieren. «Das greift zu kurz», sagt Bartling, «der Markt spiegelt die sozialen Normen einer Gesellschaft. Er rechtfertigt gewisse Ungleichheiten und setzt zugleich gesellschaftliche Vorstellungen moralisch angemessenen Verhaltens durch.» Wenn für eine Situation eine mora-

lische Norm vorliegt, ist es vielen Menschen wichtig, entsprechend zu handeln, auch wenn andere die Norm brechen und davon profitieren. So muss das Selbstbild nicht leiden, ein ehrbarer Mensch zu sein. Und es droht kein Reputationschaden, falls man ertappt würde. Bartling: «Ob Marktsituationen tatsächlich die Moral korrumpieren, hängt somit von der Existenz und Stärke der gesellschaftlich verankerten Normen ab – unter bestimmten Umständen können diese Normen stärker sein als die Kräfte des Wettbewerbs.»

### Moralische Normen sind veränderbar

Und Normen sind veränderbar. In Folgeexperimenten erhielten manche Teilnehmer die Möglichkeit, über die soziale Akzeptanz des Handels von Gütern mit negativen externen Wirkungen zu debattieren, bevor sie ins eigentliche Marktspiel stiegen. Zu diesem Zeitpunkt wussten sie noch nicht, ob sie Anbieter, Käufer oder geschädigter Dritter sein würden – Letzteres mag die Sensibilisierung für das Thema erhöht haben. Der Effekt jedenfalls war verblüffend. Die Kommunikationsmöglichkeit verstärkte nicht einfach

nur die gemessene soziale Norm («akzeptabel»). Die Debatte verdreifachte den Marktanteil der fairen Güter in China und hob ihn damit auf das ursprüngliche Niveau in der Schweiz. Öffentlicher Diskurs hat also das Potenzial, moralische Normen zu verändern und zu etablieren. «Nicht nur vor diesem Hintergrund wäre es wünschenswert, dass in China ein öffentlicher Diskurs darüber entsteht, welche Kosten das Land für die schnelle wirtschaftliche Entwicklung zu zahlen bereit ist», sagt Björn Bartling. Aber auch in den Folgeexperimenten an der Universität Zürich entpuppte sich die Diskursmöglichkeit vor Beginn des Marktexperiments als hilfreich: Der Marktanteil der fairen Güter nahm nochmals deutlich zu. Bartling: «Selbst in der Schweiz mit ihrem Fundus an fest verankerten sozialen Normen, die das Zusammenleben in vielerlei Hinsicht sinnvoll regeln, gibt es also noch Luft nach oben für moralischen Fortschritt.»

Kontakt: Prof. Björn Bartling, bjoern.bartling@econ.uzh.ch



## Noch einfacher bezahlen mit der kontaktlosen Lunch-Check Karte.

Mitarbeitende können Lunch-Checks in mehr als 7000 Restaurants einlösen und geniessen so kulinarische Vielfalt. Über die attraktive Alternative zum Personalrestaurant und zu Spesen freut sich das Team und der Chef: Lunch-Checks sind bis zu einem Betrag von 180 Franken pro Monat und Mitarbeitenden von allen Sozialabgaben befreit.

Gleiche Vorteile, zusätzliches Zahlungsmittel: Auf [lunch-check.ch](http://lunch-check.ch) erfahren Sie mehr über die neue Prepaid-Karte.

**SCHWEIZER LUNCH-CHECK**  
DIE LECKERSTE WÄHRUNG DER SCHWEIZ.





tr 

11.6.–  
10.7.2016

ans

ac

Universität  
Zürich

 tio

ns 

Künstlergasse 12



Universität  
Zürich<sup>UZH</sup>

MANIFESTA11  
PARALLELEVENTS  
ZURICH 2016



Hauptgebäude der  
Universität Zürich  
[www.manifesta11.uzh.ch](http://www.manifesta11.uzh.ch)

Öffnungszeiten  
Mi–Fr: 11–22 h  
Sa, So: 11–19 h





**Nicola Serra** mit einer Visualisierung von Partikeln des Large Hadron Collider am Cern.



# Nach dem Urknall

## Was die Physik wissen will

Weshalb gibt es Materie im Universum? Wie sind Supermassive Schwarze Löcher entstanden? Woraus besteht die Dunkle Materie? Wie sieht das Supermaterial der Zukunft aus? Und was erzählen uns die von Albert Einstein postulierten Gravitationswellen über die Geschichte des Kosmos? Forscherinnen und Forscher der UZH beschäftigen sich mit grossen Fragen der Physik. In diesem Dossier stellen wir einige von ihnen vor und beleuchten ihre Arbeit.

Der Fotograf Robert Huber hat die Physikerinnen und Physiker porträtiert – mit Projektionen aus ihrer Forschung. Seine Bilder begleiten das Dossier.

Die Leidenschaft für die Physik wird von den Forschenden an der UZH vorgelebt. Und sie beflügelt die Jugendlichen, die vom 10. bis 18. Juli an der Internationalen Physik-Olympiade, die an der UZH ausgetragen wird, ihr Können unter Beweis stellen ([www.ipho2016.org](http://www.ipho2016.org)).

### **In Schönheit zerfallen**

Physiker suchen nach unbekanntem Teilchen, um die grossen Fragen des Fachs zu beantworten. *Seite 24*

### **Geheimnisvolle Schwächlinge**

Gewiss ist, dass die Dunkle Materie existiert. Wie sie beschaffen ist, weiss man bis heute nicht. *Seite 26*

### **Unsichtbare Riesen**

Supermassive Schwarze Löcher entstanden schon bald nach dem Urknall. *Seite 31*

### **Einsteins Wellen**

Gravitationswellen sind Boten der Geschichte des Universums. *Seite 34*

### **Sternenstaub und Kollisionen**

Was Nachwuchsforschende an der Physik fasziniert. *Seite 36*

### **Wohltemperierte Supraleiter**

Hochtemperatursupraleiter geben immer neue Rätsel auf – theoretisch und praktisch. *Seite 38*

### **Bärenstarke Bienewaben**

Das Supermaterial Graphen hat das Potenzial, die Technik zu revolutionieren. *Seite 42*

«Dunkle Materie und Einsteins Wellen» ist das Thema des nächsten «TALK IM TURM», der vom UZH Magazin organisiert wird. Hintergrund ist das Dossier in diesem Heft. Das Podiumsgespräch findet am Montag, 6. Juni 2016, im Restaurant UniTurm statt. **Weitere Informationen und Anmeldung:** [www.talkimturm.uzh.ch](http://www.talkimturm.uzh.ch)



# In Schönheit zerfallen

Das Higgs-Teilchen war gestern. Heute suchen Physiker nach bisher unbekanntem Teilchen, um die grossen offenen Fragen der Physik zu klären. Nicola Serra ist gleich zwei vielversprechenden Kandidaten auf der Spur. Von Theo von Däniken

Das Standardmodell der Teilchenphysik ist ein wissenschaftliches Erfolgsmodell. Es erklärt zum grössten Teil schlüssig alle Elementarteilchen und die Wechselwirkungen zwischen ihnen. Zuletzt erhielt es 2013 eine experimentelle Bekräftigung, als es Physikern am Cern gelang, erstmals das Higgs-Boson – das letzte bisher experimentell noch nicht beobachtete Teilchen des Standardmodells – nachzuweisen. Das Standardmodell erklärt mit sehr hoher Genauigkeit, wie Elementarteilchen miteinander wechselwirken, wie schwerere, instabile Teilchen in leichtere, stabilere zerfallen und welche Teilchen mit welcher Wahrscheinlichkeit bei diesen Zerfällen entstehen. Das hilft, grundlegende Gesetze der Natur zu verstehen.

Dennoch weist das Standardmodell wichtige Lücken auf, wenn es darum geht, zu erklären, wie unser Universum und die Welt, die wir wahrnehmen, überhaupt entstehen konnten. Auf die Frage «Warum ist überhaupt etwas und nicht vielmehr nichts?», die der Universalgelehrte Gottfried Wilhelm von Leibniz im 17. Jahrhundert formulierte, weiss auch das Standardmodell keine Antwort. Beziehungsweise, ginge es nach dem Standardmodell, dann wäre vielmehr nichts als etwas. Zumindest gäbe es keine stabile Materie, wie wir sie kennen.

## Die «neue Physik»

Gemäss dem Standardmodell existiert zu jedem Teilchen ein Antiteilchen, das zum grössten Teil mit ihm identisch ist, in einer wesentlichen Eigenschaft, zum Beispiel der elektrischen Ladung, aber genau gegenteilig ist. Treffen Teilchen und Antiteilchen aufeinander, löschen sie sich gegenseitig aus. Weil beim Urknall exakt gleiche Anteile an Teilchen und Antiteilchen entstanden sind – so sagt es jedenfalls das Standardmodell –

müssten sich Materie und Antimaterie die Waage gehalten und gegenseitig fast ausgelöscht haben. Das ist aber nicht so. Weshalb es diese Materie-Antimaterie-Asymmetrie gibt, das ist eine der

## NEUE PHYSIK

### Unbekannte Teilchen

Das Standardmodell der Teilchenphysik erklärt weitgehend schlüssig alle bekannten Elementarteilchen. Doch es kann nicht erklären, weshalb es im Universum eine Materie-Antimaterie-Asymmetrie gibt. Dieses Rätsel will die «neue Physik» lösen, indem sie nach neuen Teilchen sucht.

grossen Fragen, mit denen sich die «neue Physik» – die Physik jenseits des Standardmodells – beschäftigt.

#### Antimaterie vernichten

Zahlreiche Forschungsgruppen von Theoretischen und Experimentellen Physikern an der UZH beteiligen sich an der Suche nach Antworten auf diese und andere Fragen, die das Standardmodell offen lässt. Einer von ihnen ist Nicola Serra. Er hat soeben vom Cern grünes Licht erhalten, eine umfassende Studie für das von ihm mitinitiierte Projekt SHiP (Search for Hidden Particles) auszuarbeiten. Gestartet vor wenigen Jahren mit einem guten Dutzend Physikern der UZH, des Imperial College London und weiterer Institutionen, arbeiten nun bereits 250 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an einem neuen Detektor, der den Nachweis von so genannten rechtshändigen oder sterilen Neutrinos ermöglichen soll. Diese bisher nicht beobachteten Teilchen sind eine Erweiterung des Standardmodells und könnten einige der fundamentalen Fragen des Modells beantworten. Ein erster, 300-seitiger

technischer Bericht, der in den vergangenen Jahren erarbeitet wurde, ist von den entsprechenden Gremien am Cern positiv aufgenommen worden. Das Cern will das Projekt in seine strategische Agenda für 2019 aufnehmen, das Experiment soll ab 2026 laufen und Daten sammeln.

Das Standardmodell kennt drei so genannt linkshändige Neutrinos, die zur Gruppe der Leptonen gehören und experimentell gut nachgewiesen sind. Gemäss der Theorie müssten diese Neutrinos masselos sein, in Experimenten weisen sie jedoch eine kleine Masse auf – ein weiteres, bisher ungelöstes Rätsel des Standardmodells. Die postulierten rechtshändigen oder sterilen Neutrinos könnten erklären, wie die bekannten Neutrinos zu ihrer Masse kommen. Darüber hinaus weisen diese Teilchen einige weitere «schöne Eigenschaften» auf, wie es Serra formuliert. Unter anderem können sie ihre eigenen Antiteilchen sein. Diese Eigenschaft könnte erklären,

weshalb in der Entwicklung des Universums im Lauf der Zeit die Materie über die Antimaterie überwog. Vereinfacht gesagt können sterile Neutrinos Prozesse auslösen, in denen Teilchen zu Antiteilchen mutieren oder umgekehrt. Überwiegt einer der beiden Prozesse, führt dies dazu, dass Antimaterie in grösserem Umfang vernichtet wird als Materie.

#### Tausend Trillionen Kollisionen

Zwei entscheidende Faktoren dabei sind die Masse und die Wechselwirkung der sterilen Neutrinos. «Steril» heissen die Teilchen, weil ihre Wechselwirkung extrem klein ist: «Vielleicht millionenmal oder milliardenmal kleiner als die der bekannten Neutrinos», erklärt Serra. Das stellt Forschende, die die Teilchen nachweisen wollen, vor grosse Herausforderungen, denn eine schwache Wechselwirkung bedeutet, dass die Teilchen so gut wie gar nicht mit anderen Teilchen wechselwirken und deshalb auch in Detektoren kaum Spuren hinterlassen.

Aufgrund der beobachteten Verteilung von Materie und Antimaterie im Universum können

gewisse Annahmen berechnet werden, in welcher Bandbreite die Masse und die Wechselwirkung der sterilen Neutrinos liegen müssten, wenn sie tatsächlich für die Materie-Antimaterie-Asymmetrie im Universum verantwortlich sein sollten.

«Frühere Experimente, die nach den sterilen Neutrinos suchten, haben sich auf Bereiche fokussiert, in denen dieser Mechanismus nicht möglich gewesen wäre», sagt Serra. Insbesondere wurde die Wechselwirkung zu hoch eingeschätzt. Das SHiP-Experiment will nun den Fokus auf eine Bandbreite richten, in welcher auch eine viel geringere Wechselwirkung noch nachweisbar ist.

Das stellt die Wissenschaftler vor besondere Herausforderungen, denn die Wahrscheinlichkeit, ein Teilchen zu beobachten, ist umgekehrt proportional zu seiner Wechselwirkung. Für Serra bedeutet dies, dass SHiP eine möglichst grosse Anzahl von Teilchen erzeugen muss, um überhaupt sterile Neutrinos beobachten zu können. In Zahlen: Jede Sekunde sollen im SHiP-Detektor zehn Billionen Teilchenkollisionen erzeugt werden, das ist eine Eins mit dreizehn Nullen. Über die geplante Laufzeit des Experiments von fünf Jahren kommen so tausend Trillionen Kollisionen zusammen, die analysiert werden müssen. «Wenn wir Glück haben», so schätzt Serra, «resultieren daraus drei Ereignisse, die zählen. Wir wollen in der Lage sein, ein oder zwei Ereignisse zu erkennen und mit Bestimmtheit zu sagen: Das sind sterile Neutrinos.»

### Gewaltiges Hintergrundrauschen

Die Metapher mit der Stecknadel im Heuhaufen ist hier eine riesige Untertreibung. Um überhaupt sterile Neutrinos in dieser gigantischen Masse von Teilchen ausfindig zu machen, muss der Teilchen-Heuhaufen so klein wie möglich gemacht werden. Das heisst, alle Teilchen, die von vornherein nicht von Interesse sind, sollen möglichst erst gar nicht in den Detektor gelangen. Dazu werden zum Beispiel grosse Magnete eingesetzt, die alle geladenen Teilchen – Neutrinos sind, wie der Name suggeriert, elektrisch neutral – aus dem Volumen des Detektors heraus ablenken.

Es verbleiben aber immer noch 100 Milliarden normale Neutrinos, die pro Sekunde in den Detektor gelangen. Diese müssen mit Hilfe von

Datenanalysen herausgefiltert werden. Mittels Simulationen soll deshalb in den kommenden Jahren genauestens errechnet werden, welche Signaturen sterile Neutrinos im Detektor hinterlassen und wie diese vom gewaltigen Hintergrundrauschen der normalen Neutrinos eindeutig unterschieden werden können.

Sollte SHiP tatsächlich den Nachweis erbringen, dass die sterilen Neutrinos existieren, wären damit zwei grosse Probleme des Standardmodells erklärt: Weshalb Neutrinos Masse haben und weshalb in der Entwicklung des Universums ein Überschuss an Materie entstanden ist. Bleibt als ein weiteres grosses Rätsel des Standardmodells: die Dunkle Materie. Beobachtet man die Entwicklung und die Bewegung von Galaxien, so stellt man fest, dass diese nicht allein durch die Gravitationskräfte der vorhandenen Materie er-

---

*«Warum ist überhaupt etwas und nicht vielmehr nichts?» – auf diese Frage weiss das Standardmodell der Physik keine Antwort.*

---

klärt werden können. Damit die Rechnung aufgeht, müsste sehr viel mehr Materie vorhanden sein, als wir direkt beobachten. Diese überschüssige unsichtbare Materie wird Dunkle Materie genannt. Woraus diese besteht, ist bisher allerdings völlig unbekannt. «Es gibt Theorien», so Serra, «die auch die Dunkle Materie mit den sterilen Neutrinos erklären.» Würden die sterilen Neutrinos auf einen Schlag also alle noch offenen grossen Rätsel des Standardmodells lösen? «Hoffentlich nicht», meint Serra. «Ich hoffe, dass es noch weit mehr zu entdecken gibt und dass nicht ein einziges Teilchen alle Fragen löst.»

### Schöne Quarks

Deshalb ist Serra neben den sterilen Neutrinos auch auf der Suche nach weiteren Teilchen, die im Standardmodell nicht vorgesehen sind, die aber möglicherweise experimentell nachgewiesen werden können. Im LHCb-Detektor am Cern untersucht er ungewöhnliche und seltene Teilchenzerfälle und sucht nach Abweichungen von den Voraussagen des Standardmodells. Solche Abweichungen deuten darauf hin, dass bei diesen

Zerfällen Teilchen im Spiel sind, die das Standardmodell nicht abdeckt. Das «b» in LHCb steht für «beauty», weil der Detektor auf so genannte Beauty-Mesonen ausgerichtet ist, die wiederum Beauty-Quark-Teilchen enthalten. In einem besonders seltenen Zerfall eines Beauty-Mesons in ein Kaon, ein Pion und zwei Muonen haben Serra und sein damaliger Doktorand Michel de Cian 2013 eine mögliche Abweichung vom Standardmodell entdeckt.

### Komplizierter als gedacht

Muonen gehören, zusammen mit Elektronen und Taus zur Teilchengruppe der Leptonen, die sich gemäss Standardmodell gleich verhalten sollten. «Diese so genannte Leptonen-Universalität galt in der Theorie als sehr etabliert», sagt Serra. Umso überraschender ist nun der Befund, dass in den Messungen Abweichungen von diesem Verhalten vorzukommen scheinen. «Wir haben mehrere abweichende Messungen und das schöne ist, sie zeigen ein Muster, das Sinn macht.» Noch sind die Daten allerdings zu wenig präzise, um mögliche zufällige Abweichungen ausschliessen zu können und von einer wirklichen Entdeckung zu sprechen. «Wenn es tatsächlich Abweichungen in der Leptonen-Universalität gibt, dann ist die Natur höchstwahrscheinlich sehr viel komplizierter, als wir dachten», meint Serra.

Die Anomalie im Verhalten der Leptonen könnte gerade der Spalt im Standardmodell sein, der es ermöglicht, das Fenster zur «neuen Physik» aufzureissen. Doch um diese Abweichung mit Sicherheit feststellen zu können, müssen noch weitere Daten analysiert werden. Bis 2018 ist der LHCb-Detektor nun in Betrieb und sammelt weitere Daten. Danach wird er für einen längeren Unterbruch abgestellt und für weitere Experimente nachgerüstet. Solcherart verbessert, kann der LHCb ab 2019 die Anomalie genauer unter die Lupe nehmen. «Bis dann wollen wir so viele Daten wie möglich analysieren», erklärt Serra. Denn 2018 startet in Japan ein ähnliches Experiment, das diese Anomalie ebenfalls mit hoher Präzision messen könnte. «Es wäre schön», so hofft Serra, «wenn dieses Experiment unsere Beobachtung bestätigen würde.»

**Kontakt:** Prof. Nicola Serra, nicola.serra@cern.ch



# Geheimnisvolle Schwächlinge

Rund ein Viertel unseres Universums besteht aus unsichtbaren Teilchen. Doch was ist diese Dunkle Materie wirklich? Die Physiker Laura Baudis und Prasenjit Saha sind dem Geheimnis auf der Spur. Von Michael T. Ganz

Als Neil Armstrong am 21. Juli 1969 als erster Mensch den Mond betrat, war Prasenjit Saha ein Junge. Und wie alle Jungs jener Zeit war auch er fasziniert von Astronauten, Raumschiffen und fernen Planeten. Die Begeisterung blieb: Saha studierte Astrophysik, erst in seiner Heimatstadt Delhi, später in Kanpur. Als Doktorand ging er nach Oxford, vor einem Jahrzehnt kam er als Spezialist für Theoretische Astrophysik nach Zürich. «Wie sind die Strukturen in unserem Weltall entstanden? Woher kommt das alles? Es geht um Zeitskalen von Jahrmilliarden. Das ist doch atemberaubend», schwärmt Saha in seinem schmucklosen Büroraum am Physik-Institut auf dem Irchel-Campus, und seine dunklen Augen blitzen hinter den grossen Brillengläsern.

