

5 Fragen an...

...Professor Dr. Hans-Peter Nilles, Physiker

Herr Professor Nilles, Stringtheorie, Supersymmetrie oder Quantenfelder sind für die meisten Normalsterblichen böhmische Dörfer. Frustriert es Sie, dass viele Menschen nicht verstehen, womit Sie sich tagtäglich beschäftigen?

Nein, das nicht. Für die wissenschaftliche Arbeit ist das letztlich egal. Andererseits empfinde ich es als sehr befriedigend, wenn ich einem Laien mein Fach so erklären kann, dass er davon etwas mitnimmt. Ich arbeite viel mit Analogien und Bildern. Sie erleichtern den Zugang, auch wenn sie manchmal hinken mögen.

Was mich oft erstaunt ist, wie sehr manche Themen auch Fachfremde in ihren Bann ziehen. Schwarze Löcher sind so ein Fall; das interessiert viele – auch wenn

niemand wirklich weiß, was das überhaupt ist. Wenn ich dagegen erkläre, dass ich nach der Quantentheorie der Gravitation suche, lockt das niemanden hinter dem Ofen hervor. Dabei brauchen wir eine solche Theorie, um die Physik der schwarzen Löcher überhaupt zu verstehen.

Welche Fragen stellt sich ein Hochenergie-Physiker noch?

Wir erforschen die kleinsten Bausteine der Materie, die Elementarteilchen. Dazu sind hohe Energien erforderlich. Man kann beispielsweise in riesigen Beschleunigern Atome oder Ionen aufeinander jagen und die Produkte dieses Crashes untersuchen. Derartige Zerfallsprozesse können auch von selbst auftreten, sind aber sehr selten. Die Japaner haben beispielsweise einen Detektor gebaut, den Super-Kamiokande – im Prinzip eine riesige Badewanne mit 50.000 Tonnen Wasser. Damit wollen sie den Zerfall von Protonen untersuchen.

Letztlich sucht die Hochenergiephysik nach den grundlegenden Gesetzen der Natur. Momentan

kennen wir vier fundamentale Wechselwirkungen: die Gravitation, die elektromagnetische Wechselwirkung, die schwache Wechselwirkung – sie ist für radioaktive Zerfallsprozesse verantwortlich – und die starke Wechselwirkung, die den Kern zusammenhält. Wahrscheinlich lassen sich die drei letzten in einer vereinheitlichten Form zusammenführen. Ähnliches hat Newton für die Gravitation geleistet: Er hat erkannt, dass dieselbe Kraft, die den Apfel vom Baum fallen lässt, den Mond auf seine Bahn um die Erde zwingt.

Ihr Forschungsgebiet hat auch Berührungspunkte zur Kosmologie. Haben Sie als Kind jemals staunend in den Nachthimmel geschaut? Was hätten Sie damals unbedingt wissen wollen?

Ganz ehrlich gesagt: Ich weiß es nicht mehr. Kosmologie ist die Physik des Größten. Angesichts des Nachthimmels fragen sich die meisten Menschen unweigerlich: Wo kommen wir her? Wo gehen wir hin? Elementarteilchenphysik ist die Physik des Kleinsten: Ein Proton besteht aus Quarks, doch woraus besteht ein Quark? Und woraus bestehen die Bestandteile eines Quarks? Man kann immer weiter fragen – was die Erforschung der Materie anbelangt, sind wir noch längst nicht am Ende. Die Antworten, die wir finden, haben wiederum Auswirkungen auf die kosmologischen Theorien – wie auch umgekehrt die Kosmologie die Elementarteilchenphysik befruchtet.

Können Sie heute noch über die Erkenntnisse ihres Fachs staunen? Oder sind dazu die Themen zu abstrakt?

Doch, auf jeden Fall. Ich staune darüber, welche großen Fortschritte die Elementarteilchen-Physik momentan macht. Ich staune, wenn wir heute experimentell beweisen können, was die Theorie vor Jahrzehnten vorhergesagt hat. Und ich staune darüber, wie unendlich wenig wir auf der anderen Seite wissen: Wir kennen nur vier Prozent der Materie im Universum, über die restlichen 96 Prozent wissen wir nichts!

In Romanen wie „Illuminati“ von Dan Brown spielen physikalische Phänomene eine wichtige Rolle. Was machen Sie, wenn dem Autor die Phantasie in diesem Punkt zu sehr durchgeht? Legen Sie das Buch zur Seite?

Kommt drauf an (lacht). Wenn das Buch spannend ist, ist mir das egal.

▼ Professor Dr.
Hans Peter Nilles

Foto: fl

Nervenzellen steuern ihre Erregbarkeit

Neue Erkenntnisse zur Signalverarbeitung im Gehirn

Bonner Forscher haben einen neuen Mechanismus aufgeklärt, der die Erregbarkeit von Nervenzellen im Gehirn steuert. Einerseits können die Neuronen so bereits auf kleine Signale ansprechen. Andererseits verhindert der Mechanismus, dass Nervenzellen zu häufig hintereinander feuern.

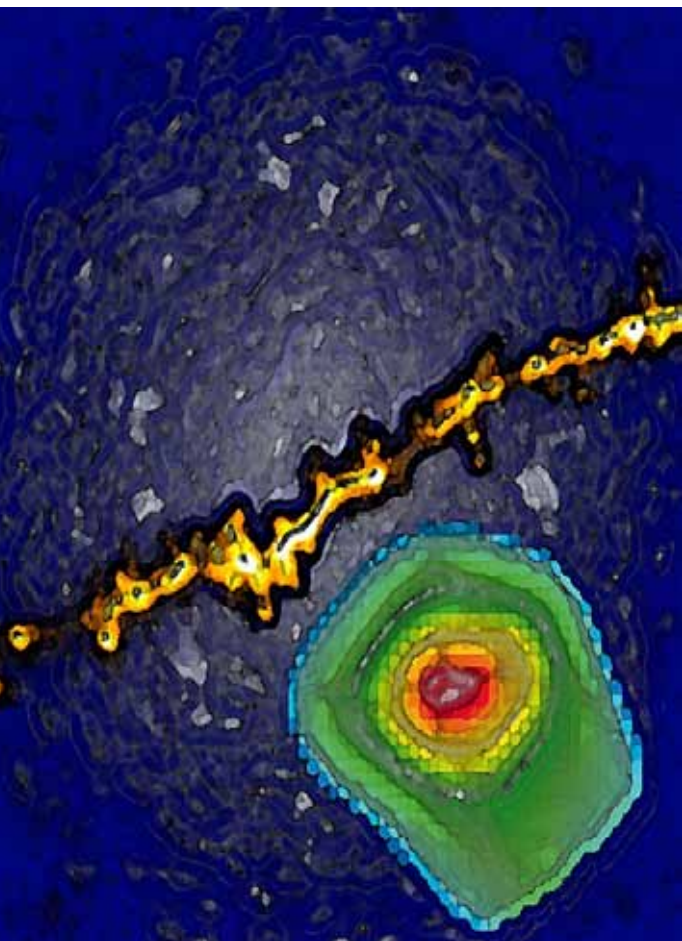


Abbildung: Dr. Stefan Remy

erzeugt die Zelle ein Aktionspotenzial. Man bezeichnet diese Art der Verarbeitung auch als linear: Jedes einzelne Eingangssignal trägt sein kleines Scherflein dazu bei, dass ein Feuerpuls entsteht. Es braucht also gewissermaßen viel „Überzeugungsarbeit“, um das Neuron zu stimulieren.

Seit gut 30 Jahren weiß man aber, dass sich dieser mühselige Weg auch abkürzen lässt. Unter bestimmten Umständen reagieren Dendriten nämlich nichtlinear: Sie generieren dann aus wenigen kleinen Eingangssignalen einen großen Gesamtpuls, einen Spike. Ein einziger Spike reicht in der Regel aus, um die Nervenzelle zum Feuern zu bringen. Bislang kannte man zwei Bedingungen, unter denen Dendriten den nichtlinearen Weg einschlagen: „Zum Einen müssen die Eingangssignale nahezu gleichzeitig erfolgen“, erklärt der Bonner Neurowissenschaftler Dr. Stefan Remy. „Außerdem müssen die Kontaktstellen, über die diese Signale an das Neuron übermittelt werden, nahe beieinander liegen. Anders ausgedrückt: Wenn man sich die Gesamtheit aller Dendriten als eine Art Baum vorstellt, müssen die Signale alle über denselben Ast einlaufen, um einen Spike erzeugen zu können.“

The Winner Takes It All

Remy und seine Kollegen von der Klinik für Epileptologie haben nun eine dritte Voraussetzung für den nichtlinearen Weg gefunden: Dendriten können demnach nur dann einen Spike erzeugen, wenn die Zelle zuvor eine Weile nicht gefeuert hat. „Wir nennen dieses Prinzip ‚The Winner Takes It All‘“, sagt der Bonner Forscher. „Wenn ein Dendritenast durch einen Spike ein Aktionspotenzial ausgelöst hat, können andere Äste für ein bis zwei Sekunden keine Spikes mehr erzeugen – auch wenn die sonstigen Voraussetzungen stimmen.“ Mit die-

ser Methode scheint das Gehirn eine Übererregung zu verhindern. Funktioniert sie nicht, sind wahrscheinlich gravierende Fehlfunktionen die Folge. „So ist es denkbar, dass bei manchen Formen der Epilepsie dieser Mechanismus nicht greift“, spekuliert Professor Dr. Heinz Beck vom Labor für experimentelle Epileptologie. „Das könnte der Grund für die unkontrollierte Erregung der Nervenzellen sein, die Ursache der Anfälle ist.“

Zusammenhang mit Epilepsie und Alzheimer?

