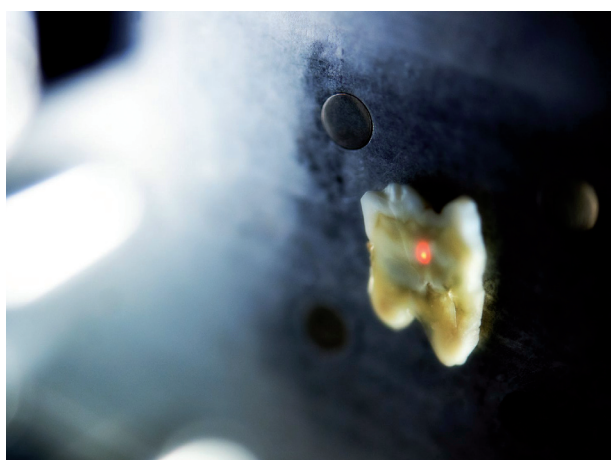
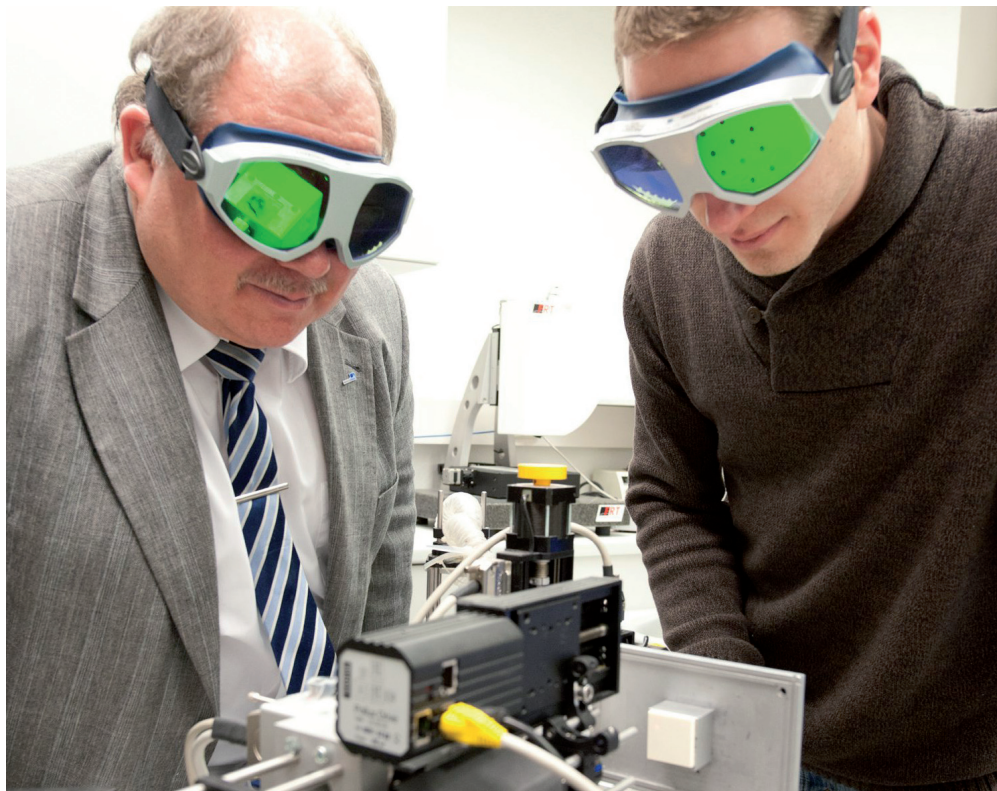


Per Laserschwert gegen Karies und Bakterien

Forscher entwickeln neues Therapiesystem für Zahnärzte

Bonner Wissenschaftler entwickeln momentan mit Partnern aus Forschung und Industrie ein neuartiges Lasertherapiesystem. Das Gerät soll künftig eine nahezu schmerzfreie und sehr präzise Zahnbehandlung ermöglichen. 6,8 Millionen Euro stellt das Bundesforschungsministerium für das Projekt zur Verfügung, das bereits seit 2009 läuft. Jetzt wurde ein erster Prototyp fertig gestellt, den Ärzte und Physiker in Bonn momentan testen – unter anderem an Stoßzähnen von Mammuts.



Fotos: Volker Lannert / Universität Bonn

▲ Prof. Frentzen (links) und Florian Schelle beobachten gespannt, wie der „Laser-Meißel“ die quadratische Elfenbein-Probe bearbeitet.

Auf dem unteren Bild dient dagegen ein menschlicher Zahn als Versuchsobjekt.

Der Zahn ist schon etwas älter, rund zehntausend Jahre, grob geschätzt. Und jetzt soll er sein erstes Loch bekommen. Energisch schiebt sich Florian Schelle die Schutzbrille über die Augen und schreitet zur Tat. Mit ein paar Drehungen am Rändelrad bewegt er die Elfenbeinscheibe in den Strahlengang des Lasers. Es puckert leise, ein helles Rauchwölkchen steigt auf und verschwindet im Absaugstutzen. „Pulverisiertes Zahnbein“, kommentiert der Physiker. Nach wenigen Sekunden ist alles vorbei: Der Laser hat eine würfelförmige Ausschachtung im Mammut-Stoßzahn erzeugt, kaum größer als ein paar Zuckerkristalle. So präzise würde das kein normaler Bohrer hinbekommen.

Der Strahl, mit dem die Bonner Forscher ihre Proben malträtieren, be-

steht vor allem aus Dunkelheit. 500.000 Mal pro Sekunde „tropft“ aus dem Laser ein kleines Lichtpaket, ähnlich wie Wasser aus einem Wasserhahn. Zweieinhalb Millimeter ist jeder Lichttropfen lang; zwischen zwei Tropfen liegen 600 Meter Finsternis. „Unser Laser arbeitet mit ultrakurzen Pulsen“, erklärt Florian Schelle. „Das ist auch der Grund, warum man mit ihm Löcher in Zähne bohren kann.“ Zwar ist die Gesamtenergie des Strahls gar nicht mal besonders hoch. In seinen „lichten Momenten“ bringt er jedoch für extrem kurze Zeit dieselbe Leistung wie ein modernes Windkraftwerk. Wenn so ein Lichttropfen mit geballter Wucht auf den Zahn aufschlägt, zerreißt er die Moleküle. Wärme und Vibrationen werden dabei kaum übertragen. Daher dürfte die Methode für Patienten so gut wie schmerzfrei sein.

Das Projekt MiLaDi (Minimal-invasive Laserablation und Diagnose von oralem Hartgewebe) könnte für die Zahnheilkunde eine kleine Revolution bedeuten. Und zwar nicht nur deshalb, weil der Lichtbohrer Patienten die Angst vor dem Zahnarztstuhl zu nehmen verspricht. „Wir können den Bohrer beispielsweise mit einem Diagnoselaser kombinieren“, erklärt Projektleiter Professor Dr. Matthias Frentzen von der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und präventive Zahnheilkunde. „So können wir während der Behandlung analysieren, ob wir uns noch in einem Kariesherd befinden oder schon im gesunden Gewebe – und den Bohrer rechtzeitig stoppen.“

Es gibt heute bereits Laser, die das können. Sie haben aber ein begrenztes Einsatzspektrum. Grund: Jedes Gewebe spricht auf eine andere Lichtfarbe an. Ein Laser, der besonders gut Karies entfernt, eignet sich daher nicht, um altes Füllungsmaterial abzutragen oder die Aussparung für ein Inlay in den Zahn zu präparieren. Nicht so ultrakurzgepulste Laser: Sie können aufgrund ihrer hohen Leistungsdichte beinahe jedes Material bearbeiten. „Wir wollen eine Art all-in-one-System bauen“, betont Frentzen.

Frei programmierbarer Bohrkopf

Ein weiterer Vorteil ist die hohe Präzision des Laserbohrers: Der Strahl ist nicht einmal halb so dick wie eine Wimper und damit streng genommen sogar zu fein, um damit vernünftig zu arbeiten. Die Forscher verpassen ihrem Bohrer daher einen virtuellen Bohrkopf: Sie lenken den Laser über zwei Spiegel so ab, dass er rasend schnell ein frei programmierbares Muster abfährt. „Sehen Sie hier“, sagt Florian Schelle und holt mit ein paar Mausklicks ein aus vielen parallelen Linien zusammengesetztes Quadrat auf den Bildschirm. „Das ist unser Bohrkopf: Der Lichtstrahl fährt die Linien nach und fräst so eine viereckige Aussparung in den Zahn.“ Durch Variation des Musters könnten die Forscher auch runde oder sogar herzförmige Löcher bohren – und das auf hundertstel Millimeter genau.

Fast 7 Millionen Euro stehen für das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt zur Verfügung. Bis 2012 wird die Förderung zunächst laufen. Mehr als anderthalb Jahre haben die Bonner Wissenschaftler zusammen mit zwei Industrieunternehmen an der Entwicklung des Prototyps gearbeitet. Jetzt stehen weitere Forschungsarbeiten auf dem Programm: Welche Pulsparameter eignen sich für verschiedene Materialien am besten? Wirkt der Strahl tatsächlich nur lokal, oder schädigt er auch die Umgebung der behandelten Stelle? Werden beim Bohren gefährliche Substanzen frei?

„Elfenbein eignet sich aufgrund seiner dentinähnlichen Struktur besonders gut für unsere Experimente“, erläutert Frentzen. Stoßzähne von Elefanten sind verständlicherweise aus Artenschutzgründen tabu. Glücklicherweise birgt aber der sibirische Permafrost-Boden Mammut-Stoßzähne zuhauf. In Zukunft wird der Bedarf der Forscher nach den eiszeitlichen Funden aber wohl zurückgehen: Sie führen viele ihrer Tests inzwischen an Schweinekiefen durch. Die sind nicht nur leicht zu bekommen, sondern ihre Zähne ähneln auch frappierend denen des Menschen.