Prasenjit Saha beschäftigt sich mit Gravitation und Licht. Das haben vor ihm schon andere kluge Köpfe getan. Zum Beispiel Isaac Newton: «Do not bodies act upon light at a distance, and by their action bend its rays?», fragte er 1704 in seinem Buch «Opticks». Und Albert Einstein gab zweihundert Jahre später die Antwort: Ja, Masse mit Schwerkraft kann Lichtstrahlen über grosse Distanzen verbiegen. 1958 dann – nur gerade elf Jahre vor der ersten Mondlandung also – postulierte Charles Darwin, Enkel des grossen Evolutionsforschers, dass auch Gravitationszentren im All das Licht ferner kosmischer Objekte brechen könnten. Darwin junior hatte das Phänomen der Linsen-Galaxien erkannt.

Prasenjit Saha lädt die stark vergrösserte Fotografie eines Stücks Sternenhimmel auf seinen Bildschirm: bunte Flecken auf schwarzem Grund. In einem der Flecken sind vier helle Lichtpunkte erkennbar. «Das», sagt Saha, «ist eine Linsen-Galaxie. Sie ist nicht weit von uns entfernt, nur etwa eine Viertelmilliarde Lichtjahre.» Die Galaxie verbirgt – gewissermassen in ihrem Rücken – ein

zweites, wesentlich ferneres und deshalb auch wesentlich schwächer leuchtendes Sternensystem. Normalerweise wäre diese verborgene Galaxie nicht sichtbar. Doch das Gravitationsfeld der näheren Galaxie krümmt die Lichtstrahlen der fernerer Galaxie so, dass sie dem irdischen Beobachter als hell leuchtende Punkte ins Auge stehen. Der nahe Sternennebel und sein Gravitationsfeld wirken also wie ein mehrfaches Brennglas.

## Heureka aus der Schweiz

Das Phänomen der Linsen-Galaxien ist an sich schon faszinierend. Doch in Sahas Forschung dient es nurmehr als Mittel zum Zweck: Anhand von Linsen-Galaxien will Prasenjit Saha das Geheimnis der so genannten Dunklen Materie lüften. Der Begriff stammt vom Schweizer Astrophysiker Fritz Zwicky. Dieser kam 1933 zum ver-

## DUNKLE MATERIE

### Flüchtige Partikel

**Die Dunkle Materie besteht aus unsichtbaren Teilchen. Dass es sie geben muss, ist unbestritten, doch bisher konnten sie noch nicht nachgewiesen werden. Jetzt sollen sie in einem grossen Detektor mit flüssigem Xenon «eingefangen» und nachgewiesen werden.**

blüffenden Schluss, dass sich Galaxien weitaus schneller bewegen, als es die Gravitationskräfte aller sichtbaren Himmelskörper vermuten lassen.

Es musste, so Zwicky, also noch andere Beschleuniger geben – eine unsichtbare Masse mit eigener Schwerkraft, die den Galaxien zusätzlichen Antrieb gab. Zwicky taufte diese unsichtbare Masse kurzerhand Dunkle Materie. Dass es sie gibt, ist wissenschaftlich unbestritten; woraus sie besteht, konnte bislang noch niemand nachweisen. Auch Prasenjit Saha wird am Ende seiner

Forschungstätigkeit nicht sagen können, welche Teilchen die Dunkle Materie ausmachen. «Da sind andere dran, hier in Zürich etwa Laura Baudis. Mein Ziel ist es, die Eigenschaften der Dunklen Materie zu beschreiben, ihre Masse, ihre Gravitation und ihre Verteilung», sagt Saha. Diese Werte lassen sich aus der Lichtbrechung in Linsen-Galaxien ableiten. Je nachdem, wo die Lichtpunkte der entfernteren Galaxie in der näheren Galaxie erscheinen, sind grössere oder kleinere Gravitationsfelder am Werk; mit der nötigen Software kann Saha die Lichtpunkte vermessen, die Dichte der für die Lichtpunkte verantwortlichen Linse berechnen und schliesslich eine Massenkarte der Dunklen Materie zeichnen.

Es reicht allerdings nicht, dies bei zehn oder hundert Linsen-Galaxien zu tun. Um verlässliche Aussagen zu machen, braucht Prasenjit Saha die Daten Tausender von Galaxien. Seine Forschung nutzt deshalb ein ungewöhnliches Potenzial: das der Hobbyastronomen weltweit. Das SpaceWarps-Konsortium ([spacewarps.org](http://spacewarps.org)) versammelt rund 20 000 selbsternannte Forscherinnen und Forscher, die den Himmel – oder besser gesagt Fotografien des Alls – nach Linsen-Galaxien absuchen. Sahas Kollege Rafael Küng hat als Teil seiner Doktorarbeit eine Software für SpaceWarps entwickelt: SpaghettiLens. Sie erlaubt es den Hobbyastronomen, Linsen-Galaxien zu vermessen. Die Resultate vergleichen und diskutieren die Freizeitwissenschaftler im Online-Forum von SpaceWarps, um so die Dichtekarten «ihrer» Galaxien zu optimieren. Saha sucht sich dann die besten und plausibelsten Resultate aus, um sie für seine Dunkle-Materie-Forschung zu verwenden.

## Das Fernrohr der Zukunft

«Der Computer kann zwar bei der Auswertung helfen. Linsen-Galaxien erkennen kann er aber nicht. Dazu braucht es Menschen», sagt Prasenjit Saha. Allerdings: 2022 soll in Chile das Large Synoptic Survey Telescope LSST in Betrieb gehen. Das neuartige Spiegelfernrohr zeichnet sich durch



**Laura Baudis** mit einer Projektion der Photodetektoren ihres Xenon-Detektors.







**Prasenjit Saha** mit dem Modell einer Gravitationslinse.



einen extrem grossen Bildwinkel aus. Man geht davon aus, dass das LSST rund zehn Milliarden Galaxien detektieren kann. «Wir werden sehr viel rascher sehr viel mehr Linsen-Galaxien finden und die Mitarbeit der Hobbyastronomen wohl nicht mehr brauchen», schätzt Prasenjit Saha.

In einem Laborraum fünf Häuser weiter steht Laura Baudis neben einem Gewirr von Schläuchen und Kabeln, die aus geheimnisvollen Gefässen zu allerlei Messgeräten führen. «Das ist ein Detektor-Prototyp, den wir selbst gebaut haben», sagt die zierliche Frau und streicht mit der Hand über den metallenen Zylinder, der den Kern der Anlage bildet. «Damit testen wir zurzeit die neuen Fotosensoren für die nächste Detektorgeneration.» Seit zwanzig Jahren versucht Baudis, die Teilchen dingfest zu machen, aus denen Dunkle Materie besteht.

Laura Baudis stammt aus Temeswar in Rumänien. Ihre Leidenschaft für die Physik entwickelte sie schon in den letzten Schuljahren, als Atom- und Quantenphysik Thema waren. Sie studierte in Heidelberg Physik und forschte am dortigen Max-Planck-Institut für Kernphysik. Ihre Doktorarbeit über Neutrinos und Dunkle Materie machte in Fachkreisen Furore. Nach Anstellungen in Stanford, Gainesville und Aachen kam sie 2007 als Ordentliche Professorin für Experimentalphysik nach Zürich. Ihre Spezialität ist die Astroteilchenphysik. «Das war vor 15 Jahren ein noch sehr neues Forschungsgebiet und galt für viele meiner damaligen Lehrmeister nicht als richtige Teilchenphysik», sagt Baudis und schmunzelt.

### Atomare Billardkugeln

Wissenschaftler gehen davon aus, dass es sich bei der Dunklen Materie um relativ schwere und träge Teilchen handelt, die – im Gegensatz etwa zu Protonen – elektrisch neutral sind und nur schwach mit anderer Materie interagieren. Ohne sie wirklich zu kennen, taufte man sie deshalb Weakly Interacting Massive Particles, kurz WIMPs, was wiederum das umgangssprachliche englische Wort für Schwächlinge, Weicheier und Warmduscher ist. Weil sich die schwachen WIMPs beim Zusammenstoss mit anderen Teilchen kaum bemerkbar machen, sind sie nur sehr schwer zu erkennen und zu isolieren.

Eine US-amerikanische Forschergruppe – auch Laura Baudis, damals an der University of

Florida tätig, gehörte dazu – begann in den frühen Nullerjahren, mit flüssigem Xenon zu experimentieren. Das Edelgas Xenon hat einen schweren Atomkern und ist deshalb rund dreimal dichter als Wasser. «Wenn WIMPs auf einen Xenonkern treffen, fliegen sie wie Billardkugeln weg», erklärt Baudis. «Dabei hinterlassen sie ein klein wenig Energie in Form von Licht und Ladung. Mit sehr empfindlichen Fotosensoren kann man diese Energie messen.»

Solche Zusammenstösse nennt man «Ereignisse». Sie sind allerdings so schwach und selten, dass sie von der kosmischen Strahlung in der Atmosphäre und den radioaktiven Zerfällen in allen uns umgebenden Materialien bei weitem übertönt werden. Messbar wird die Kollision von WIMPs mit Xenon also nur, wenn äussere Einflüsse vermieden werden. Einige Experimente

---

*Das SpaceWarps-Konsortium versammelt rund 20 000 Hobbyastronomen, die Fotografien aus dem All nach Linsen-Galaxien absuchen.*

---

mit den Dunkle-Materie-Detektoren finden deshalb 1400 Meter unter dem Fels des italienischen Gran-Sasso-Massivs statt. Ein Tunnel führt zehn Kilometer in den Berg, wo drei grosse unterirdische Hallen Experimente mehrerer internationaler Forschergruppen beherbergen.

Seit neustem steht hier auch der Xenon1T-Detektor von Laura Baudis und einem internationalen Team. Sein Zylinder fasst 3,5 Tonnen Flüssigxenon, das auf minus 100 Grad Celsius gekühlt wird. Der Detektor steht in einem Wassertank mit zehn Metern Höhe und ebensolchem Durchmesser; das Wasser dient als zusätzlicher aktiver Schutzmantel gegen störende kosmische und radioaktive Strahlung. Um den radioaktiven Zerfall der Umgebungsmaterialien möglichst gering zu halten, sind der Detektor aus «sauberem» Kupfer, Teflon und Edelstahl, seine 248 Fotosensoren aus synthetischem Quarz gebaut. Dennoch ist von den 3,5 Tonnen Xenon nur der innere Ein-Tonnen-Kern für hochempfindliche Messungen nutzbar; am Detektorrand ist die Ereignisrate durch Fremdstrahlung trotz aller abschirmenden Massnahmen immer noch zu stark. Zurzeit wird der

neue Detektor geeicht und in Betrieb genommen, im Sommer dieses Jahres soll er mit der Datenaufnahme beginnen.

### Neue Chancen im Fels

Bislang experimentierten Laura Baudis und ihr Team hier mit einem 160-Kilogramm-Detektor. Die Tests lieferten zwar keinerlei Anzeichen von WIMPs, liessen aber Rückschlüsse auf die Wechselwirkung von normaler und Dunkler Materie zu – ein deutlicher Fortschritt gegenüber den noch kleineren Detektoren, mit denen Laura Baudis vor zwei Jahrzehnten ihre Forschung begann. «Ich wusste schon damals, dass wir mit kleinen Detektoren keine guten Chancen haben», sagt die Astrophysikerin. Mit dem Xenon1T komme man nun in einen Bereich, in dem das Aufspüren von WIMPs erst realistisch werde.

Zwei Jahre soll die Jagd nach der Dunklen Materie mit dem neuen Detektor dauern. Laura Baudis ist zuversichtlich, dass sich in dieser Zeit ein paar messbare Kollisionen ereignen. Das reicht allerdings nicht, um die Eigenschaften der Teilchen zu bestimmen. Zwei- bis dreihundert Ereignisse sind das Minimum. Deshalb ist auch schon der nächste Detektor in Planung. 29 Forschergruppen aus neun Ländern haben sich zum sogenannten Darwin-Konsortium zusammengeschlossen, um einen 50-Tonnen-Detektor zu entwickeln. Baudis leitet das Konsortium. Das Gerät wird hundertmal empfindlicher als der Xenon1T und zehntausendmal empfindlicher als der 160-Kilogramm-Detektor sein.

Damit sind die Möglichkeiten der Dunkle-Materie-Forschung mit Xenon jedoch ausgeschöpft. «Ein noch grösserer Detektor mit noch höherer Empfindlichkeit wäre wohl nicht sinnvoll. Da kämen uns die Neutrinos in die Quere, die ebenfalls schwach interagieren und die man nicht abschirmen kann», erklärt Baudis. Und wenn die Forscherin auch mit dem ultimativen 50-Tonnen-Detektor keine oder nicht genug WIMPs messen kann, um – vielleicht als Erste überhaupt – das Wesen der Dunkle-Materie-Teilchen zu beschreiben? «Dann sind die Dunkle-Materie-Teilchen eben nicht die, die wir vermuten», sagt Laura Baudis. Und scheint den schrecklichen Gedanken ganz gelassen zu nehmen.

**Kontakt:** Prof. Prasenjit Saha, psaha@physik.uzh.ch; Prof. Laura Baudis, laura.baudis@physik.uzh.ch





**Lucio Mayer** mit der Computersimulation einer frühen Phase der Entstehung einer Galaxie.



# Unsichtbare Riesen

Für den Astrophysiker Lucio Mayer gehören Supermassive Schwarze Löcher zu den faszinierendsten Objekten des Universums. Er ist überzeugt: Die gewaltigen Objekte entstanden schon bald nach dem Urknall. Von Felix Würsten

Bei den meisten Galaxien in unserem Universum findet man im Zentrum ein rätselhaftes Objekt, das allein schon aufgrund seiner enormen Dimensionen das übliche Vorstellungsvermögen bei weitem übersteigt. Supermassive Schwarze Löcher nennt man diese Objekte, und der Superlativ ist in diesem Fall durchaus angebracht. Denn die Masse dieser unsichtbaren Gebilde übersteigt diejenige unserer Sonne um das Millionen- bis sogar Milliardenfache. Das bekannteste Supermassive Schwarze Loch befindet sich im Zentrum unserer Milchstrasse, ist etwa drei Millionen Sonnenmassen schwer und liegt gleich hinter Sagittarius A\*, einer Region, die grosse Mengen an Radiowellen aussendet und deshalb in den Aufnahmen der Radioteleskope als heller Fleck zu erkennen ist.

## Die Sonne, ein Zwerg

Im Vergleich zu anderen Galaxien sind das allerdings eher bescheidene Verhältnisse. Die grössten Supermassiven Schwarzen Löcher sind über 20 Milliarden Mal so schwer wie die Sonne. Es erstaunt nicht, dass derart gigantischen Objekte auf viele Astronomen und Astrophysiker eine grosse Faszination ausüben. Zu ihnen gehört auch Lucio Mayer, Professor am Zentrum für Theoretische Astrophysik und Kosmologie. «Supermassive Schwarze Löcher sind für mich wie eine Obsession», meint er lachend. «Seit meiner Studienzeit üben sie auf mich eine magische Anziehungskraft aus. Sie bringen einige der faszinierendsten Aspekte der Physik, der Astrophysik und der Kosmologie zusammen und sind entscheidend für unser Verständnis, wie sich das Universum nach dem Big Bang vor 13,7 Milliarden Jahren entwickelt hat.»

Supermassive Schwarze Löcher sind für die Entwicklung des Universums nicht nur zentral,

weil sie viel Materie vereinigen, sondern auch, weil sie viel Energie an ihre Umgebung abstrahlen. Für die Astrophysiker ist es deshalb wichtig, zu verstehen, wie diese Objekte mit ihrer Umgebung wechselwirken. Mayer ist überzeugt, dass unser Kosmos ohne die Supermassiven Schwarzen Löcher völlig anders aussehen würde. Weil diese Objekte im Zentrum der Galaxien Energie abstrahlen, kühlt sich die Materie in den Galaxien im Lauf der Zeit weniger schnell ab und

## SUPERMASSIVE SCHWARZE LÖCHER

### Aus Gas geboren

**Die grössten Supermassiven Schwarzen Löcher sind über 20 Milliarden Mal so schwer wie unsere Sonne. Die kosmischen Giganten sind vermutlich bald nach dem Big Bang aus interstellarem Gas entstanden.**

verdichtet sich daher auch langsamer. Ohne Supermassive Schwarze Löcher gäbe es deshalb wesentlich weniger Sterne am Himmel.

Ein attraktives Forschungsobjekt sind die Supermassiven Schwarzen Löcher aber vor allem wegen einer anderen Eigenschaft: Keine anderen Objekte im Universum erzeugen derart starke Gravitationswellen wie sie. Gemäss den Berechnungen der Physiker ist die Abstrahlung solcher Wellen besonders heftig, wenn zwei Galaxien miteinander kollidieren und sich die beiden Schwarzen Löcher in ihrem Zentrum zu einem binären Objekt vereinigen.

Allerdings kann man die dabei erzeugten Gravitationswellen heute noch nicht messen, denn es gibt bislang noch kein Instrument, das die entsprechenden Frequenzen registrieren kann. Mayer setzt deshalb grosse Hoffnungen auf das Projekt «eLisa» der europäischen Weltraumagen-

tur ESA, an dessen Entwicklung auch andere Forscher der Universität Zürich beteiligt sind. Die «Evolved Laser Interferometer Space Antenna», die gemäss aktueller Planung in knapp 20 Jahren im Weltraum installiert wird, soll dereinst in der Lage sein, Gravitationswellen von mittelgrossen Schwarzen Löchern zu registrieren. «Damit erhalten wir ein Werkzeug, mit dem wir das Universum auf völlig neue Weise untersuchen können», erklärt Mayer.

Besonders interessant wird es für die Forscher sein, die registrierten Gravitationswellen mit den Aufzeichnungen von elektromagnetischen Lichtwellen zu kombinieren. Damit lässt sich überprüfen, ob die Annahmen stimmen, die man für die Distanzmessungen bisher machte, und damit auch, ob die untersuchten Objekte tatsächlich so alt sind wie berechnet.

Die Crux dabei: Mit der Aufzeichnung der Gravitationswellen allein ist noch nicht viel gewonnen. Denn um die registrierten Signale einordnen zu können, muss man eine konkrete Vorstellung haben, welche Vorgänge die Wellen ausgelöst haben könnten. So spielt zum Beispiel die Form der Bahn, auf der sich die beiden Supermassiven Schwarzen Löcher bei einer Kollision bewegen, eine zentrale Rolle. Um diese Bahn berechnen zu können, muss man jedoch wissen, auf welche Weise sich die beiden unsichtbaren Riesen angenähert haben.

## Viele verschiedene Theorien

«Im Moment haben wir noch zu viele unterschiedliche Theorien, was sich bei einer Kollision von zwei Galaxien abspielt und wie oft es dabei zu einer Begegnung von zwei Supermassiven Schwarzen Löchern kommt», erläutert Mayer das Problem. «Für uns Theoretische Physiker geht es nun darum, mit Hilfe von numerischen Modellen ein klareres Bild zu erhalten, welche Signale wir bei eLisa erwarten können.»

Um diese Frage zu klären, arbeitet Mayer eng mit Physikern aus Heidelberg, Peking und Islamabad zusammen, verfügen diese doch über eine



spezielle Expertise für dieses Thema. Üblicherweise beschränken sich die numerischen Simulationen auf zwei Aspekte der Kollision: Die Modelle bilden entweder die Vorgänge in der frühen Phase des Zusammenstosses ab, die sich mit den Gesetzen der Newtonschen Mechanik beschreiben lassen. Oder aber sie konzentrieren sich auf die späte Phase, bei der die Spielregeln der allgemeinen Relativitätstheorie gelten. Zusammen mit den anderen Kollegen hat Mayer nun ein neuartiges Modell entwickelt, das diese beiden Phasen miteinander kombiniert und daher eine Gesamtschau ermöglicht. Die Aufgabe erwies sich allerdings als unerwartet tückisch: «Die technischen Hürden waren viel grösser, als wir ursprünglich dachten», berichtet Mayer.