Die Forscher wollen diese Hypothese nun überprüfen. Dabei profitieren sie von der Tatsache, dass das Universitätsklinikum Bonn zu den größten epilepsiechirurgischen Zentren weltweit zählt. Dort entfernt man bei Menschen mit schwersten Epilepsien den Anfallsherd operativ. Auf das entnommene Gewebe möchten die Bonner Neurowissenschaftler zurückgreifen.

Und auch bei der Alzheimer-Erkrankung könnte die eingebaute „Feuer-Bremse“ in den Nervenzellen gestört sein. „Im Gehirn von Patienten finden sich Ablagerungen von Proteinen“, erläutert Dr. Stefan Remy. „Man weiß, dass die Nervenzellen in der Umgebung dieser Ablagerungen zu stark erregbar sind. Das daraus resultierende Dauerfeuer kann dann eventuell das fein abgestimmte Zusammenspiel der Neuronen mit ihren Netzwerken aus dem Gleichgewicht bringen. Möglicherweise ist das ein Grund für die schweren Gedächtnisausfälle, unter denen die Patienten leiden.“

Auch die Herausgeber der Zeitschrift „Neuron“ scheinen von der Tragweite der Ergebnisse überzeugt – sie hoben die Studie kurzerhand auf den Titel ihrer März-Ausgabe. Die Arbeit unterstreicht zudem die hervorragende Nachwuchsförderung am Universitätsklinikum: Remy leitet dort eine Arbeitsgruppe, die aus Mitteln des internen Förderprogramms BONFOR (der Name steht für „Bonner Forschung“) finanziert wird.

FL/FORSCH

▲ Mit dieser Abbildung schaffte es die Studie sogar auf den Titel des Fachblatts „Neuron“. Sie zeigt die abstrakte Darstellung eines Dendriten und des Feuerverhaltens einer einzelnen Nervenzelle.

Nervenzellen sind extrem kommunikativ: Jedes einzelne Neuron steht mit bis zu hunderttausend Geschwisterzellen in Kontakt. Über astartig verzweigte Ausläufer, die Dendriten, empfängt es von ihnen Informationen. Aus diesem Input generiert es dann gegebenenfalls ein einziges Ausgangssignal, das Aktionspotenzial. Neurowissenschaftler sagen auch: Die Nervenzelle „feuert“. Dieser Feuerpuls wird über eine Art Kabel, das Axon, an andere Neurone verteilt.

Nervenzellen feuern aber nur dann, wenn der Input stimmt. Dazu können sie beispielsweise die Eingangssignale aufsummieren. Wenn das Ergebnis eine bestimmte Schwelle überschreitet,

Unerschöpfliche Quelle für Nervenzellen

Aus embryonalen Stammzellen Gehirnstammzellen hergestellt

Bonner Forschern ist es gelungen, aus menschlichen embryonalen Stammzellen so genannte Gehirnstammzellen herzustellen. Diese lassen sich nicht nur nahezu unbegrenzt in Kultur halten, sondern können auch als unerschöpfliche Quelle für verschiedene Nervenzelltypen dienen. Die Wissenschaftler zeigten zudem, dass sich diese Nervenzellen in die Schaltkreise eines Gehirns integrieren können.

Über Jahre schien die Stammzellforschung in zwei Welten geteilt: Auf der einen Seite standen die embryonalen Stammzellen – Alleskönner mit uneingeschränktem Entwicklungspotenzial. Auf der anderen Seite waren die so genannten somatischen Stammzellen, die sich auch aus Gewebe von Erwachsenen gewinnen lassen, aber nur begrenzt vermehrungs- und entwicklungsfähig sind. Bonner Wissenschaftlern ist es nun gelungen, diese beiden Welten zusammenzuführen: Sie stellten aus menschlichen embryonalen Stammzellen Gehirnstammzellen her, die sich nahezu unbegrenzt vermehren und konservieren lassen. Aus diesen stabilen Zelllinien konnten sie im Labor dann kontinuierlich verschiedene Sorten menschlicher Nervenzellen gewinnen. Darunter waren beispielsweise auch solche, wie sie bei der Parkinsonschen Erkrankung ausfallen.

Mit den neuen Zellen können die Forscher auch ihren Bedarf an embryonalen Stammzellen reduzieren, die bisher für jedes einzelne Zellgewinnungsverfahren als Ausgangsmaterial eingesetzt werden mussten. „Die Gehirnstammzellen funktionieren wie eine unerschöpfliche Quelle: Sie liefert über Monate und Jahre menschliche Nervenzellen, ohne dass wir dafür weiter auf embryonale Stammzellen zurückgreifen müssten“, erklärt Professor Dr. Oliver Brüstle, Leiter des Forscherteams am Institut für Rekonstruktive Neurobiologie der Universität Bonn.

Kontaktaufnahme mit dem Mäusehirn

Dass diese künstlich gewonnenen Nervenzellen auch funktionieren, bewiesen die Bonner direkt im Tierex-

periment: Nach Transplantation in das Gehirn von Mäusen nahmen die Zellen Kontakt mit dem Empfängerhirn auf. Sie konnten dann sowohl Signale senden als auch empfangen. „Das ist der erste direkte Beweis, dass sich Nervenzellen aus menschlichen Stammzellen in die Schaltkreise eines Gehirns integrieren können“, erklärt Dr. Philipp Koch, Erstautor der Studie. Die Bonner Wissenschaftler möchten diese unerschöpfliche Zellquelle auch dazu einsetzen, neurodegenerative Erkrankungen und mögliche Wirkstoffe direkt an menschlichen Nervenzellen zu studieren.

Brüstle und sein Team hatten als erste in Deutschland eine Bewilligung zum Import humaner embryonaler Stammzellen erhalten. Dabei hatten sie die öffentliche Diskussion um dieses heikle Thema wesentlich mitgestaltet. „Die aktuellen Ergebnisse verdeutlichen, wie fließend Forschungsarbeiten an embryonalen und somatischen Stammzellen ineinander übergehen und gleichermaßen wichtig sind“, betont Brüstle. **FORSCH**



Foto: Frank Homann

▲ Prof. Dr. Oliver Brüstle

Fehlbildung vor allem genetisch bedingt?

Neue Erkenntnisse zur Lippen-Kiefer-Gaumenspalte

Der Vergleich von 500.000 Schnipseln des menschlichen Erbguts brachte Wissenschaftler der Universität Bonn auf die richtige Spur: Eine Genvariante auf Chromosom 8 kommt bei Menschen mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten deutlich häufiger vor als bei Kontrollpersonen.

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten zählen zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen. Eines von ca. 700 Neugeborenen in Mitteleuropa ist betroffen. Gerade Kinder leiden sehr unter der Erkrankung, auch wenn die verletzende und diskriminierende Bezeichnung „Hasenscharte“ glücklicherweise aus dem Wortschatz so gut wie verschwunden ist.

Bei der Lippen-Kiefer-Gaumenspalte verwachsen verschiedene Gewebefortsätze des Gesichts und des Mundraumes während der Embryonal-

entwicklung nicht oder nur unzureichend – zwischen Lippe, Kiefer und mitunter auch dem Gaumen bleibt eine Lücke. Mehrere Faktoren müssen wohl zusammenkommen, damit Spalten entstehen. Sowohl Umwelteinflüsse, die von außen auf das Kind im Mutterleib wirken, als auch genetische Faktoren tragen zur Fehlbildung bei. Die Ergebnisse der Bonner Wissenschaftler könnten aber darauf hinweisen, dass die Gene für die Entstehung der Lippen-Kiefer-Gaumenspalten eine weit aus bedeutendere Rolle spielen als bislang angenommen.

Die Forscher der Universität Bonn hatten das Erbgut von 460 Personen mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten untersucht. Bei gut der Hälfte der Probanden gingen die Humangenetiker noch weiter ins Detail. Sie analysierten mehr als 500.000 Informationsschnipsel aus deren Erbgut und verglichen diese dann mit den Genschnipseln einer Kontrollgruppe. Eine bestimmte Stelle im menschlichen Genom erregte die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler. „Das war eine Stelle auf Chromosom 8, da trugen die Betroffenen auffällig häufig eine Variante – wesentlich häufiger als nichtbetroffene Personen“, erläutert Studienleiterin Dr. Elisabeth Mangold vom Institut für Humangenetik der Universität Bonn. Dies sei ein deutlicher Hinweis darauf, dass ein in dieser Region

liegendes Gen etwas mit der Entstehung von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten zu tun habe.