FL/FORSCH

► Weitere Informationen im Internet: <http://www.miladi.uni-bonn.de>

BESSERE ERFOLGE BEI KÜNSTLICHER BEFRUCHTUNG

Eine neue Untersuchungsmethode lässt kinderlose Paare auf eine höhere Erfolgsquote bei einer künstlichen Befruchtung hoffen. Das Verfahren kann Chromosomenschäden in der Eizelle mit knapp 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit sichtbar machen. Das zeigt eine Studie der Universität Bonn und des Zentrums für Reproduktionsmedizin in Bologna, Italien. Ärzte können so ganz gezielt diejenigen Eizellen in die Gebärmutter implantieren, deren Chromosomen in Ordnung sind.

Bislang führt eine künstliche Befruchtung nur in einem Drittel der Fälle zu einer erfolgreichen Schwangerschaft. Chromosomen-Defekte gelten dafür als wesentlicher Grund. Um derartigen Erbgutfehlern auf die Schliche zu kommen, untersucht man an vielen reproduktionsmedizinischen Zentren kugelförmige Abschnürungen der Eizelle, die so genannten Polkörperchen. „Sie verhalten sich hinsichtlich ihres Erbguts komplementär zur Eizelle“, erklärt Professor Dr. Markus Montag. „Indem wir sie untersuchen, können wir daher auf die genetische Ausstattung der Eizelle schließen.“

Für den Biologen aus der Abteilung für Reproduktionsmedizin sind derartige Polkörperchenanalysen seit vielen Jahren Routine. Doch funktionierte das Verfahren bislang nicht gut genug, um wirklich alle Chromosomenfehler auszuschließen. „Wir haben nun zusammen mit unseren Partnern in Bologna eine empfindlichere Analysemethode getestet“, sagt der Bonner Reproduktionsmediziner Professor Dr. Hans van der Ven. „Das Verfahren macht nicht nur Veränderungen der Chromosomenzahl sichtbar, sondern auch Brüche und andere kleinere Fehler. In fast 90 Prozent der Fälle konnten wir so den chromosomalen Status der jeweiligen Eizelle fehlerfrei bestimmen.“

Aufsehen erregend ist die unerwartet hohe Rate an Chromosomenfehlern: Vier von fünf analysierten Eizellen wiesen derartige Fehler auf. „Wir hatten in die Untersuchung nur Frauen über 40 Jahre aufgenommen“, nennt Studien-Koautorin

Professor Dr. Katrin van der Ven einen Grund für die hohe Zahl. „Dennoch hat uns diese Fehlerrate überrascht.“

BESTRAHLUNG „VON INNEN“ ZERSTÖRT TUMORE

Eine vergleichsweise neue Methode der Krebsbekämpfung ist augenscheinlich erfolgreicher als gedacht: Einer Studie der Universität Bonn zufolge lassen sich durch die so genannte Peptidrezeptor-Radionuklid-Therapie (PPRT) auch relativ rasch wachsende Tumore zerstören. Die PPRT funktioniert allerdings nur bei so genannten neuroendokrinen Geschwulsten. Diese bilden auf ihrer Oberfläche massenhaft bestimmte Rezeptoren. Damit schnappen sie sich spezifische Eiweiße in ihrer Umgebung und schleusen sie in die Krebszellen. Bei der PPRT werden diese Eiweiße wie ein Trojanisches Pferd mit einem radioaktiven Isotop beladen. Der Strahler gelangt so in die Krebszelle und zerstört diese von innen.

„Wir erzielen mit dieser Methode verblüffende Erfolge“, erklärt der Bonner Nuklearmediziner Professor Dr. Hans-Jürgen Biersack. Das könne soweit gehen, dass sich die Krankheitssymptome temporär komplett zurückbildeten. Selbst Patienten im Endstadium sprächen mitunter so gut auf die Therapie an, dass sie noch einige Jahre lebten. Zudem seien die Nebenwirkungen äußerst gering.

Bislang behandelte man allerdings nur solche Patienten mit einer PPRT, die unter sehr langsam wachsenden neuroendokrinen Tumoren litten. Bei etwas aggressiveren Verläufen wurde dagegen häufig die Chemotherapie bevorzugt. Augenscheinlich zu unrecht, wie die aktuelle Studie nun zeigt: „Wir haben die PPRT auch bei Betroffenen eingesetzt, deren Tumore eine höhere Teilungsaktivität zeigten“, sagt der Bonner Oberarzt Dr. Samer Ezziddin. „Die Erfolgsquote war mit der bei weniger aggressiven Tumortypen vergleichbar. Sie lag zudem deutlich höher als bei einer klassischen Chemotherapie.“ Eine wirkliche Heilung sei allerdings nur in seltenen Fällen möglich.



Foto: fl

► Professor Dr. Markus Montag möchte die Erfolgsquote bei künstlichen Befruchtungen verbessern.

Bonner Physiker stellen „Super-Photon“ her

Völlig neue Lichtquelle mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten

Illustration: Jan Klärs, Universität Bonn

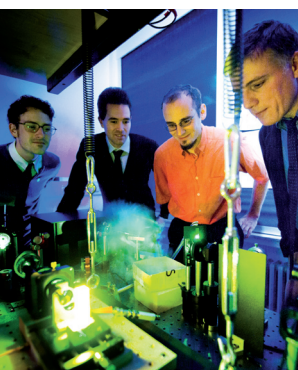


Foto: Volker Lammert / Universität Bonn

▲ Künstlerische Illustration des photonischen Bose-Einstein-Kondensats

▲ Die Schöpfer des „Super-Photons“ (von links): Julian Schmitt, Jan Klärs, Dr. Frank Vewinger und Professor Dr. Martin Weitz

Physiker der Universität Bonn haben eine völlig neue Lichtquelle hergestellt, ein so genanntes Bose-Einstein-Kondensat aus Photonen. Bis vor kurzem hatten Experten das noch für unmöglich gehalten. Die Methode eignet sich unter Umständen zur Konstruktion neuartiger laserähnlicher Lichtquellen, die im Röntgenbereich leuchten. Eventuell ließen sich damit unter anderem leistungsfähigere Computerchips bauen.

Wenn man Rubidiumatome sehr stark abkühlt und genügend von ihnen auf kleinem Raum konzentriert, werden sie plötzlich ununterscheidbar: Sie verhalten sich wie ein einziges riesiges „Superteilchen“. Physiker sprechen von einem Bose-Einstein-Kondensat.

Für „Lichtpartikel“, die Photonen, müsste das eigentlich auch gehen. Leider scheitert diese Idee aber an einem fundamentalen Problem: Wenn man Photonen „abkühlt“, verschwinden sie. Licht zu kühlen und gleichzeitig zu konzentrieren, schien daher bis vor einigen Monaten unmöglich. Den Bonner Physikern Jan Klärs, Julian Schmitt, Dr. Frank Vewinger und Professor Dr. Martin Weitz ist das nun dennoch gelungen – eine kleine Sensation.

Wie warm ist Licht?

Wenn man den Wolfram-Wendel einer Glühlampe erhitzt, beginnt er zu glühen – zunächst rot, dann gelb und schließlich bläulich. Man kann auf diese Weise jeder Lichtfarbe eine „Entstehungstemperatur“ zuweisen: Blaues Licht ist wärmer als rotes. Wolfram glüht aber anders als beispielsweise

Eisen. Physiker eichen die Farbtemperatur daher anhand eines erdachten Modellobjekts, eines so genannten schwarzen Körpers. Wenn man diesen Körper auf 5.500 Grad erhitzen würde, hätte er etwa dieselbe Farbe wie Sonnenlicht zur Mittagszeit. Anders gesagt: Mittagslicht hat 5.500 Grad Celsius oder knapp 5.800 Kelvin. Die Kelvin-Temperaturskala kennt keine negativen Werte, sondern beginnt beim absoluten Temperaturnullpunkt von -273 Grad; daher sind Kelvin-Werte immer 273 Grad höher als die entsprechenden Celsius-Werte.

Wenn man einen schwarzen Körper abkühlt, leuchtet er irgendwann gar nicht mehr im sichtbaren Bereich, sondern gibt nur noch unsichtbare infrarote Photonen ab. Gleichzeitig nimmt seine Strahlungsintensität ab: Die Menge der Photonen wird mit sinkender Temperatur immer niedriger. Das macht es so schwierig, auf die für eine Bose-Einstein-Kondensation nötige Menge kühler Photonen zu kommen.

Die Bonner Forscher haben das dennoch geschafft. Sie nutzten dazu zwei hochreflektive Spiegel, zwischen

denen sie einen Lichtstrahl ständig hin- und her warfen. Zwischen den Reflexionsflächen befanden sich gelöste Farbstoff-Moleküle, mit denen die Photonen regelmäßig kollidierten. Bei diesen Kollisionen verschluckten die Moleküle die Photonen und spuckten sie danach wieder aus. „Dabei nahmen die Photonen die Temperatur der Farbstoff-Flüssigkeit an“, erklärt Professor Weitz. „Sie kühlten sich also auf Raumtemperatur ab, und zwar ohne gleichzeitig verloren zu gehen.“

Ein Kondensat aus Photonen

Die Physiker erhöhten nun die Menge der Photonen zwischen den Spiegeln, indem sie die Farbstofflösung mit einem Laser anregten. So konnten sie die abgekühlten Lichtteilchen so stark konzentrieren, dass sie zu einem „Super-Photon“ kondensierten.

