



## Jungbrunnen der Zelle und Einblicke ins Immunsystem

Paul Ehrlich-Preis für Elizabeth Blackburn und Carol Greider/  
Nachwuchspreis für Falk Nimmerjahn

**Die Biologinnen Prof. Dr. Elizabeth H. Blackburn (59) und Prof. Dr. Carol Greider (47) erhielten den mit insgesamt 100 000 Euro dotierten Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis 2009.**

Ausgezeichnet wurden sie am 14. März, dem Geburtstag Paul Ehrlichs, für ihre Entdeckung der Telomeren und der Telomerase. Die beiden Forscherinnen klärten auf, welche Bedeutung die Endstücke der Chromosomen für die Zellteilung und Zellalterung haben, insbesondere wie die Telomerase die verkürzten Enden nach einer Zellteilung wiederherstellt. Den mit 60 000 Euro dotierten Nachwuchspreis erhielt der Biologe Falk Nimmerjahn (36) für seine herausragenden Arbeiten auf dem Gebiet der Immunologie.

### Telomere und Telomerase

Die Enden der Chromosomen werden durch sogenannte Telomere (griechisch für Endteile) geschützt, die diese wie der Plastikring am Ende eines Schnürsenkels umschließen und schützen. Bei jeder Teilung einer gesunden Zelle werden die Telomere um ein winziges Stück gekürzt. Wird dabei eine gewisse Min-

destlänge unterschritten, teilt sich die Zelle nicht mehr oder stirbt ab. Das von Elizabeth Blackburn und Carol Greider neu entdeckte Enzym, die Telomerase, kann die Verkürzung der Telomeren unterbinden: Es stückelt nach der Teilung DNA-Bausteine an die Chromosomen-Enden an und verlängert so die Telomere wieder. Damit wirkt die Telomerase der Zellalterung entgegen.

Nachweisbare Mengen an Telomerase finden sich im menschlichen Körper ausschließlich in Zellen, die sich dauerhaft erneuern müssen, wie Haut- und Schleimhautzellen sowie Krebszellen. Das Enzym fördert das Tumorstadium, indem es die Zellalterung verhindert und dem natürlichen Absterben der Zelle entgegenwirkt. Daher ist die Telomerase heute ein zentraler und wichtiger Angriffspunkt für die Entwicklung neuer Krebsmedikamente.

Die in Australien geborene Elizabeth Blackburn hat die Telomerase 1984 zusammen mit ihrer damaligen Doktorandin Carol Greider in einzelligen Wimperntierchen der Gattung Tetrahymena entdeckt und 1985 erstmals beschrieben. In den folgenden Jahren hat sie das Enzym

Traditionelles Gruppenfoto mit der Büste Paul Ehrlichs in der Paulskirche: die Paul-Ehrlich-Preisträgerinnen Prof. Elizabeth H. Blackburn und Prof. Carol Greider (außen) und Nachwuchspreisträger Dr. Falk Nimmerjahn (Mitte).

genetisch und biochemisch in verschiedenen Spezies charakterisiert, während sich Carol Greider insbesondere mit den Konsequenzen einer Fehlfunktion von Telomeren und Telomerase für die Erbsubstanz, die genomische Stabilität der Zelle und den Organismus beschäftigt hat.

Elizabeth Blackburn ist Professorin für Biologie und Physiologie an der Universität von Kalifornien in San Francisco. Für ihre Arbeiten über Telomere und Telomerase erhielt sie zahlreiche Ehrungen und wissenschaftliche Auszeichnungen. 2007 wurde sie vom »Time Magazin« zu einer der »100 einflussreichsten Persönlichkeiten der Welt« gekürt. Die in Kalifornien aufgewachsene Carol Greider ist Professorin und Direktorin der Abteilung für Molekularbiologie und Genetik an der Johns Hopkins University in Baltimore. Auch ihre Arbeit wurde mehrfach ausgezeichnet. Gemeinsam mit Elizabeth Blackburn erhielt sie den Albert Lasker Award for Basic Medical Research 2006.

### Verwirrtes Immunsystem

Der 36-jährige Falk Nimmerjahn, Labor für Experimentelle Immunologie und Immuntherapie an der Universität Erlangen-Nürnberg, beschäftigt sich mit Antikörpern und ihrer Bedeutung für die Entstehung von Autoimmunerkrankungen. Normalerweise erkennen Antikörper zerstörerische Mikroorganismen wie Bakterien und Viren und schützen den Körper so vor Krankheitserregern. Kommt es jedoch zu einer Fehlsteuerung im Immunsystem, kann dies dazu führen, dass die Antikörper gesundes Gewebe angreifen. Diese sogenannten Autoantikörper lösen im schlimmsten Fall Autoimmunerkrankungen wie Arthritis oder Multiple Sklerose aus. Falk Nimmerjahn und sein Team fanden heraus, dass die Beschaffenheit der Zuckermoleküle in den Autoantikörpern darüber entscheidet, wie stark ihre entzündungsfördernde Wirkung ist.