Gute Nachrichten für Mütter von Betroffenen

„Würde es diesen genetischen Faktor auf Chromosom 8 nicht geben, dann wäre die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kind in unserer Bevölkerung eine Lippen-Kiefer-Gaumenspalte bekommt, deutlich geringer als 1:700“, so Elisabeth Mangold. „Das ist im Grunde eine gute Nachricht für all diejenigen Mütter von betroffenen Kindern, die sich immer gedacht haben: ‚Irgendetwas habe ich falsch gemacht während der Schwangerschaft‘. Für seine Gene kann man nämlich nichts.“

Weitere Studien sollen nun zeigen, welches Gen auf Chromosom 8 genau verantwortlich ist und wie es wirkt. „Wir sind momentan auf der Suche danach“, erläutert Dr. Mangold. „Es könnte durchaus ein so genanntes regulatorisches Element sein, das andere Gene steuert.“ Wenn die Funktionsweise aller beteiligten Gene und das Zusammenspiel mit Umweltfaktoren verstanden sind, können die Forscher auch sagen, ob z.B. eine medikamentöse Prophylaxe in der Schwangerschaft sinnvoll ist. Derzeit deutet einiges darauf hin, dass die Einnahme bestimmter Vitamine während der Schwangerschaft Fehlbildungen des Embryos entgegenwirken kann.

Teilnehmer für weitere Studien gesucht

Für die Fortsetzung der Studien suchen die Wissenschaftler dringend weitere Probanden. Teilnehmen können alle Kinder und Erwachsenen mit so genannten isolierten Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, also Personen, bei denen die Fehlbildung nicht Folge einer anderen Grunderkrankung ist.

CHRISTIAN ESSER/FORSCH



Zu dieser Pressemitteilung gibt es auf www.uni-bonn.tv einen Audiopodcast – einfach mal reinhören!

AFRIKANISCHER FISCH SOLL HERZKRANKEN HELFEN

Vielleicht steht dem afrikanischen Elefantenrüsselfisch eine große Karriere in der Medizin bevor. Das zigarrengroße Tier kann in pechschwarzer Nacht „sehen“. Dazu erzeugt es schwache elektrische

Felder, die es mit speziellen Sensoren in seinem Kinn wahrnimmt (s. forsch 4/2007). Die Forscher um den Bonner Zoologen Professor Dr. Gerhard von der Emde sowie Professor Dr. Andreas Offenhäusser und Dr. Herbert Bousack vom Forschungszentrum Jülich wollen diese Fähigkeit nun kopieren. Ihr Fernziel ist ein „elektrisches Auge“, das auch trübe Flüssigkeiten wie Blut problemlos durchdringen kann. Damit ließen sich dann beispielsweise Ablagerungen in Arterien genauer untersuchen. Bislang existiert ein erster Prototyp eines Elektrosensors. In dem geplanten elektrischen Auge sollen viele derartiger Sensoren ihren Dienst tun. Die Forscher wollen das Elektro-Auge zudem so miniaturisieren, dass es sich über einen Katheter in „verkalkte“ Blutgefäße schieben lässt. Sie hoffen dadurch beispielsweise, die gefährlichen instabilen Plaques eher erkennen zu können. Bis zu einem praktischen Einsatz ist allerdings noch viel Entwicklungsarbeit erforderlich.

GENE BEEINFLUSSEN DAS DENKEN

Haben die Gene Einfluss auf unsere Denkstrukturen? Dieser Frage ist eine internationale und interdisziplinäre Gruppe von Wissenschaftlern nachgegangen. Das Ergebnis zeigt, dass sich im Aktivierungsmuster des Gehirns eine Art „genetischer Fingerabdruck“ einer Person nachweisen lässt. Es ist also genetisch mitbestimmt, auf welches Netzwerk von Gehirnarealen eine Person für das Arbeitsgedächtnis zurückgreift, wenn ihr kognitive Anforderungen gestellt werden. Die Ergebnisse der Studie, an denen seitens der Universität Bonn Professor Dr. Peter Propping beteiligt war, wurden jetzt in der aktuellen Ausgabe des international renommierten Wissenschaftsmagazins „Science“ veröffentlicht.

NEUE FENSTER FÜR DIE NUTZPFLANZENFORSCHUNG

Mit bis zu 40 Millionen Euro fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) vier Großprojekte in der Agrarforschung. Eines davon ist das Kompetenznetz „CROPSense“ unter Leitung der Universität Bonn und des Forschungszentrums Jülich, das als Sieger aus der Ausschreibung „Kompetenznetze Agrar- und Ernährungsforschung“ des BMBF hervor ging. CROPSense wird mit innovativen Sensorsystemen bislang Unsichtbares für die Agrarforschung sichtbar machen. Schlüsselprozesse und Strukturen von Nutzpflanzen

sollen zukünftig berührungsfrei und mit hoher Geschwindigkeit analysiert werden. Dies ermöglicht eine effizientere Pflanzenzüchtung und Automatisierung der Pflanzenproduktion. Die neuen Technologien werden wichtige Beiträge zu einer Ertragssteigerung bei gleichzeitiger Ressourcenschonung leisten. Die Förderung durch das BMBF beläuft sich auf 9,7 Millionen Euro in den nächsten fünf Jahren. Vom Land NRW wird das Netzwerk zusätzlich mit 4,7 Millionen Euro unterstützt. Dem Kompetenznetz gehören insgesamt 41 Partner aus Universitäten in ganz Deutschland sowie außeruniversitären Forschungsinstituten an. Dazu kommen noch Partner aus der Wirtschaft.

NOTEN FÜR PODCASTING

Als erste deutsche Uni hat Bonn ein Podcast-Portal vor allem für Audio- und Video-Clips aus der Forschung etabliert. Das Wort „Podcast“ ist vermutlich aus der Zusammenziehung des englischen Worts „broadcast“ (Sendung) und dem Namen des Abspielgeräts „iPod“ hervorgegangen. Wie aber kommt das neue Angebot der Universität Bonn an? Das wollen die Redaktion von uni-bonn.tv und das Zentrum für Evaluation und Methoden (ZEM) jetzt mit Hilfe eines Online-Fragebogens herausfinden. Ziel der Befragung ist es, das Angebot künftig noch stärker an den Interessen der Nutzer zu orientieren. Weitere Informationen: www.uni-bonn.tv



Foto: AG von der Emde

▲ **Elefantenrüsselfisch. Der namensgebende „Rüssel“ ist eigentlich sein Kinn.**

Kostengünstiger Bluttest auf Hepatitis C

Massenscreening von Blutkonserven auch in ärmeren Ländern

Ein neuer Bluttest bedeutet möglicherweise einen Durchbruch im Kampf gegen das gefährliche Hepatitis C-Virus. Das Verfahren ist bei gleicher Empfindlichkeit erheblich günstiger als gängige kommerzielle Tests. Erstmals haben so auch ärmere Länder die Chance, Blutkonserven flächendeckend und mit den bestmöglichen Methoden auf Hepatitis C-Viren zu untersuchen. Entwickelt wurde die Methode von Forschern der Universität Bonn und des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin in Hamburg. An der Studie waren zudem Wissenschaftler aus Brasilien, Singapur, Südafrika und England beteiligt.

170 Millionen Menschen weltweit haben sich bereits mit dem Hepatitis C-Virus infiziert. Oft verläuft die Erkrankung zunächst unbemerkt. Als Spätfolgen drohen jedoch Leberkrebs oder eine lebensgefährliche Leberzirrhose. Eine der Haupt-Ansteckungsquellen sind infizierte Blutkonserven. In Europa oder den USA testet man daher sämtliche Blutspenden standardmäßig auf Hepatitis C-Viren. Ärmere Länder können sich das jedoch nicht leisten oder müssen auf ältere Tests zurückgreifen, die nicht empfindlich genug sind. Das neue Verfahren könnte das ändern. „In Brasilien kostet ein handelsüblicher Hepatitis C-Test mehr als 100 Dollar pro Probe – wir liegen dagegen bei knapp 19 Dollar“, erklärt Dr. Jan Felix Drexler. Davon sind zehn Dollar Lizenzgebühren – mehrere große Pharmafirmen halten Patente auf das Genom des Hepatitis C-Virus.