Dieses photonische Bose-Einstein-Kondensat ist eine völlig neue Lichtquelle mit laserähnlichen Eigenschaften. Sie bietet aber gegenüber Lasern einen entscheidenden Vorteil: „Wir können heute keine Laser herstellen, die sehr kurzwelliges Licht erzeugen – also etwa UV- oder Röntgen-Licht“, erläutert Jan Klärs. „Mit einem photonischen Bose-Einstein-Kondensat sollte das dagegen gehen.“

Diese Aussicht dürfte vor allem Chip-Designer freuen: Sie nutzen

Laserlicht, um logische Schaltkreise in ihre Halbleitermaterialien zu gravieren. Wie fein diese Strukturen sein können, wird unter anderem durch die Lichtwellenlänge begrenzt: Langwellige Laser eignen sich für Feinarbeiten weniger gut als kurzwellige – das ist, als wollte man einen Brief mit einem Malerpinsel unterschreiben.

Röntgenstrahlung ist viel kurzwelliger als sichtbares Licht. Mit Röntgenlasern sollten sich daher im Prinzip

auf derselben Siliziumfläche erheblich komplexere Schaltkreise unterbringen lassen. Das würde eine neue Generation von Hochleistungschips ermöglichen – und damit leistungsfähigere Computer für den Endanwender. Auch bei anderen Anwendungen wie zum Beispiel der Spektroskopie oder der Photovoltaik könnte das Verfahren nützlich sein.

Die Wissenschaftler sind inzwischen als „patente Erfinder“ ausgezeichnet worden. Der gleichnamige

Wettbewerb wird vom Innovationsministerium NRW und der Patentvermarktungs-Gesellschaft Provendis ausgerichtet. Knapp 120 Forschergruppen hatten daran teilgenommen. Die Webseite des Institute of Physics, Großbritanniens und Irlands Hauptberufsverband für Physiker, hat das „Super-Photon“ zudem unter die „Top 10-Durchbrüche des Jahres 2010“ im Fach Physik gewählt (<http://physics-world.com/cws/article/news/44618>).

FL / FORSCH

Nano-Motoren aus dem Genlabor

Bonner Biochemiker erhält Millionenförderung

Professor Dr. Michael Famulok dreht am Rad – und zwar an einem ganz kleinen: Der Bonner Biochemiker möchte an winzige Reifen aus dem Erb molekül DNA einen molekularen Antrieb schrauben und so eine Art Nano-Motor erschaffen. Derartige Mini-Antriebe könnten in Zukunft möglicherweise in winzige Fahrzeuge eingebaut werden, die Medikamente an die passende Stelle bringen oder Ablagerungen in Adern entfernen. Das ist aber nur ein Ziel eines Projekts, für das das European Research Council (ERC) nun ein Advanced Investigator Grant in Höhe von knapp 2,5 Millionen Euro bewilligt hat.

Aus Metall wird der geplante Nano-Motor nicht bestehen: Das Baumaterial von Professor Dr. Michael Famulok ist DNA – das Molekül, das fast allen Lebewesen als wichtiger Informationsspeicher dient. „Die Bausteine der DNA lassen sich wie Legosteine frei miteinander kombinieren“, sagt er. „Außerdem ist das Molekül aufgrund seiner strickleiterähnlichen Struktur vergleichsweise stabil. Wir können mit DNA also relativ einfach komplizierte Gebilde bauen.“ Ein Beispiel dafür sind die so genannten Rotaxane, die Famulok kürzlich mit seinen Mitarbeitern am Life & Medical Sciences (LIMES)-Institut konstruiert hat.

Rotaxane bestehen aus einer Achse und einem darüber gefädelten winzigen Ring. Stopper an den Enden der Achse verhindern, dass der Ring herunter fällt. Rotaxane sind winzig – Tausende von ihnen auf einem Haufen würden gerade mal soviel Platz einnehmen wie der Punkt am Ende dieses Satzes. Famulok hat mit ihnen aber Großes vor: Sie sollen als Basis für einen Nanomotor dienen.

Was noch fehlt, ist der Antrieb. Doch dafür haben der Chemiker und

sein Team eine pfiffige Idee. Sie basiert darauf, dass der aufgefädelte Ring (ebenso wie die Achse selbst) aus DNA besteht. Es gibt nun bestimmte Eiweißmoleküle, welche die Information im DNA-Faden abschreiben und so Kopien des Erbguts einer Zelle herstellen. Dazu hangeln sie sich am Faden entlang – ähnlich wie ein Zirkusakrobat, der von Strickleiter-Sprosse zu Strickleiter-Sprosse klettert. Famulok möchte diese Bewegung der DNA-Kopierer nutzen, um den Reifen des Rotaxans in eine Drehbewegung zu versetzen.

Das ist nur eine der Ideen, die Famulok in seinem Projektantrag für das European Research Council (ERC) skizziert hat. Ihnen allen ist gemeinsam, dass die Forscher damit wissenschaftliches Neuland beschreiten. „Es ist noch nicht klar, ob es klappt“, gibt Famulok zu. „Auch wenn wir natürlich fest daran glauben. Wenn alles so funktioniert, wie wir es planen, wäre das der Durchbruch zu einem neuen Forschungsfeld.“

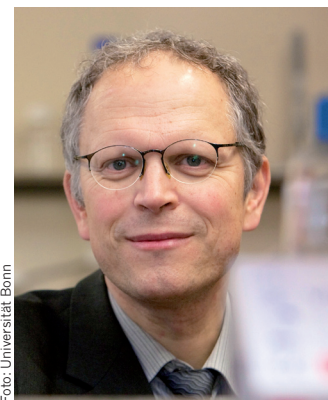
Das Interesse an Nanomotoren ist immens: In nicht allzu ferner Zukunft könnten sie beispielsweise winzige „Fahrzeuge“ antreiben, die im Körper

Medikamente an die passende Stelle bringen oder Ablagerungen entfernen. Möglicherweise lassen sich mit ihnen sogar hauchdünne Gewebe konstruieren, die etwa bei Menschen mit einer Muskelschwäche die nachlassende Muskelfunktion kompensieren.

Es gehört zur Strategie des ERC, vorzugsweise derartige „high risk, high gain“-Projekte zu fördern. Dabei fließt das Geld ausschließlich an Wissenschaftler, die sich bereits in der Vergangenheit durch Erfolge auf besonders innovativen Gebieten ausgezeichnet haben. Professor Famulok beispielsweise hat vor einigen Jahren bereits den Leibniz-Preis erhalten – die höchst dotierte Auszeichnung, die in Deutschland regelmäßig an Forscher vergeben wird.

Insgesamt zählt Bonn bei der Brüsseler Spitzenförderung zu den fünf erfolgreichsten Hochschulen in Deutschland. Das ist umso erfreulicher, wenn man die niedrige Bewilligungsquote bedenkt. So hatten sich in der vorangegangenen Förderperiode knapp 1.600 Wissenschaftler aus ganz Europa um einen Advanced Grant beworben. Deutschlandweit konnten sich lediglich 31 von ihnen über eine Zusage aus Brüssel freuen. Die aktuellen Zahlen stehen noch nicht fest. FL / FORSCH

► **Informationen und Beratung zu den ERC-Grants: Dr. Ulrike Pag**
EU-Referentin im International Office,
Universität Bonn
Telefon: 0228/73-3073
E-Mail: upag@uni-bonn.de



► **Der Bonner Biochemiker Professor Dr. Michael Famulok möchte aus DNA Motoren bauen.**

DIE ZEIT HEILT NICHT ALLE WUNDEN

Die Zeit heilt alle Wunden: Dieser tröstlich gemeinte Spruch scheint für Trennungen nicht zu gelten. Stattdessen bewirkt häufig erst eine neue Partnerschaft die endgültige Lösung von der oder dem Ex. Das zeigt zumindest eine Studie von Bonner Psychologen, an der 144 Versuchspersonen teilnahmen. Darin erfragten die Forscher explizit, was die Probanden von ihren Ex-Partnern hielten. Zudem ermittelten sie experimentell die verborgenen (impliziten)

Gefühle zu dem oder der Verfloresenen.

Ergebnis: Je positiver die implizite Einstellung zum ehemaligen Partner, desto unzufriedener waren die Teilnehmer mit ihrem Leben. Anders gesagt: Wer noch an seinem oder seiner Ex hängt, ist unglücklicher.

Das klingt zunächst wenig überraschend. „Erstaunlicherweise ist es mit den expliziten Meinungen aber genau andersherum“, betont der Leiter der Bonner Sozial- und Rechtspsychologie Prof. Dr. Rainer Banse: „Wer sich positiv über den Expartner äußert, ist tendenziell zufriedener.“ Denn gut über den Verfloresenen oder die Ex zu reden, ist ein Zeichen der Souveränität. Und die besitzt man erst, wenn man wirklich mit der zerbrochenen Beziehung abgeschlossen hat.

Überrascht waren die Forscher von einem weiteren Befund: Demnach gibt es keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Zeit seit der Trennung und der Lebenszufriedenheit. „Unsere Studie zeigt, dass man sehr lange unter einer Trennung lei-

den kann“, betont der Bonner Psychologe Roland Imhoff. „Oft scheint erst mit einer neuen Beziehung auch eine Neubewertung des Expartners einher zu gehen, der damit an Einfluss auf das Lebensglück verliert.“

MAGNETFELDER HELFEN BEI DEPRESSIONEN

Starke Magnetfelder eignen sich augenscheinlich sehr gut zur Therapie schwerer Depressionen. Das konnten Mediziner der Uni Bonn in einer neuen Studie zeigen, in der sie insgesamt zehn Patienten mit der sogenannten Magnetkrampftherapie (MKT) behandelten. Bei sechs von ihnen besserte sich der Zustand daraufhin deutlich. Die neue Methode ist damit ähnlich erfolgreich wie die Elektrokrampftherapie (EKT), der sich ebenfalls zehn Patienten unterzogen. Diese gilt momentan bei schweren Depressionen als Behandlungsmethode der Wahl, kann aber zu Gedächtnisstörungen führen. „Unseren Ergebnissen zufolge ist die MKT deutlich schonender“, erklärt Dr. Sarah Kayser von der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie.