Antikörper enthalten neben Eiweißbausteinen auch Zuckerseitenketten, die maßgeblich zu ihrem Funktionieren beitragen. Sie

bestehen aus mehreren Zuckerresten, so zum Beispiel Sialinsäure und Galaktose. Wie der Biologe in Experimenten an Mäusen nachwies, verstärkt sich die körpereigene Abwehr, wenn die Sialinsäurereste fehlen. Sind sie dagegen vorhanden, werden entzündliche Reaktionen gedämpft. Aus den Erkenntnissen von Falk Nimmerjahn und seinem Team ergeben sich neue Möglichkeiten

für die Therapie von Autoimmunerkrankungen: Zum einen könnte die Interaktion der selbstreaktiven Antikörper mit den zellulären Rezeptoren blockiert werden, zum anderen könnten die Zuckerreste verändert werden. In der Krebstherapie sind dagegen besonders aggressive Antikörper erwünscht. Falk Nimmerjahn optimiert bereits bekannte Antikörper für die Zerstö-

rung von Tumoren. Darüber hinaus entwickelt er neue Modellsysteme, in denen sich Eigenschaften des menschlichen Immunsystems für experimentelle Zwecke auf die Maus übertragen lassen. ♦

<http://biochemistry.ucsf.edu/labs/blackburn/> (Labor Elizabeth Blackburn)

<http://www.mbg.jhmi.edu/people/profile.asp?PersonID=367> (Labor Carol Greider)

## Blitzschnell durch den Tunnel

Keine Verzögerungen im Quantentunnel



**Der quantenmechanische Tunnel-effekt erlaubt es Elektronen, quasi durch Wände zu gehen. Neueste Experimente zeigen: Sie verbringen keine Zeit im »Tunnel«, sondern tauchen unverzüglich an seinem Ausgang auf.**

Elektronen im Mikrokosmos gelingt, wovon Radfahrer nur träumen: Sie können Berge passieren, obwohl sie nicht genug Energie für deren Überquerung haben. Der quantenmechanische Tunneleffekt erlaubt es ihnen, durch Potenzialberge hindurchzutunneln. Uneinig sind sich die Physiker jedoch seit 80 Jahren darüber, ob die Quantenteilchen eine gewisse Zeit im Tunnel verbringen oder augenblicklich auf der anderen Seite des Berges wieder erscheinen. Unklar war auch, welche Messgrößen zur Entscheidung dieser Frage überprüft werden müssten. Einem internationalen Forscherteam ist es jetzt dank einer an der Goethe-Universität entwickelten Methode gelungen, der Frage nach der Tunnelzeit eine experimentell realisierbare Bedeu-

tung zu geben und das Rätsel zu lösen: Das Teilchen erscheint ohne Zeitverzögerung, wie die Forscher in der Fachzeitschrift »Science« berichteten.

Der Radfahrer war in diesem Fall ein Elektron in einem Helium-Atom, dem sich für ganz kurze Zeit ein Potenzialberg in Form eines Laserfelds in den Weg stellt. Durch den sich kurzzeitig auftuenden Tunnel kann das Elektron aus dem Atom entkommen. Hat man eine hinreichend schnelle Stoppuhr, kann man messen, wann es am Tunnelausgang erscheint. Die Forschergruppe unter der Leitung von Prof. Ursula Keller, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, wählte dazu einen raffinierten experimentellen Aufbau: Sie ließ das Laserfeld, das auch den Potenzialberg erzeugt, um das Helium-Atom kreisen. Passiert ein Elektron den Tunnel, wird es, je nach dem Zeitpunkt, an dem es am Ausgang ankommt, in unterschiedliche Richtungen geschleudert. »Der Effekt ist ähnlich wie bei einem starken Wind, der das Teilchen

erfasst, sobald es den Schutz des Tunnels verlässt«, erklärt Doktorandin Petrisa Eckle von der ETH. Da man weiß, zu welchem Zeitpunkt der Tunnel sich auftut und wie schnell er rotiert, braucht man nur noch die präzise Position des Elektrons, um zu berechnen, wie lang es im Tunnel gewesen ist.

Die Position und damit die Ablenkrichtung der Elektronen bestimmte die Forscherin mithilfe der in Frankfurt entwickelten COLTRIMS-Technik. Ursprünglich war der Versuch als Demonstrationsexperiment für eine superschnelle Uhr geplant: Das schnelle Uhrwerk ist das Laserfeld des verwendeten Kurzeitlasers; der Zeiger, der in einer Sekunde 4 mal  $10^{14}$  Umdrehungen macht, wird durch die Elektronen realisiert. »Dieses Konzept erlaubt eine Zeitmessung von weniger als 34 Attosekunden Genauigkeit. Diese unvorstellbar kurze Zeit verhält sich zu einer Sekunde so wie eine Sekunde zum Zeitalter des Universums«, sagt Prof. Reinhard Dörner von der



Goethe-Universität, der in dem Team mitarbeitete, »In dieser Zeit kommt auch ein Elektron nicht weit: Es kann nicht einmal die Hälfte des Atom-Durchmessers durchqueren.« Dörner erhielt für seine innovative Forschung kürzlich von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) 1,25 Millionen Euro im Rahmen der so genannten »Reinhard Koselleck-Projekte«, die im positiven Sinne

hoch risikobehaftete Forschungsvorhaben unterstützen.

Die Idee, mit der hoch präzisen Stoppuhr aus Frankfurt die alte Frage der Tunnelzeit zu klären, kam Petrisa Eckle von der ETH im Verlauf ihrer Doktorarbeit. Dank ihres Experiments kann mit einer Genauigkeit von 34 Attosekunden ausgeschlossen werden, dass das Elektron eine bestimmte Zeit zum Durchqueren des Tunnels benötigt.