Mayer möchte aber nicht nur besser verstehen, was sich bei einer Kollision von zwei Galaxien abspielt, sondern ihn interessiert auch, wie Supermassive Schwarze Löcher überhaupt entstehen. Auch dazu gibt es in der Fachwelt divergierende Ansichten. Während die einen Astrophysiker überzeugt sind, dass diese gewaltigen Objekte über längere Zeit hinweg durch den Zusammenschluss von kleineren Schwarzen Löchern zu ihrer Grösse anwachsen, vertreten andere Forscher die Ansicht, diese schweren Objekte hätten sich vergleichsweise schnell gebildet. «Je nachdem, welches Szenario zutrifft, werden wir mit eLisa sehr unterschiedliche Messungen machen», meint Mayer. «Und auch da gilt: Wir müssen mit unseren numerischen Modellen noch grosse Fortschritte machen, um die Signale dereinst richtig einordnen zu können.»

### Gleich nach dem Big Bang

Er selbst gehört zur zweiten Gruppe von Forschern, also zu denjenigen, die überzeugt sind, im frühen Universum habe es bereits wenige hundert Millionen Jahre nach dem Big Bang Supermassive Schwarze Löcher gegeben. Für diese Annahme führt er eine Reihe von Argumenten ins Feld: Wenn die Supermassiven Schwarzen Löcher langsam anwachsen würden, müsste man im Universum viele hochenergetische, hell leuchtende Objekte sehen, beispielsweise Quasare, die eng an die Existenz von Schwarzen Löchern gekoppelt sind. Doch solche Objekte kommen viel seltener vor, als man das gemäss diesem Modell eigentlich erwarten würde.

Wenn man hingegen annimmt, die Supermassiven Schwarzen Löcher seien vor allem zu Beginn des Universums entstanden und danach nicht mehr stark angewachsen, passt das besser zu den Beobachtungen. Und noch ein zweites Phänomen lässt sich so erklären: Einige der sehr hellen Quasare, die offenbar zu sehr grossen Supermassiven Schwarzen Löchern gehören, finden sich in den ältesten Galaxien. Doch wenn diese langsam wachsen würden, hätte es sie zu dieser Zeit noch gar nicht geben dürfen – und demnach auch keine derart hellen Quasare.

### «Dunkler Kollaps»

Aufgrund seiner Berechnungen hat Mayer zusammen mit Forschern aus München eine eigene Theorie entwickelt. Demzufolge entstanden die Supermassiven Schwarzen Löcher nicht nach und

---

*«Die Erforschung von Supermassiven Schwarzen Löchern ist entscheidend, wenn wir verstehen wollen, wie sich das Universum nach dem Big Bang entwickelt hat.»* Lucio Mayer, Physiker

---

nach aus kleineren Schwarzen Löchern, sondern sie bildeten sich direkt aus dem interstellaren Gas in den Galaxien. Im frühen Universum war dieses Gas noch viel dichter als heute. Wenn damals zwei Galaxien aufeinanderstossen, wurde dieses Gas weiter verdichtet, und zwar so stark, dass die Gesetze der Relativitätstheorie zu greifen begannen. Sobald dieser Punkt erreicht ist, kommt es zu einem «dunklen Kollaps».

Dabei verdichtet sich das Gas zu einem Supermassiven Schwarzen Loch, ohne dass zuvor elektromagnetische Strahlung ausgesendet wird. Das würde erklären, warum man mit den herkömmlichen Teleskopen keine entsprechenden Signale registriert und warum es so wenige Quasare gibt. «Bei einem dunklen Kollaps werden zwar keine elektromagnetischen Wellen ausgesendet, jedoch Gravitationswellen. Und diese sind deutlich verschieden von denjenigen, die bei einer Kollision von zwei Schwarzen Löchern entstehen», erklärt Mayer.

Bisher stützen sich die Physiker vor allem auf explorative Studien, um die Entstehung der Su-

permassiven Schwarzen Löcher zu verstehen. Mit diesen Studien lässt sich zwar das Spektrum an möglichen Entstehungswegen erkunden. «Doch wenn wir einen Schritt weiter kommen wollen, müssen wir die physikalischen Grundlagen besser verstehen», ist Mayer überzeugt. «Nur so können wir erkennen, welche Szenarien aus physikalischen Gründen überhaupt in Frage kommen und welche nicht.»

### Monatelang rechnen

Dabei wartet auf die Forscher eine Menge Arbeit. «Einige unserer Simulationen benötigen mehrere Monate Rechenzeit», meint Mayer. «Und eigentlich sollten wir nicht nur einzelne Simulationen durchführen, sondern hunderte. Denn die Parameter, die wir zu Beginn der Berechnungen festlegen, haben einen grossen Einfluss auf das Resultat. Um die Plausibilität unserer Annahmen zu testen, müssten wir also bei jeder Simulation verschiedene Varianten durchrechnen.»

Gleichzeitig, so hält der Physiker fest, brauche es neben den grossen Modellrechnungen auch kleinere Studien, die einzelne Aspekte vertieft anschauen. «Numerische Modelle sind in der Astrophysik zurzeit sehr en vogue, aber man sollte deswegen die spezifischeren Arbeiten nicht vernachlässigen, die nicht so viel Rechenaufwand benötigen. Denn diese helfen uns, die Grundlagen, auf die sich die grossen Modelle abstützen, besser zu verstehen», meint Mayer. «Übrigens finde ich genau dies einen faszinierenden Aspekt meiner Forschung: Auch mit technisch einfachen Arbeiten kann man wichtige Beiträge zu unserer Forschung leisten.»

**Kontakt:** Prof. Lucio Mayer, [lmayer@physik.uzh.ch](mailto:lmayer@physik.uzh.ch)







# Einsteins Wellen

Albert Einstein sagte die Existenz von Gravitationswellen voraus. Jetzt wurden diese erstmals auf der Erde nachgewiesen. Der Theoretische Physiker Philippe Jetzer möchte sie nun auch im Weltall messen. Von Stefan Stöcklin

Der 3. Dezember 2015 ist einer der schönsten Tage im Leben des Physikers Philippe Jetzer. Punkt vier Minuten nach ein Uhr hebt eine Vega-Rakete in den Nachthimmel von Französisch Guyana ab und transportiert LISA Pathfinder in den Weltraum. Der Satellit an Bord soll die Technik zum Nachweis von Gravitationswellen im Weltraum testen. Als Mitglied des wissenschaftlichen Komitees ist Philippe Jetzer einer der massgebenden Köpfe und Wegbereiter des 400 Millionen Euro teuren Pionierprojekts. Gut zehn Kilometer vom Abschussort entfernt in Südamerika beobachtet der Theoretische Physiker den Raketenstart und durchlebt denkwürdige Momente. «Es war überwältigend, einerseits die Freude über den geglückten Start, andererseits die Vorfreude auf die geplanten Experimente und Daten.»

Nun sitzt der Wissenschaftler in seinem Büro auf dem Campus Irchel der UZH und sinniert über das Projekt. Für viele Menschen sind Gravitationswellen erst seit dem 11. Februar dieses Jahres ein Thema. An diesem Tag haben Forschende in den USA bekannt gegeben, dass sie mit dem Observatorium LIGO ihre Existenz auf der Erde gemessen haben. Die Meldung schlägt hohe Wellen, denn erstmals ist eine direkte Messung gelungen.

Philippe Jetzer beschäftigt sich seit Jahren mit Gravitationswellen und bleibt etwas nüchterner. Sein Blick wandert zum lebensgrossen Porträt von Albert Einstein an der Rückseite seiner Bürotüre. Vor hundert Jahren hat das Physikgenie die Existenz dieser Wellen aufgrund der Allgemeinen Relativitätstheorie vorausgesagt. «An der Existenz dieser Wellen gezweifelt hat niemand, weil bereits indirekte Beweise vorliegen», sagt Jetzer. «Einstein war sich aber nicht sicher, ob der Effekt für eine Messung überhaupt gross genug ist», so der Physiker. «Jetzt wissen wir, dass der

experimentelle Nachweis möglich ist.» Gravitationswellen entstehen bei der Beschleunigung massiver Körper kosmischen Ausmasses. Ihre Bewegung beeinflusst das Raum-Zeit-Kontinuum und pflanzt sich als Welle im Universum fort. So, wie ein Kieselstein, der auf eine Wasseroberfläche fällt, konzentrische Wellen hervorruft, bewegen sich Gravitationswellen mit Lichtgeschwindigkeit durchs Universum.

Im Vergleich mit anderen physikalischen Kräften wie dem Elektromagnetismus oder der starken Wechselwirkung zwischen subatomaren Teil-

## GRAVITATIONSWELLEN

### Botschaften aus dem All

**Gravitationswellen entstehen durch kosmische Ereignisse wie die Fusionen Schwarzer Löcher. Sie tragen die Kunde dieser Ereignisse durchs All – vom Beginn des Universums bis heute.**

chen ist die Gravitationskraft allerdings schwach. Die daraus resultierenden Gravitationswellen haben verschwindend kleine Effekte. Eine durchschnittliche Gravitationswelle, ausgelöst durch ein kosmisches Ereignis wie die Fusion zweier Schwarzer Löcher, verändert den Erddurchmesser um weniger als die Grösse eines Protons, das heisst den Kern eines Wasserstoffatoms.

#### Gespiegelte Laserstrahlen

Seit Albert Einsteins Prognose brüten Heerschaaren von Physikern über Möglichkeiten, diesen Hauch eines Effekts zu messen. Schliesslich entwickelten die Forscher Experimente basierend auf der Laserinterferometrie: Dabei werden zwei Laserstrahlen senkrecht zueinander auf Spiegel gelenkt. Feinste Veränderungen der Laufstrecke durch eine passierende Gravitationswelle, die

den Raum für einen kurzen Moment verändern, bewirken charakteristische Interferenzmuster der gespiegelten Strahlen. Auf dieser Technologie basieren die erfolgreichen Messungen durch LIGO, dem Laser-Interferometrie-Gravitations-Observatorium in Hanford (Washington) und Livingston (Louisiana), die im Februar veröffentlicht wurden. Messgeräte registrierten diese Signale bereits im September 2015.

Weil längere Gravitationsinterferometer empfindlicher sind und unterschiedliche Frequenzen messen, dachten die Physiker schon bald daran, ein Observatorium im Weltall zu installieren. Während die Spiegel von LIGO vier Kilometer entfernt von der Laserquelle aufgestellt sind, können sie im All in Abständen von Millionen von Kilometern platziert werden. Darüber hinaus ist die Anordnung im Universum nicht den Erschütterungen ausgesetzt, vor denen die Anlagen auf der Erde mit aufwendigen Technologien geschützt werden müssen.

Philippe Jetzer kramt in seinen Unterlagen und zieht einen älteren Bericht der Europäischen Raumagentur ESA aus dem Jahr 1996 hervor. «LISA – Laser Interferometer Space Antenna for the Detection of Gravitational Waves», heisst es darauf. Das gelbe Dokument ist eine alte Skizze für das Projekt, dessen erste Etappe – zwanzig Jahre später – endlich realisiert wird. «Gravitationswellen und ihr Nachweis haben mich schon immer fasziniert», sagt Jetzer mit Blick auf den Bericht und versorgt das Dokument wie eine liebgeordnete Reliquie. Zum Job als wissenschaftlicher Berater von LISA Pathfinder kam er aber erst auf Umwegen. Zuerst nimmt ihn die Teilchenphysik im Cern, danach die Astrophysik gefangen.

#### Verborgene Sterne suchen

Gemeinsamer Nenner dieser verschiedenen Disziplinen, die sich mit den denkbar kleinsten subatomaren Teilchen und den grösstmöglichen Strukturen im Universum befassen, ist die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins. Nach seinem Physikstudium an der ETH Zürich konzen-



trierete sich Philippe Jetzer auf die Theorien des Physikers, der von 1909 bis 1911 als Professor an der UZH gelehrt hatte. Wie viele Forscher beschäftigt er sich mit Einsteins umfassenden Arbeiten, die genügend Material für Generationen von Wissenschaftlern hergeben. Ein zentrales Thema in den 1980er-Jahren waren subatomare Teilchen, die in den Beschleunigermaschinen etwa im Cern oder Fermilab in den USA nach und nach entdeckt wurden. Die Theoretiker suchten nach einer vereinheitlichenden Theorie dazu.

Jetzers Fokus wechselte mit seinen Forschungsaufenthalten langsam von exotischen Quarks und Bosonen zu Dunkler Materie und zum Weltall. Mit dem Mikrolinsen-Effekt, einem Spezialfall von Gravitationslinsen, suchte Jetzer in unserer Milchstrasse und der benachbarten Andromedagalaxie nach verborgenen Sternen und Dunkler Materie. Sein Ruf als Einstein-Experte ist längst etabliert, als ihn 2003 Domenico Giardini von der ETH Zürich kontaktiert. Der Seismologe Giardini war zusammen mit dem Ingenieur Peter Zweifel auf der Suche nach einem Spezialisten für die Allgemeine Relativitätstheorie. Die Kollegen brauchten wissenschaftliche Unterstützung, um sich am Gravitationswellenprojekt der ESA mit LISA Pathfinder beteiligen zu können. Jetzer musste nicht lange überlegen. Das Telefongespräch markierte den Beginn eines neuen Abschnitts seines Forscherlebens: der intensiven Beschäftigung mit Gravitationswellen. «Ein alter Traum ging in Erfüllung», sagt Philippe Jetzer rückblickend.

LISA Pathfinder ist die Nagelprobe für die «evolved» eLISA-Mission. In diesem Projekt soll in rund zwanzig Jahren ein riesiges Interferometer mit drei Satelliten aufgebaut werden, die je eine Million Kilometer voneinander entfernt im All um die Sonne kreisen. Zuerst aber muss der Testlauf mit dem Pathfinder erfolgreich absolviert werden. Der Satellit befindet sich unterdessen am Bestimmungsort im All, 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. In seinem Innern schweben in einer hantelähnlichen Kammer zwei würfelförmige Testmassen aus einer Gold-Platin-Legierung.

Während die ETH-Ingenieure die Steuerungselektronik entwickelten, um die Würfel berührungsfrei in Position zu halten, analysierte Philippe Jetzer mit seinem Team Auswirkungen der Gravitationskräfte auf das Messsystem. Zwischen

den 38 Zentimeter voneinander liegenden Würfeln schwingen Laserstrahlen hin und her und messen relative Distanzänderungen. Die Apparatur muss in der Lage sein, kleinste Abstandsveränderungen im Grössenbereich eines Atomkerns, das heisst im Pikobereich, zu messen. Die Anordnung simuliert die Messgenauigkeit, die eLISA zum Nachweis von Gravitationswellen brauchen wird. «Vorläufige Resultate sehen sehr gut aus», sagt Philippe Jetzer. Genaueres wird man diesen Herbst am internationalen LISA-Symposium an der UZH erfahren.

### Fusion von Schwarzen Löchern

«Der Paukenschlag vom 11. Februar hat für LISA Pathfinder nur Vorteile», sagt Jetzer. Der erfolgreiche LIGO-Nachweis hat ein Physikthema ins Rampenlicht gerückt, das vorher nur Insidern

---

*Wie mit Galileos Galileis Fernrohr  
die optische Erkundung des  
Universums begann, werden mit den  
Gravitationswellen bisher nicht  
bekannte Objekte sichtbar.*

---

bekannt war. Nun blicken alle in den Himmel und fragen sich, was die LISA-Missionen und die verschiedenen Laserinterferometer auf der Erde bringen. Für Jetzer und seine Kollegen ist der Fall klar: So, wie mit Galileo Galileis Fernrohr die optische Erkundung des Universums begann, werden mit Gravitationswellen bisher nicht bekannte Objekte sichtbar. Mit etwas Glück wird es sogar gelingen, bis an den Anfang des Universums zurückzublicken.

Denn Gravitationswellen kommen in vielen Formen vor und ihre Analyse lässt erstaunlich detailreiche Schlüsse zu. So haben die von LIGO entdeckten Wellen eine Frequenz zwischen 35 und 250 Hertz und liegen – wenn sie verstärkt werden – im hörbaren Bereich des menschlichen Ohrs. Sie entstanden vor 1,3 Milliarden Jahren bei der Fusion zweier Schwarzer Löcher, bei der gewaltige Massen in Gravitationsenergie umgewandelt wurden. Schwarze Löcher sind unsichtbar, weil ihre Schwerkraft aufgrund der dichten Masse so gross ist, dass kein Licht entweichen kann. Die Analyse der Gravitationswellen aber

erlaubt erstmals detaillierte Beschreibung dieses kosmischen Ereignisses: Demzufolge haben sich zwei Schwarze Löcher von der Grösse von 36 und 29 Massen unserer Sonnen zu einem Gebilde von rund 62 Sonnenmassen fusioniert. Gut drei Sonnenmassen wurden in Gravitationsenergie und -wellen verwandelt und setzen sich seither als Störung des Raum-Zeit-Kontinuums fort.

eLISA wird empfindlicher sein und in einem tieferen Frequenzbereich unterhalb von einem Hertz Signale auffangen können. «Wir können viel weiter hinaus in den Weltraum blicken und andere kosmische Ereignisse messen», sagt Philippe Jetzer. Dazu gehören kompakte Doppelsysteme ausgebrannter Sonnen (weisse Zwerge) in unserer Galaxie. eLISA dürfte auch das Verschmelzen von Supermassiven Schwarzen Löchern nachweisen können. Diese weisen Millionen von Sonnenmassen auf und werden im Zentrum von allen Galaxien vermutet, auch unserer Milchstrasse.

### Einzig messbaren Zeugen der Zeit

Weiter hinaus schauen bedeutet in der Astrophysik auch länger zurück – zu den Anfängen des jungen Universums vor rund 13,5 Milliarden Jahren. Unmittelbar nach dem Urknall dehnte sich das entstehende Universum während einer extrem kurzen Zeit von  $10^{-32}$  Sekunden unvorstellbar schnell aus. Die dabei produzierten Gravitationswellen bewegen sich noch immer durch den Raum und sind die einzigen messbaren Zeugen dieser Zeit. Bisher können die Astrophysiker nur bis etwa 400 000 Jahren nach dem Big Bang zurückblicken, als das Universum transparent für Licht wurde. Mit Gravitationswellen blickt man über diesen Moment hinaus – idealerweise an den Anfang des Universums.

Philippe Jetzer reibt sich die Hände: «Gravitationswellen sind für die Theoretische Physik von enormer Bedeutung.» Die Forschung mit LISA-Pathfinder ist für ihn persönlich die perfekte Kombination theoretischer mit astrophysikalischer Forschung. Er erinnert sich gerne an den Moment des Vega-Raketen-Starts zurück: «Dies ist der Startschuss in eine neue Ära, eine Revolution der Weltraumbeobachtung», sagte er sich damals. Es klingt nicht nach Übertreibung.

**Kontakt:** Prof. Philippe Jetzer, jetzer@physik.uzh.ch



# Sternenstaub und Kollisionen

Sie testen Einsteins Relativitätstheorie, erforschen die Entstehung von Planeten oder suchen nach unbekanntem Teilchen. Fünf junge Forschende erzählen von ihrer Arbeit und ihrer Begeisterung für die Physik. Von Claudio Zemp

## 1. Das Ticken der Atomuhr

*Andreas Schärer*

*Doktorand, Theoretische Physik*

Auf seiner Homepage posiert Andreas Schärer lässig neben der Wachsfigur von Albert Einstein. 100 Jahre ist es her, seit Einstein seine Arbeiten zur «Allgemeinen Relativitätstheorie» publizierte. Seine epochale Theorie ist bis heute die Arbeitsgrundlage vieler Physiker. Einer davon ist der 28-jährige Thurgauer Doktorand. Schärer beschäftigt sich mit Tests der Relativitätstheorie im Sonnensystem. Er ist fasziniert von den Konsequenzen, die sich aus Einsteins Theorie ergeben. Die Gravitationswellen, die dieser theoretisch postulierte und die vor wenigen Monaten erstmals gemessen wurden, sind nur ein Beispiel dafür. Das berühmte Zwilling-Paradoxon ist ein weiteres: «Wenn ein Zwilling mit einem Affenzahn durchs Universum fliegt und danach auf die Erde zurückkommt, sind die Brüder nicht mehr gleich alt.» Das Phänomen sei nicht nur fantastischer Stoff fürs Kino, betont der Forscher: «Das ist keine Science-Fiction. Wir können diesen Effekt im Kleinen mit Atomuhren messen.» Die Unterschiede sind allerdings minim, sagt Schärer: «Je nachdem, wo du dich im Gravitationsfeld befindest, vergeht die Zeit anders. Ganz genau genommen tickt die Zeit in deinen Füßen und in deinem Kopf nicht ganz gleich.»