Angesichts der kleinen Patientenzahl sei das Ergebnis aber noch mit Vorsicht zu betrachten, betont der Bonner Depressionsexperte Professor Dr. Thomas E. Schläpfer. „Wir müssen jetzt unbedingt weitere Patienten behandeln, um unsere Ergebnisse zu bestätigen.“ Für Menschen, die an Depressionen leiden, sind die Resultate aber schon jetzt Anlass zur Hoffnung: Während die EKT trotz ihrer großen Wirksamkeit aufgrund ihrer Nebenwirkungen eher als „ultima ratio“ eingesetzt wird, hat die MKT mit diesem Manko nicht zu kämpfen. Sie könnte daher bei Patienten, die auf Medikamenten und Psychotherapien nicht ansprechen, als Alternative zum Einsatz kommen. Das könnte so manchem Betroffenen einen jahrelangen erfolglosen Behandlungsmarathon ersparen.

JODVERLUSTE DURCH REICHLICHES TRINKEN

Wer viel trinkt, sollte seine Jodversorgung im Auge behalten. Zu dieser Empfehlung kommen Wissenschaftler des Forschungsinstituts für Kinderernährung – einer der Uni Bonn angegliederten Einrichtung – anlässlich einer aktuellen Studie. Darin ha-

ben die Forscher festgestellt, dass reichliches Trinken zu Jodverlusten führen kann. Da Deutschland abgesehen von den Küstengebieten ohnehin Jodmangelregion sei, solle man dieses Ergebnis nicht auf die leichte Schulter nehmen. „Kinder und Erwachsene, die bewusst richtig – also reichlich – trinken, sollten daher ebenso bewusst auf eine jodreiche Ernährung achten“, betont Studienleiter Professor Dr. Thomas Remer. Hierzu gehören neben Seefisch auch Milch und Milchprodukte sowie alle Lebensmittel, die gezielt mit Jodsalz hergestellt werden. Dazu zählen inzwischen auch viele Fertigprodukte wie Brot, Wurstwaren, Käse, Suppen oder Pizzen. Keinesfalls solle man jedoch auf eine reichliche Flüssigkeitszufuhr – Experten empfehlen zwei Liter pro Tag – verzichten, denn die sei für die Gesundheit äußerst wichtig.

NETZWERK GEGEN KRANKHEITSERREGER

Neue Erkenntnisse über Krankheitserreger gewinnen und daraus neue Strategien gegen sie entwickeln: Das sind die zentralen Aufgaben des „Deutschen Zentrums für Infektionsforschung“ (DZI). Das DZI wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiiert; als Partner wurden sieben Forschungseinrichtungen in ganz Deutschland benannt – darunter auch die Universität Bonn. In den kommenden Monaten sollen die nominierten Standorte gemeinsam konkrete Ziele und Konzepte erarbeiten. Nach der endgültigen Festlegung der beteiligten Einrichtungen wird das DZI voraussichtlich Mitte 2011 seine Arbeit aufnehmen. Die Wissenschaftler des deutschlandweiten Netzwerks werden ihre Arbeit dann auf die Erforschung von Krankheitsursachen und -verläufen sowie neuer Ansätze für Diagnostik, Prävention und Therapie konzentrieren.

Die Universitäten Bonn und Köln sowie das Kölner Universitätsklinikum waren mit einem gemeinsamen Antrag für ein „Bonn-Cologne-Center for Infectious Diseases“ erfolgreich. Im Antrag ist eine rotierende Koordinatorenrolle vorgesehen. Zu Beginn wird der Bonner Parasitologe Professor Dr. Achim Hoerauf diese Aufgabe übernehmen.

Ein Butler der besonderen Art

Haushaltsroboter der Uni Bonn können Gäste bedienen

Dynamaid und Cosero heißen die beiden Roboter, die am Institut für Informatik für Aufgaben im häuslichen Bereich entwickelt wurden. Unter der Leitung von Professor Dr. Sven Behnke hat die AG „Autonome Intelligente Systeme“ menschenähnliche Maschinen konstruiert. Durch ihre besondere Bauweise und speziell konzipierte Software können sie nicht nur Kühlschränke öffnen, sondern auch Getränke servieren und Chips in Schüsseln füllen.

Ein weißes Gesicht aus Kunststoff, ein roter Körper mit gelben Armen und eine Art Fuß mit acht Rädern. Auf dem Fuß ein Notebook und auf dem Rücken ein roter Not-Aus-Knopf. So steht sie regungslos da – die „Dynamaid“ (von engl. maid = Dienstmädchen), der erste Haushaltsroboter, den das Team von Professor Dr. Sven Behnke entwickelt hat. Man erkennt sofort, dass sie eine Maschine ist. Doch eine, die menschliche Züge annimmt. „Durch die sieben Gelenke in ihren Armen kann sie sich auch mal auf dem Rücken kratzen“, lacht Behnke. Außerdem schaut sie immer dahin, wohin sie greift oder fährt. Der Benutzer weiß dann, was der Roboter als nächstes tun wird, und erschrickt nicht, wenn dieser plötzlich eine Bewegung macht. Auch Dynamaids Rumpf hat eine gewisse Beweglichkeit: Sie kann ihn zur Seite drehen sowie nach oben und unten fahren. Das ist nötig, damit Dynamaid in verschiedenen Höhen Sachen greifen kann. Sie kann sogar Dinge vom Boden aufheben. Durch ihre acht Räder, die in drehbaren Paaren montiert sind, kann sie sich auch sehr geschickt im Raum bewegen und beispielsweise gezielt an eine Stelle des Tisches fahren.

Komplizierte Technik an Bord

Dass Dynamaid alles selbständig macht, ist durch eine Menge Sensoren und ihr „Gehirn“, das Notebook auf ihrem Fuß, möglich. Lasersensoren messen in verschiedenen Höhen die Entfernung zu Hindernissen, eine Farbkamera ist für die Gesichts- und Objekterkennung zuständig, und ein Mikrofon dient zur Spracherkennung, damit Dynamaid die Befehle ihres Benutzers versteht. „Zum Beispiel kann man ihr sagen, dass sie ein Bier aus dem Kühlschrank holen soll“, erklärt Behnke.

Die größte Herausforderung bei Robotern wie Dynamaid ist es, ihre Sinne zu schärfen. Damit die Maschine sinnvoll agieren kann, muss sie zunächst einmal ihre Umgebung wahrnehmen: Wie sieht der Raum aus, wo sind Menschen und wo Objekte? „Solche Fragen zu klären, ist nicht ganz einfach“, weiß Behnke. „Uns Menschen fällt das sozusagen zu. Wir öffnen die Augen und sehen, was in unserer Umgebung los ist. Da bei uns die Verarbeitung unbewusst abläuft, sind wir uns der Schwierigkeiten dabei überhaupt nicht bewusst.“

Das Problem ist, dass Mehrdeutigkeiten entstehen, wenn eine dreidimensionale Welt auf ein zweidimensionales Bild reduziert wird. Die Sensoren liefern so genannte Punktwolken, die für den Computer erst einmal nur irgendwelche Datenpunkte sind. Betrachtet ein Mensch eine Punktwolke, erkennt er sofort einen Tisch. „Das funktioniert aber nur, weil wir es gewohnt sind, mit unserem visuellen System Szenen zu interpretieren. Der Computer muss erst beigebracht bekommen, die Daten entsprechend zu verarbeiten“, erläutert Behnke. Und dafür mussten erst die entsprechenden Algorithmen entwickelt werden.



Sensibler Händedruck: Beim Robocup-Wettbewerb konnte Dynamaid bereits ihre Fähigkeiten unter Beweis stellen.

Foto: AG Behnke



Foto: AG Behnke

▲ Das Bonner Team beim Robocup-Wettbewerb. Gegenüber ihren Fußballer-Kollegen Rudi, Jürgen, Robotinho & Co. hält sich Dynamaid (3. v.r.) bescheiden im Hintergrund.

Das Team hat aber nicht die komplette Software der Haushaltsroboter selber erarbeitet. Es benutzt das offene System ROS (Robot Operating System). Dieses bietet die Möglichkeit, bestimmte Softwarekomponenten, die schon von anderen Forschergruppen entwickelt wurden, kostenfrei zu verwenden. So werden die gleichen Komponenten nicht von mehreren Gruppen programmiert, wodurch unnötige Arbeit vermieden wird. „Es ist einfach nicht praktikabel, alles selber zu machen“, sagt Behnke. „Das ROS-System ermöglicht uns, die Punktwolken zu visualisieren. Das Programm, das diese Daten interpretiert, haben wir dann selber entwickelt.“

Unter den Besten der Welt

Und diese Software ist sehr gut. Bei dem internationalen RoboCup-Wettbewerb, der durch die Roboter-Fußballweltmeisterschaft bekannt ist, hat das Team von Professor Behnke im letzten Jahr in Singapur den 2. Platz in der Liga

für Haushaltsroboter belegt. In dieser Liga sind die Regeln deutlich komplexer als beim Fußball. In drei Phasen müssen die Haushaltsroboter beweisen, dass sie nützliche Dinge in häuslicher Umgebung leisten können. Dynamaid hat hier voll überzeugt. Beispielsweise hat sie ihren Benutzer ohne Probleme wiedererkannt, auch wenn mehrere Personen im Raum waren.