Drexler ist gerade vom Hamburger Bernhard-Nocht-Institut an die Universität Bonn gewechselt. Er hat die neue Untersuchungsmethode mit entwickelt. Sie funktioniert im Prinzip genauso wie die meisten kommerziellen Tests, die bislang am Markt sind:

Alle Verfahren erkennen Erbgutsequenzen im Blut, die von einem Hepatitis C-Virus stammen. Was die Sache schwierig macht: Es gibt verschiedene Erregertypen, deren Erbgut sich zum Teil deutlich unterscheidet. Ein guter Bluttest sollte bei jedem dieser Typen gleichermaßen Alarm schlagen. „In Asien finden wir beispielsweise oft andere Hepatitis C-Viren als bei uns“, sagt Drexler. „Wenn sich aber ein Fernreisender in Thailand infiziert und später in Deutschland Blut spendet, müssen wir diese Blutproben ebenfalls sicher erkennen können.“

600 Blutproben untersucht

An manchen Stellen stimmt jedoch auch das Erbgut verschiedener Erregertypen weitgehend überein. Genetiker sprechen von konservierten Regionen. Alle kommerziellen Tests haben sich auf eine dieser Stellen „spezialisiert“. Das neue Verfahren schlägt dagegen an, wenn es Sequenzen aus einer anderen konservierten Region findet, die bisher noch nicht zur HCV Diagnostik verwendet wurde. Wie gut das funktioniert, konnten die Forscher an knapp 600 Blutproben aus fünf ver-

schiedenen Ländern zeigen. „Wir sind mindestens genauso empfindlich wie die beiden besten Standardverfahren“, betont der Bonner Virologe Professor Dr. Christian Drosten. „Das gilt für alle Virus-Typen.“

Praxistest in Brasilien bestanden

Damit haben auch ärmere Länder erstmals die Chance, ihre Blutkonserven zu vergleichsweise geringen Kosten zu untersuchen. „Das wäre ein wichtiger Durchbruch bei der Eindämmung der Krankheit“, betont Drexler. „Schließlich sind Transfusionen ein wichtiger Verbreitungsweg.“ In einem brasilianischen Labor wurde der neue Bluttest bereits an 127 Patienten erprobt – mit hervorragendem Erfolg. Die Forscher haben inzwischen sämtliche Details ihrer Methode offen gelegt. „Wer den Test anwenden möchte, kann bei uns zudem Kontrollreagenzien erhalten“, sagt Drexler. Die kommerziellen Anbieter halten dagegen mit genauen Angaben zu ihren Tests hinter dem Berg.

Mit dem Verfahren lässt sich nicht nur feststellen, ob eine Infektion mit Hepatitis C-Viren vorliegt. Mediziner können damit auch die Menge der Viren im Blut bestimmen. Der Bluttest eignet sich daher beispielsweise auch, um den Erfolg einer Therapie zu kontrollieren. Drexler: „Manchen Patienten könnte man so eine monatelange und entsprechend teure Behandlung inklusive der unangenehmen Nebenwirkungen ersparen.“ **FL/FORSCH**

▲ Gerade ärmere Länder können sich die heutigen kommerziell vertriebenen Hepatitis C-Tests oft nicht leisten. Für sie stellt der neue preiswerte Bluttest eine Chance dar, die Verbreitung der gefährlichen viralen Leberentzündung einzudämmen.

DIAGNOSE DER SCHAUFENSTERKRANKHEIT VERBESSERT

Es beginnt oft ganz unspektakulär mit kalten Füßen. Später kommen beim Spaziergehen krampfartige Schmerzen hinzu. Die Betroffenen müssen dann anhalten, bis die Schmerzen abgeklungen sind. Aus Scham oder zur Ablenkung erfolgen diese Stopps häufig an Schaufenstern, daher der Name des Leidens: „Schaufensterkrankheit“. Ursache sind oft Verengungen der Beinarterien. Sie können unbehandelt schwere Folgen haben, die bis zur Amputation reichen. Entsprechend wichtig ist die frühzeitige korrekte Diagnose. „Methode der Wahl ist dabei die digitale Substraktions-Angiographie, abgekürzt DSA“, erklärt der Bonner Oberarzt Dr. Winfried A. Willinek. Dabei schieben die Ärzte einen Katheter in die betroffene Beinarterie, über den sie

ein Kontrastmittel geben. So können sie Lage und Ausmaß der Verengung im Röntgenbild sichtbar machen. Die Methode ist aber nicht ganz ungefährlich. Beispielsweise kann der Katheter Ablagerungen von der Arterienwand schaben. Diese können dann mit dem Blutstrom in andere Gefäße gelangen, sie verschließen.

Willinek hat daher zusammen mit Kollegen aus der Gefäßchirurgie ein anderes Verfahren erprobt. Dabei wird ein neuartiges Kontrastmittel in die Vene injiziert. Auf einen Katheter kann so verzichtet werden. Die neue Substanz bindet reversibel an das Blutprotein Albumin und bleibt so weitaus länger im Körper als übliche Kontrastmittel. Auf diese Weise werden längere „Belichtungszeiten“ möglich. Die so erzielbaren Aufnahmen erreichen die Qualität der DSA-Methode.

▲ Ursache der so genannten Schaufensterkrankheit sind Verengungen der Beinarterien.

ZELLULÄRE „ALARMANLAGE“

Viren und Bakterien hinterlassen im Körper oft auffällige Spuren. So kann bei einer Infektion Erreger-DNA freierwerden, die dann die körpereigenen Abwehrtruppen auf den Plan ruft. Dazu verfügt jede Körperzelle im Zellplasma über eine Art DNA-Sensor, der bei fremdem Erbgut Alarm schlägt. Wie dieser Sensor genau aussieht, war bislang unbekannt. Forscher der Universitäten Bonn und Massachusetts liefern nun jedoch auf diese Frage eine Antwort. Die Schlüsselrolle scheint dabei ein Protein zu spielen, das bereits vor gut zehn Jahren entdeckt wurde – und zwar paradoxer Weise deshalb, weil es in manchen Zellen fehlt.

Die Rede ist von einem Protein namens AIM2. Das Kürzel steht für „Absent In Melanoma“, also „abwesend in Hautkrebszellen“. Der Bonner Immunologe Professor Dr. Veit Hornung konnte nun zusammen mit US-Kollegen nachweisen, dass es sich dabei um den lange gesuchten Erbgut-Sensor handelt: Wenn AIM2 auf einen freien DNA-Faden stößt, dockt es daran an und setzt dann eine komplizierte Signalkette in Gang. An ihrem Ende steht die Freisetzung so genannter Zytokine. Diese alarmieren die körpereigenen Abwehrtruppen.

KOMBI-THERAPIE HILFT GEGEN HIRNTUMORE

Durch Kombination zweier Medikamente lässt sich die Therapie bestimmter Hirntumore entscheidend verbessern. Das haben Forscher der Universität Bonn zusammen mit deutschen und Schweizer Kollegen in einer aktuellen Studie gezeigt. Sie behandelten 39 Patienten, bei denen ein so genanntes Glioblastom diagnostiziert worden war. Die Betroffenen überlebten durchschnittlich 23 Monate; bei der Standardtherapie beträgt diese Frist im Schnitt 14,6 Monate. Entscheidend für den Therapie-Erfolg scheinen bestimmte Veränderungen des Erbguts zu sein. „Bei elf Studienteilnehmern war die Information eines Gens in charakteristischer Weise modifiziert“, erklärt der Bonner Mediziner Professor Dr. Ulrich Herrlinger. „Diese Patienten überlebten im Schnitt sogar gut 34 Monate.“ Glioblastome sind die aggressivsten und häufigsten Hirneige-

nen Tumore. Unbehandelt führt die Erkrankung binnen weniger Wochen zum Tod.

EINE FÜR ALLES

Dass es im Mäuseherzen ein Reservoir von Vorläufer-Zellen gibt, die sich in unterschiedliche Richtungen entwickeln können, wird schon lange vermutet. Es hat sich aber als sehr schwierig herausgestellt, diese Zellen zu isolieren und zu charakterisieren. Das ist den Forschern um Professor Dr. Michael I. Kotlikoff von der Cornell University und den Bonner Physiologen Professor Dr. Bernd K. Fleischmann nun gelungen. „Wir haben Herzvorläuferzellen isoliert und gezielt angeregt, sich zu Herzmuskel-, zu glatten Muskel- oder zu Endothelzellen zu entwickeln“, erklärt Kotlikoff. Damit haben die Zellen möglicherweise auch therapeutisches Potenzial. So könnte man versuchen, sie nach einem Herzinfarkt gezielt zur Bildung neuen Muskelgewebes anzuregen. „Allerdings ist noch nicht geklärt, ob es auch im menschlichen Herzen Zellen mit ähnlichen Fähigkeiten gibt“, betont Professor Fleischmann. „Es gibt jedoch erste Hinweise darauf.“

HEILEN MIT MAGNETKRAFT

Ein Traum der Medizin ist es, Schäden mit Hilfe gesunder Zellen oder durch den Transfer von Erbanlagen zu beheben. Doch wie schafft man es, die neuen Zellen oder therapeutischen Gene genau an die Stellen im Körper zu bringen, wo sie gebraucht werden? Dieser Frage geht eine neue Forschergruppe unter Federführung der Universität Bonn nach. Die beteiligten Wissenschaftler wollen mikroskopisch kleine Nanopartikel nutzen, um Stammzellen oder Erbgut „magnetisch“ zu machen. Dann wollen sie diese mittels starker Magnete an die passende Stelle dirigieren. Sprecher der Forschergruppe ist Professor Dr. Alexander Pfeifer vom PharmaZentrum Bonn. Neben der Universität Bonn sind auch die beiden Münchner Universitäten und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Berlin beteiligt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert das Projekt zunächst für drei Jahre mit rund zwei Millionen Euro; danach ist eine Verlängerung für weitere drei Jahre möglich.