Schärer arbeitet an Experimenten, um die sogenannte Gravitations-Rotverschiebung im All zu testen. Als Spezialist für Atomuhren ist er in eine geplante Satellitenmission involviert. Der



1

Theoretische Physiker beschäftigt sich aber auch mit irdischeren Anwendungen, genau genommen mit unterirdischen. Kürzlich publizierte er mit anderen Physikern der UZH sowie Geophysikern der ETH eine Idee, wie man mit Hilfe der Theoretischen Physik einen Vulkanausbruch voraussagen könnte. Die Umsetzung ist zwar noch Zukunftsmusik, aber im Prinzip möglich, so Schärer: «Mit einer Atomuhr auf dem Vulkan und einer Referenzuhr ausserhalb könnte man Magmaverchiebungen im Erdinnern rechtzeitig messen.»

## 2. Planetengeburt

*Joanna Drazkowska*

*Postdoc, Astrophysik*

Joanna Drazkowska wuchs als ältestes von fünf Kindern eines Physikerpaars im Norden von Polen auf. Ihr Heimatort Lidzbark Warmiński liegt nahe der russischen Grenze, bei der Enklave Kaliningrad. «Viele wissen gar nicht, dass Polen an Russland grenzt», sagt die Forscherin. Sie studierte wie ihre Eltern an der Nicolaus Copernicus Universität in Toruń Physik und Astronomie. Für die Doktorarbeit zog Drazkowska mit ihrem Mann in die Astrophysik-Hochburg Heidelberg. Von dort kam sie an das Institut für Computational Science an die UZH. Die 29-jährige Polin forscht in Zürich auch für das Nationale Kompetenzzentrum NCCR PlanetS: «Die Schweiz ist eines der führenden Länder in Astronomie», sagt sie. Den persönlichen Fokus legt sie auf die Entstehung der Planeten. Ihre Forschungsobjekte sind nicht nur sehr weit weg, sondern teilweise gar nicht mehr da: «Die Sonne, die wir am Him-



2

mel sehen, ist diejenige von vor 8 Minuten.» Manche Sterne in fernen Galaxien, die sie studiert, sind so weit weg, dass sie gar nicht mehr existieren.

Dass Sterne von Planeten umkreist werden, ist ein verbreitetes Phänomen: «In der Milchstrasse kommt im Durchschnitt auf jeden Stern ein Planet.» Über die Entstehung von Planetensystemen weiss man noch wenig. Erst vor 21 Jahren entdeckten Schweizer Forscher den ersten Stern mit Planeten, der unserer Sonne gleicht, sagt Drazkowska: «Zuvor war es der polnische Astronom Alex Wolszczan, der den ersten Exoplaneten überhaupt fand.»

Die Astronomin versucht, den schimmernden Moment des Übergangs zu verstehen, bevor ein Planet in der Umlaufbahn eines Sterns auftaucht: Die Planetengeburt. Die Physiker können beobachten, dass der Stern dann von einer Protoplanetenscheibe umgeben ist, die aus feinem Sternenstaub besteht. Die Dämmerung, das Zwielicht, das die Entstehung der Planeten umgibt, ist das Rätsel, dem sich Joanna Drazkowska verschrieben hat. Für die junge Wissenschaftlerin ist aber auch das Post-Doc im PlanetS-Programm an der UZH eine Übergangsphase: «Es ist eine Etappe auf dem Weg zur unabhängigen Forscherin.»

## 3. Auf der Überholspur

*Denys Sutter*

*Fast Track PhD, Festkörperphysik*

Die Mutter Krankenschwester aus den Philippinen, der Vater Flughafenpolizist. An der Wiege von Denys Sutter hätten wenige darauf gewettet,





3

dass er einmal Physiker wird. Doch seit Herbst forscht der 27-jährige Doktorand in der Gruppe von Johan Chang. Das Team baut das «Laboratory for Quantum Matter Research» auf.

Mit Bestnoten im Bachelorstudium hat Sutter sich für das Fast Track PhD-Programm qualifiziert. Er macht gleichzeitig das Masterstudium und die Doktorarbeit in zirka vier Jahren. Beim Bewältigen der doppelten Arbeitslast helfen ihm die Fähigkeiten, die er als Teilzeitstudent und Physiklaborant erwarb: «Ich konnte mir das Studium grösstenteils selber finanzieren. Bei Arbeit und Studium habe ich auch gelernt, mich gut zu organisieren.»

Sutters Weg ist ungewöhnlich. Er machte zuerst eine Lehre als Physiklaborant an der ETH. In der Berufsschule inspirierte ihn sein Physiklehrer: «Er erklärte uns den Stoff sehr schön und sagte immer: Wer es genauer wissen will, soll Physik studieren.» Sutter nahm sich diese Worte zu Herzen. Nach der Berufsmatura wechselte er über die einjährige «Passerelle» an die Universität. Mittlerweile ist Denys Sutter wieder gleich alt wie die anderen Doktoranden der Forschungsgruppe. Seine Arbeitserfahrung als Techniker bei der Firma Ferrovac kommt ihm auch in der Forschung zugute: «Ich kann alles brauchen, was ich dort gelernt habe.»

Ferrovac, Hersteller in der Branche der Ultrahochvakuum-Technologie, ist eine Partnerin der UZH. Beim Aufbau des neuen Labors arbeiten die Physiker mit den Konstrukteuren zusammen. Die Visionen für neue Experimente werden gemeinsam umgesetzt. Daneben betreibt die Gruppe Forschung an exotischen Materialien wie zum Beispiel Hochtemperatursupraleiter oder Mott-



4

Isolatoren. Sutter staunt immer wieder von neuem, was in diesen künstlichen Kristallen abläuft: «Das Sample dieser Kristalle ist eine Magic Box. Wir schauen hinein und versuchen die Physik zu verstehen.»

#### 4. Das Funkeln im Dunkeln

*Michelle Galloway*

*Postdoc, Teilchen-Astrophysik*

Für die Astrophysikerin Michelle Galloway gab es ein Schlüsselmoment. Mit 14 Jahren sah sie eine Sendung im öffentlichen Schulfernsehen PBS, wo das Phänomen der Supraleitung erklärt wurde. Der Beitrag zeigte eine japanische Spielzeugeisenbahn, die sich in horrendem Tempo ständig im Kreis drehte, ohne dabei Energie zu verlieren. Das brachte den Teenager aus Pennsylvania zum Staunen. Und auf die Idee, Physik zu studieren. Galloway ist diesem Funken der Inspiration seither gefolgt. Ein bewährter Tipp, den sie gerne an den Nachwuchs weitergibt: «Wenn du den Schimmer siehst, folge ihm.»

Galloway ist fasziniert vom Unsichtbaren im Universum. Ihr Weg führte die Amerikanerin zuerst an die Boston University: «In meiner Familie bin ich die Einzige, die aufs College ging.» Danach ging es weiter an verschiedene Universitäten quer durch die USA. In Pittsburgh konstruierte sie ihren ersten Teilchendetektor, später in Berkeley arbeitete sie an einem Neutrino-Experiment.

Galloway machte ihre Doktorarbeit an der renommierten University of California: «Ich hatte in Berkeley sehr gute Mentoren.» Physik sei kein



5

einfaches Fach. Dass man manchmal in einem Problem feststecke und fast verzweifeln, gehöre dazu.

Nach ihrem PhD mit Schwerpunkt Gammastrahlenspektroskopie und Bildgebung für Nukleare Physik kam Galloway nach Zürich. 2014 stiess sie zur Xenon-Gruppe von Laura Baudis. Diese Stelle sei für sie der perfekte Job am perfekten Ort gewesen. Am Xenon-Experiment sind mehrere Forscherteams aus verschiedenen Ländern beteiligt. Das Labor befindet sich in Italien, östlich von Rom, tief im Berg, um das kosmische Rauschen auszuschalten. Die zylinderförmige Anlage, die 161 Kilogramm Xenon fasst, ist kaum grösser als ein Waschküchen-Tumbler. Nun haben die Forscherinnen und Forscher eine neue Anlage konstruiert, die 3,5 Tonnen Xenon fasst. Michelle Galloways Traum ist es, Teilchen der dunklen Materie direkt nachzuweisen. Die Physiker jagen im Experiment kleinste Lichtsignale, es funkelt wieder – und Michelle Galloway ist mit dabei.

#### 5. Das Rätsel der Materie

*Rafael Silva Coutinho*

*Postdoc, Teilchenphysik*

Rafael Coutinhos Vater war Meeresbiologe. Als Kind wurde der Brasilianer von dessen Entdeckerfreude angesteckt. Das Forschen ist bis heute die liebste Beschäftigung des 29-jährigen Teilchenphysikers. Die raren Perlen, nach denen Coutinho taucht, sind extrem instabile subatomare Teilchen wie etwa Hadronen. Diese werden im grossen Teilchenbeschleuniger im Genfer Cern



produziert, der auf Englisch «Large Hadron Collider» heisst, kurz LHC. Seit 2008 arbeitet Coutinho am Cern. Als der LHC in Betrieb genommen wurde, machte er seinen Master in Rio de Janeiro.

Coutinho ist ein Crack im Analysieren von gigantischen Datensätzen: «Analyse ist ein effizienter Weg, um die seltenen Prozesse zu identifizieren.» Das Spezialgebiet des Brasilianers ist die CP-Verletzung. Das Phänomen wurde schon 1964 entdeckt, gibt der Wissenschaft aber immer noch Rätsel auf. Dieses zu lösen, ist das Ziel des Experiments LHCb, an dem Coutinho beteiligt ist. Das «b» steht für «beauty experiment».

Das Experiment sucht nach seltenen Zerfällen von Hadronen, die das schwere Bottom-Quark enthalten. Dahinter stellt sich die grosse theoretische Frage, weshalb in unserem Universum die Materie dominiert. Es sei eine der ungelösten Fragen der Physik, wie kurz nach dem Urknall diese Asymmetrie in Gang kam, erklärt Coutinho: «Wir suchen nach noch unentdeckten Phänomenen, die dafür sorgen, dass Materie und Antimaterie sich unterschiedlich verhalten.»

Die Doktorarbeit des Brasilianers wurde als beste LHCb-Thesis in England ausgezeichnet. Seit Mai 2015 forscht er nun als Post Doc in der Gruppe von Professor Nicola Serra an der UZH. Hier ist Coutinho ganz in seinem Element und unternimmt Tauchgänge in die Tiefen der Physik. Besonders aufregend sind unerwartete Signale, die in alten LHCb-Daten gefunden wurden. Der Nachweis einer Abweichung vom Standardmodell in seltenen Zerfällen wäre eine Sensation. Mehr als einmal tauchten Indizien dafür auf, doch das ist noch nicht signifikant. Coutinho und seine Kollegen gehen den Beobachtungen nach und arbeiten sich vor, bis auf den Grund.

**Kontakt:** Andreas Schärer, andreas.schaerer@physik.uzh.ch; Dr. Joanna Drazkowska, joannad@physik.uzh.ch; Denys Sutter, dsutter@physik.uzh.ch; Dr. Michelle Galloway, galloway@physik.uzh.ch; Rafael Silva Coutinho, rafael.silva.coutinho@cern.ch

# Wohltemperierte Supraleiter

Der Physiker Johan Chang erforscht die Hochtemperatursupraleitung (HTS). Diese gibt immer noch Rätsel auf, dreissig Jahre nach der Entdeckung durch K. Alex Müller und J. Georg Bednorz. Von Thomas Gull

Johan Chang hat einen Traum: Er möchte ein Material finden, das idealerweise bei Raumtemperatur Strom ohne Widerstand leitet, das heisst supraleitend wird. Dazu experimentiert der Physiker mit Kupferoxiden. Kupferoxide sind so genannte Hochtemperatursupraleiter (HTS). Sie werden bei relativ «hohen» Temperaturen supraleitend – aktuell liegt die Bestmarke bei minus 110 Grad Celsius.

Die HTS beflügelt die Phantasie seit ihrer Entdeckung vor dreissig Jahren. Strom ohne Widerstand zu transportieren, war und ist ein grosses Versprechen für viele technische Anwendungen. Supraleitung wird heute für die Übertragung von Strom verwendet, um Züge schwebend und ohne Rollwiderstand fahren zu lassen, in der medizinischen Bildgebung, der drahtlosen Kommunikation oder in Quantencomputern. Dabei kommt je nach Gebiet die klassische Supraleitung in Metallen, die seit mehr als 100 Jahren bekannt ist, oder die HTS zur Anwendung, die 1986 entdeckt wurde – von K. Alex Müller, damals Professor für Festkörperphysik an der Universität Zürich und Fellow am IBM-Labor in Rüschlikon, und seinem IBM-Kollegen J. Georg Bednorz.

## Nobelpreis für Müller und Bednorz

Den beiden gelang am 27. Januar 1986 einer der grössten wissenschaftlichen Durchbrüche in der Experimentalphysik des 20. Jahrhunderts: Sie entdeckten nach drei Jahren harter Arbeit im Labor und achtzig synthetisierten Verbindungen Lanthan-Barium-Kupferoxid. Die Kupferoxid-Verbindung war supraleitend. Das war in zweierlei Hinsicht eine Sensation: erstens, weil Kupferoxide bei Normaltemperatur nur wenig Strom leiten und zweitens, weil die Sprungtemperatur, bei der das Material supraleitend wird, bei vergleichsweise hohen minus 243 Grad Celsius liegt. Das ist wesentlich tiefer als die Sprungtempera-

tur des metallischen Supraleiters Quecksilber (–269 Grad), den der holländische Physiker Heike Kamerlingh Onnes bereits 1911 entdeckte.

Müller und Bednorz hatten den ersten Hochtemperatursupraleiter gefunden. Die Publikation ihrer Entdeckung löste weltweit Begeisterung aus, bereits ein Jahr später erhielten sie dafür den Physik-Nobelpreis. Rund um den Globus begannen Labore mit der neuen Erkenntnis zu arbeiten. Schnell wurden Kupferoxide mit noch höherer Sprungtemperatur gefunden. Die höchste gemessene Sprungtemperatur in einem Kupferoxid unter Normaldruck liegt bei minus 140 Grad Cel-

---

*Entweder es gelingt, einen Supraleiter herzustellen, oder es stellt sich heraus, dass es eine Temperaturobergrenze gibt, die nicht geknackt werden kann.*

---

sus. Sie wurde 1993 von Andreas Schilling entdeckt, heute Professor am Physik-Institut der Universität Zürich.

Trotz Sprungtemperaturen, die immer noch weit unter dem Nullpunkt liegen, sind die keramischen HTS für die Industrie interessant, weil sie mit flüssigem Stickstoff supraleitend gemacht werden können, während die metallischen Supraleiter mit flüssigem Helium heruntergekühlt werden müssen, was aufwändiger und teurer ist.

## Verflogene Euphorie

Die anfängliche Euphorie über die HTS ist dennoch etwas verflogen. Das hat drei Gründe: die Sprungtemperatur ist immer noch sehr tief, das Material muss deshalb mit einem aufwändigen technischen Verfahren gekühlt werden; Kupferoxide sind brüchige Materialien, es ist deshalb



schwierig, beispielsweise Kabel herzustellen – mittelweile gibt es allerdings solche – und schliesslich gibt es bis heute noch keine allgemein anerkannte theoretische Erklärung für die Hochtemperatursupraleitung.

Diesen Sachverhalt kann man je nach Perspektive frustrierend oder herausfordernd finden. Für Johan Chang ist es eine wissenschaftliche Herausforderung, die ihn reizt. Der dänische Wissenschaftler räumt auch ein, dass er in Bezug auf die theoretische Erklärung der Hochtemperatursupraleitung einen anderen Ansatz vertritt als K. Alex Müller und sein Nachfolger am Physik-Institut Hugo Keller. Müller und Keller sind der Ansicht, die Supraleitung in Kupferoxiden lasse sich grundsätzlich mit dem gleichen Mechanismen erklären wie bei der metallischen Supraleitung, das heisst durch den paarweisen Zusammenschluss von Elektronen zu so genannten Cooper-Paaren.

Johan Chang hingegen geht davon aus, dass die supraleitenden Eigenschaften von Kupferoxiden nicht mit gleichen Theorien erklärt werden können wie die Supraleitung in Metallen. Für ihn handelt es sich deshalb um «unkonventionelle» Supraleitung. Er selbst untersucht magnetische Effekte, die dazu führen, dass Elektronen kristallisieren und so supraleitend werden. «Das ist das unkonventionelle Szenario», sagt Chang.

### Verblüffende physikalische Phänomene

Was auf den ersten Blick wie ein Streit um des Kaiser Bart erscheint – die HTS funktioniert ja unter bestimmten Bedingungen, hat für die Physik und die technische Anwendung der HTS weitreichende Konsequenzen: «Wenn wir theoretisch verstehen, was Supraleitung in Kupferoxiden auslöst», sagt Chang, «wüssten wir, was wir tun müssen, um das Material zu verbessern.»

Konkret bedeutet dies, dass das theoretische Verständnis von Supraleitung helfen würde, die Zusammensetzung der Kupferoxide zu optimieren und damit die Sprungtemperatur weiter zu erhöhen. Die Geschichte kann dann so oder so ausgehen: Das bessere Verständnis könnte dazu führen, dass man einen Super-Supraleiter herstellen könnte, der bei sehr hohen Temperaturen, idealerweise bei Raumtemperatur, supraleitend wird. «Es könnte sich aber auch herausstellen,

dass es eine Temperaturobergrenze gibt, die wir nicht knacken können», sagt Chang.

Auf der Suche nach dem idealen HTS verändert Chang die Zusammensetzung der Kupferoxide, er dopt sie, wie die Physiker sagen, und untersucht dann die Eigenschaften des neuen Materials. Auf diese Weise möchte er eine Kupferoxid-Mischung finden, die bei höheren Temperaturen Strom ohne Widerstand leitet, als dies heute der Fall ist. Gleichzeitig will Chang verstehen, weshalb Kupferoxide überhaupt supraleitend werden.

Das klingt einfacher, als es ist. Denn je länger sich Johan Chang, der seit Anfang 2015 Professor

## SUPRALEITER

# Ohne Widerstand

**Elektrischen Strom ohne Widerstand zu transportieren, ist einer der grossen Träume der Physik. Unter bestimmten Bedingungen ist dies heute möglich. Forschende an der UZH arbeiten daran, Hochtemperatursupraleiter zu verbessern und theoretisch zu verstehen.**

für Festkörperphysik an der Universität Zürich ist, sich mit der Hochtemperatursupraleitung beschäftigt, umso komplexer wird für ihn das Phänomen: «Die Hochtemperatursupraleitung wird begleitet von verblüffenden physikalischen Erscheinungen.»

Verblüffend ist zunächst, dass Hochtemperatursupraleitung in keramischen Materialien wie den Kupferoxiden auftritt, die an sich Isolatoren sind und bei Raumtemperatur keinen Strom leiten. Bei einer bestimmten Temperatur, der so genannten Sprungtemperatur, verändern sie jedoch schlagartig ihre Eigenschaft und werden supraleitend.

Bevor sie supraleitend werden, zeigen diese Kupferoxide eine so genannte «sonderbare metallische Phase». Dieses Phänomen wird bis heute genauso wenig verstanden wie andere Zustände, die supraleitende Kupferoxide durchlaufen. Dazu gehört auch die «Pseudogap-Phase», in der Supraleitung gleichzeitig mit Elektronenspin (der Drehung der Elektronen um die eigene Achse) und Ladungsveränderungen der Elektronen auftritt. Wenn man mit Johan Chang über seine Forschung spricht, realisiert man, dass die Hochtem-

peratursupraleitung noch komplexer ist, als man bisher geglaubt hat. Statt eine Antwort auf die grosse theoretische Frage der Festkörperphysik zu geben, weshalb Kupferoxide supraleitend werden, tun sich immer neue Rätsel auf.

### Komplexer als gedacht

Chang selbst arbeitet mit seinem Team daran, das Rätsel der HTS zu lösen – Schritt für Schritt. «Wir versuchen systematisch, HTS zu verstehen, indem wir einfachere Fragen beantworten.» Wobei diese «einfachen Fragen» bereits hochkomplex sind wie etwa der Zusammenhang zwischen Supraleitung und Elektronenspin und -ladung.