Sie hat in einem Spielzeugladen, den sie zuvor nicht kannte, als einzige das vom Benutzer bestellte Objekt aus dem Regal gegriffen. Und im Finale holte sie ihrem Benutzer eine Büchse Bier aus dem Kühlschrank. Dynamaid war der erste Roboter, der die Kühlschranktür öffnen konnte. „Leider war die Zeit abgelaufen; sonst hätte sie ihm auch noch Chips in eine Schüssel gefüllt und Müll vom Boden aufgehoben“, berichtet Behnke stolz.

Gesellschaft bekommen

Dynamaid kann sich inzwischen über Gesellschaft freuen. Das Team von Prof. Behnke hat ihr in diesem Jahr Cosero (Cognitiv Service Robot) an die Seite gestellt. Vom Prinzip her ist er Dynamaid sehr ähnlich. Allerdings ist der neue Roboter insgesamt stabiler. Während Dynamaid rund 25 Kilogramm wiegt, bringt Cosero 33 Kilogramm auf die Waage. Seine Arme sind mehr als zweimal so stark. „Wir haben die Erfahrung gemacht, dass es

bestimmte Tätigkeiten im Haushalt gibt, bei denen ein bisschen mehr Kraft nötig ist“, erklärt Behnke. „Eine große, gefüllte Wasserflasche würde Dynamaid überfordern. Auch Türklinken brauchen eine gewisse Kraft, um sie nach unten zu drücken.“ Einen zusätzlichen schwenkbaren Lasersensor hat Cosero auch bekommen. Der erleichtert es ihm unter anderen, sich in Regalen zurecht zu finden.

Fernziel des Teams um Professor Behnke ist es, Roboter zu entwickeln, die selber in der Lage sind, ihre Umgebung wahrzunehmen, flexibel Entscheidungen treffen und sich dadurch nützlich machen. Nicht die Umwelt soll sich dem Roboter anpassen, sondern der Roboter der Umwelt. „Im Moment funktionieren die meisten Roboter nur in Bereichen, in denen alles auf sie abgestimmt ist“, sagt Behnke. Zudem sind die Maschinen noch sehr teuer. „Wenn man nur die Teile nimmt, die in Cosero verbaut sind, kommt man auf den Preis eines Mittelklassewagens. Dazu kommen dann noch die Arbeitsstunden, die für seine Entwicklung und Programmierung nötig waren.“

Wenn man Dynamaid und Cosero so ins Gesicht sieht, kann man fast nicht glauben, wie viel Technik, Arbeit und Forschung in ihnen steckt. Legen sie aber los und zeigen, was sie können, wird das deutlich. Wer will, kann sich davon anhand eines (augenzwinkernden) Videos überzeugen, das Behnke mit seinen Mitarbeitern bei Youtube eingestellt hat (<http://uni-bn.de/cOKghg>). Man darf gespannt sein, was ein Haushaltsroboter alles kann, wenn er irgendwann einmal im Laden steht.

THOMAS DITTKO/FORSCH

Bücher JAMES

1975  2005

FACHBUCHHANDLUNG JAMES HELMUT ZOWE

Medizin • Zahnmedizin • Pharmazie • Biowissenschaften
Tel. 0228 / 220110 • Fax 0228 / 261034
eMail: buecher-james@t-online.de
Königstr. 86 • 53115 Bonn-Südstadt

Medizinbücher kommen von Bücher JAMES – Ihre Vorteile auf einen Blick:

- ▶ Umfangreiche, aktuelle und gut sortierte Auswahl medizinischer Fachliteratur aus dem In- und Ausland
- ▶ Grosses Angebot für Heilberufe / Physiotherapie
- ▶ Kompetente, freundliche Beratung, Top-Service
- ▶ Schneller Besorgungsdienst **jeder** Art von Literatur (ca. 420.000 lieferbare Titel von heute auf morgen)
- ▶ Riesenauswahl an preisgünstigen Sonderangeboten
- ▶ Portofreier Buchversand bundesweit ab 50,- €

Vom Studienanfänger bis zum Chefarzt – hier findet jeder das richtige Buch

Immunsystem lähmt Darm nach Operationen

Ursache der gefürchteten Komplikation aufgeklärt

Eine ebenso häufige wie gefürchtete Komplikation nach Operationen am Verdauungssystem ist eine Lähmung des kompletten Darmtrakts. Bonner Mediziner haben nun die Ursache für diesen so genannten postoperativen Ileus gefunden: Demnach sorgen bestimmte Immunzellen zunächst für eine lokale Entzündung in der Nähe des operierten Gebiets. Mit dem Blutstrom gelangen die Abwehrzellen jedoch auch zu anderen Darmbereichen. Dort sorgen sie dafür, dass sich die Entzündung auf das komplette Organ ausdehnt.

Unser Darm zieht sich regelmäßig in geordneter Abfolge zusammen und auseinander und transportiert dadurch den Speisebrei Richtung After. Nach Operationen am Magen-Darm-Trakt stellt er diese Bewegung jedoch häufig ein – und zwar nicht nur in der Nähe des operierten Gebiets, sondern überall. Dabei kommt es zudem zu einer generellen Entzündung aller Darmsegmente.

Dieses operativ-bedingte Darmversagen, der „postoperative Ileus“, ist eine sehr häufige Komplikation und tritt nach einer Vielzahl verschiedener Eingriffe auf. Die Folge sind Bauchbeschwerden und eine erhöhte Infektionsrate. Zudem müssen frisch operierte Patienten oft durch Infusionen ernährt werden. Das verlängert den Krankenhausaufenthalt und führt zu erheblichen Kosten.

Als Ursache vermuteten Ärzte bislang eine Fehlsteuerung der Nerven, die die Darmbewegung steuern. Die bisherigen Versuche, die Nervenfunktion wiederherzustellen, waren jedoch wenig erfolgreich: „Zur Zeit gibt es weder eine Therapie noch eine Prophylaxe gegen den postoperativen Ileus“, betont Professor Dr. Jörg Kalff, Direktor der Chirurgischen Klinik.

Der Mediziner weiß, wovon er redet: Er hat von 2004 bis 2009 eine klinische Forschergruppe zu postoperativen Darmbeschwerden geleitet, die durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert wurde. Zusammen mit seinem Kollegen Dr. Arne Koscielnny sowie Dr. Daniel Engel und Professor Dr. Christian Kurts von den Instituten für molekulare Medizin und experimentelle Immunologie hat er nun eine völlig andere Erklärung für den Stillstand im Darm erarbeitet: Die

Forscher zeigen, dass die Entzündung auf der einen und die Lähmung auf der anderen Seite in einem ursächlichen Zusammenhang stehen.

Für beide Symptome verantwortlich sind demnach die so genannten T-Helfer-Zellen sowie die dendritischen Zellen, die diese T-Zellen regulieren. Beide Zelltypen patrouillieren normalerweise durch den Körper und bekämpfen eingedrungene Viren und Bakterien. Im Magen-Darm-Trakt befindet sich eine sehr große Anzahl von dendritischen Zellen und T-Zellen. Sie verhindern, dass der Darm durch Krankheitserreger besiedelt wird. Außerdem halten sie die natürlichen Darmbakterien in Schach: Diese sind für eine ordnungsgemäße Verdauungsfunktion erforderlich. Sie dürfen aber nicht „ausbrechen“ und sich in anderen Körperorganen vermehren.

Immunzellen haben einen schlechten Orientierungssinn

Bei Darmoperationen kommt es zwangsläufig zu einem Gewebeschaden, den immunologische Sensorzellen wie z.B. Makrophagen und die dendritischen Zellen wahrnehmen. Sie alarmieren dann die T-Zellen und aktivieren diese. Folge ist eine lokale Entzündung, in deren Zug die Darmmuskulatur gelähmt wird. Zudem verlassen einige T-Zellen den Ort des Geschehens über die Pfortader und die Leber und gelangen in den Blutkreislauf. Sie können sich jedoch gewissermaßen an ihre Herkunft „erinnern“ und kehren nach wenigen Stunden wieder in den Darm zurück. „Sie wissen jedoch nicht genau, aus welchem Bereich des Darms sie stammen“, erklärt Professor Kurts. „Sie gelangen bei ihrer Rückkehr daher an irgendeinen anderen Ort des



Fotos: Foto- und Medienzentrums UKB

Magen-Darm-Trakts. Da sie jedoch nach wie vor aktiviert sind, rufen sie auch dort eine Entzündung hervor. Auf diese Weise kommt es zur Ausbreitung der Entzündung und zur Lähmung des gesamten Magen-Darm-Trakts.“

Aus der Entdeckung der Bonner Forscher ergeben sich neue Ansätze für die Diagnose und Therapie dieser alltäglichen Komplikation: Die Ärzte können beispielsweise die im Blut zirkulierenden T-Zellen nachweisen und so den Verlauf der Erkrankung messen. Auch eine gezielte Therapie sei denkbar: „Bei Darmoperationen können wir nicht einfach die gesamte Immunabwehr herunterfahren“, betont Professor Kalff. Einerseits seien die Patienten oft geschwächt und damit infektanfällig. Andererseits könnten ansonsten die Darmbakterien außer Kontrolle geraten. „Unsere Erkenntnisse klären jedoch, welcher Teil des Immunsystems beim postoperativen Ileus beteiligt ist. Wir können nun versuchen, ganz gezielt diesen Teil durch Medikamente zu beruhigen, ohne die Gesamtfunktion der körpereigenen Abwehr zu sehr zu beeinträchtigen.“ Derartige Methoden könnten Patienten in Zukunft eventuell postoperative Komplikationen ersparen. **FL/FORSCH**

▲ Nach Operationen am Verdauungssystem streikt häufig der Darm. Forscher der Uni Bonn sind nun den Ursachen des „postoperativen Ileus“ auf die Schliche gekommen.