Die Verführungskraft großer Zahlen

Inflation fühlt sich weniger schlimm an als eine Gehaltskürzung

Was hätten Sie lieber: Eine dreiprozentige Gehaltserhöhung bei fünf Prozent Inflation? Oder eine zweiprozentige Gehaltskürzung bei stabilen Preisen? Viele Menschen entscheiden sich bei dieser Frage für die erste Option. Dabei sinkt die reale Kaufkraft des Einkommens in beiden Fällen um exakt denselben Betrag, nämlich um zwei Prozent. Forscher der Universität Bonn und des California Institute of Technology haben nun herausgefunden, welche hirnpfysiologische Ursache hinter dieser so genannten „Geldwert-Illusion“ steckt. Der Effekt hat große praktische Relevanz: Er erklärt beispielsweise, warum Geldpolitik und Inflation einen positiven Effekt auf Beschäftigung und Wirtschaftswachstum haben können.

Viele Menschen bewerten eine Erhöhung ihres Einkommens positiv, selbst wenn die Inflation diesen Zuegewinn komplett wieder auffrisst. Der Effekt nennt sich Geldwert-Illusion, und nach Ansicht mancher Ökonomen dürfte es ihn gar nicht geben. Schließlich ändert sich nichts an der realen Kaufkraft des Einkommens. Einem rationalen Marktteilnehmer sollte es unter diesen Bedingungen völlig egal sein, ob sein nominales Einkommen sinkt oder steigt. In Fragebogenstudien und Laborexperimenten wurde dieser Effekt aber bereits gezeigt.

Professor Dr. Armin Falk und Dr. Bernd Weber von der Universität Bonn haben sich dem Thema „Geldwert-Illusion“ nun aus einem ganz anderen Blickwinkel genähert. Falk ist Wirtschaftswissenschaftler, Weber Hirnforscher – eine ungewöhnliche Allianz. Beide versuchen herauszufinden, welche neuronalen Prozesse hinter wirtschaftlichen Entscheidungen stecken. Dazu lassen sie ihre Versuchspersonen ökonomische Situationen „nachspielen“. Gleichzeitig messen sie, was sich dabei im Gehirn ihrer Probanden abspielt.

Experimente im Hirnscanner

An der jetzt erschienenen Studie nahmen insgesamt 24 Probanden teil. Sie mussten sich in einen Hirnscanner legen und sollten dort eine einfache Aufgabe lösen. Im Erfolgsfall erhielten sie dafür eine Geldprämie. Die Forscher maßen derweil, wie sich bei den Teilnehmern die Sauerstoffsättigung im Blut in verschiedenen Hirnarealen im Laufe des Experiments änderte. Dieser Messwert ist ein Anhaltspunkt für die Hirnaktivität in dem entsprechenden Bereich. Die Geldprämie wur-

de anschließend nicht bar ausbezahlt. Stattdessen konnten die Versuchspersonen Waren aus einem Katalog aussuchen – darunter CDs, Sonnencreme oder Computerzubehör.

„Wir haben die Versuchspersonen nun mit zwei verschiedenen Situationen konfrontiert“, erklärt Falk. „In der ersten konnten sie nur relativ wenig Geld verdienen. Dafür waren aber auch die Produkte im Katalog vergleichsweise günstig. Im zweiten Szenario war der Lohn um 50 Prozent höher. Gleichzeitig wurden aber auch alle Produkte um 50 Prozent teurer. Die Teilnehmer konnten sich also in beiden Szenarien mit dem verdienten Geld exakt dasselbe leisten – die reale Kaufkraft blieb identisch.“ Die Probanden wussten das auch: Sie kannten nicht nur beide Kataloge; die Forscher hatten ihnen anfangs sogar explizit mitgeteilt, dass der reale Wert der Geldprämie stets gleich war.

Dennoch stellten die Wissenschaftler Erstaunliches fest: „Im Niedriglohn-

Szenario war eine bestimmte Hirnregion stets signifikant weniger aktiv als im Hochlohn-Szenario“, bringt Bernd Weber das Hauptergebnis auf den Punkt. „Dabei handelte es sich um den so genannten ventro-medialen präfrontalen Cortex. Dieses Areal versetzt uns gewissermaßen bei positiven Erlebnissen in Hochstimmung.“ Die Studie bestätigt also einerseits, dass es Geldwert-Illusion tatsächlich gibt. Andererseits zeigt sie, welche hirnpfysiologischen Prozesse hierfür eine Rolle spielen.

Die Verführungskraft großer Zahlen

Die Ergebnisse zeigen, dass Geld im Gehirn „nominal“ und nicht nur „real“ repräsentiert wird. Mit anderen Worten: Menschen lassen sich gerne von großen Zahlen verführen. Dieses Resultat der Bonner Wissenschaftler ist von hoher Praxisrelevanz. So erklärt die Geldwert-Illusion beispielsweise, warum sich durch expansive Geldpolitik tatsächlich die Wirtschaft ankurbeln lässt. Es bietet auch eine Erklärung dafür, warum nominale Löhne fast nie fallen, reale Löhne bei Inflation dagegen schon. Viele Ökonomen sehen Geldwertillusion zudem als Grund für spekulative Blasen, etwa auf dem Immobilien- oder Aktienmarkt. Armin Falk: „Bereits kleine Abweichungen vom rationalen Verhalten, also ein ‚bisschen Geldwertillusion‘, kann große ökonomische Folgewirkungen haben.“

FL/FORSCH



Foto:
Birgit Reitz-
Hofmann,
fotolia.com

Elektro-Signale in der Wurzelspitze

Parallelen zum Tierreich?

Lange Zeit herrschte unter Botanikern Einigkeit, dass Pflanzenzellen ausschließlich mittels chemischer Signale kommunizieren. Neuere Studien stellen dieses Paradigma jedoch zunehmend in Frage. Der jüngste Anhaltspunkt stammt von Forschern der Universitäten Florenz und Bonn: Sie konnten in der Wurzelspitze von Mais spontan auftretende elektrische Signale nachweisen, die von Zelle zu Zelle weiter geleitet wurden. In vielerlei Hinsicht ähneln diese Aktionspotenziale denen niederer Tiere.

Die Forscher spekulieren, dass die Wurzel auf diese Weise Informationen über ihre Umgebung wahrnimmt und weiter gibt. Diese könnten dann beispielsweise an anderer Stelle in Wachstumssignale umgesetzt werden. Die Wurzelspitze kann so auf der Suche nach Wasser und Nährstoffen sensorische Information wahrnehmen und bearbeiten. Sie kann aber auch schnell auf toxische Substanzen im Boden reagieren, indem sie in eine andere Richtung wächst.

Dass Pflanzen Aktionspotenziale bilden, wusste vor über 130 Jahren bereits Charles Darwin. Nach der Entdeckung der so genannten „Pflanzenhormone“ im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts konzentrierten sich die Botaniker jedoch mehr und mehr auf die chemischen Signalwege. Die Elektrophysiologen unter den Pflanzenforschern fristen seitdem allenfalls ein Nischendasein.

Signalgeschwindigkeit wie bei niederen Tieren

Das könnte sich aber ändern: In jüngster Zeit häufen sich nämlich die Berichte, dass Pflanzen tatsächlich zu elektrischer Kommunikation fähig sind. In dieser Hinsicht scheinen sie sehr viel mehr den niederen Tieren zu ähneln als bislang angenommen. Die aktuelle Studie schlägt in dieselbe Kerbe: „Wir haben nachgewiesen, dass in der Wurzelspitze von Mais immer wieder spontane elektrische Entladungen stattfinden“, erklärt Dr. František Baluška von der Universität Bonn. „Diese Aktionspotenziale werden von Zelle zu Zelle weiter geleitet, und zwar mit einer ähnlichen Geschwindigkeit wie bei Quallen oder manchen Würmern.“

Außerdem beobachtete das deutsch-italienische Team, dass die Zellen ihre elektrische Aktivität synchronisieren: Es gab Phasen, in denen an verschiedenen Stellen der Wurzelspitze gleichzeitig Aktionspotenziale entstanden. Danach folgte eine mehrsekündige wurzelweite Funkstille. „Wir können nicht sagen, wozu das dient“, gibt Baluška zu. „Die Spekulation liegt aber nahe, dass die Zellen auf diese Weise ihr Verhalten koordinieren. So weiß man, dass bestimmte Transportvorgänge in der Wurzel oszillieren, und zwar zellübergreifend. Dafür könnten die elektrischen Signale verantwortlich sein.“

Hormone sind zu langsam

Der Botaniker ist sicher, dass die Bedeutung der elektrischen Signalwege in der Wurzelspitze bislang völlig unterschätzt wurde. „Die Kommunikation mittels Aktionspotenzialen läuft viel schneller als die mittels Hormonen“, sagt er. „Das war auch lange das Argument mancher Kritiker: So einen schnellen Signalweg braucht eine Pflanze gar nicht. Wir wissen heute jedoch, dass die Wurzelspitze kontinuierlich rund 20 Bodenparameter scannt. Wenn sie beispielsweise auf Giftstoffe stößt, ändert die Wurzel blitzschnell ihre Wuchsrichtung.“

Besonders flott reagieren Wurzeln auf Änderungen ihrer Lage. Die Maiswurzel verfügt dazu über Schwerkräftensensoren in ihrer Wurzelhaube. Deren Signale führen zu einer entsprechend geänderten Wuchsrichtung. Erste Reaktionen lassen sich mit empfindlichen Messinstrumenten bereits nach zwei Sekunden nachweisen. „Die Wachstumszone liegt aber relativ weit von dem Schwerkräftensensor in der Wurzelhaube entfernt“, betont Baluška. „Eine Signalübermittlung mittels chemischer Botenstoffe wäre viel zu langsam, um bereits nach wenigen Sekunden messbare Effekte zu erzeugen. Die hohe Geschwindigkeit, mit der die Pflanze reagiert, spricht in diesem Fall eindeutig für elektrische Signalwege.“

FL/FORSCH



Foto: František Baluška

▲ Zellen in der Wurzelspitze von Mais kommunizieren unter anderem mit Hilfe elektrischer Signale – genau wie die niederer Tiere.