Um die verschiedenen Phänomene, die mit Supraleitung einhergehen, zu begreifen, führt Chang Experimente mit Synchrotronlicht durch – am Paul Scherrer Institut und anderen Synchrotronen rund um den Globus. Und der junge Physikprofessor ist dabei, am Physik-Institut sein eigenes Labor aufzubauen, um kleinere und einfachere Experimente mit supraleitenden Materialien durchführen zu können. Finanziert wird seine Forschung unter anderem durch einen der begehrten ERC-Grants der EU.

Unterstützung erhält Chang vom Theoretischen Physiker Titus Neupert, der im Juni seine Assistenzprofessur für Theoretische Physik der kondensierten Materie antritt. Die beiden arbeiten bereits zusammen, seit Neupert den Ruf an die UZH erhalten hat. «Ich hoffe, dass wir gemeinsam weiterkommen», sagt Chang.

So, wie es aussieht, gibt es noch viel zu tun, bis die Hochtemperatursupraleitung von Kupferoxiden erklärt werden kann, vor allem, wenn immer wieder neue Phänomene entdeckt werden, die die HTS begleiten. Für Johan Chang ist klar: «Eine gute Theorie sollte alle Eigenschaften des Materials einbeziehen.» Die Perspektive des 37-Jährigen ist ohnehin eine längerfristige: «Es hat fünfzig Jahre gedauert, bis die Supraleitung in Metallen erklärt werden konnte. Seit der Entdeckung der HTS durch Müller und Bednorz sind dreissig Jahre vergangen. Es bleibt uns also noch etwas Zeit.»

**Kontakt:** Prof. Johan Chang, johan.chang@physik.uzh.ch





**Johan Chang** mit der Projektion eines Supraleiter-Experiments.



# Bärenstarke Bienenwaben

Graphen könnte die Technik revolutionieren. Die Physiker Jürg Osterwalder und Thomas Greber erforschen das Supermaterial der Zukunft, das unglaublich zäh, unvorstellbar dünn und elektrisch extrem leitfähig ist. Von Roger Nickl

Kohlenstoff bildet das Rückgrat des irdischen Lebens. Die meisten Biomoleküle bestehen aus einem Skelett von Kohlenstoffatomen. Aber auch sonst ist das chemische Element unglaublich vielfältig und faszinierend: Ganz unterschiedliche Materialien wie Diamant – der härteste Stoff, den wir kennen – oder Graphit, aus dem die Bleistiftminen gemacht sind, sind reine Kohlenstoffverbindungen. Eine weitere Verbindung, die ganz aus Kohlenstoffatomen zusammengesetzt ist, begeistert momentan die Welt der Wissenschaft: Graphen.

Graphen ist das dünnste Material, das wir kennen. Es besteht lediglich aus einer einzigen Lage von Kohlenstoffatomen, die wie bei Bienenwaben in einem Netz von Sechsecken angeordnet und verwoben sind. Graphen ist eine Million Mal dünner als der Durchmesser eines menschlichen Haars. Aber nicht nur das: Seine Wabenstruktur führt dazu, dass es extrem beständig und 125-mal zugfester als Stahl ist. Jürg Osterwalder weiss, weshalb: «In einem räumlichen Kristallgitter verteilen sich die Bindungsstärken zwischen den Atomen auf drei Dimensionen», sagt der UZH-Physiker und Graphen-Forscher, «bei einem zweidimensionalen Material wie Graphen konzentrieren sich all diese Kräfte in der Ebene, das macht seine enorme Zugfestigkeit aus.»

## Schnelle Elektronen

Damit aber nicht genug. Geht es um die Eigenschaften von Graphen, überbieten sich die Superlative. Das Material ist nicht nur ultradünn und zäh, sondern es ist auch biegsam und es ist vor allem ein unglaublich guter elektrischer Leiter. «In Graphen bewegen sich die Leitungselektronen mit einem Hundertstel der Lichtgeschwindigkeit sehr schnell», sagt Thomas Greber, der

zusammen mit Jürg Osterwalder die Graphen-Forschung am Physik-Institut der Universität Zürich leitet.

Diese Mischung aus hervorragenden Eigenschaften ist der Grund dafür, dass Forscher Graphen eine grosse Zukunft voraussagen. Schnellere elektronische Geräte, leistungsfähigere Computerprozessoren, robuste, biegsame Touchscreens, superempfindliche Sensoren und hochwirksame Filtermembranen beispielsweise zur Wasserreinigung könnten auf der Basis von Graphen entwickelt werden. Angesichts dieses enormen Potenzials hat die EU 2013 das «Flagship Graphene» ins Leben gerufen: Das Forschungsprogramm ist auf zehn Jahre angelegt und

## GRAPHEN

### Wunder aus Kohlenstoff

**Leistungsfähigere Computer, biegsame Touchscreens, hochempfindliche Sensoren, smarte Filtermembranen: Dank seiner vielen hervorragenden Qualitäten könnte Graphen die technische Entwicklung revolutionieren.**

mit einer Milliarde Euro dotiert. Daran beteiligt sind 142 internationale Forschergruppen aus Industrie und Akademie, darunter das Team von Jürg Osterwalder und Thomas Greber. Ziel des Grossprojekts ist es, Graphen besser zu verstehen und so den Weg für künftige Anwendungen zu ebnen.

Der Durchbruch in der Graphenforschung gelang 2004. Bis dato ging die Theorie davon aus, dass eine ultradünne Folie, die aus nur einer Lage Kohlenstoffatomen besteht, gar nicht existieren könne. Das sei viel zu instabil, war das Credo vieler Forscher. Andre Geim und Kostya Novoselov von der University of Manchester konnten diese Theorie jedoch stürzen und die Forscherge-

meinde vom Gegenteil überzeugen, indem sie mit denkbar einfachen Mitteln Graphen herstellten.

## Durchbruch mit Scotch Tape

Ausgangspunkt für das legendäre Experiment der beiden russischstämmigen Forscher war Graphit. Dieses besteht aus übereinandergestapelten Schichten von Graphen. Drei Millionen dieser Graphenschichten ergeben lediglich einen Millimeter Graphit. Geim und Novoselov hefteten ein Scotch Tape an eine Graphitprobe und zogen es ab. Das Graphit, das am Klebeband hängen blieb, teilten sie nun mit weiteren Klebestreifen und trugen so quasi Schicht um Schicht ab. «Wenn man das genügend oft wiederholt, bleibt schliesslich eine einzige Graphenschicht am Scotch Tape kleben», sagt Jürg Osterwalder.

Den beiden Physikern gelang es aber nicht nur, auf diese Weise das begehrte Material herzustellen. Sie konnten in darauf folgenden Experimenten auch die herausragenden Eigenschaften von Graphen, etwa seine exzellente elektrische Leitfähigkeit, nachweisen. Dafür erhielten die beiden Forscher 2010 den Nobelpreis für Physik.

Die Entdeckungen der Forscher aus Manchester lösten einen regelrechten Graphen-Hype aus. «Heute erscheinen jeden Tag neunzig neue Studien, die den Namen Graphen im Titel tragen», sagt Thomas Greber, «wir Forscher können gar nicht mehr alles lesen, was zum Thema publiziert wird.» Greber beschäftigt sich schon seit längerem mit Nanomaterialien. In den späten 1990er-Jahren begann der Physiker sich mit Bornitrid auseinanderzusetzen – einem Stoff, der ähnlich wie Graphen aufgebaut ist, aber gegenteilige Eigenschaften besitzt: Während Graphen elektrisch hervorragend leitet, ist Bornitrid ein ausgezeichneter Isolator. Greber hat eine Methode entwickelt, wie er im Labor einatomare Lagen von Bornitrid in guter Qualität herstellen kann. Dieses Wissen konnte er später für die Graphen-Forschung gut gebrauchen, in die er im Verlauf der 2000er-Jahre mit Jürg Osterwalder einstieg.



Die Klebeband-Methode zur Herstellung von Graphen, die so genannte Exfoliation, die Geim und Novoselov und nach ihnen viele andere Forschergruppen angewendet haben, hat einen Haken. Mit ihr lässt sich zwar Graphen gewinnen, die Grösse und die Struktur des Materials sind aber rein zufällig und die Qualität für bestimmte Anwendungen ungenügend. «Wenn man eine Fabrik bauen will, die Millionen identische Transistoren auf Graphenbasis herstellen will, kann man das mit diesem Material vergessen», sagt Jürg Osterwalder, «um qualitativ hochstehendes Graphen kontrolliert herzustellen, muss man es im Labor wachsen lassen.»

### Nano-Sandwiches

Genau dies tun die Zürcher Physiker. Sie nehmen dazu ein Verfahren zu Hilfe, das sich chemische Gasphasenabscheidung nennt: Auf Grund einer chemischen Reaktion wird aus einem Gas Graphen auf einer Siliziumscheibe, einem so genannten Wafer, ausgeschieden. Diese ist mit einer katalytisch wirkenden, einkristallinen Metallschicht überzogen, die das Verfahren erst ermöglicht. Auf diese Weise und mit Hilfe einer von den Physikern der Universität Zürich eigens dafür entwickelten Bedampfungsanlage gelingt es dem Team von Osterwalder und Greber heute, qualitativ hochstehendes, einkristallines Graphen und Bornitrid herzustellen – und dies auf relativ grossen Flächen von zehn Zentimetern Durchmesser. «Das kann bislang niemand ausser uns», sagt Thomas Greber.

Damit aber noch nicht genug: Den Zürcher Forschern ist es auch gelungen, die so hergestellte Graphenfolie von der Metallschicht abzulösen und auf einen anderen Träger zu übertragen. Das ist zentral, denn das Metall, auf dem das Graphen im Labor wächst, ist für die Herstellung des Supermaterials zwar unabdingbar, weil es eben als Katalysator wirkt. Für die technische Anwendung ist die Metallunterlage jedoch unbrauchbar. «Bei einem elektronischen Bauteil würden zwischen Graphen und Metall immer Kurzschlüsse entstehen», sagt Jürg Osterwalder. Deshalb ist es notwendig, Graphen auf einen geeigneteren, elektrisch isolierenden Träger zu übertragen. Nach einer langen Tüftelphase haben die UZH-Physiker einen Weg gefunden, wie das möglich ist.

Die Lösung des Problems fanden sie in einer Methode, die sie «bubbling» nennen. Die Forscher überziehen die Graphenfolie mit einer Polymerschicht und bringen das Nano-Sandwich bestehend aus Metallträger, Graphen und Polymer in eine Lösung ein. Zwischen der Metallschicht und einer Gegenelektrode legen sie nun negative Spannung an. Dadurch entstehen an der Metalloberfläche Wasserstoffgasblasen, die das Graphen zusammen mit der Polymerschicht – dem neuen Träger – allmählich mechanisch vom Metall ablösen. So können die Wissenschaftler Graphenfolien auf ein Material wie etwa Siliziumoxid übertragen, das sich besser für eine elektronische Anwendung eignet.

Das hochwertige Graphen, das die Zürcher Forscher herstellen und umlagern können, wird der Grundlagenforschung und der technologi-

---

*Zwei Russen stellten mit Hilfe von  
Scotch Tape einlagiges Graphen her.  
Dafür erhielten sie 2010 den  
Nobelpreis für Physik.*

---

schon Weiterentwicklung neuen Schub verleihen. «Mit dieser Methode sind auch neue Ideen realisierbar», sagt Thomas Greber, «vorstellbar wäre zum Beispiel, Graphenfolien kontrolliert zu stapeln und mit Bornitrid zu kombinieren – so könnten ganz neue Materialien hergestellt werden, die man nach Bedarf designen kann.»

### Büchsenöffner für winzige Löcher

Ganz zentral ist für die Zürcher Forscher die Idee, smarte Membranen aus Graphen herzustellen, mit denen Flüssigkeiten oder Gase effizient gereinigt werden könnten. «Graphen eröffnet die ganze Welt des Sortierens neu», sagt Thomas Greber. Er und sein Team haben ein physikalisches Verfahren entwickelt, mit dem sie wie mit einem winzigen Büchsenöffner gezielt Nanolöcher in eine Graphenfolie machen können. Je nach Grösse dieser Löcher wird die Graphenmembran damit durchlässig für bestimmte Ionen oder Moleküle oder eben nicht.

Bisher sind viele Ideen für die Anwendung von Graphen von einer konkreten Umsetzung relativ weit entfernt. Angesichts der schier uner-

schöpflichen Anwendungsmöglichkeiten, die das vielseitige Nanomaterial verspricht, herrscht in der Graphen-Forschung aber Goldgräberstimmung. «Es ist noch viel Raum für Kreativität offen», sagt Thomas Greber, «das Thema hat sicher noch mehr Potenzial, als heute erkennbar ist.» Abgesehen davon zeichnen sich bereits einige konkrete technische Anwendungen von Graphen ab, die vermutlich schon bald in unseren Alltag einziehen werden.

### Smartphone ums Handgelenk

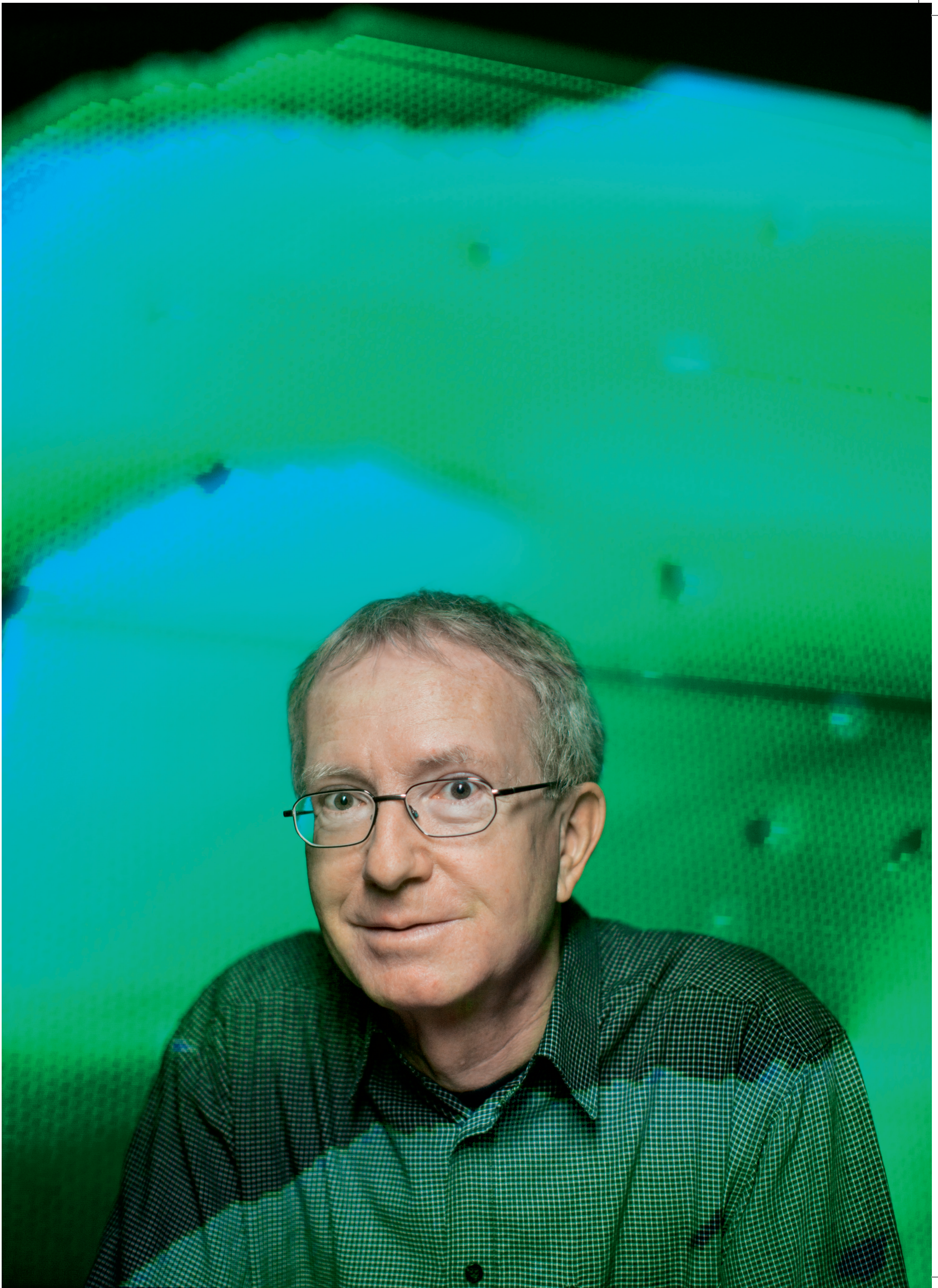
Greber und Osterwalder sind davon überzeugt, dass das Supermaterial in Zukunft ganz generell für schnellere Elektronik sorgen wird. Konkret erwarten die Physiker in den nächsten fünf Jahren biegsame und widerstandsfähige Displays und Touchscreens auf Graphenbasis. Sie könnten es erlauben, dass wir unsere Smartphones oder andere elektronische Geräte um das Handgelenk wickeln. Bereits auf den Markt erhältlich ist Graphentinte, die es möglich macht, elektronische Schaltungen quasi zuhause auszudrucken.

Sicher ist, dass Graphen auch in den nächsten Jahrzehnten für die eine oder andere Überraschung gut sein wird. Einige Wissenschaftler gehen sogar davon aus, dass es längerfristig Silizium als Basis für die Computertechnik ablösen und so ein neues technologisches Zeitalter einläuten wird. Ob eine solche Graphen-Revolution jemals stattfinden wird, ist allerdings noch offen. «Das Material stellt uns Wissenschaftler auch vor viele Probleme», sagt Thomas Greber, «etwa wie man den hervorragenden elektrischen Leiter dazu bringt, dass Elektronen eben nicht fließen.» Mehr darüber wissen werden wir spätestens dann, wenn das EU-Flagschiff «Graphene» 2023 vor Anker geht und eine Bilanz der Forschungsreise in die Technologie der Zukunft gezogen wird.

**Kontakt:** Prof. Thomas Greber, greber@physik.uzh.ch; Prof. Jürg Osterwalder, osterwal@physik.uzh.ch



**Jürg Osterwalder** vor dem Rastertunnelmikroskopie-Bild einer Monolage von hexagonalem Bornitrid.





# Der Kampf der arabischen Frauen um ihre Rechte

Erste Reaktionen auf die gewalttätigen Übergriffe gegen Frauen während der Silvesternacht 2015/2016 in Köln haben sofort den Einfluss der arabischen Kultur auf sexistische Gewaltbereitschaft hervorgehoben, ohne die genauen Abläufe und Kontexte zu untersuchen. Am 10. Januar berichtete Focus Online von Aktivitäten des deutschen Bundeskriminalamts (BKA) zur Entwicklung von «Bekämpfungsansätzen» gegen eine vorgeblich spezifische Form kollektiver sexueller Gewalt gegen Frauen. Um deren kulturelle Verankerung zu belegen, wurde auf den fehlerhaft wiedergegebenen ägyptisch-arabischen Ausdruck «taharrush gamea» hingewiesen.

Mittlerweile ist an verschiedener Stelle und nicht zuletzt von feministischer Seite Kritik an solchen kulturalisierenden Interpretationen geäußert worden. Komplexe gesellschaftliche Problemlagen und konkrete Gewaltverhältnisse werden hier als Ausdruck einer vermeintlich unveränderlichen, abgeschlossenen und in sich homogenen «Kultur» gedeutet.

Die Fokussierung auf Geschlecht und Sexualität als Marker unüberbrückbarer Differenz gegenüber der arabisch-islamischen Welt hat eine lange Tradition in europäischen Selbstentwürfen. Zwei wichtige Kritikpunkte an dieser Sichtweise seien hier erwähnt: Erstens besteht die Gefahr, dass generalisierende Verurteilungen arabischer und/oder muslimischer Männer durch xenophobe Bewegungen instrumentalisiert werden und dazu führen, antisexistische und antirassistische Anliegen gegeneinander auszuspielen.

Zweitens ist zu Recht der Vorwurf erhoben worden, kulturalisierende Deutungen von sexueller Gewalt blendeten die langjährigen Kämpfe um Frauenrechte in arabischen Ländern vollkommen aus und ignorierten Aktivistinnen vor Ort. Tatsächlich handelt es sich bei den arabischen Begriffen «taḥarruṣ ḡinsi» und «taḥarruṣ ḡamāṭ» um relativ neue Termini, die als Lehnübersetzung von sexueller Belästigung beziehungsweise kollektiver sexueller Belästigung seit den 2000er-

Jahren eingeführt wurden. Es waren zunächst vor allem ägyptische Feministinnen, die sich diese Begriffe zu eigen machten, um verschiedene Formen von Gewalt gegen Frauen im öffentlichen Raum in der Sprache transnationaler Menschenrechte benennbar und anklagbar zu machen. Das zentrale Anliegen war und ist, geschlechtsspezifische Gewalt als Rechtsbruch zu bekämpfen. Diese Strategie richtet sich gegen die Tabuisierung von Gewalt und die Stigmatisierung von Opfern im Namen von Kultur bzw. Tradition.