Bonner Forscher finden „Altruismus-Gen“

Variante führt zu signifikant erhöhter Spendenbereitschaft



Tun Sie Anderen gerne etwas Gutes? Falls ja, sind vielleicht Ihre Gene dafür verantwortlich. Das legen zumindest die Ergebnisse einer Studie nahe, die Forscher der Universität Bonn durchgeführt haben. Eine winzige Änderung in einer bestimmten Erbanlage geht demnach mit einer signifikant höheren Spendenbereitschaft einher. Personen mit dieser Änderung gaben im Schnitt doppelt soviel Geld für einen wohltätigen Zweck wie andere Probanden.

Die Forscher um den Psychologen Professor Dr. Martin Reuter hatten ihre Studenten zu einem „Merkfähigkeitstest“ eingeladen: Die rund 100 Teilnehmer sollten sich Zahlenfolgen einprägen und anschließend möglichst korrekt wiedergeben. Dafür bekamen sie die Summe von fünf Euro. Sie konnten ihr hart verdientes Geld im Anschluss mit nach Hause nehmen oder einen beliebigen Teil davon für einen wohltätigen Zweck spenden. Diese Entscheidung erfolgte freiwillig und in scheinbarer Anonymität. „Wir wussten aber stets, wie viel Geld zuvor in der Kasse gewesen war, und konnten daher den gespendeten Betrag errechnen“, erklärt Reuter.

Zuvor hatten die Wissenschaftler ihre Probanden zu einem Wangenabstrich gebeten. Aus den dabei entnommenen Zellen konnten sie DNA für genetische Analysen gewinnen. Sie konzentrierten sich dabei auf eine Erbanlage, das so genannte COMT-Gen. Es enthält die Bauanleitung für ein Enzym, das bestimmte Botenstoffe im Gehirn inaktiviert. Der wohl bekannteste dieser Botenstoffe ist das Dopamin.

Seit fast 15 Jahren ist bekannt, dass es zwei verschiedene Varianten des COMT-Gens gibt: COMT-Val und COMT-Met. Die beiden Versionen, die in der Bevölkerung etwa gleich häufig vorkommen, unterscheiden sich nur in einem einzigen Baustein. Bei Menschen mit der COMT-Val-Variante arbeitet das zugehörige Enzym bis zu viermal effektiver. Es wird

also drastisch mehr Dopamin im Gehirn der Betroffenen inaktiviert.

„Studenten mit dem COMT-Val-Gen spendeten im Schnitt doppelt so viel Geld wie Kommilitonen mit der COMT-Met-Variante“, erläutert Reuter. Es ist das erste Mal, dass Forscher einen Zusammenhang zwischen einer speziellen Erbanlage und altruistischen Handlungen feststellen konnten. Allerdings wusste man bereits aus Zwillingstudien, dass altruistisches Verhalten zum Teil auch durch unsere Gene beeinflusst wird.

Dass sich die Wissenschaftler bei ihrer Analyse auf das COMT-Gen konzentrierten, hat seinen guten Grund: Schon seit einigen Jahren ist nämlich bekannt, dass Dopamin bei Tieren und Menschen an der Steuerung des Sozialverhalten beteiligt ist. So beeinflusst der Botenstoff z. B. Sexualität und Bindungsbereitschaft. Dopamin hängt zudem mit positiver Emotionalität zusammen. Auch die Eigenschaft, sich durch Anreize motivieren zu lassen, wird durch diesen wichtigen Neurotransmitter gesteuert. **FL/FORSCH**

TRÄUME VERRATEN NUR WENIG

Unsere Träume werden augenscheinlich viel weniger durch unsere Lebenssituation beeinflusst als häufig angenommen. Zu diesem Ergebnis kommen Forscher der Universitäten Bonn und Frankfurt sowie der Harvard Medical School in einer aktuellen Untersuchung. Sie haben darin die Träume von taubstumm oder gelähmt geborenen Menschen mit denen von Personen ohne Handicap verglichen. Selbst geschulte Analytiker konnten nicht zuordnen, von welcher Personengruppe die jeweiligen Traumbilder stammten. Die Studienteilnehmer führten ein Traumtagebuch; innerhalb von zwei Wochen kamen so mehr als 350 detaillierte Beschreibungen zusammen. Interessanterweise spielte die Behinderung in den wenigsten Träumen eine Rolle: Gelähmte gingen,

rannten oder schwammen; Taubstumme konnten hören und sprechen. Diese Ergebnisse spiegeln wohl nicht die Sehnsucht der Betroffenen, ihre Behinderung hinter sich zu lassen: „In den Träumen der gelähmten Teilnehmer spielte das Motiv ‚Bewegung‘ keine besondere Rolle“, betont die Bonner Psychologin Dr. Ursula Voss. „Es tauchte weder häufiger noch seltener auf als bei Nichtgelähmten. Bei den taubstummen Probanden war es genauso.“ Eventuell sieht man in Träumen nicht sich selbst, sondern eine Art menschlichen Prototypus ohne Ecken und Kanten. Das zeigen auch die Ergebnisse eines noch unveröffentlichten Experiments: Die Forscher malten auf die Hände gesunder Versuchspersonen einen roten Fleck und frischten diese Markierung über mehrere Wochen immer wieder auf.

Außerdem baten sie ihre Probanden, sich vor dem Einschlafen gedanklich mit dem Farblecks auf ihrer Hand auseinander zu setzen. In die Träume stahl sich die Markierung dennoch nicht.

EMOTIONALE INTELLIGENZ Hilft bei der Karriere

In den USA enthalten Einstellungstests oft ein ganzes Bündel Fragen, die auf den „EQ“ der Bewerber abzielen. Anders in Deutschland: Hierzulande spielt der „emotionale Intelligenzquotient“ bei Besetzung von Stellen eher eine untergeordnete Rolle. Dennoch gilt auch bei uns: Wer sich gut in die Gefühle anderer hineinversetzen kann, steigt im Beruf schneller auf – das zeigen zumindest die Daten einer neuen Studie. Allerdings trifft dieser Zusammenhang nur für besonders karriereorientierte Personen zu.

5 Fragen an ...

... den Chirurgen Professor Dr. Jörg C. Kalff

Herr Professor Kalff, was macht einen guten Chirurgen aus?

Vor allem die Fähigkeit, zügig Entscheidungen zu treffen. Bei Operationen muss man sich andauernd schnell entscheiden. Im Unterschied zu anderen medizinischen Disziplinen kann man oft nicht lange über die verschiedenen Optionen nachdenken.

Dazu kommt die manuelle Geschicklichkeit. Ein Chirurg sollte es mögen, handwerklich zu arbeiten. Wer daran wenig Interesse hat, ist in unserem Fach fehl am Platz.

Und schließlich benötigt ein Chirurg ein breites Fachwissen. Das unterscheidet uns aber nicht von anderen medizinischen Fachgebieten.

Sie sind seit dem 1.12. Direktor der Chirurgischen Klinik. Welche Veränderungen kommen auf Ihre 140 Mitarbeiter zu?

Wir werden die Klinik grundlegend umstrukturieren. Wir werden kleine Teams gründen, die jeweils ganz spezielle Bereiche der Chirurgie bearbeiten. Wenn ein Patient mit einem entsprechenden Leiden kommt, wird er von seinem Team über den gesamten Verlauf

begleitet: Von der Sprechstunde vor der OP-Planung, auf Station und während der Operation bis hin zur Nachsorge. Die Ansprechpartner bleiben für den Patienten und die Zuweiser gleich, und der Kontakt wird enger. Wir wollen dadurch auch Informationsverlusten vorbeugen und Doppeluntersuchungen vermeiden. Außerdem hoffen wir, so die Arbeitsbelastung ein wenig reduzieren zu können.

Das ist natürlich eine gehörige strukturelle Änderung, die sicher einige Monate Umgewöhnungszeit für alle mit sich bringen wird. Zumal das auch bedeutet, dass nicht mehr jeder an jedem Tag im OP stehen wird. Es wird – für jeden unterschiedlich – feste Operationstage geben, Tage für organisatorische Dinge sowie für Forschung und Lehre.

Man sagt, Ihr Vorgänger Professor Hirner habe im OP gerne klassische Musik gehört. Unter welchen Bedingungen arbeiten Sie am besten?

Ich höre ebenfalls gerne und viel klassische Musik, auch am Schreibtisch. Ich habe allerdings einen etwas anderen Geschmack als Professor

Hirner; meine Liebe gilt der Barockmusik – vor allem Bach. Im OP arbeiten wir jedoch im Team. Da müssen alle konzentriert und mit Freude dabei sein. Daher stimmen wir uns vorher ab: Wenn es mehrere Klassikfreunde gibt, hören wir schon mal klassische Musik. Falls nicht, kann es auch mal ein lokaler Radiosender sein.

Sie haben in Ihrem Berufsleben schon viel erreicht. Welche beruflichen Ziele haben Sie noch?