Da diese Obergrenze nur ein Zehntel des Wertes beträgt, der theoretisch für eine mögliche Tunnelzeit abgeschätzt wurde, sind die meisten Physiker mit der gefundenen Antwort zufrieden. Dem Alltagsverständnis läuft sie jedoch völlig zuwider: Denn offenbar können Elektronen in demselben Augenblick, in dem sie am Tunneleingang verschwinden, am Tunnelausgang schon wieder auftauchen. ♦



Start eines heliumgefüllten Stratosphärenballons. Die Ballone können Höhen von mehr als 35 Kilometern erreichen. Der hier abgebildete Ballon erreicht am Gipfel einen Durchmesser von fast 100 Metern und hat ein Volumen von 150 000 Kubikmetern. Während des langsamen Absinkens des Ballons durch die Stratosphäre können Luftproben gesammelt werden.

**Viele Atmosphärenmodelle sagen voraus, dass sich der Transport von Luft aus der erdnahen Troposphäre in die darüberliegende Stratosphäre aufgrund der Klimaänderungen beschleunigen sollte. Tendenziell ist eher das Gegenteil der Fall.**

Eine internationale Forschergruppe um Privatdozent Dr. Andreas Engel hat zur Überraschung der Fachkollegen herausgefunden, dass der aufwärtsgerichtete Luftstrom sich träger bewegt als angenommen. Das könnte auch bedeuten, dass die Ozonschicht in der Stratosphäre sich etwas langsamer erholt, als aktuelle Klimamodelle es vorhersagen.

Wie die Forscher in der angesehenen internationalen Fachzeit-

## Verändert die globale Erwärmung den Transport von Luft in die obere Atmosphäre?

Langjährige Messreihe erlaubt erstmals die Überprüfung aktueller Klimamodelle

schrift Nature Geoscience berichteten, ermittelten sie die Zeit, die die atmosphärischen Spurengase Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) benötigen, um von der Troposphäre (vom Boden bis 10 km Höhe) in die Stratosphäre (10 bis 50 km Höhe) zu gelangen. Um dieses »Alter« der stratosphärischen Luft zu bestimmen, machten sie Messungen mithilfe von großen Forschungsballonen, die die Messgeräte bis in eine Höhe von 35 Kilometern tragen können. Da solche Messungen sehr aufwendig und teuer sind, können sie nur sporadisch durchgeführt werden. Engel und seine Kollegen haben deswegen alle weltweit verfügbaren Messungen dieser Gase in der Stratosphäre zusammengetragen und in Kooperation mit japanischen und amerikanischen Kollegen sowie einer Gruppe an der Universität Heidelberg ausgewertet. Im Rahmen ihrer Untersuchungen haben die Frankfurter Forscher unter anderem auch »konservierte« Luftproben untersucht, die vor über 30 Jahren in der Stratosphäre in den USA gesammelt wurden. »Schwefelhexafluorid gehört zu den stabilsten Spurengasen in der Atmosphäre«, erklärt Andreas Engel, »so dass wir mit der heute verfügbaren Analytik

auch kleinste Mengen des Spurengases in den 30 Jahre alten Luftproben analysieren können.«

Während aktuelle Klimamodelle eine Beschleunigung des Transports in der Stratosphäre und somit ein jüngerer Alter der Luft vorhersagen, zeigten die Messungen überraschenderweise, dass im Gegenteil das Alter der stratosphärischen Luft sich sogar etwas erhöht hat; der Transport sich also nicht beschleunigt hat. Die Frankfurter Forscher wollen nun diese langjährige Messreihe fortführen, um auch für die Zukunft Messungen zur Verfügung zu stellen, mit deren Hilfe die Vorhersagen der Atmosphärenmodelle überprüft werden können und die langfristige Änderung der Atmosphäre dokumentiert werden kann. Aufgrund der Ergebnisse müssen die Vorhersagen der Atmosphärenmodelle noch einmal überprüft werden. »Unser Ergebnis stellt nicht die prinzipielle Richtigkeit der von den Modellen vorhergesagten Klimaänderungen infrage«, betont Engel, »aber die genauen Mechanismen, wie sich dies auf den globalen Transport von Luft in der oberen Atmosphäre auswirkt, scheinen noch nicht vollständig verstanden zu sein. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.« ♦

# Pharmazeuten erwerben Patent für neue Wirkstoffklasse

Mehr Effektivität und weniger Nebenwirkungen als bei ASS

**Bei der Behandlung von Schmerzen, Entzündungen und Fieber verspricht eine an der Goethe-Universität untersuchte neue Wirkstoffklasse hohe Wirksamkeit, ohne das Magen-Darm-System zu reizen.**

Die seit Langem etablierte Arzneistoffklasse der Nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR) mit namhaften Vertretern wie Acetylsalicylsäure (ASS) oder Ibuprofen besitzt nach wie vor den größten Stellenwert auf dem Arzneimittelmarkt. Viele dieser Arzneimittel würden nach heutigen Kriterien aufgrund ihres Risikoprofils jedoch keine Zulassung mehr erhalten, was den Bedarf an innovativen Therapiekonzepten verdeutlicht. Ein solches neuartiges Konzept verfolgt die Wirkstoffklasse der dualen mPGES-1/5-LO-Inhibitoren, die im Labor von Prof. Manfred Schubert-Zsilavecz an der Goethe-Universität entwickelt und an der Universität Tübingen in der Gruppe von Prof. Oliver Werz molekularpharmakologisch charakterisiert wurde. Die Forschungsergebnisse sind Grundlage eines gemeinsamen Patents und einer Publikation in der hochkarätigen Fachzeitschrift »Journal of Medicinal Chemistry«.