► Dr. František Baluška ist davon überzeugt, dass die Bedeutung der elektrischen Signalwege in Pflanzen bislang völlig unterschätzt wurde.



Foto: Sandra Becker

Rätselfhafter Urzeit-Räuber

Spektakulärer Fossilfund wirft Fragen auf

Sie waren die größten Räuber der Weltmeere: Mit einer Länge von bis zu zwei Metern, riesigen Augen, zwei großen, mit Stacheln bewehrten Greifarmen am Kopf und einer runden, mit Platten umsäumten Mundöffnung boten die sogenannten Anomalocariden einen furchterregenden Anblick. Spektakuläre Fossilfunde sind unter anderem aus Kanada, China und Grönland bekannt. Doch vor 500 Millionen Jahren verliert sich die Spur dieser ungewöhnlichen Jäger. Seitdem galten sie als ausgestorben. Forscher der Universität Bonn und der US-amerikanischen Yale University haben nun eine überraschende Entdeckung gemacht: Unter Fossilien aus dem Hunsrück stießen sie auf einen nahe verwandten Urzeit-Jäger. Erstaunlich daran ist das geringe Alter des Fundes von etwa 400 Millionen Jahren. Im Fossilbericht der Raub-Arthropoden scheint also eine unschöne Lücke zu klaffen.

Schinderhannes bartelsi heißt der neu entdeckte Urzeit-Räuber aus dem Hunsrück – so benannt nach dem berühmten Banditen, der im 18. Jahrhundert in eben diesem Gebiet sein Unwesen trieb. Sein „Nachname“ *bartelsi* ist dagegen eine Hommage an einen der besten Kenner der Hunsrück-Fossilien, Dr. Christoph Bartels. Der Mitarbeiter des Bergbaumuseums in Bochum hatte das Fossil aus dem Schieferstück präpariert, in dem es verborgen war. Von Bochum ging der Fund dann an das Naturhistorische Museum in Mainz. Worum es sich dabei genau handelte, erkannte jedoch niemand.

Es war die Bonner Doktorandin Gabriele Kühl, die dieses Rätsel lüften sollte. Für ein Forschungsprojekt zur Entwicklungsgeschichte der Gliederfüßer hatte sich die Bonner Universität jede Menge Material aus Mainz geliehen. Darunter war auch das rätselhafte Fossil eines gerade einmal zehn Zentimeter langen Tieres mit bizarr vergrößerten Vordergliedmaßen. In dem Präparat war neben zwei riesigen kugelförmigen Augen auch der kreisrunde Mund mit den Zähnen zu erkennen.

Schinderhannes auf dem Röntgenschicht

Gabriele Kühl analysierte Röntgenaufnahmen, fertigte Zeichnungen von dem Fund an und rekonstruierte das Tier in einem Wachsmmodell.

Ihre Ergebnisse diskutierte sie unter anderem mit dem Anomalocariden-Experten Derek E. G. Briggs. Der Professor aus Yale verbrachte gerade ein Humboldt-Forschungstipendium bei den Bonner Paläontologen. „Briggs erkannte sofort, wie sehr *Schinderhannes* den anderen Anomalocariden ähnelte“, erinnert sich Kühl. In EDV-gestützten Stammbaumanalysen bestätigte sich das. „Es handelt sich ohne Zweifel um einen räuberischen, gut schwimmenden Gliederfüßer“, erklärt die Paläontologin. „Seine Beute spürte er mit seinen großen Augen auf und packte sie mit seinen Greifarmen. Diese sind ebenso wie die mit Platten umsäumte ovale Mundöffnung und die riesigen Augen Merkmale, die *Schinderhannes* mit den Anomalocariden teilt.“ Einzigartig ist das große Paar flügelähnlicher Anhänge. Sie verleihen *Schinderhannes bartelsi* ein sehr ungewöhnliches Aussehen.

So interessant die Entdeckung ist, wirft sie doch auch einige Fragen auf. So nahm man bislang an, dass die Urzeit-Jäger zum Ende des Kambriums vor 500 Millionen Jahren komplett ausgestorben seien. Doch nun ist klar, dass ähnliche Organismen auch in den 100 Millionen Jahren zwischen dem Kambrium und dem *Schinderhannes*-Fund existiert haben müssen. „Der Fund dokumentiert damit schmerzlich, wie lückenhaft der Fossilbericht teilweise ist“, erklärt Köhls Doktorvater

Professor Dr. Jes Rust. „Fehlende Fossilien müssen nicht unbedingt bedeuten, dass es damals die entsprechenden Tiere nicht gab. Das müssen wir uns immer wieder vor Augen führen.“

Viele Tiere hätten aufgrund ihrer körperlichen Beschaffenheit kaum fossile Spuren hinterlassen. Entsprechend wichtig sei die Erforschung so genannter Konservat-Lagerstätten. Darunter verstehen Paläontologen Fundstellen,



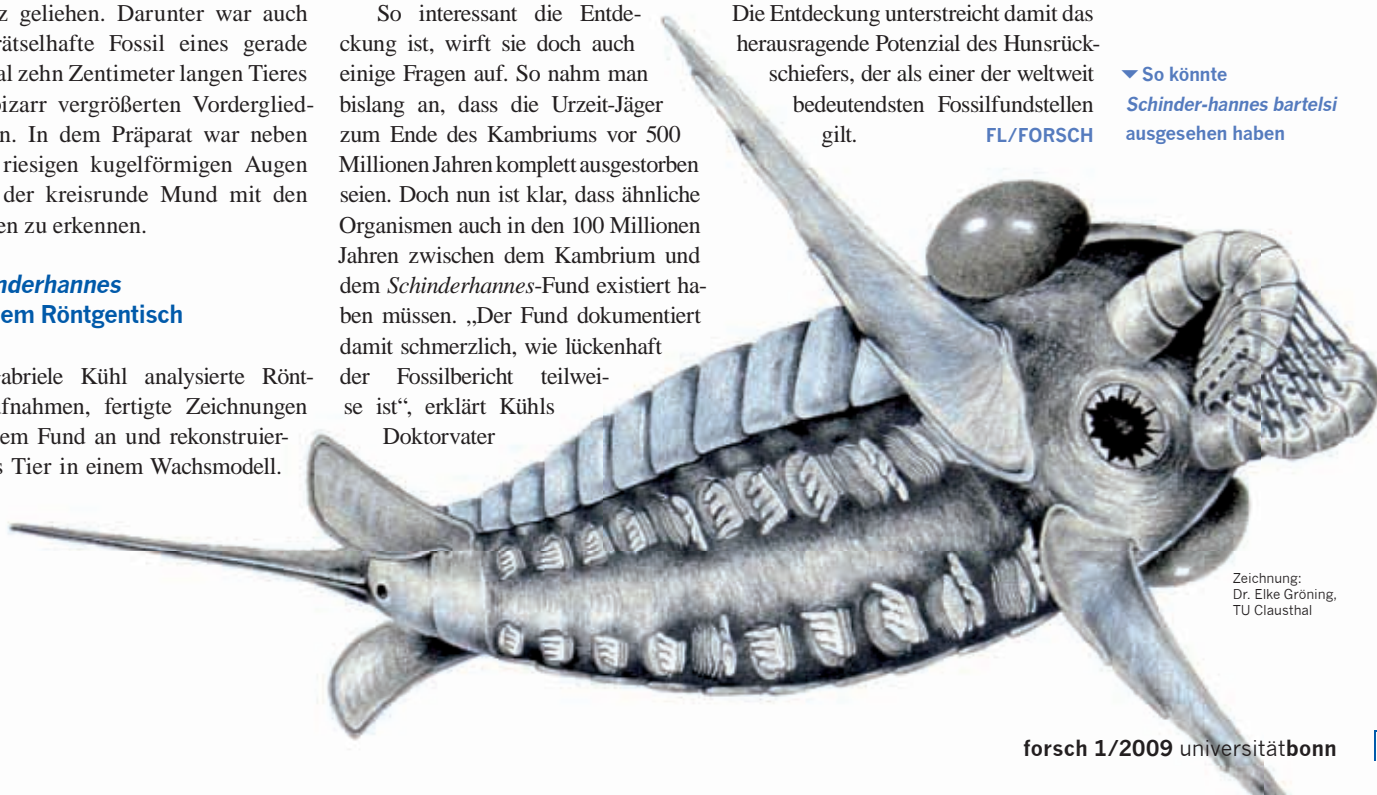
Alexandra Bergmann & Georg Oleschinski

in denen sich auch Weichteile erhalten. Auch die letzte Ruhestätte von *Schinderhannes bartelsi*, der Hunsrück-Schiefer, ist eine solche Konservat-Lagerstätte. Die Entdeckung unterstreicht damit das herausragende Potenzial des Hunsrück-schiefers, der als einer der weltweit bedeutendsten Fossilfundstellen gilt.