## Politisch motivierte Gewalt

Die eingangs erwähnte mediale Verzerrung durch den Verweis auf «taharrush gamea» (sic!) als Beleg für ein vermeintlich kulturspezifisches Gewaltpotenzial verstellt aber nicht nur den Blick auf die komplizierte politische Geschichte des Themas in arabischen Ländern. Sie belegt auch die Wirksamkeit von Sicherheitsdiskursen. So setzte in Ägypten das Mubarak-Regime bereits vor den politischen Umbrüchen von 2011 nicht nur selbst Gewalt gegen Frauen als Mittel der Repression und Abschreckung ein. Zur Diskreditierung von Protesten denunzierte die Regierung diese gleichzeitig als Ausdruck der pathologisierten und kriminalisierten Geschlechterkultur eines unkontrollierbaren Mobs junger Männer.

Paul Ammar hat argumentiert, dass dieses Kurzschiessen von Frauenrechtsanliegen mit sicherheitspolitischen Interessen die Spielräume für Frauenrechtsaktivismus weiter einschränkt. Mit den politischen Umbrüchen in der Region spitzte sich politisch motivierte Gewalt zu. Es öffneten sich aber auch neue Räume der Politisierung von unten.

Mariz Tadros hat Unterschiede und Übergänge zwischen sozial und politisch motivierter sexueller Gewalt in Ägypten in den Umbruchsjahren untersucht. Dabei zeigt sie, dass durch Widerstand und öffentliche Diskussionen zum Thema

das Bewusstsein für die Notwendigkeit von Massnahmen zum Schutz gegen sexuelle Übergriffe gewachsen ist.

## Enge Spielräume

Der hier anhand des Themas sexuelle Gewalt nur angerissene Problemhorizont zeigt exemplarisch, wie eng die Spielräume für feministische Interventionen in arabischen Ländern sind. Autoritäre Regime, politische Gewalt, ideologische Verwerfungen zwischen konservativen islamisch-islamistischen und säkularen Kräften sowie transnationale Verflechtungen auf unterschiedlichen Ebenen überlagern sich – in der Regel zuungunsten kritischer Theorie und Politik.

Für die bis heute aktivsten zivilgesellschaftlichen Frauenorganisationen, die seit den 1980er-Jahren entstanden sind, waren Rechtsfragen von Beginn an ein zentrales Politikfeld. Der Kampf gegen geschlechterhierarchische Ehe- und Familiengesetze, die sich auf islamisches Recht stützen, bildete in verschiedenen Ländern wie Ägypten, Algerien und Marokko einen wichtigen Kristallisationspunkt für die Mobilisierung von Frauen ausserhalb offizieller Massenorganisationen. Die Aufwertung von Frauenrechten als Menschenrechte auf der Ebene der Vereinten Nationen seit Mitte der 1990er-Jahre bot weitere Möglichkeiten für lokale Gruppen und Organisationen, die sich nun zunehmend international vernetzten. Gleichzeitig kam es in einzelnen Ländern im Rahmen der Institutionalisierung von Menschen- und Frauenrechten auf staatlicher Ebene zur partiellen Kooptation von Frauenrechtsinitiativen. Zum Teil wurden staatliche oder semi-staatliche Menschen- und Frauenrechtsorganisationen gegründet. Seit den 1990er-Jahren existiert so eine komplexe politische Dynamik, in der Aktivismus von unten, staatliche Politik und internationale Organisationen im Bereich von Rechtsreformen ineinandergreifen.

Hinzu kommen die verschiedenen ideologischen Strömungen, die den Feminismus in der arabischen Welt in einer längeren historischen Perspektive seit dem ausgehenden 19. und frühen 20. Jahrhundert geprägt haben. Anti-Imperialismus, islamischer Modernismus, säkularer Liberalismus, Nationalismus, arabischer Sozialismus und Islamismus waren dominante, oft gegeneinander in Anschlag gebrachte Referenzrahmen.



Diese spezifische historische Konstellation bildet bis heute den Hintergrund für unterschiedliche Formen des Frauenrechtsaktivismus in der Region und für die andauernden politischen Aushandlungsprozesse, die im Medium des Rechts stattfinden.

Nicht nur in Ägypten haben sich die Möglichkeiten der Thematisierung von Gewalt gegen Frauen – namentlich sexueller oder sexualisierter Gewalt – durch die internationale und regionale Aufwertung von Menschenrechten verändert. In Marokko hat die Aufarbeitung von vergangenen schweren Menschenrechtsverletzungen durch die offizielle Gerechtigkeits- und Versöhnungskommission Instance Equité et Réconciliation (IER) in den Jahren 2004 bis 2005 erstmals die öffentliche Anerkennung von sexueller und sexualisierter Gewalt als Menschenrechtsverletzung ermöglicht.

#### «Natürliche» Geschlechterdifferenz

Auf solche Entwicklungen müssen auch islamische Intellektuelle und Organisationen reagieren, wie eine Erklärung der «Internationalen Union Muslimischer Gelehrter» (al-Ittiḥād al-ʿĀlamī li-ʿUlamāʾ al-Muslimīn) von 2013 zum Thema Gewalt gegen Frauen zeigt. Eine deutliche ideologische Grenzziehung verläuft dabei entlang der Frage der Reichweite von internationalem Recht. In der erwähnten Erklärung wird die «natürliche» Geschlechterdifferenz, die in der (hierarchischen) Ordnung von Ehe und Familie ihren Ausdruck findet, von der Geltung menschenrechtlicher Standards explizit ausgenommen. Ein Zusammenhang zwischen Geschlechterungleichheit und Gewalt wird in Abgrenzung zu internationalen Frauenrechtserklärungen geradezu programmatisch negiert.

Gleichwohl ist etwa im Bereich des Ehe- und Familienrechts eine Tendenz zur Neukonfigurierung ideologischer Bezugsrahmen erkennbar. Während sich lange Zeit verfassungsrechtliche Gleichheitsstandards und Menschenrechtsnormen einerseits, islamrechtlich begründete Geschlechternormen andererseits eher unversöhnlich gegenüberstanden, haben sich vor allem seit den 2000er-Jahren Strategien und Argumentationsweisen ausdifferenziert. Islamisch-islamistische Akteurinnen und Akteure berufen sich zunehmend zumindest selektiv auf internationa-

le Menschenrechtsstandards, während säkulare Frauenrechtsaktivistinnen punktuell mit islamischen Quellen argumentieren.

Im Gegensatz zu den Themen Gewalt und Familienrecht ist die zurzeit in Marokko hoch aktuelle Frage von Landrechten ein relativ neues Anliegen von Frauenrechtsbewegungen. Der ungleiche Zugang von Frauen und Männern zur Ressource Land ist historisch gewachsen. Er stützt sich ebenso auf islamisches Erbrecht wie auf das so genannte Gewohnheitsrecht, dessen Teilkodifizierung in Marokko auf die Kolonialzeit zurückgeht. Im Fall von Kollektivland führte die kolonialstaatliche Regulierung dazu, dass Frauen grundsätzlich keine Rechte gewährt wer-

---

*Der Kampf gegen geschlechterhierarchische Ehe- und Familien-gesetze bildete in Ägypten, Algerien und Marokko einen wichtigen Kristallisationspunkt für die Mobilisierung von Frauen.*

---

den konnten. So wurden vorkoloniale Praktiken fixiert, die ursprünglich noch einen gewissen Spielraum für Einzellösungen zugelassen hatten.

Auf dieser Grundlage ignorierten staatliche Behörden noch bis vor kurzem Beschwerden von Frauen, die gegen ihren Ausschluss von Landrechten protestierten. Das änderte sich, als vor etwa zehn Jahren erfahrene Aktivistinnen aus gut organisierten städtischen, säkular orientierten Frauenrechtsorganisationen das Thema aufgriffen und eine medienwirksame Kampagne dazu entwickelten. Im Namen universeller Menschenrechte und des verfassungsmässigen Gleichheitsgrundsatzes forderten sie, diesen Missstand abzustellen. Ungeachtet ihrer politischen Herkunft erzielte die Kampagne rasch einen breiten Konsens über ideologische Lager hinweg.

#### Landrechte für Frauen

Drei Jahre nach Beginn der Kampagne reagierten erstmals auch die staatlichen Behörden. Gleichzeitig fordern lokale Aktivistinnen Landrechte von Frauen nach wie vor im Namen von ererbten Ansprüchen und Gruppenzugehörigkeit. Das

führt nicht nur dazu, dass gegenüber verschiedenen Adressaten wie staatlichen Behörden, Medien, politischen Parteien, lokalen Entscheidungsträgern und Familienangehörigen unterschiedliche legitimatorische Ressourcen geltend gemacht werden. Diese Strategie hat ebenso zur Folge, dass es innerhalb der Kategorie Frauen, in deren Namen hier Rechte reklamiert werden, zu erheblichen Unterschieden und zu Ausschlüssen kommt.

Unter Bedingungen von eingeschränkter politischer Partizipation, Gewalt und tiefgreifenden ideologischen Verwerfungen eröffnen Rechtsfragen politische Handlungsräume für Frauenorganisationen. Die transnationale Sprache der Menschenrechte spielt dabei eine zentrale Rolle, wird gleichzeitig aber angepasst und durch parallele Referenzrahmen modifiziert. Die Sprache der Menschenrechte dient vor allem dazu, der Kulturalisierung von Geschlechterverhältnissen zu widersprechen. Das ist der Kontext, in dem Begriffe wie «taḥarruṣ ḡinsī» und «taḥarruṣ ḡamāʾī» eingeführt worden sind.

Recht ist Teil und Medium andauernder innergesellschaftlicher Auseinandersetzungen. Daher greifen auch radikale postkoloniale Kritiken an transnationalen Frauenrechten als «Rettungsdiskurs» gegenüber «nicht-westlichen» Frauen zu kurz. Im Bemühen, westliche Dominanz in transnationalen feministischen Zusammenhängen aufzudecken, laufen sie ihrerseits Gefahr, komplexe politische Konstellationen im Namen der Ermächtigung von kultureller Differenz zu fixieren. Eine kritische Würdigung des rechtsbasierten Aktivismus arabischer Frauenorganisationen muss vielmehr nach den inneren wie äusseren Machtverhältnissen in der Definition und Konfiguration von konkreten Rechten und nach deren Wirkungsweisen fragen.

**Bettina Dennerlein** ist Ordentliche Professorin für Gender Studies und Islamwissenschaft am Asien-Orient-Institut der UZH. **Yasmine Berriane** ist Oberassistentin am UFSP Asien und Europa der UZH.

**Kontakt:** Prof. Bettina Dennerlein, [bettina.dennerlein@aoi.uzh.ch](mailto:bettina.dennerlein@aoi.uzh.ch), Dr. Yasmine Berriane, [yasmine.berriane@uzh.ch](mailto:yasmine.berriane@uzh.ch)



# Von letzten Reisen

Viele Menschen haben am Lebensende ein Bedürfnis nach Spiritualität. In den Spitälern ist dafür oft wenig Platz. Simon Peng-Keller versucht Medizin und Theologie näher zusammenzubringen. Von Simona Ryser

Hätte er einst den Militärdienst nicht verweigert, wäre er jetzt nicht da, wo er ist. Simon Peng-Keller, Professor für Spiritual Care an der Theologischen Fakultät der Universität Zürich und Seelsorger am Universitätsspital Zürich, erinnert sich mit einem Schmunzeln an die Zeit. Der Richter verurteilte ihn damals, 1992, zu sieben Monaten Arbeitsleistung. Er konnte wählen, wo er diese abdiene wollte. Das war wie ein Geschenk – ein bezahltes Praktikum, das ihm die Augen öffnete für sein berufliches Engagement.

Peng-Keller entschied sich für die Seelsorge im Kantonsspital Luzern. Zuvor erhielt er ein Clinical Pastoral Training – im Spital wurde er dann neben der Seelsorge auch als Gehilfe in die Diätküche eingeteilt. Und so kam es, dass er im Untergeschoss Kartoffeln rüstete und danach in den Obergeschoss kranke Menschen am Lebens-

ende ne Professur für Spiritual Care schliessen, die Simon Peng-Keller heute an der Universität Zürich aufbaut. Den seelischen und spirituellen Fragen soll in der Medizin mehr Raum gegeben werden.

Der Blick aus Peng-Kellers Büro im Anbau des Grossmünsters geht auf die geschwungenen Spitzbogenfenster der Helferei. Davor plätschert ein Brunnen. War denn der spirituelle oder der theologische Weg familiär vorgespurt? Der Theologe schüttelt den Kopf. Sein Elternhaus war durchschnittlich religiös, gut katholisch geprägt. Der Vater war Treuhänder in Chur. Peng-Keller wuchs in einer grossen Familie auf mit einer Schwester, einem Bruder und drei Halbbrüdern, die der Vater aus erster Ehe mitbrachte.

Auch diesen Bündner prägten die Berge. Als Kind sei er oft alleine auf Wanderschaft gegangen. In der Natur fand er Räume zum Träumen und

BAG, bei der Sterbebegleitung die spirituelle Ebene zu berücksichtigen. Die Spiritual-Care-Professur soll hier auf professioneller Ebene Hilfestellung leisten.

## Getrennte Welten versöhnen

In seiner langjährigen Erfahrung als Seelsorger hat Peng-Keller beobachtet, wie Ärztinnen, Mediziner und Pflegepersonal in hochsensiblen Situationen, wie sie das Lebensende eines Menschen mit sich bringen, an Grenzen kommen. Auch Hausärzte, so hat eine Umfrage der Universität Basel gezeigt, wünschen sich in diesem Bereich ein Weiterbildungsangebot. «Wenn am Lebensende eines Patienten plötzlich spirituelle Fragen wichtig werden, sind die Ärzte oft am Ende ihres Lateins», sagt Peng-Keller, lehnt sich im Stuhl zurück und denkt nach.

Dabei arbeiteten Arzt und Seelsorger bis ins 19. Jahrhundert eng zusammen. «Je ausgeklügelter die Medizin wurde, desto stärker wurde auch das naturwissenschaftliche Paradigma», erklärt er, «die beiden Bereiche drifteten auseinander.» Heutzutage nimmt man die Seelsorge und die Medizin als völlig getrennte Welten wahr. Spiritual Care will die beiden gewissermassen wieder versöhnen.

Die Spiritual-Care-Professur an der Universität Zürich hat das Ziel, angehenden Berufsleuten in Seelsorge und Medizin die Kommunikationskompetenz zu vermitteln, um sensibel mit existenziellen und religiösen Fragen umzugehen. Spirituelle Fragen sollen im Gespräch mit dem Patienten aufgenommen dürfen und auch in therapeutische Entscheidungen miteinbezogen werden.

Peng-Keller berichtet engagiert und ruhig von seiner Arbeit. Die Lehre ist interdisziplinär angelegt – und praxisnah. Studierende der Medizin und der Theologie erhalten die Möglichkeit, am Universitätsspital und in anderen Institutionen, während zehn Wochen schwerkranke Patienten zu begleiten. «Eigentlich ist es ja umgekehrt», sagt er. «Die Patienten begleiten die Studierenden während ihres Praktikums.» Dabei sollen ihre Wahrnehmung und Empathiefähigkeit geschult werden, indem sie ihre Beobachtungen und Erfahrungen reflektieren.

Doch was passiert denn im allerletzten Lebensabschnitt? Peng-Keller schweigt einen Moment. In vager Erinnerung hat er noch das Bild, wie er als

---

*«Wenn am Lebensende eines Patienten plötzlich spirituelle Fragen wichtig werden, sind die Ärzte oft am Ende ihres Lateins.» Simon Peng-Keller*

---

de besuchte. Peng-Keller war 20 Jahre alt, als er das erste Mal bewusst mit dem Sterben konfrontiert wurde. In seiner Zeit als Hilfspfleger begleitete er manche Menschen bis in den Tod.

## Berge und Meditation

Es war eine prägende Erfahrung. Die Spannung zwischen der intimen letzten Lebensphase und dem rationalisierten Spitalbetrieb fiel ihm schon damals auf. Die Diskrepanz zwischen den seelischen Bedürfnissen und Nöten der Menschen einerseits und den institutionellen Rahmenbedingungen andererseits machte ihm zu schaffen. Prompt wurde der Praktikant gerügt, er sei zu wenig effizient bei der Pflege. Er stiess sich daran, dass Pflege und Medizin sich oft darauf beschränkten, die physische Versorgung sicherzustellen. Genau diese Lücke will die neu geschaffe-

te zum Müssiggang. Vielleicht waren diese Naturerlebnisse bereits eine Art erste Meditationsübungen. Die existenziellen Fragen, die ihn als Jugendlichen umtrieben, suchte er eine Zeit lang noch in der Literatur und der Philosophie, bei Marcel Proust und bei Ernst Bloch etwa. In der Pubertät reichte ihm die Literatur nicht mehr, da musste noch etwas anderes sein. In der katholischen Jugendbewegung entdeckte er das Meditieren, das ihn bis heute begleitet. Mit seiner Frau, die Psychologin und Psychotherapeutin ist, gibt er regelmässig Meditations- und Kontemplationskurse.

Heutzutage suchen viele Menschen nach Spiritualität, gerade auch in der letzten Lebensphase. Auch das Bundesamt für Gesundheit (BAG) hat festgestellt, dass in der palliativen Pflege neben der physischen und psychosozialen Betreuung etwas fehlt, sagt Peng-Keller. Explizit fordert das







Kind am Sterbebett der Grossmutter sass. Heute untersucht der Theologe mit mehreren Forschungsgruppen Phänomene am Lebensende, etwa die symbolische Kommunikation und das imaginative Erleben. Die Worte von Sterbenden haben oft einen stark symbolischen und bildhaften Charakter. Es sind wiederkehrende Themen, die Menschen am Lebensende beschäftigen. Ein wichtiges Motiv sei das Reisen, sagt Peng-Keller. So berichten Sterbende immer wieder von allerlei Gefährten, von Autos, von Schiffen, von einem Helikopter gar. Oft wollen sie dringende Reisevorbereitungen treffen.

Wie können denn Angehörige reagieren, wenn etwa der Vater oder die Mutter plötzlich noch eine Reise unternehmen will, obwohl er oder sie offensichtlich nicht mehr dazu in der Lage ist? Peng-Keller erzählt von einem Fall, in dem ein Vater, der schwerkrank im Bett lag, seine Tochter dringlich bat, Vorbereitungen für eine Spanienreise zu treffen, die sie gemeinsam antreten würden. Die Tochter verstand die Botschaft und antwortete, ja, er dürfe reisen, doch sie könne nicht mit, sie müsse hier bleiben. Indem sie sich auf die symbolische Kommunikationsebene einliess, wurde auch der Abschied zwischen den beiden möglich.

#### Pendler zwischen den Welten

Simon Peng-Kellers Büro ist karg, ein Tisch, ein paar Gestelle, Ordner, Bücher. Ein aufgeräumtes Pult. Links davon hängt ein buntes Bild, in dem Jesus am Kreuz vor lauter Farben fast verschwindet. Als es nach der Matura um die Berufswahl ging, schwankte der heute 46-Jährige lange zwischen Medizin, Pflege und Theologie. Für die Pflege fand er sich zu ungeschickt, die Medizin interessierte ihn zu wenig, die Vielfalt der Theologie schliesslich entsprach seinem intellektuellen Interesse. So entschied er sich für das Theologiestudium in Freiburg und Luzern.

Simon Peng-Keller ist ein Pendler zwischen den Welten, zwischen Intellektualität und Kontemplation, zwischen Forschung und Lehre, zwischen Seelsorge und Vermittlung, zwischen Medizin und Theologie. Seine Augen strahlen. Er weiss um die Kostbarkeit des Lebens.

**Kontakt:** Prof. Simon Peng-Keller, simon.peng-keller@access.uzh.ch

## «Die Arbeit geht uns nicht aus»

Der technische Fortschritt vernichtet Arbeitsplätze und schafft neue. Über die Entwicklung der Arbeitswelt sprachen Roger Nickl und Thomas Gull mit der Historikerin Brigitta Bernet und dem Ökonomen David Dorn.