ASS und verwandte NSAR greifen in die Arachidonsäurekaskade ein, die eine Schlüsselrolle bei der Entstehung von Schmerzen und



Im Labor von Prof. Manfred Schubert-Zsilavecz an der Goethe-Universität wird eine neue Wirkstoffklasse entwickelt, mit der Schmerzen, Entzündungen und Fieber wirkungsvoll und mit weniger Nebenwirkungen behandelt werden sollen.

Entzündungen spielt, und hemmen dabei auch die Synthese jener Prostaglandine, die zur Aufrechterhaltung wichtiger Körperfunktionen dienen. Die Folge der unselektiven Blockade sind die bei Langzeiteinnahme deutlichen Nebenwirkungen auf den Magen-Darm-Trakt und das kardiovaskuläre System. »Unsere Wirkstoffklasse greift dagegen später und damit selektiver in die Arachidonsäurekaskade ein«, erklärt Prof. Manfred Schubert-Zsilavecz, »so dass wir deutlich weniger Nebenwirkungen zu befürchten haben.«

Ein weiterer Vorteil der neuen Wirkstoffklasse: Sie hemmen nicht nur gezielt die Prostaglandin-Biosynthese, sondern wirken auch

auf die der Leukotriene; das sind Stoffwechselprodukte des zweiten wichtigen Pfades der Arachidonsäurekaskade. Sie spielen bei der Vermittlung von allergischen und entzündlichen Reaktionen eine entscheidende Rolle. Dieser doppelte Angriffspunkt verspricht eine effektivere Wirkung der neuen Substanzen. »Dies ist ein überaus wichtiger Erfolg innerhalb unseres neuen Lipid Signaling Forschungszentrums, das kürzlich im Rahmen der LOEWE-Initiative gegründet wurde«, freut sich Prof. Gerd Geisslinger, Sprecher der LiFF-Initiative und Vorsitzender des Zentrums für Arzneimittel, Forschung, Entwicklung und Sicherheit (ZAFES). ◆

# Struktur eines Enzyms gegen chemische Kampfstoffe aufgeklärt

Neutronenbeugung liefert Hinweise zur Verbesserung des Gegengifts

**Das Enzym DFPase kann hoch toxische Nervenkampfstoffe wie das bei dem Anschlag auf die U-Bahn von Tokyo verwendete Sarin schnell und effizient entgiften. Mithilfe aufwendiger Neutronenbeugungsexperimente konnte die Struktur jetzt aufgeklärt werden.**

Das genaue Verständnis der Mechanismen, mit denen das aus dem Mittelmeertintenfisch *Loligo vulgaris* stammende Enzym den chemischen Abbau von Nervengiften katalysiert, ist für die gezielte Verbesserung seiner Eigenschaften notwendig. Angedacht ist eine Anwendung zur Dekontamination von Räumen und

Oberflächen sowie eine Applikation auf der Haut. Einer Gruppe von Forschern am Institut für Biophysikalische Chemie der Goethe-Universität, dem Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Bundeswehr in München und des Los Alamos National Laboratory in den USA gelang nun die Bestimmung der Struktur

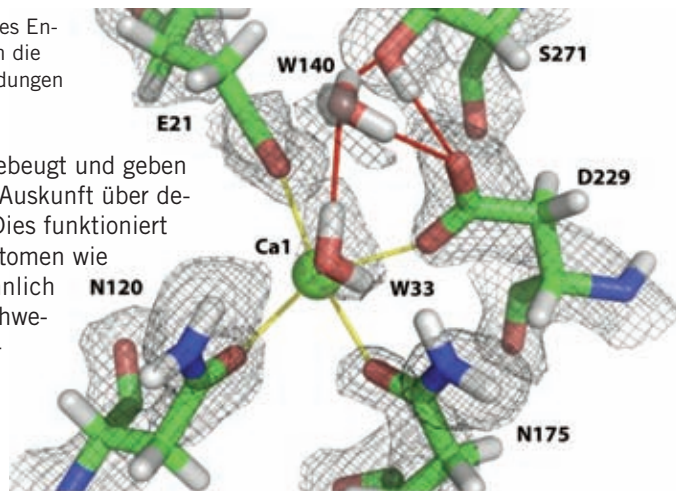
Dichte der Atomkerne im Reaktionszentrum der DFPase, eines Enzyms, das Nervengifte neutralisiert. Die gelben Linien stellen die Kalzium-Bindungen dar, während rote Linie Wasserstoff-Bindungen anzeigen.

der DFPase mithilfe von Neutronenbeugung. Sie veröffentlichten ihre Ergebnisse in der renommierten Fachzeitschrift »Proceedings of the National Academy of Sciences«.