Wir haben schon noch Einiges vor. In der Krankenversorgung wollen wir uns gerade mit unseren Schwerpunkten in der Maximalversorgung, der chirurgischen Onkologie und der Transplantationschirurgie, noch besser nach außen darstellen – auch international. Wissenschaftlich wollen wir die Verbundforschung weiter vorantreiben und innerhalb der nächsten drei Jahre einen Sonderforschungsbereich zum Thema "Folgen des postoperativen Traumas" einwerben. Das ist ja eine Frage, die wir in den vergangenen Jahren bereits in einer Forschergruppe bearbeitet haben, dort in Hinblick auf die Lähmung des Darms nach Eingriffen am Verdauungstrakt (s. S. 13, die Red.). Zudem wollen wir die wissenschaftlichen Ergebnisse in die klinische Anwendung transferieren, so dass sie dem Patienten nutzen.

Sie haben es anfangs selbst betont: Chirurgie erfordert Geschick und eine ruhige Hand. Sind Sie auch zu Hause fingerfertig, zum Beispiel als Handwerker oder Koch?

Es gibt kaum etwas im häuslichen Umfeld, was ich nicht selber mache – von der Autoreparatur über Gartenarbeiten bis hin zu Renovierungen. Manchmal ist das fast zu viel, vor allem, wenn ich an meine Hände denke, die ja auch noch für andere Sachen wichtig sind... Zum Kochen komme ich unter der Woche praktisch gar nicht, dafür aber am Wochenende. Das geht sicher auch auf meine Kindheit zurück: Bei meinen Eltern zuhause war am Wochenende immer Familienkochtag; das haben wir für uns und unsere Kinder übernommen.



Foto: Foto- und Medienzentrum UKB

► Professor Kalff will die Chirurgische Klinik grundlegend umstrukturieren.

Für sich allein genommen, erlaubt das Maß emotionaler Intelligenz kaum Voraussagen über den Berufserfolg.

Die Wissenschaftler haben untersucht, wie EQ und Ehrgeiz beim beruflichen Aufstieg zusammen spielen. Dazu konfrontierten sie insgesamt 71 Betriebswirte mit verschiedenen Situationsbeschreibungen. Die Teilnehmer sollten schätzen, wie sich die Protagonisten in der jeweils geschilderten Lage wohl fühlten. Die Ergebnisse verrieten also, inwieweit sich die Testpersonen in die Emotionen anderer hineinversetzen konnten. Darüber hinaus ermittelten die Forscher mit einem Persönlichkeitsfragebogen den beruflichen Ehrgeiz ihrer Probanden.

Um den Karrierefortschritt zu messen, erhoben die Wissenschaftler zudem im Abstand von

zwei Jahren das aktuelle Gehalt der Teilnehmer. Ergebnis: Der Verdienst der Testpersonen entwickelte sich umso besser, je höher ihr EQ war – allerdings mit einer wichtigen Einschränkung: Das Ergebnis galt nur für diejenigen unter ihnen, denen der Persönlichkeitstest einen ausgeprägten beruflichen Ehrgeiz bescheinigt hatte.

Doch warum spielt ein hoher EQ für die Karriere überhaupt eine Rolle? „Menschen mit einem feinen emotionalen Sensorium sind oft Meister in der Kunst, zwischen den Zeilen lesen: Worauf kommt es dem Chef wirklich an?“, erklärt der Bonner Psychologe Professor Dr. Gerhard Blickle. Zudem könne emotionale Intelligenz im Umgang mit Vorgesetzten helfen, so manches karriereschädliche Fettnäpfchen zu umgehen.

Bonner Professorin erforscht Haarausfall

DFG finanziert neu eingerichtete Heisenberg-Professur



▲ Regina Betz
erforscht die Ursachen
des Haarausfalls.

Die Humangenetikerin Regina Betz bekleidet an der Uni Bonn eine neu eingerichtete Heisenberg-Professur für Dermatogenetik. Zentrales Forschungsgebiet der 40-jährigen sind die Ursachen genetisch bedingter Formen des Haarausfalls. Diese Arbeiten wird sie in den kommenden fünf Jahren mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) weiter intensivieren.

Es beginnt meist unspektakulär mit einer kleinen kahlen Stelle am Kopf, die langsam größer und größer wird. Bei manchen Menschen ist nur das Haupthaar betroffen, andere büßen nach und nach ihre komplette Körperbehaarung ein – bis hin zu den Augenbrauen und den Wimpern. Oft wachsen die Haare mit der Zeit nach. Einige Patienten bleiben jedoch kahl.

Die Krankheit heißt Alopecia areata und ist gar nicht mal so selten: Etwa eine Million Menschen in Deutschland erfahren die Symptome zumindest einmal in ihrem Leben am eigenen Leibe. Der „kreisrunde Haarausfall“ – so die deutsche Bezeichnung – ist eine Autoimmunerkrankung: Die körpereigene Abwehr richtet sich gegen die Zellen im Haarfollikel, die den Haarschaft produzieren. „Bei Autoimmunerkrankungen tragen genetische Ursachen und Umweltfaktoren zur Krankheitsentstehung bei“, erklärt Professor Dr. Regina Christine Betz. „Beispiele sind Rheuma oder Asthma. Bei der Alopecia areata ist das nicht anders.“

Größtes Patientenkollektiv weltweit

Die gebürtige Münchnerin untersucht zusammen mit Kollegen aus ganz Deutschland, welche Erbanlagen für den Haarausfall verantwortlich sind. Dazu haben sie inzwischen 1.800 Betroffene mit einer Alopecia areata gesammelt. „Das ist weltweit das größte Patientenkollektiv“, betont Betz nicht ohne Stolz.

Schon seit den 80er Jahren ist bekannt, dass bei der Erkrankung unter anderem der so genannte HLA-Komplex eine wichtige Rolle spielt. Das ist eine Genregion, die beim Menschen für die Erkennung „fremder“

Moleküle verantwortlich ist. Wenn die Unterscheidung zwischen „fremd“ und „selbst“ nicht richtig funktioniert, kann sich das Immunsystem gegen eigene Strukturen richten.

Regina Betz hat zusammen mit ihren Kollegen in den letzten Jahren bereits einige weitere Gene identifiziert, die zur Entstehung der Alopecia areata beitragen. Diese Suche wollen sie nun mit Hilfe des großen Patientenkollektivs ausweiten. Die DFG stellt dafür unabhängig von der Heisenberg-Professur Fördermittel zur Verfügung. „Damit ist es uns möglich, die Patienten mit der so genannten Chip-Technologie zu analysieren“, sagt die 40-Jährige. „Diese Technik erlaubt es, sich bei jedem Patienten gleichzeitig über eine Million Orte auf dem Genom anzuschauen.“

Alopecia areata ist eine genetisch komplexe Erkrankung: Es sind viele verschiedene Gene, die zu dem Krankheitsbild beitragen. Es gibt aber auch „monogene“ Formen des Haarausfalls, für die jeweils nur eine einzige Erbanlage verantwortlich ist. Ein Beispiel ist die Hypotrichosis simplex, die Regina Betz ebenfalls erforscht. „Wir untersuchen zudem weitere seltene Hypotrichose-Formen“, sagt sie. „Das Problem dabei: Die Zahl der Betroffenen ist häufig so

klein, dass wir mit den bisherigen Methoden keine neuen Krankheitsgene identifizieren können.“

Abhilfe verspricht die so genannte Exom-Sequenzierung. Mit dieser Methode lassen sich zu vergleichsweise geringen Kosten nahezu alle Gene eines Menschen analysieren. Mit ihrer achtköpfigen Arbeitsgruppe versucht die Heisenberg-Professorin derzeit, auf diese Weise mehreren Erbanlagen auf die Spur zu kommen, die für seltene Hypotrichose-Formen verantwortlich sind. „Wir beschränken uns aber nicht auf die Suche nach neuen Genen“, betont sie. „Wenn wir eine Erbanlage identifiziert haben, wollen wir auch herausfinden, was sie im Körper bewirkt. So hoffen wir, bisher unbekannte Stoffwechselwege aufzuklären, die für den Haarwuchs eine Rolle spielen. Das ist das eigentlich Spannende an unserer Arbeit.“

Enormer Leidensdruck

Mit diesem Verständnis, so die Hoffnung, könne man mittelfristig vielleicht neue Medikamente entwickeln. Denn so harmlos sich Haarausfall in Vergleich zu manch anderen Krankheiten anhören mag: Für die Betroffenen ist der Leidensdruck oft enorm. Sogar psychiatrische Störungen können die Folge sein. „Wir untersuchen momentan zusammen mit dem Zentralinstitut für Seelische Gesundheit in Mannheim, welche Menschen besonders unter dem Haarverlust leiden“, sagt Professor Betz. „Möglicherweise spielen auch hierbei bestimmte Erbanlagen eine wichtige Rolle.“

FL/FORSCH



Foto: Willée Cole, fotolia.com

KEIN PLATZ FÜR „INTELLIGENTEN DESIGNER“

Es ist eine der großen ungeklärten Fragen unserer Zeit: Wie entstanden vor rund 3,8 Milliarden Jahren aus einem Dutzend chemischer Elemente die ersten lebenden Zellen? Hatte dabei ein geheimnisvoller „intelligenter Designer“ seine Hand im Spiel? Zellbiologen, Physiker, Mathematiker, Philosophen und Theologen der Uni Bonn haben nun ein neues Buch zu dieser Frage vorgelegt. Darin erteilen sie dem „Intelligent Design“ als Konkurrenz zur Evolutionstheorie eine klare Absage.

Regina-Pacis-Weg 3: Wie lange müsste wohl ein Kleinkind auf der Computertastatur herumhämmern, um zufällig die Adresse des Hauptgebäudes der Uni Bonn zu Papier zu bringen? Man kann leicht ausrechnen, dass dazu selbst Milliarden von Jahren nicht einmal in Ansätzen reichen würden. Noch unwahrscheinlicher ist es, dass in den 4,6 Milliarden Jahren seit der Bildung der Erde auch nur eine einzige Aminosäure per Zufall entstehen konnte – geschweige denn ein so komplexes Molekül wie das Hämoglobin, eine Zelle oder gar ein ganzer Organismus. Auf diesem Argument fußt das Gedankengebäude des „Intelligent Design“, das gerade in den USA momentan enorm populär ist: Das Leben sei zu komplex, als dass es ohne lenkenden Eingriff einer intelligenten Macht hätte entstehen können.