*Die Kunstbiennale Manifesta 11, die im Juni in Zürich stattfindet und an der sich auch die Universität Zürich beteiligt (siehe Kasten), steht unter dem Motto «What people do for money». Frau Bernet, Herr Dorn, was tun Menschen denn heute für Geld?*

Brigitta Bernet: Die meisten Menschen arbeiten für Geld. Die wenigsten können von Aktien oder Zinsen ihres Kapitals leben. Menschen tun aber auch vieles, ohne dafür bezahlt zu werden.

David Dorn: Die zweite wichtige Einkommensquelle neben dem Erwerbseinkommen sind staatliche Transferleistungen wie AHV oder Invalidenrente.

*Welche Bedeutung hat Arbeit heute?*

Bernet: Wir setzen in der Regel Arbeit mit Lohnarbeit gleich. Doch es gibt Formen von Arbeit, die dieser Definition nicht entsprechen, etwa Hausarbeit, Spiel oder Kunst. Unser heutiges Verständnis von Arbeit hat sich erst im 19. Jahrhundert mit der Industrialisierung durchgesetzt.

Dorn: Im bürgerlichen Verständnis gab es die Vorstellung, dass Arbeit etwa Schmutziges und Mühsames sei. Im 18. und 19. Jahrhundert haben die Menschen in den niedrigen Einkommensklassen wesentlich länger gearbeitet als die wohlhabenderen. Mit der Zeit hat sich das verändert. Heute haben Personen mit Universitätsausbildung oft längere Arbeitszeiten als Menschen mit weniger qualifizierten Ausbildungen. Es gehört zu ihrem Selbstverständnis, dass man viel arbeitet.

*Heute ist Arbeit mit Prestige verbunden, früher war sie dagegen verpönt?*

Bernet: Die christliche Tradition verbindet Arbeit mit Strafe. Seit der Vertreibung aus dem Paradies muss der Mensch sein Brot im Schweisse seines Angesichts verdienen. Auch beim Adel war Arbeit verpönt. Ich bin in Bern aufgewachsen, wo es das Patriziat der Bernburger gibt. Man erzählt sich, dass die Bernburgerin Madame de

Meuron jeweils gefragt habe: «Syt dihr öpper oder nämet dihr Lohn?» Das ist eine eindeutige Abwertung der Arbeit. Zu einer positiven Neubewertung kam es in der bürgerlichen Gesellschaft. Freie Arbeit galt nun als Quelle von Eigentum, Zivilisation und Selbstverwirklichung. Wie man aber bald merkte, entsprach das Fabrikssystem diesem Bild von Arbeit nicht. Hier herrschten Elend, Ausbeutung und Monotonie vor. Unsere heutige Vorstellung von Arbeit ist noch sehr geprägt vom Bild der monotonen Fabrikarbeit.

Dorn: Tatsächlich sind diese Vorstellungen noch sehr präsent. Dabei hat diese Beschäftigungsform

---

*«Heute arbeiten besser Ausgebildete im Gegensatz zu früher mehr als weniger Qualifizierte. Viel zu arbeiten, gehört zu ihrem Selbstverständnis.»*

David Dorn

---

bei uns massiv an Bedeutung verloren. Wir bewegen uns viel stärker in Richtung einer Dienstleistungsgesellschaft.

Bernet: Mit dieser Zeitdiagnose habe ich etwas Mühe. Wenn wir von Dienstleistungsgesellschaft oder auch von Wissensgesellschaft sprechen, nehmen wir nur die nordatlantische Welt in den Blick. Für die Länder des Südens sind das wenig brauchbare Konzepte. Dazu kommt, dass sie die internationale Arbeitsteilung ausblenden, obwohl diese schon immer ein Fakt war und sich seit 1989 noch akzentuiert hat. Heute sind die Waren- und Standortketten komplex und international organisiert. Wenn wir davon sprechen, dass wir uns in Richtung Dienstleistungsgesellschaft entwickeln, sollten wir daran denken, dass dies mit einer Proletarisierung anderer Weltregionen einhergeht.

*Die Entwicklung hin zur Dienstleistungsgesellschaft scheint zumindest in der Schweiz sehr erfolgreich*





«Die Lohnschere in westlichen Ländern wird immer grösser.» Der Ökonom David Dorn und die Historikerin Brigitta Bernet im Gespräch.

verlaufen zu sein. Hierzulande konnte der Verlust von Industriearbeitsplätzen in den vergangenen zwanzig Jahren kompensiert werden. In den USA ist dies weniger der Fall, wie ihre Forschung zeigt, Herr Dorn. Was ist dort anders als bei uns?

Dorn: Die USA erleben wie fast alle westlichen Länder seit etwa 25 Jahren einen massiven Anstieg des Handels mit Niedriglohnländern, der fast ausschliesslich getrieben wird durch den Eintritt von China ins Welthandelssystem. Die USA unterscheiden sich in ihrem Handel jedoch deutlich von der Schweiz oder Deutschland, weil sie fast ausschliesslich Güter aus China importieren, aber kaum dorthin exportieren. Dagegen gelingt es dem Industriesektor in der Schweiz und in Deutschland, in grossem Masse Produkte wie Uhren, Maschinen oder Autos nach China auszuführen. Im Fall von Deutschland sieht man, dass es einen Verlust von Arbeitsplätzen gibt in Branchen, die mit chinesischen Firmen konkurrieren, aber auch eine Beschäftigungszunahme in Branchen, die neue Exportmärkte erschliessen können. In den USA ist der letztere Effekt viel geringer. Deshalb kommt es dort tatsächlich zu einem Nettoverlust an Arbeitsplätzen.

Was sind die Gründe für die Einseitigkeit?

Dorn: Die USA haben einen Industriesektor, der sehr stark auf den einheimischen Markt fokussiert ist. Deshalb gab es schon früher weniger Produkte, die international konkurrenzfähig sind. Die USA haben in stärkerem Masse als etwa die Schweiz oder Deutschland eine Niedriglohnproduktion betrieben, genau in der Art, wie sie jetzt in China üblich ist. Die Schweiz hingegen hat schon vor Beginn des Handels mit China in vielen der Branchen, in denen China heute erfolgreich ist, kaum mehr Beschäftigung gehabt.

Könnte man sagen: Die Schweiz hat einen Vorsprung bei der Verlagerung der Arbeitsplätze?

Bernet: Mit einem gewissen Sarkasmus könnte man das sagen, ja. Gerade wenn man daran denkt, wie die Schweiz das Problem der Massenarbeitslosigkeit in der Wirtschaftskrise der 1970er-Jahre löste. Nämlich indem sie ihre Gastarbeiter zurück nach Italien schickte. Es gab hier in der Folge fast keine Arbeitslosen, weil das Problem eben exportiert wurde. Heute ist die Situation eine andere. Nach wie vor wird Arbeit aber als knappes Gut wahrgenommen. Mecha-

nisierung, Automatisierung und Digitalisierung scheinen den Menschen aus dem Arbeitsprozess zu verdrängen.

#### Brigitta Bernet

Historikerin und Oberassistentin an der Forschungsstelle für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte der Universität Zürich. Arbeitet aktuell an einer Geschichte des Humankapitalkonzepts. Forschungsschwerpunkte sind Sozial- und Wissenschaftsgeschichte, Geschichte der Arbeit und Kulturgeschichte der Wirtschaft.

Kontakt: Dr. Brigitta Bernet, bernet@fsw.uzh.ch

#### David Dorn

Ordentlicher Professor für Internationalen Handel und Arbeitsmärkte am Volkswirtschaftlichen Institut der UZH. Seine Forschung beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Globalisierung und Technologie auf den Arbeitsmarkt.

Kontakt: Prof. David Dorn, david.dorn@econ.uzh.ch



*Geht uns denn die Lohnarbeit wirklich aus? In der Schweiz scheint es so zu sein, dass sich die Jobs einfach verlagern, von der Industrie noch stärker in den Dienstleistungssektor.*

Dorn: Die Befürchtung, dass neue Technologie zu Massenarbeitslosigkeit führt, hat eine jahrhundertalte Geschichte. Als im Mittelalter im Textilsektor neue Technologien wie das Spinnrad eingeführt wurden, gab es Proteste und Verbote gegen diese Maschinen. Auch die neue Entwicklung der Computerisierung der Arbeitswelt hat zu Prognosen geführt, dass uns sehr bald die Arbeit ausgeht. Die verblüffende Feststellung ist jedoch, dass trotz Jahrzehnten mit PC, Internet und robotergetriebenen Maschinen immer noch sehr viele Menschen Arbeit haben. In der Schweiz haben noch nie so viele Menschen gearbeitet wie in den letzten Jahren.

Bernet: Mit der Automatisierung der 1960er-Jahre hat ein ambivalenter Diskurs eingesetzt. Die ingenieurwissenschaftliche Vision von der menschenleeren Fabrik ist auch in heutigen Debatten präsent. Die Frage ist: Ist das nun ein Schreckensbild oder eine Utopie? Für André Gorz, den 2007 verstorbenen französischen Sozialphilosophen, war die menschenleere Fabrik eine Utopie. Er ging davon aus, dass die Arbeit auf Grund der immer effizienteren Produktionsformen auf nur wenige Wochenarbeitsstunden zusammenschrumpfen werde. In den 1980er-Jahren plädierte er für eine radikale Umverteilung der Arbeit. Ein Leben, das von Lohnarbeit weitgehend befreit war, schien ihm möglich. Leider hat eine solche Umverteilung bis heute nicht stattgefunden. Auch die Arbeitszeiten haben sich nicht verkürzt.

*Der Topos, Technologie kille Jobs, stimmt offenbar nicht. Weshalb geht uns die Arbeit nicht aus?*

Dorn: Tatsächlich ist die Beschäftigung auf Grund des technologischen Fortschritts in vielen Berufen zurückgegangen. Dazu gehört etwa die maschinelle Fliessbandfertigung, wo heute viel mehr mit menschenleeren Fabriken gearbeitet wird. Das ist ausserdem der Fall in gewissen Büroberufen wie Buchhaltung und Sekretariatsarbeit, wo wir heute mit Computern menschliche Arbeit einsparen. Gleichzeitig gab es jedoch einen Anstieg der Beschäftigung in Berufsfeldern, die direkt mit neuer Technologie zusammenhängen. In vielen Ländern ist heute Softwareingenieur



*«Etwa die Hälfte des Bruttosozialprodukts unseres Landes wird von Leuten produziert, die keinen Lohn erhalten.» Brigitta Bernet*

einer der wichtigsten Berufe. Angestiegen ist auch die Beschäftigung in Berufen, die durch Technologie leistungsfähiger gemacht wurden.

*Welche?*

Dorn: Dazu gehört das Management, Ingenieure oder Forschende, die dank der Verwendung von Technologie wie grösseren Rechenkapazitäten oder besserem Informationsfluss ihre Arbeit leistungsfähiger ausführen können. Schliesslich sieht man auch einen Anstieg in niedriger bezahlten Serviceberufen – Kinderbetreuung, Altenbetreuung, Putzpersonal oder Arbeiten in Restaurants. Das sind Tätigkeiten, die nicht durch Technologie ersetzt werden können, die aber vermehrt nachgefragt werden, wenn andere Güter dank technologischem Effizienzgewinn und Massenproduktion zu günstigeren Konditionen verfügbar werden.

*Ist das nun gut oder schlecht?*

Dorn: Gerade in den schlecht bezahlten Dienstleistungsberufen bestehen zum Teil prekäre Arbeitsverhältnisse. Die technologische Entwick-

lung trägt dazu bei, dass die Lohnschere in westlichen Ländern immer grösser wird.

*Gibt es eine neue Proletarisierung eines Teils der Arbeitnehmenden?*

Bernet: Der amerikanische Ökonom David Weil – er ist quasi der Fabrikinspektor der Regierung Obama – hat vor einem Jahr ein Buch geschrieben, das sich mit der laufenden Prekarisierung der Lohnarbeitsverhältnisse und der Aushöhlung des Arbeitsvertragsrechts in den USA beschäftigt. Die Rede ist von Franchising, Subcontracting, Outsourcing, aber auch Lohndumping und Scheinselbständigkeit. Bei globalen Paketzustellern wie FedEx, DPD oder UPS ist es zum Beispiel Usus, dass Zulieferer nicht direkt eingestellt, sondern als selbständige Sub-Sub-Unternehmer unter Vertrag genommen werden. Sie arbeiten dann auf eigene Rechnung, müssen einen privaten Lieferwagen stellen und sind weder arbeits- noch sozialrechtlich abgesichert.

*Geschieht das auch bei uns?*

Bernet: Solche Prozesse können wir auch in der Schweiz beobachten. Für mich persönlich ist beim Nachdenken über Arbeit die Einsicht wichtig, dass die Probleme, die Leute in Bangladesch haben, etwas mit uns zu tun haben. Wir sind Teil des globalen Marktes. Wir sollten uns nicht im Gehäuse des Nationalstaats verstecken und die Augen verschliessen vor den internationalen Zusammenhängen. Das scheint mir für eine solidarische Arbeitspolitik wichtig.

*Was bedeutet das konkret?*

Bernet: Dass wir uns zum Beispiel bewusst machen, woher die Jeans kommen, die wir tragen. Wer alles daran und unter welchen Bedingungen gearbeitet hat. Überhaupt ist ein erweitertes Verständnis von Arbeit wichtig. Noch immer wird die Diskussion vom Normalarbeitsverhältnis geprägt. Wie die Geschichte zeigt, war dieses Modell einer unbefristeten Vollzeitstelle mit Familienernährerlohn, geregelten Arbeitszeiten und guter sozialer Absicherung aber gar nie normal. In der Schweiz war es allenfalls in der Hochkonjunktur und nur für männliche Facharbeiter eine Realität. Es haben immer sehr viele Menschen sehr viel Arbeit jenseits von Normalarbeitsverhältnissen geleistet. Auch heute wird etwa die



Hälfte des Bruttosozialprodukts von Leuten produziert, die keinen Lohn erhalten: Hausarbeit, Erziehungsarbeit, Pflegearbeit und so weiter. Wenn wir an einer exklusiven Idee von Arbeit festhalten, vergeben wir uns die Chance, kreativ, emanzipatorisch und solidarisch über Arbeitspolitik nachzudenken.

*Sehen Sie ein solches Denken schon irgendwo am Werk?*

Bernet: Von der Debatte zum Thema Grundeinkommen kann man halten, was man will. Sie wird die Idee der Normalarbeit aber sicherlich auflockern. Auch die wachsende Arbeitsmigration wirft neue Frage auf, etwa nach dem Zusammenhang von Arbeit und Staatsbürgerschaft. Wer soll diese erhalten? Welche Kriterien sind massgeblich? Arbeit entwickelt hier eine genuin politische Qualität. Ich glaube nicht, dass sich die aktuellen Fragen in den Schemata der Nachkriegszeit lösen lassen.

Dorn: Es gibt durchaus auch erfreuliche Aspekte der Internationalisierung, die Frau Bernet angesprochen hat. Man darf nicht vergessen, dass auf Grund des Handels mit China und Drittweltländern in ebendiesen Ländern eine deutliche Erhöhung des Wohlstands stattgefunden hat. Sehr viele Leute sind von bitterer Armut auf die Stufe einer geringeren Armut aufgestiegen. Manche konnten sogar ein europäisches Mittelklasseniveau erreichen. Schätzungen besagen zudem, dass die globale Einkommensungleichheit in den letzten Jahrzehnten gesunken ist. Sie steigt zwar in den westlichen Ländern, aber weil hunderte Millionen Chinesen heute ein deutlich höheres Einkommen haben als noch vor zwanzig Jahren, ist die globale Einkommensschere kleiner geworden.

*Wir haben über Gewinner und Verlierer gesprochen: Was bedeuten die Verschiebungen auf dem Arbeitsmarkt für Männer und Frauen? Gibt es da auch Gewinner und Verlierer?*

Dorn: Ja, eindeutig. Viele Beschäftigungen, die an Bedeutung verloren haben, etwa in den Fabriken, werden überwiegend von Männern ausgeführt. Wir sehen in betroffenen Gebieten, dass gerade Männer mit sehr niedriger Schulbildung das Segment im Arbeitsmarkt sind, das am stärksten geschwächt wurde. In fast allen westlichen Ländern ist heute auch festzustellen, dass der An-



*«Trotz Jahrzehnten mit PC, Internet und robotergetriebenen Maschinen haben immer noch sehr viele Menschen Arbeit.»* David Dorn

teil der Frauen bei den Universitätsabsolventen über 50 Prozent liegt. Diese Veränderungen des Jobangebots und des Bildungsstands führen zu Schwierigkeiten, wenn gleichzeitig die Geschlechterrollen traditionell interpretiert werden und vom Mann die Zuständigkeit für den Haupterwerb erwartet wird.

Bernet: Frauen werden auch heute noch schlechter entlohnt als Männer. Es gehört schon fast zur Definition eines Billiglohnlandes, dass die Arbeitskraft dort weiblich ist. Im Westen drängten die Frauen in den 1970er-Jahren verstärkt in den Arbeitsmarkt. Mit den Frauen hielt auch die Teilzeitarbeit Einzug in die Betriebe und Unternehmen. Obwohl es viele Studien und Umfragen gibt, die zeigen, dass auch auf Männerseite eine grosse Nachfrage nach einem reduzierten Pensum besteht, ist Teilzeitarbeit leider oft doch nicht erwünscht. Doch es wäre ein Gewinn, wenn diese «weiblichen» Anstellungsformen vermehrt möglich wären.

Dorn: Die Lohnunterschiede zwischen den Geschlechtern können weitgehend mit Teilzeitarbeit und Unterbrüchen in der Erwerbskarriere erklärt

werden. Karrieren mit Teilzeitarbeit, die in der Schweiz besonders bei Frauen verbreitet sind, führen oft zu einem geringeren Lohnanstieg. Ich bin aber mit Frau Bernet einverstanden, dass es weitere Entwicklungen braucht, um Tätigkeiten einfacher zugänglich zu machen für flexible Arbeitsformen.

*Was heisst das konkret?*

Dorn: Es gibt sicher ungenutzte Potenziale, um frauentypischen Erwerbskarrieren Steine aus dem Weg zu räumen. Das beginnt bei kleinen organisatorischen Massnahmen, indem man etwa keine Sitzungen zu familienunfreundlichen Zeiten anberaumt. Ausserdem haben wir in der Schweiz immer noch ein System von Besteuerung und Sozialleistungen, das sehr stark optimiert ist auf Familien, in der eine Person für den Erwerb zuständig ist und eine zuhause nach den Kindern schaut. Typischerweise ist der Mann in der ersten, die Frau in der zweiten Rolle. Hier müssen wir darüber diskutieren, ob Anreize, die das traditionelle Familienmodell stützen, auch für die Zukunft sinnvoll sind.

## Manifesta 11

### «Transactions»

Das Hauptgebäude der Universität Zürich wird vom 11. Juni bis 10. Juli im Rahmen der Kunstbiennale Manifesta 11 zu einem Experimentalraum für wissenschaftliche und künstlerische Erkundungen. In der Ausstellung «Transactions» werden Wechselbeziehungen verschiedener Künste und wissenschaftlicher Disziplinen sichtbar gemacht. Rund 15 künstlerische Arbeiten treffen sich mit ebenso vielen wissenschaftlichen Projekten, die sich mit verschiedenen Aspekten des Manifesta-Themas «What people do for money» auseinandersetzen. Daneben bietet die Universität an der Künstlergasse 12, dem stadtseitigen Eingang der Universität, ein breites Rahmenprogramm mit Performances, Konzerten, Filmvorführungen und Diskussionen. «Transactions» wird durch die Stiftung Mercator Schweiz ermöglicht. [www.manifest11.uzh.ch](http://www.manifest11.uzh.ch)



# Die Abschaffung des «Fräulein»

Die Frauen mussten lange kämpfen, bis ihre Anliegen an der UZH ernst genommen wurden. Vita Alix Hetzer hat nachgezeichnet, wie Gleichstellung und Geschlechterforschung institutionalisiert wurden. Von Tanja Wirz

Er wollte einfach nicht, der Herr Erziehungsdirektor. Als 1988 die in Zürich studierende Kantonsrätin Irène Meier dem Regierungsrat zwei Postulate einreichte zur angemessenen Vertretung der Frauen im Lehrkörper der Universität und zur stärkeren Gewichtung von Frauenanliegen in der Wissenschaft, war Regierungsrat Alfred Gilgen allerdings nicht der Einzige, der sich sträubte: Die Gleichberechtigung stand seit 1981 in der Bundesverfassung, das reiche. Alles Weitere sei Privatsache. Dass an der UZH gerade mal zwei Prozent der Lehrstühle mit Frauen besetzt waren, werde sich mit der Zeit von selbst ändern, spezielle Förderung würde den Frauen bloss schaden. Kurzum: Der Regierungsrat wollte die Postulate nicht entgegennehmen. Als er vom Kantonsrat dazu gezwungen wurde, liess er das Geschäft zwei Jahre liegen und beantragte dann, es fallen zu lassen. Gilgen musste aber feststellen, dass das Interesse am Thema nicht abflaute: An der UZH war inzwischen eine Frauenförderungskommission gegründet worden, und deren Präsidentin, die Wirtschaftsprofessorin Heidi Schelbert, setzte sich öffentlich für die Behandlung des Postulats ein. Worauf ihr der Erziehungsdirektor prompt wie einem frechen Schulmädchen ein Disziplinarverfahren androhte.