Das Team nutzte für die Experimente die Neutronenquelle am Los Alamos National Laboratory, eine von weltweit drei Quellen für die Arbeit mit Proteinen. Im Gegensatz zu der üblichen Strukturbestimmung mithilfe von Röntgenstrahlung können Neutronen auch die leichten und kleinen Wasserstoffatome sichtbar machen, die immerhin praktisch die Hälfte aller Atome in einem Protein darstellen. Während Röntgenstrahlung mit den Elektronenhüllen der Atome wechselwirkt und daher Atome mit vielen Elektronen am besten sichtbar macht, dringen die elektrisch neutralen Neutronen bis zu den Atomkernen in einem Proteinkristall vor. Hierbei macht man sich die quantenmechanische Welleneigenschaft der Neutronen zunutze: Ähnlich wie Wasserwellen in einem See an einem Felsen werden auch die Neutronen an den

Atomkernen gebeugt und geben daher genaue Auskunft über deren Position. Dies funktioniert mit leichten Atomen wie Wasserstoff ähnlich gut wie mit schwereren wie Kohlenstoff oder Sauerstoff. Genau diese zusätzliche Information ermöglicht ein tieferes Verständnis des Reaktionsmechanismus der DFPase.

Neutronenstrukturen von Proteinen sind immer noch selten und erfordern große Proteinkristalle und lange Messzeiten. Zwar ist die Methode schon 40 Jahre bekannt – die erste Neutronenstruktur wurde 1969 publiziert – doch wird sie bis heute selten angewandt: Von den über 50 000 Einträgen in der Protein Data Bank sind nur etwa 20 Neutronenstrukturen. »Der Aufwand ist aber durchaus gerechtfertigt«, erklärt der Frankfurter Junior-Prof. Julian Chen, der die Arbeit gemeinsam mit Prof. Heinz Rüterjans und



Dr. Marc-Michael Blum publiziert. »Auf der Grundlage der aktuellen Ergebnisse hat Marc-Michael Blum Veränderungen an der DFPase vorgenommen, die das Enzym sowohl schneller machen als auch die Zahl der Substanzen erhöhen, gegen die die DFPase wirksam ist.« Diese Veränderungen geschehen durch eine gezielte Modifikation der Gensequenz für das Protein, die dem Darmbakterium *E. coli* eingesetzt wird. Dieses produziert die DFPase unter Laborbedingungen in den gewünschten Mengen, so dass man nicht mehr darauf angewiesen ist, sie aus Tintenfischen zu gewinnen. ♦



Die Laufbahn des Nobelpreisträgers Otto Stern begann in Frankfurt.

**Nur wenige große Entdeckungen der Physik des 20. Jahrhunderts sind örtlich und zeitlich so genau festzulegen wie der Nachweis der Raumquantisierung in Atomen durch Otto Stern und Walter Gerlach.**

## Zurück aus dem Exil

Das Mikroskop Otto Sterns ist wieder in Frankfurt

In der Nacht vom 7. auf den 8. Februar 1922 gelang den beiden Physikern im zweiten Stock des damaligen Physik Instituts der Königlichen Universität Frankfurt in der jetzigen Robert-Mayer-Straße 2–4 ein Experiment, das heute als Meilenstein auf dem Weg in die neue Quantenphysik angesehen wird. Das verwendete Mikroskop nahm der damalige Privatdozent Otto Stern 1923 mit nach Hamburg, wo er eine ordentliche Professur in der Physikalischen Chemie erhielt. 1933, als die Nazis seinem engsten Mitarbeiter Immanuel Estermann wegen seines jüdischen Glaubens kündigten, verließ auch Otto Stern (ebenfalls jüdischen Glaubens) Deutschland und emigrierte in die USA. Der Autor besuchte

Anfang des Jahres die 90-jährige Nichte Otto Sterns, Prof. Liselotte Templeton, in El Cerrito, USA. Sie vertraute ihm das historische Mikroskop ihres Onkels an. Zur Erinnerung an die Leistungen Otto Sterns und seine bis heute bedeutende Atomstrahlmethode hat der Autor Förderer gefunden, darunter einige Nobelpreisträger, die das Originalexperiment des Stern-Gerlach-Versuches nun so rekonstruieren wollen, dass es funktionsfähig ist.

Als der Theoretiker Arnold Sommerfeld 1916 voraussagte, dass die Bahndrehimpulse der Elektronen im Atom in bestimmte Richtungen quantisiert sind, hielten die meisten Physiker dies für eine rein mathematische Aussage. Otto Stern hatte die brillante Idee, dies