FL/FORSCH

▲ Das Fossil aus dem Hunsrück.

▼ So könnte *Schinderhannes bartelsi* ausgesehen haben



Zeichnung:
Dr. Elke Gröning,
TU Clausthal

Wie rochen die alten Ägypter?

Forscher lassen einen 3.500 Jahre alten Duft wieder auferstehen

Auch die alten Ägypter begeisterten sich schon für wohlriechende Düfte. Das beweisen Parfumfläschchen aus dieser Zeit. Das Ägyptische Museum der Universität Bonn zeigt in seiner Dauerausstellung ein besonders gut erhaltenes Exemplar. Bonner Wissenschaftler haben den 3.500 Jahre alten Flakon nun im Computertomographen durchleuchtet. Dabei wurden die eingetrockneten Reste einer Flüssigkeit sichtbar, die die Forscher jetzt weiter analysieren wollen. Vielleicht gelingt es ihnen sogar, den Duft zu rekonstruieren – das wäre eine Weltsensation.

Die Pharaonin Hatschepsut war eine machtbewusste Frau: Sie übernahm um 1479 vor Christus die ägyptischen Regierungsgeschäfte. Eigentlich sollte sie nur ihren damals dreijährigen Stiefsohn Thutmosis III. vertreten, bis dieser alt genug gewesen wäre, das Amt zu übernehmen. Doch aus der Interims-Regentschaft wurden 20 Jahre. „Sie hat Thutmosis systematisch von der Macht fern gehalten“, erklärt der Kurator des Ägyptischen Museums der Uni Bonn Michael Höveler-Müller.

Auch Hatschepsuts Parfüm ist vermutlich eine Demonstration ihrer Macht. „Wir halten es für wahrscheinlich, dass es als einen Bestandteil Weihrauch enthielt – den Duft der Götter“, sagt Michael Höveler-Müller. Diese Idee kommt nicht von ungefähr: Man weiß, dass Hatschepsut während ihrer Regentschaft eine Expedition nach Punt unternahm – in das heutige Eritrea. Die Ägypter importierten aus Punt schon seit dem dritten Jahrtausend vor Christus Kostbarkeiten wie Ebenholz, Elfenbein, Gold und eben Weihrauch. Die Expedition brachte von der Reise anscheinend ganze Weihrauchpflanzen mit, die Hatschepsut in der Nähe ihres Totentempels anpflanzen ließ.

Weltpremiere mit interessantem Ergebnis

Der filigrane Flakon, den die Bonner Forscher nun untersuchen, trägt eine Aufschrift mit dem Namen der Pharaonin. Er stammt also wahrscheinlich aus ihrem Besitz. Der Behälter ist ungewöhnlich gut erhalten. „Daher erschien es uns lohnend, ihn in der Radiologie des Uniklinikums durchleuchten zu lassen“, erklärt Höveler-Müller. „Das hat vor uns meines Wissens noch niemand gemacht.“

Auf diese Weltpremiere wird nun wohl noch eine weitere folgen: „In den Röntgenaufnahmen kann man eindeutig die eingetrockneten Reste einer Flüssigkeit erkennen“, erläutert der Museums-Kurator. „Unsere Pharmazeuten werden diesen Bodensatz nun chemisch analysieren.“ In gut einem Jahr könnten die Ergebnisse vorliegen. Im Erfolgsfalle wollen die Bonner Forscher das Parfüm dann sogar „nachbauen“. 3.500 Jahre nach dem Tode der Frau, aus deren Besitz es stammt, könnte der Duft also wieder auferstehen.

Hatschepsut starb im Jahr 1457 vor Christus. Nach Analyse der ihr zugeschriebenen Mumie scheint die Herrscherin am Ende ihres Lebens zwischen 45- und 60-jährig, Übergewichtig, zucker- und krebskrank gewesen zu sein. Außerdem litt sie an Osteoporose und Arthritis. Sie wurde offensichtlich aus Sicherheitsgründen im Grab ihrer Amme beigesetzt. Im Jahr 1903, mehr als 3.300 Jahre später, stieß der berühmte Ägyptologe Howard Carter auf die beiden Mumien. Es sollte aber noch einmal über 100 Jahre dauern, bis der Leichnam der Pharaonin mittels DNA- und Zahnanalysen 2007 identifiziert werden konnte. Thutmosis III. scheint seiner Stiefmutter übrigens kaum eine Träne nachgeweint zu haben: Er ließ während seiner Regierungszeit alle Abbildungen zerstören, die sie als Herrscherin zeigten und derer er habhaft werden konnte.

FL/FORSCH

► Der 3.500 Jahre alte Flakon trägt eine Aufschrift mit dem Namen seiner Besitzerin, der Pharaonin Hatschepsut.



Fotos: fl

▲ Der Museums-Kurator Michael Höveler-Müller mit dem Parfumfläschchen.

▲ In den Röntgenaufnahmen kann man eindeutig die eingetrockneten Reste einer Flüssigkeit erkennen.

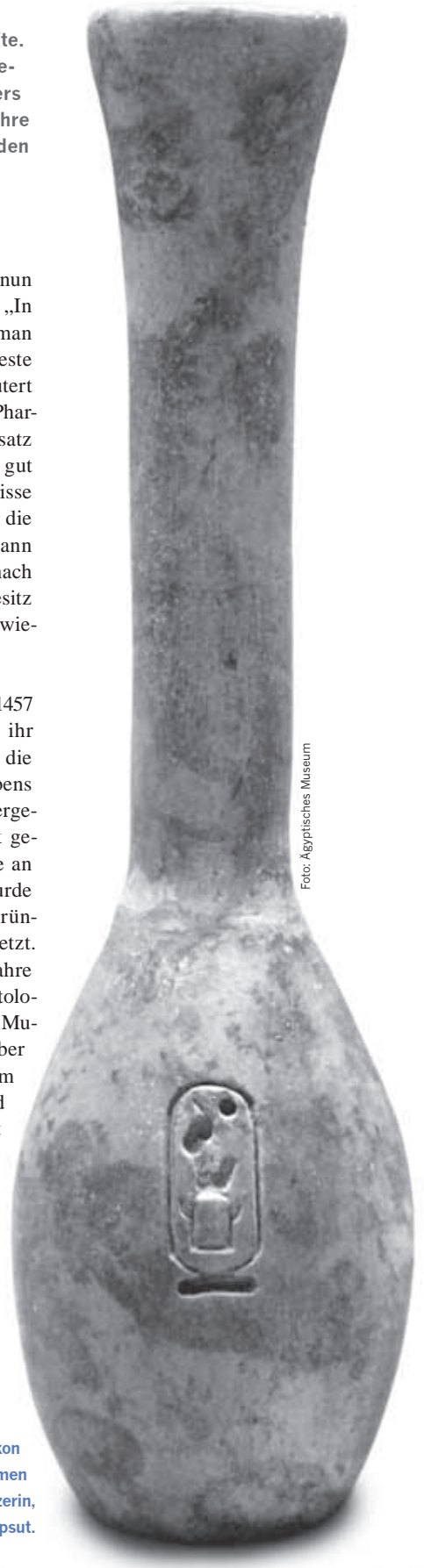


Foto: Ägyptisches Museum

Schmelztiegel der Sternentstehung

Neue Erkenntnisse zu kleinsten Galaxien des Universums

Die kleinsten Galaxien des Universums leuchten viel schwächer, als es für Sternenhaufen ihrer Gewichtsklasse zu erwarten wäre. Astronomen der Universität Bonn präsentieren nun eine Erklärung für dieses überraschende Phänomen: Nach ihren Berechnungen beheimaten die so genannten „Ultrakompakten Zwerggalaxien“ außergewöhnlich viele Neutronensterne und Schwarze Löcher – das Erbe einer glühend hellen Vergangenheit.

Sie sind die kleinsten unter den Galaxien im Weltall: Ultrakompakte Zwerggalaxien (UCDs, nach dem Englischen ultra compact dwarf galaxies) sind so klein, dass Astronomen sie beim Blick durch das Teleskop lange Zeit für ganz normale Sterne der Milchstraße gehalten hatten. Erst als vor rund zehn Jahren der Bonner Astronom Michael Hilker und der Australier Michael Drinkwater das Lichtspektrum dieser vermeintlichen Einzelsterne genauer analysierten, entpuppten sie sich als unvergleichlich kompakte Ansammlung von Sternen.