## Frauen waren bloss geduldet

Diese Episode aus den Anfängen der universitären Gleichstellungspolitik kann nachgelesen werden in der Dissertation der Historikerin Vita Alix Hetzer. Sie hat untersucht, wie die ETH und die UZH zu institutionalisierter Frauenförderung und Gender Studies kamen. Dazu hat Hetzer Publikationen der beiden Hochschulen und eine Reihe von Zeitschriften der Studierenden ausgewertet und acht direkt Beteiligte interviewt.

Beide Zürcher Hochschulen sehen sich gerne als Gleichstellungspioniere, da sie in den 1860er-Jahren zu den ersten gehörten, die Frauen zum Studium zulassen. Dies war allerdings kein be-

wusstes Programm – obwohl es unter den damaligen Professoren Befürworter des Frauenstudiums gab – sondern eine Gesetzeslücke: Man hatte schlicht nicht daran gedacht, dass auch Frauen den Wunsch hätten, zu studieren. Die Studentinnen wurden bloss geduldet. Erst ab 1965 stieg der Frauenanteil unter den Studierenden nennenswert an.

## Unterstützung von Alice Schwarzer

Hetzer kritisiert zu Recht jene Darstellungen, die hier eine kontinuierliche Entwicklung geltend machen. Erst im Gefolge der Neuen Frauenbewegung ab ungefähr 1970 begann ein Wandel, wie die Historikerin detailliert nachzeichnet. Der Anstoss dazu kam von den Studentinnen. Dabei standen zuerst alltagspraktische Dinge wie selber organisierte Kinderkrippen im Vordergrund. Dabei wurden zu Beginn wenig konkrete Forderungen an die Schulleitungen gestellt. Es gingen den Studentinnen zunächst um Bewusstseinsbildung. Für viele war es damals nicht selbstverständlich, zu studieren; es widersprach dem gängigen Frauenbild. Als die UNO 1975 zum «Jahr der Frau» erklärte, nahm eine Studentinnen-Gruppe dies zum Anlass für eine Projektwoche, in der sie sich darüber austauschten, was genau ihnen das Leben an der Universität erschwerte. Es gelang, Alice Schwarzer als Referentin zu gewinnen. Die Woche wurde ein grosser Erfolg und fand auch Beachtung in den Medien.

Solche Aktionen veranlassten die Entscheidungsträger, sich ebenfalls Gedanken über die «Frauenfrage» zu machen, zunächst allerdings eher zaghaft. Es blieb bei Reaktionen, die wenig kosteten und im Rahmen des Bisherigen möglich waren, wie etwa Podiumsdiskussionen oder die Vergabe eines Lehrauftrags an eine feministische Dozentin. So kam die UZH auch zu ihrer ersten Frauenbeauftragten: 1987 überreichte der Verein «Feministische Wissenschaft Schweiz» dem Rektor eine Resolution, die forderte, es sei periodisch zu prüfen, ob der Frauenanteil tatsächlich steige.



Der Rektor scheint es leid gewesen zu sein, sich mit Frauenanliegen befassen zu müssen. Jedenfalls erklärte er kurzerhand seine juristische Mitarbeiterin Silvia Derrer zur «Anlaufstelle für Frauenfragen», ohne ihr dafür allerdings extra Zeit oder Kompetenzen zur Verfügung zu stellen. Entsprechend beschränkt waren ihre Möglichkeiten. Als sie später Fazit zog, meinte sie resigniert, ihre Funktion sei hauptsächlich gewesen, dem Rektor Klagen vom Leibe zu halten; als grössten Erfolg vermeldete Derrer die Abschaffung der Anrede «Fräulein» an der Universität.

## Geld für Frauenförderung

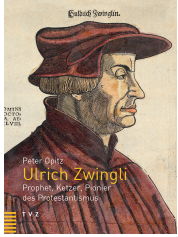
Erst als Derrer 1995 kündigte, gelang es, die offizielle Frauenstelle zu schaffen und dafür Elisabeth Maurer zu fünfzig Prozent anzustellen, die in der Folge die heutige Abteilung Gleichstellung aufbaute. Ähnlich verlief die Entwicklung an der ETH, wo die Geologieprofessorin Katharina von Salis 1991 informelle Frauenbeauftragte wurde.

Grössere Veränderungen gab es erst, als Kanton und Bund gesetzliche Vorgaben machten, wie etwa, dass die Hochschulen ihre Angestellten vor sexueller Belästigung schützen müssen. Und dann vor allem, als im Jahr 2000 das Bundesprogramm Chancengleichheit startete und Geld für Frauenförderung bereitstellte.

Wie Hetzer zeigt, fand der Veränderungsprozess vor allem dadurch statt, dass offenere Personen in Entscheidungspositionen gelangten, wie der Ökonomeprofessor Hans Würzler, der in den 1980er-Jahren in der Planungskommission der ETH die Frauenförderung auf die Agenda zu setzen versuchte. Dem eher langsamen Wandel auf institutioneller Seite stand der sehr schnelle Wechsel bei den engagierten Studentinnen gegenüber. Manche Gruppe war in einem Jahr äusserst aktiv und im nächsten Jahr schon wieder verschwunden, weil die Beteiligten sich auf ihre Abschlussarbeit konzentrieren mussten. Dies änderte sich erst mit der Professionalisierung der universitären Gleichstellungsarbeit.

Vita Alix Hetzer: «Männeruni – Frauenfragen!» Die Auseinandersetzungen um die Gleichstellung an zwei Hochschulen; Chronos Verlag, Zürich 2015, 348 Seiten





## Pionier des Protestantismus

Ulrich Zwingli's persönliches Wirken als Reformator endete am 11. Oktober 1531 auf dem Schlachtfeld bei Kappel. Die reformierten Zürcher wurden von den «altgläubigen» Innerschweizern vernichtend geschlagen. Unter den rund 400 Zürcher Toten war auch Zwingli. Sein Leib wurde gevierteilt und verbrannt. Die Sieger vollzogen am Zürcher Reformator das Ketzergesetz.

Zwingli (1484–1531) war tot. Seine reformatorischen Ideen lebten jedoch weiter und wurden aus Zürich in die Welt hinausgetragen. Etwa von Zwingli's Nachfolger Heinrich Bullinger (1504–1575), einer der prägenden Figuren des europäischen Protestantismus, der die Zwingli'sche Reformation nicht nur repräsentierte, sondern ihr durch seine zahlreichen, weit verbreiteten Schriften «ein dauerhaftes Gesicht verlieh», wie Peter Opitz schreibt. Opitz, Professor für Kirchen- und Dogmengeschichte an der UZH, hat eine knappe und gut lesbare Biografie von Ulrich Zwingli verfasst: «Ulrich Zwingli: Prophet, Ketzler, Pionier des Protestantismus».

Zwingli's Rolle als Pionier des Protestantismus wird dabei besonders gewürdigt. So wirkte sein reformatorisches Gedankengut via Bullinger über die Eidgenossenschaft und die deutschen Fürstentümer hinaus besonders in den Niederlanden, in Osteuropa und England. «Deutlich stärker, als ihm selbst bewusst war, stand auch Calvin (...) im Kräftefeld des Zürcher Reformators», schreibt Opitz. Und weiter: «Es gibt keinen theologischen Gedanken Calvins, der nicht schon zuvor in der Zwingli'schen Reformation diskutiert worden wäre. Sowohl historisch als auch theologisch ist Zwingli, nicht Calvin der Urvater des reformierten Protestantismus.»

Als Folge davon sei Zwingli's Denken nicht nur im Presbyterianismus und in der mennonitischen Theologie, sondern auch im Anglikanismus und im Methodismus präsent, schreibt Opitz. Folgt man seiner Argumentation, beeinflussen die Ideen des «Ketzers» Zwingli bis heute in vielfältigster Weise die reformierte Theologie auf der ganzen Welt. *Thomas Gull*

Peter Opitz: **Ulrich Zwingli: Prophet, Ketzler, Pionier des Protestantismus**; Theologischer Verlag, Zürich 2015, 120 Seiten



## Rund ums Herz

Aspirin kann einem das Leben retten. Das Medikament wirkt blutverdünnend und kann bei Verdacht auf einen akuten Herzinfarkt schon zuhause als Notfallmedikament eingenommen werden. Ganz praktische Informationen wie diese bietet das Buch «Das gesunde und das kranke Herz». Die Publikation vermittelt in kompakter Form Wissenswertes rund ums Herz. Sie richtet sich sowohl an Patientinnen und Patienten als auch an gesunde Interessierte.

Erstere finden darin anschauliche, präzise Informationen zu ihrem Leiden und erfahren, was sie bei Untersuchungen und Eingriffen erwartet. Letztere können sich über den aktuellen Wissensstand der Kardiologie informieren und lernen etwa, wie sie bei einem Herzinfarkt Erste Hilfe leisten können. Das Buch von Thomas Lüscher, Direktor der Klinik für Kardiologie des Universitätsspitals Zürich, und seinen drei Mitautorinnen und Mitautoren reicht thematisch vom Aufbau des Herzens über kardiologische Untersuchungsmethoden bis zu den Symptomen und der Behandlung von Herzerkrankungen.

Zentral werden unter anderem Herzinfarkt, Herzschwäche und Herzrhythmusstörungen behandelt. Je eigene Kapitel widmen sich zudem entzündlichen Herzkrankheiten, Herzklappenerkrankungen, Hirnschlag und Lungenembolie. Die Autoren erläutern auch die Risikofaktoren der einzelnen Krankheiten und zeigen auf, wie sie sich über eine angepasste Lebensweise und medikamentös beeinflussen lassen.

Das Buch ist leserfreundlich gegliedert, mit hilfreichen Grafiken versehen und reich bebildert. Vor allem ist es auch erfreulich verständlich geschrieben. Dass es trotzdem die aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse enthält, ist garantiert: Thomas Lüscher ist Herausgeber des «European Heart Journal». *Adrian Ritter*

Thomas F. Lüscher et al.: **Das gesunde und das kranke Herz**. Aufklärung und Informationen für Patienten und Interessierte; EMH Schweizerischer Ärzteverlag AG, Muttenz 2015, 207 Seiten



## Die letzte Station

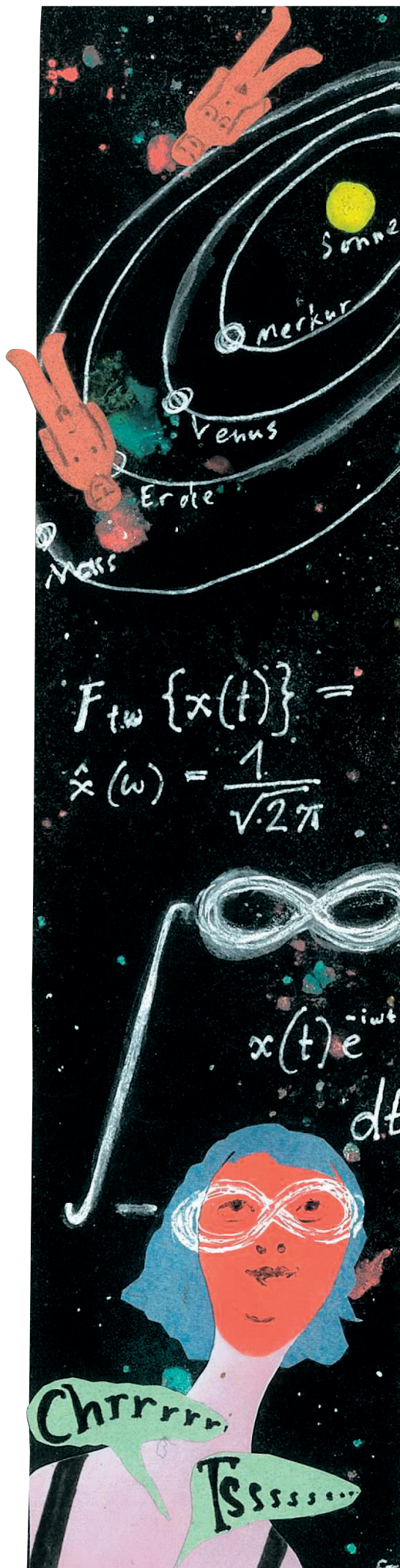
Wie kann das Sterben möglichst erträglich gemacht werden? Wo soll und kann es stattfinden? Und wer entscheidet über das Ende: die behandelnden Ärzte oder der Sterbende selbst? Solche Fragen stehen im Fokus des Buchs «Lebensende, Sterben und Tod». Die letzte Lebensphase ist häufig durch existenzielle Ängste und Gefühle geprägt: der Wunsch nach Nähe und Zuwendung, das Bedürfnis, letzte Fragen zu klären, Furcht vor dem Tod, vor Atemnot, vor Schmerzen.

Viele Sterbende quält auch das Gefühl totaler Erschöpfung, Müdigkeit und Antriebslosigkeit. Dieser Fatigue genannte Zustand betrifft besonders häufig Krebspatientinnen und -patienten, aber auch Lungenerkrankte, Parkinson-Patienten oder Leber- und Nierenkranke. In einer Studie mit Krebspatienten gaben 34 Prozent an, dass Schmerzen für sie das am stärksten belastende Symptom ist. Fast doppelt so viele (61 Prozent) sagten, dass Schwäche und Erschöpfung belastender seien. Die behandelnden Onkologen schätzten das völlig anders ein: Nur 19 Prozent der behandelnden Ärzte nahmen Schwäche und Erschöpfung als belastendes Symptom wahr. Aufklärung tut also not.

Das Wissen um die Vorgänge am Lebensende, Sterben und Tod sollte für Pflegende, Psychologinnen und Psychologen und Medizinerinnen und Mediziner wichtiger Bestandteil der Ausbildung sein. Das Buch von Manuel Trachsel und Andreas Maercker – beide sind als Forscher an der UZH tätig – setzt hier an. Es liefert einen Überblick über gesetzliche Bestimmungen und beschreibt, wie Menschen am Lebensende und in der Sterbephase sinnvoll begleitet werden können. Zudem werden therapeutische Strategien aus den Bereichen der Psychotherapie, Psychoonkologie, Palliative Care, Philosophie und Ethik beschrieben. Das Buch plädiert für einen aufgeklärten und sensiblen Umgang mit Sterbenden und regt zum Nachdenken an, nicht zuletzt auch dazu, sich mit dem eigenen Ende auseinanderzusetzen. *Marita Fuchs*

Manuel Trachsel, Andreas Maercker: **Lebensende, Sterben und Tod**; Verlag Hogrefe, Göttingen 2016, 100 Seiten





SCHLUSSPUNKT von Simona Ryser

## Das Schnarchen der Physikerin

Ich glaube, es war meine Mutter gewesen, die mir sagte, alle Menschenkinder seien aus Sternenstaub gemacht. Mein Vater sass schweigend über ein dickes Buch gebeugt, das Mutter in schwarzes Mattpapier gebunden hatte. Er trug eine Brille, zog die Augen zu kleinen Schlitzern und machte die Nase kraus. In seiner Abwesenheit blätterte ich in dem Buch. Ich las von Gravitation, von Energie, von Raum und Zeit, Licht und Schall, von Naturgesetzen. Ich verstand nicht, was mein Vater las. Es war eine geheimnisvolle, mysteriöse Welt. In seinem Arbeitszimmer standen allerlei Gerätschaften zwischen den Büchern und Papierstapeln. Auf Holz gespannte Drähte, Modellapparate, rostige Drahtspulen. Ein Teleskop. Kugeln und Teilchen. Knöpfe, Magnete, Batterien. Ein Taschenrechner mit vielen mir unbekanntem Zeichen.

Mit den Fingernägeln versuchte ich, den Dreck herauszukratzen, der in den Ritzen der alten Modelle und Geräte hockte. Auch zwischen den Buchseiten hatte sich der Staub eingeknistet und machte mich niesen. Ich betrachtete meine schmutzigen Finger und dachte an den Sternenstaub. Als ich etwas älter war, setzte sich mein Vater zu mir hin und erzählte mir vom Anfang. Vom Urknall, von auseinanderstrebenden Galaxien, von der Dunklen Materie und der Ausdehnung des Universums, was mir einen leichten Schauer über den Rücken jagte. Ich schrumpfte zu einem kleinen Menschlein in der Unendlichkeit. Später, als ich meinen Vater in fiebrigem Tonfall fragte, was denn vor dem Urknall gewesen sei, glitt ein stilles Lächeln über sein Gesicht.

Irgendwann allerdings, ich war schon ein Sprachenmensch geworden und hatte unzählige

ernüchternde Physikstunden auf allen Schulstufen durchlaufen, ist mir diese Faszination entglitten. Fast hatte ich die geheimnisvolle staubige Welt meiner Eltern vergessen. Erst kurz vor der Matur, als ein junger Aushilfsmathelehrer mir die Unendlichkeitsschönheit der Zahlen zeigte, kam diese Faszination noch einmal zurück. Es war, als würde ich für einen Moment auf die Zehenspitzen stehen und könnte gerade noch meine Nasenspitze auf diesen Rand hieven, der den Blick in eine andere Welt freigibt. Die kühle Schönheit der Naturwissenschaft. Die Astrophysik. Ein Auge voll konnte ich nehmen, einen Hauch erspüren, dann, als der junge Aushilfsmathelehrer auf und davon war, ermüdeten meine Zehen, ich kam auf den Boden zurück.

Heute erzählt mir meine Tochter vom Anfang der Welt, von Menschen, die aus Lehm geformt und im Backofen gebacken wurden, oder von der grossen Explosion und dem Sternenstaub, aus dem wir sind. Dann, wenn ich sie ins Bett gebracht habe und ich lange in den Nachthimmel schaue, verschwindet das gemalte Bild vom Mondmann mit dem Sternendach und mein Blick wird frei für das Universum, den Kosmos. Ich kann sie wieder erahnen, die schwarze Unendlichkeit. Ganz leise höre ich es dann schnarchen, das Schnarchen der schlafenden Physikerin in mir.

Simona Ryser ist Autorin und Sängerin. Im «Schlusspunkt» setzt sie sich jeweils literarisch mit dem Dossierthema des UZH Magazins auseinander.

Illustration: Gerda Tobler





FEUERRING®

DAS ORIGINAL



reddot award 2016  
best of the best

Feuerring TULIP erhält höchste Auszeichnung im Red Dot Award: Product Design 2016 und gehört damit zu den herausragenden Produkten des Jahres! Die Red Dot-Jury zeigte sich begeistert und prämierte Feuerring TULIP mit einem Red Dot: Best of the Best. Feuerring TULIP beeindruckte durch höchste Designqualität und macht Feuerring damit zu den Spitzenreitern im internationalen Vergleich.

[WWW.FEUERRING.CH](http://WWW.FEUERRING.CH)



# “Now we have the salad!”

**APOSTROPH.**  
Weltweit verstanden werden.

**Professionelle Fachübersetzungen**

Apostroph Group ist eines der führenden Sprachdienstleistungsunternehmen der Schweiz. Mit unseren 400 geprüften Fachübersetzern und über 20 Jahren Branchenerfahrung garantieren wir Ihnen höchste Qualität sowie sicheren, diskreten und kompetenten Service. Wir sind zertifiziert nach ISO 9001 und ISO 17100, damit es keinen Salat gibt bei Ihrer Kommunikation!

T +41 41 419 01 01 – [www.apostrophgroup.ch](http://www.apostrophgroup.ch)  
ApostrophGroup – Bern Lausanne Luzern Zürich