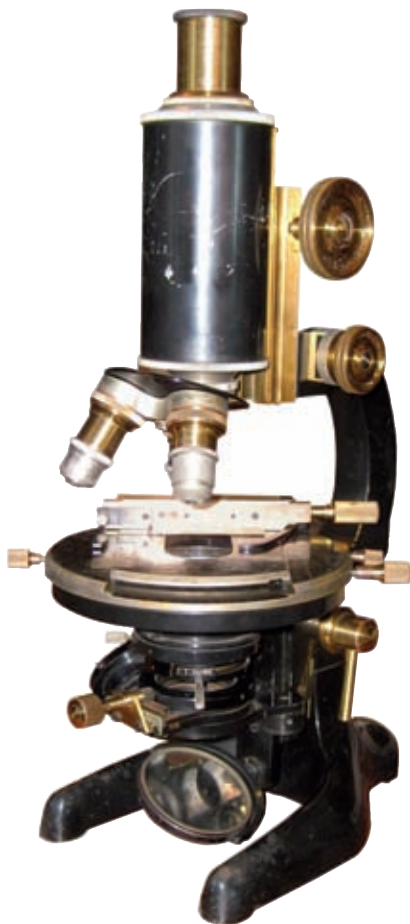


zu überprüfen, indem er einzelne Atome in einer Vakuumapparatur auf eine Zielscheibe auftreffen ließ. In einem äußeren Magnetfeld erfahren die Atome aufgrund der magnetischen Momente ihrer rotierenden Elektronen eine winzige Richtungsänderung. Otto Stern hatte das Magnetfeld so gestaltet, dass bei isotroper Verteilung der Bahndrehimpulse eine gefüllte Ellipse auf der Zielscheibe hätte auftreten müssen. Stimmt aber Sommerfelds Theorie von der Richtungsquantisierung, sollten nur Treffer auf dem Rand der Ellipse zu beobachten sein.

### Zigarrenrauch enthüllt die Raumquantisierung

Otto Stern fand in Walter Gerlach, der 1921 nach Frankfurt gekommen war, einen experimentell begabten Mitstreiter. Obwohl das Experiment so einfach schien, war es für die damalige Zeit ein schwieriges Unterfangen. Weil sie eine Zielscheibe brauchten, die man mit einem Mikrometer Genauigkeit auslesen konnte, verwendeten Stern und Gerlach eine Fotoplatte, die man unter dem Mikroskop vermessen konnte. Als Geschosse wählten sie Silberatome. Diese konnte man nach ihrem Auftreffen auf einer Glasplatte mit Schwefeldampf schwärzen und somit sichtbar machen. Viele Versuche waren notwendig, um die notwendigen Vakuumbedingungen, die Blendengeometrie, die Magnetfeldanordnung, Fotoplattenauflösung et cetera so zu verbessern, dass das Experiment gelang. In der Nacht vom 7. auf den 8. Februar 1922 war es dann geschafft: Gerlach blies den Rauch einer billigen schwefelhaltigen Zigarre über die Fotoplatte, bis sich ein winziger kaum sichtbarer schwarzer Fleck zeigte. Unter dem Mikroskop zeigte sich dann eine nicht gefüllte Ellipse. Die vielleicht wichtigste Quantisierung der Quantenmechanik, die Raumquantisierung, war bestätigt.

Mithilfe der Atomstrahlmethode gelangen Stern in Frankfurt vier bedeutende Experimente, die jedes für sich genommen nobelpreiswürdig waren: Zuerst vermaß er die Braun'sche Molekularbewegung und verifizierte damit erstmals die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung von Molekülen in Gasen. Nur wenige Monate später konnte



er zeigen, dass Atome ein inneres statisches magnetisches Moment haben. Dieses bestimmte er in einem weiteren Experiment quantitativ. Als Krönung gelang dann das Stern-Gerlach-Experiment. Für die Entwicklung der Atomstrahlmethode, die heute zu den bedeutendsten Experimentiermethoden in der Physik und Chemie zählt, erhielt er 1943 den Nobelpreis für Physik. Bis heute haben circa 20 seiner Schüler, Enkel und Urenkel mit diesem Verfahren den Nobelpreis erhalten. Während seiner Hamburger Zeit setzte Stern die Reihe der großen Entdeckungen fort: Fast zeitgleich mit Clinton Joseph Davison und Lester Halbert Germer wies er nach, dass Molekularstrahlen auch Welleneigenschaften besitzen. Ihm gelangen die ersten Interferenzexperimente von gestreuten Molekülen an Oberflächen. Ebenso zeigte er, dass Photonen Atome ablenken und somit einen Impuls haben. Last, not least war Stern der Erste, der das magnetische Moment vom Proton und Deuteron bestimmte und damit die Grundlage für die heute so wichtige Kern-

Mit diesem Mikroskop sah Otto Stern, dass Silberatome bei ihrem Flug durch ein Magnetfeld aufgrund eines Quantisierungseffekts nicht in beliebige, sondern nur in zwei verschiedene Richtungen abgelenkt werden.

spintomografie schuf. Auf die Entwicklungen und Entdeckungen Sterns und seiner Mitarbeiter gehen unter anderem die Atomuhr, die Kernspintomografie, die Entdeckung des Masers/Lasers zurück.

### Eine Biografie zum Universitätsjubiläum

Im Carnegie Institut in Pittsburgh fand Otto Stern nach seiner Emigration ein neues Zuhause. Doch an die Glanzleistungen seiner Zeit in Deutschland konnte er nicht mehr anknüpfen. Weil die deutsche Sprache ihm fehlte, verbrachte er nach seiner frühen Emeritierung im Jahre 1945 fast jedes Jahr viele Monate in Zürich. Deutschland hat er nach dem Krieg nur fünf Mal besucht. Eine Rentenzahlung, die ihm vom deutschen Staat angeboten wurde, lehnte er ab. Seine wenigen wirklichen Freunde in Deutschland, wie Max von Laue oder Max Vollmer, unterstützte er nach dem Krieg mit Carepaketen.