UCDs ähneln in vielen Aspekten den einfachen Kugelsternhaufen, die Galaxien wie unser Milchstraßensystem umgeben. Wegen ihrer ungeheuren Masse zählen Astronomen sie aber häufig zu den Galaxien: Sie sind bis zu hundert Mal schwerer als die massereichsten Kugelsternhaufen. Diese Masse konzentrieren die Zwerggalaxien zudem auf engstem Raum, daher ihr Name: ultrakompakt. Sie sind etwa hundertmal kleiner als durchschnittliche Galaxien. „Der Abstand von unserer Sonne zum galaktischen Zentrum der Milchstraße beträgt etwa 30.000 Lichtjahre. UCDs sind höchstens hundert Lichtjahre groß“, verdeutlicht Jörg Dabringhausen, Doktorand am Argelander-Institut für Astronomie, die Dimensionen.

Zu dunkel für ihre Masse

Bei den Spektralanalysen der UCDs machten Astronomen schon früh eine überraschende Entdeckung: „Diese Zwerggalaxien müssten angesichts ihrer großen Masse eigentlich mehr Helligkeit aussenden“, sagt Dabringhausen. Zusammen mit Professor Dr. Pavel Kroupa und Dr. Holger Baumgardt hat er ein theoretisches Modell präsentiert, das diese Licht-

Masse-Anomalie der UCDs erklären kann. Die Lösung sind astronomische Objekte, die viel Masse beisteuern, aber kein Licht aussenden. Diese Eigenschaften erfüllen zwei astronomische Extremisten, die den Endpunkt in der Biographie besonders massereicher Sterne darstellen: Neutronensterne und Schwarze Löcher.

„Beide sind im All weit verbreitet“, sagt Pavel Kroupa, der die Arbeitsgruppe Astrophysics of Stellar Populations, Dynamics and Dark Matter am Argelander-Institut leitet. „Es sollte sie aber in den UCDs besonders häufig geben.“ Nach den Berechnungen der Bonner Astronomen gab es in den UCDs nämlich ursprünglich besonders viele schwere Sterne. So machen in unserer Heimatgalaxie Sterne mit mehr als acht Sonnenmassen nur etwa 23 Prozent der Gesamtmasse aller entstehenden Sterne aus. In den UCDs müsste dieser Wert bei bis zu 90 Prozent gelegen haben. „Weil die UCDs aber sehr alte Objekte sind, haben diese schweren Sterne bereits den Endpunkt ihrer Entwicklung erreicht und wurden zu Neutronensternen oder Schwarzen Löchern“, erklärt Kroupa.

UCDs müssen ursprünglich wahre Schmelztiegel gewesen sein; vor allem, wenn man bedenkt, dass sie bei ihrer Geburt noch enger gepackt waren, als sie es heute schon sind. „Zwei Protosterne in einer jungen UCD waren sich tausendmal näher als heute unserer Sonne und der nächste benachbarte Stern“, sagt Dabringhausen. Bei solch extrem hohen Sterndichten müssen die jungen Sterne zu exotischen und bisher unbekanntem sternähnlichen Objekten verschmolzen sein, vermuten die Bonner Forscher. „Durch die Verschmelzung der Protosterne müssen die UCDs in diesem Stadium ihrer Entwicklung

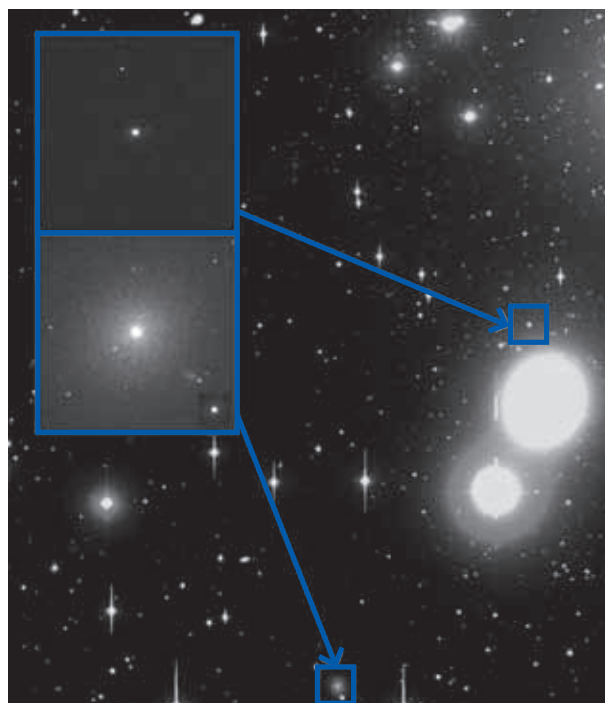


Foto: Michael Hilker/Universität Bonn; Las Campanas Observatory; Hubble Space Telescope

glühend hell gewesen sein“, erläutert Jörg Dabringhausen. Hätte man damals einen Blick auf die Geburt einer solchen Zwerggalaxie werfen können, man wäre geblendet worden von so viel Licht. Nach Berechnungen der Bonner Forscher hatten UCDs in ihrem Anfangsstadium die Leuchtkraft einer großen Galaxie, und das konzentriert auf einen Raum von nur etwa einhundert Lichtjahren Durchmesser.

Die extremen Bedingungen in diesem Stadium haben Konsequenzen für die Astrophysik dieses Galaxietypus: „Das Strahlungsfeld im Inneren der UCDs war so stark, dass die Sternentstehung und die eigentliche Struktur der Sterne völlig neu berechnet werden müssen“, erklären die Forscher. Bisher gibt es hierzu aber noch keinerlei theoretische Arbeiten. Wenn sich die Berechnungen der Bonner Astronomen also bestätigen, zählen Ultrakompakte Zwerggalaxien zu den extremsten Orten im Universum, an denen Sterne entstanden sind.

MARCUS ANHÄUSER/FORSCH

► **Veranstaltungen in Bonn und Umgebung zum internationalen Jahr der Astronomie gibt es unter www.astrobonn.de**

▲ **Der Fornax-Galaxienhaufen. Rechts sind seine beiden zentralen Galaxien zu erkennen; die Vergrößerungen zeigen eine ultra-kompakte Galaxie (oben) und eine so genannte zwerg-elliptische Galaxie mit Kern (unten).**



WASSER ALS SCHLANKHEITSMITTEL

Grundschulkindern werden seltener übergewichtig, wenn in ihrer Schule ein Wasserspender steht und die Lehrer regelmäßigen Wasserkonsum ausdrücklich propagieren. Das zeigt eine Studie des Dortmunder Forschungsinstituts für Kinderernährung (FKE), das der Universität Bonn angegliedert ist. Daran nahmen knapp 3.000 Grundschulkindern aus Essen und Dortmund teil. Zu Beginn des Schuljahres ließen die Wissenschaftler in einem Teil der Schulen Wasserspender installieren. Die Lehrer führten zudem eine kurze Unterrichtsreihe durch, in der sie ihre Schüler über die Bedeutung von Wasser für den Körper aufklärten. Die Maßnahme hatte Erfolg: Zu Beginn der Studie waren in beiden Gruppen etwa gleichviel Kinder übergewichtig. In der „Wasser-Gruppe“ blieb dieser Anteil im Laufe eines Jahres unverändert. In der Kontrollgruppe stieg er dagegen von 25,9 Prozent auf 27,8 Prozent. „Das ist ein

erfreuliches Ergebnis: Wir konnten mit einer einfachen Maßnahme den Trend zum Übergewicht stoppen“, erklärt die Studienleiterin Dr. Mathilde Kersting. „Dabei spricht diese Zielgruppe normalerweise nicht gut auf Maßnahmen an, die auf eine individuelle Umstellung der Ernährung zielen. Wir müssen jetzt allerdings untersuchen, wie lange die Änderung im Trinkverhalten anhält.“

RACHSUCHT ZAHLT SICH NICHT AUS

Wer Unfairness vorzugsweise mit gleicher Münze heimzahlt, ist im Schnitt häufiger arbeitslos als andere Menschen. Rachsüchtige haben zudem weniger Freunde und sind mit ihrem Leben unzufriedener. Das zeigt eine aktuelle Studie von Bonner und Maastrichter Wissenschaftlern. Wir verhalten uns oft nach dem Motto „wie du mir, so ich dir“: Für die Einladung zum Abendessen revanchieren wir uns mit einer Gegeneinladung; umgekehrt zahlen wir Gemeinhei-

ten gerne mit gleicher Münze heim. Wissenschaftler sprechen auch von Reziprozität: Wer sich für freundliche Handlungen entsprechend revanchiert, verhält sich positiv reziprok. Wer sich bei Unfairness rächt, handelt negativ reziprok.

Die Studienautoren Professor Dr. Armin Falk und Professor Dr. Thomas Dohmen wollten herausfinden, welchen Einfluss diese Charakter-Eigenschaften auf Größen wie „Erfolg“ oder „Lebenszufriedenheit“ haben. Dazu griffen sie auf Daten des so genannten sozioökonomischen Panels zurück. Darin befragt das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung jährlich rund 20.000 Personen in Deutschland zu verschiedenen Themen. Ergebnis: Positiv-reziproke Menschen leisten im Schnitt mehr Überstunden, allerdings nur dann, wenn sie ihr Gehalt als fair empfinden. Zudem verdienen sie in der Regel mehr Geld. Rachsucht zahlt sich hingegen nicht aus – weder ökonomisch noch in puncto Lebenszufriedenheit.