Zur 100-Jahr-Feier der Universität Frankfurt plant der Autor gemeinsam mit der Historikerin Prof. Karin Reich von der Universi-

Otto Stern als junger Mann (links stehend) mit seiner Mutter und den vier jüngeren Geschwistern.



tät Hamburg eine Biografie des großen Wissenschaftlers. Sterns Mikroskop, ein Instrument der Firma Seibert in Wetzlar, soll der Deutschen Physikalischen Gesellschaft als Andenken an den großen Physiker übergeben werden. Die rekonstruierten historischen

Experimente sollen an vier Orten für Besucher zugänglich sein: im Gebäude des Physikalischen Vereins in Frankfurt, im Magnus-Haus der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin, an der Universität Hamburg und im Deutschen Museum in München. ◆

Der Autor

**Prof. Dr. Horst Schmidt-Böcking** war Professor für Atom- und Kernphysik an der Universität Frankfurt. Seit seiner Pensionierung setzt er sich verstärkt für das Gedenken an die großen Physiker in der Geschichte der Goethe-Universität ein. schmidtb@atom.uni-frankfurt.de

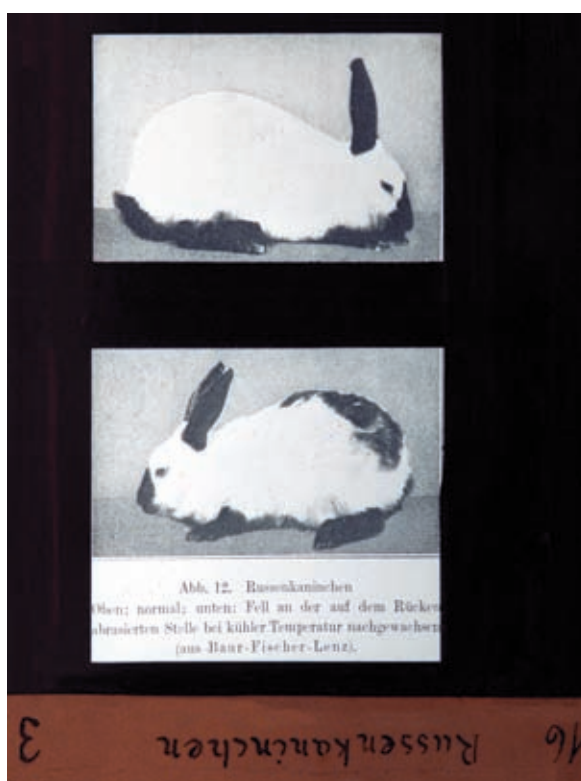
## Aus dem Nachlass des Rassenhygienikers Otmar von Verschuer

Schrank mit Glasplatten inventarisiert

**Im Sommer 2001 tauchte bei der Räumung der ehemaligen Fotoabteilung im Institut für Anthropologie und Humangenetik ein Schrank mit Glasplatten auf, der als Hinterlassenschaft aus der NS-Zeit »entsorgt« werden sollte.**

Der Initiative zweier studentischer Hilfskräfte ist es zu verdanken, dass Teile des Inhalts, darunter die etwas schwereren Vorläufer der heutigen Diapositive, erhalten werden konnten. Da vermutet wurde, dass die Glasplatten aus dem Nachlass des NS-Rassenhygienikers Prof. Otmar Freiherr von Verschuer stammen, wurden sie in das Senckenbergische Institut für Geschichte der Medizin in Frankfurt gebracht. Im Rahmen eines von der Dr. Senckenbergischen Stiftung geförderten Forschungsprojektes hat der Historiker Dr. Dietmar Schulze den Inhalt des Schrankes inventarisiert. Obwohl weder die Sammlung noch der Schrank einen Besitzvermerk tragen, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Sammlung der Frankfurter Zeit von Verschuers zuzuordnen ist. Das ist dem jetzt vorliegenden Projektbericht zu entnehmen.

Otmar Freiherr von Verschuer lehrte von 1935 bis 1942 als Ordinarius für Erbbiologie und Rassenhygiene an der Universität Frankfurt. Er wechselte 1942 an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie. Nachdem er bei der Entnazifizierung als »Mitläufer« eingestuft wurde, ging er 1951 an die Universität Münster, wo er das Institut für Humangenetik aufbaute. Er starb 1969. Der Inhalt des jetzt inventarisierten Schrankes,



Eine von mehr als 2000 Glasplatten aus dem Nachlass des Rassenhygienikers Otmar von Verschuer. Die Bilder, hier das »Russenkaninchen«, wie die Originalbeschriftung angibt, dienen vermutlich Lehrzwecken.

eine Sammlung von mehr als 2000 Glasplatten, die Schulze in einer Datenbank erfasste und untersuchte, diente vermutlich Lehrzwecken. Keine der identifizierten gedruckten Vorlagen erschien nach 1942, viele stammen von Verschuer oder seinen Frankfurter Mitarbeitern.

Unklar bleibt, ob von Verschuer die Sammlung 1942 nach Berlin mitnahm und sie erst 1945/46 wieder nach Frankfurt »zurückkehrte«. Hinweise darauf, dass der Rassenhygieniker die Sammlung nach dem Krieg »säuberte«, konnten nicht gefunden werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sie harmlos war. Sie enthält unter an-

derem Glasplatten zu den Themen »Zunahme erbkranker Familien«, »Zigeuner« und »Juden«, die zeigen, was Geistes Kind von Verschuer war. Die Sammlung ist ein Beweis für eine (schon vor 1933) auch unter Wissenschaftlern und Ärzten verbreitete Ideologie, die im Dritten Reich eine menschenverachtende und letztlich mörderische Praxis entfaltete. ◆

### Literatur

Dietmar Schulze *Untersuchungen zum Frankfurter Teilnachlass des Rassenhygienikers Prof. Dr. Otmar von Verschuer* Münster: Klemm & Oelschläger 2008.



# Auch Elstern können sich selbst erkennen

Was bisher nur für höhere Säugetiere nachgewiesen war – Studie in der Top-100-Liste der weltweit wichtigsten Arbeiten auf Platz 30

**Elstern können sich im Spiegel selbst erkennen, das hat der Frankfurter Kognitionsforscher Prof. Helmut Prior gemeinsam mit seinen Bochumer Kollegen herausgefunden. Im Markierungstest, wie er häufig auch bei Kindern und Menschenaffen eingesetzt wird, reagierten die Elstern so, als sei das Spiegelbild ein Abbild ihrer Selbst. Dieses Ergebnis hat mehrere wichtige Konsequenzen für unser Verständnis der Evolution von Intelligenz und Bewusstsein.**

In einer Studie in der Zeitschrift »PLoS Biology«, neben »Nature« und »Science« eines der angesehensten naturwissenschaftlichen Journale, die sich an ein breites Publikum wenden und als Open-Access-Journal verfügbar sind, berichteten Helmut Prior sowie Ariane Schwarz und Prof. Onur Güntürkün von der Ruhr-Universität Bochum im September 2008 über die Ergebnisse ihrer aktuellen Elstern-Forschung. Mit ihrem Beitrag kamen die drei Wissenschaftler nun in der Top-100-Liste der weltweit wichtigsten Arbeiten des Jahres 2008 auf den 30. Platz; zusammengestellt wird diese Liste von dem »Discover«-Magazin, einem der führenden Magazine, das ein breites Publikum über aktuelle Forschungsergebnisse informiert.

Vögel und Säugetiere haben sich seit mindestens 300 Millionen Jahren getrennt entwickelt. Bisher konnte man die Spiegel-Selbsterkennung nur bei wenigen Menschenaffenarten wie Schimpansen und Orang-Utans gesichert nachweisen. Hinweise gab es auch für Delfine und Elefanten.

Diese Ergebnisse führten zu der Annahme, dass komplexe Denkprozesse und Bewusstsein nur bei höheren Säugetieren entstanden sind. Der Nachweis des Selbsterkennens bei Elstern zeigt dagegen, dass diese Leistungen in der Evolution mehrfach und unabhängig voneinander entstanden sein müssen.

Der bei Menschenaffen und Menschen besonders groß entwickelte Neokortex wurde lange Zeit als unabdingbare Voraussetzung für komplexe Denkprozesse angesehen. Wie alle Vögel haben Elstern keinen Neokortex, sondern weisen eine vollständig andere Hirnorganisation auf. Somit zeigen die aktuellen Ergebnisse, dass sogar Selbsterkennung ohne Neokortex und somit durch alternative Hirnstrukturen erzeugt werden kann. Die Forschungsarbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert, die Versuche mit den Elstern fanden überwiegend im Labor der Bochumer Universität statt.

Aus der Studie ergeben sich wichtige Anschlussfragestellungen, nicht zuletzt zur Evolutionspsychologie des Selbsterkennens beim Menschen. Auch beim Menschen ist bislang nicht genau geklärt,



wann sich das Selbsterkennen im Kindesalter entwickelt, in welchen Stufen dieses verläuft und welche Rahmenbedingungen in der Evolution entscheidend waren. ◆

»Wer bin ich?« Selbsterkenntnis durch Blick in den Spiegel. Zwei Experimente mit Elster und Kleinkind.

Der Autor

**Prof. Dr. Helmut Prior** hat in Biologie (Verhaltensforschung) promoviert und sich in der Psychologie habilitiert. Er hat bisher an den Universitäten Münster, Oxford, Düsseldorf, Bochum und Frankfurt geforscht und gelehrt. In vergleichenden Studien mit Mensch und Tier sind die Raumkognition und ihre neuronalen Grundlagen, die Evolution der Intelligenz, die genetischen Grundlagen von Lernen und Verhalten und die modulare Struktur komplexer kognitiver Leistungen seine Themenschwerpunkte. Prior ist Associate Fellow des Royal Institute of Navigation. Seit 2007 ist der 48-Jährige als außerplanmäßiger Professor am Institut für Psychologie der Goethe-Universität auf den Gebieten Neurosensorik, Kognitionsforschung tätig.  
[prior@psych.uni-frankfurt.de](mailto:prior@psych.uni-frankfurt.de)

Anzeige

 **terre des  
hommes**  
Hilfe für Kinder in Not



## Wasser ist Leben

Gewässer weltweit sind bedroht durch ungehemmte Ausbeutung und Verschmutzung. Die Anrainer verlieren ihre Existenzgrundlage, Kinder ihre Lebensperspektiven. Um Armut zu verhindern, setzt sich terre des hommes für den Schutz der Umwelt ein. Helfen Sie uns dabei – mit Ihrer Spende!

[www.tdh.de](http://www.tdh.de)