Doch dieses Argument ist wenig stichhaltig, wie die Autoren des Buches „Lebensentstehung und künstliches Leben“ zeigen. Denn chemische Reaktionen gehorchen Regeln. „In atomaren und molekularen Strukturen stecken Informationen, die das rein Zufällige der Entstehung einschränken“, erklärt der Herausgeber Professor Dr. Volker Herzog. Es ist, als würde das Kind nicht auf der Tastatur eines Computers, sondern auf dem Bedienfeld eines Navigationsgerätes herumklimpern: Dort sind nur Eingaben erlaubt, die zu existierenden Adressen führen können. Auch wer gar nicht schreiben kann, kann mit so einem Gerät also nur korrekte Straßennamen produzieren. Dass dabei zufällig der Regina-Pacis-Weg entsteht, ist dann plötzlich gar nicht mehr so unwahrscheinlich.

Die Komplexität des Lebendigen spricht also nicht unbedingt dafür,

dass dabei ein Schöpfer seine Hand im Spiel hatte. Doch wie ist das Leben dann entstanden? Die Autoren zeichnen die enormen Fortschritte nach, die in dieser Frage bislang erzielt wurden. Selbst die Herstellung künstlichen Lebens erscheint heute in nicht allzu ferner Reichweite. Andererseits gebe es aber noch viele ungeklärte und möglicherweise unklare Geheimnisse des Lebendigen.

Lebensentstehung und künstliches Leben. Naturwissenschaftliche, philosophische und theologische Aspekte der Zellevolution. 410 Seiten. Die Graue Edition, 2010. ISBN 978-3-906336-56-5

ZENTRUM FÜR BIOÖKONOMIE-FORSCHUNG GEGRÜNDET

Es ist ein Projekt der Superlative: Über 1.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kooperieren seit kurzem in einem neuen Zentrum, dem Bioeconomy Science Centre (BioSC). Gemeinsames Ziel der europaweit einzigartigen Initiative: Die Forscher wollen eine Strategie entwickeln, mit der sich neue, auf biologischen Grundlagen basierende Produkte und Prozesse nachhaltig und umweltschonend etablieren lassen. Partner sind das Forschungszentrum Jülich, die Universitäten Bonn und Düsseldorf sowie die RWTH Aachen. Sie bündeln im BioSC die Kompetenzen von mehr als 50 ihrer Institute. Projektkoordinator in Bonn ist der Bodenkundler Professor Dr. Wulf Amelung.

Anlass für das Großprojekt ist unter anderem die demographische Entwicklung: Bis zum Jahr 2050 werden doppelt so viele Nahrungsmittel wie heute benötigt, um die Weltbevölkerung zu ernähren. Der Klimawandel wird deutlich spürbare Konsequenzen haben, und die Vorräte fossiler Rohstoffe werden weiter drastisch abnehmen. Nachwachsende Rohstoffe haben in dieser Situation eine Schlüsselfunktion für Ernährung, Produktionsprozesse und Energieversorgung. Zentrale Themen für das BioSC sind daher die nachhaltige Produktion von Pflanzen, neue Verfahren zur Verarbeitung von Biomasse und der Einsatz von Mikroorganismen zur Herstellung von Wertstoffen. Ebenso werden die Partner Fragen der

wirtschaftlichen Umsetzbarkeit und der gesellschaftlichen Akzeptanz bearbeiten.



Foto: Ian Hedge

PFLANZENATLAS AFGHANISTANS ERSCIENEN

Bonner Botaniker haben zusammen mit Kollegen aus Bielefeld und Gießen einen zweisprachigen Pflanzenatlas zu Afghanistan herausgegeben. Das 870 Seiten starke Werk erfasst erstmalig in dieser Breite die Pflanzenvielfalt des von Kriegen gebeutelten Landes. Die Bundesregierung hat zwischen Weihnachten und Neujahr damit begonnen, 4.500 Exemplare des Werkes kostenlos an Schulen und Universitäten in Afghanistan zu verteilen. Die Mittel dazu stammen vom Auswärtigen Amt, dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) und dem Sibbald Trust des Royal Botanic Garden Edinburgh.

Autoren des „Field Guide Afghanistan – Flora and Vegetation“ sind Professor Dr. Siegmund W. Breckle (Abteilung Ökologie, Uni Bielefeld), Dr. Daud Rafiqpoor (Nees-Institut, Uni Bonn) sowie Mitarbeiter der Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz. Rafiqpoor wurde in Kabul geboren. Ihm ist es maßgeblich zu verdanken, dass die Texte nicht nur in Englisch, sondern auch in der offiziellen afghanischen Landessprache Dari gehalten sind.

Afghanistan gilt weltweit als einer der Hotspots der Biodiversität: In dem Land am Fuße des Hindukusch kommen weit über 4.000 Pflanzenarten vor. Fast ein Drittel davon ist endemisch, also ausschließlich dort heimisch. Im „Field Guide Afghanistan“ werden über 1.200 Arten aus 137 Pflanzenfamilien mit Farbbildern dokumentiert. Dazu kommen Informationen zu ihrer Verbreitung, Ökologie und Nutzung. Kapitel zum Naturraum Afghanistan sowie ein ausführliches Glossar runden das Werk ab.

▲ Das Titelbild des „Field Guide Afghanistan“

"Die bessere Theorie wird sich durchsetzen"

Interview zur Existenz Dunkler Materie

▲ **Galaxien auf Crashkurs:** Der so genannte Bullet Cluster zeigt zwei Galaxienhaufen nach ihrem Zusammenprall. Durch den Crash wurde das Gas in den Galaxienhaufen abgebremst; es ist in der Abbildung pink eingefärbt. Hier sollte sich auch der größte Teil der normalen Materie befinden. Die Gravitationseffekte sind jedoch an den blau eingefärbten Stellen am höchsten. Viele Forscher sehen das als einen deutlichen Hinweis auf die Existenz Dunkler Materie.

Das Thema war zugkräftig: Über 300 Zuhörer besuchten im vergangenen November das Bethe-Kolloquium an der Uni Bonn zur Existenz der Dunklen Materie (s. Kasten). Das Interesse verwundert nicht, hat die Antwort auf diese Frage doch womöglich weit reichende Konsequenzen: Sollte es die mysteriöse Materieform nicht geben, müsste man unter anderem die Newtonsche Gravitationstheorie und die Einsteinsche Relativitätstheorie abändern. Die Debatte ist unter uni-bonn.tv als Podcast abrufbar. In unserem Interview zeichnen die Physiker Professor Dr. Pavel Kroupa und Professor Dr. Hans Peter Nilles die wichtigsten Argumente der Auseinandersetzung nach.

Herr Professor Nilles, welches ist für Sie das gewichtigste Argument, das die Dunkle-Materie-Hypothese stützt?

Nilles: Das ist der so genannte Mikrowellen-Hintergrund. 300.000 Jahre nach dem Urknall wurde das Universum kühl genug, dass sich Wasserstoff-Atome bilden konnten. Damit wurde das Universum auch transparent: Die Photonen, die zuvor mit den Elektronen ständigen Wechselwirkungen unterlagen, konnten sich plötzlich über weite Entfernungen bewegen. Diese Hintergrundstrahlung kann man bis heute sehen. Sie hat etwa drei Grad Kelvin. Ihre Temperatur ist jedoch nicht überall völlig gleich, sondern variiert je nach Blickrichtung:

Dort, wo die Materie 300.000 Jahre nach dem Urknall dichter war, ist die Hintergrundstrahlung heute noch um ein hunderttausendstel Kelvin höher. Anhand der Verteilung und Stärke die-

ser Unterschiede kann man messen, wie groß der Anteil Dunkler Materie im Universum ist.

Ich finde diesen Punkt deshalb so überzeugend, weil die Temperaturfluktuation durch das Standardmodell des Universums – das ja die Dunkle Materie beinhaltet – vorhergesagt wurde.

Kroupa: Es gibt jedoch andere Vorhersagen durch das Standardmodell, die nicht stimmen. Die Theorie muss aber in sich schlüssig sein.

Herr Professor Kroupa, eine der Vorhersagen, die Sie ansprechen, ist die Zahl und Verteilung der so genannten

Dunkle Materie

Galaxien rotieren so schnell, dass die Sterne in ihnen eigentlich aufgrund der Fliehkraft auseinander getrieben werden müssten. Das hat die Physikerin Vera Rubin schon vor 40 Jahren bei Untersuchungen des Andromeda-Nebels festgestellt. Eine rätselhafte Kraft scheint das jedoch zu verhindern. Viele Forscher vermuten daher, dass die so genannte Dunkle Materie aufgrund ihrer Masseanziehung die Galaxien

zusammenhält. Laut Theorie soll die „normale“ Materie gerade einmal 4 Prozent der Gesamtmaterie im Universum ausmachen, dunkle Materie dagegen 25 Prozent (der Rest – gut 70 Prozent – besteht demnach aus der ebenso rätselhaften Dunklen Energie; nach der berühmten Einsteinschen Formel $E = mc^2$ hat jede Energie ein Masseäquivalent). Bislang hat jedoch niemand den mysteriösen Sternenkitt tatsächlich nachweisen können.

Satellitengalaxien in unserer Muttergalaxie, der Milchstraße.

Kroupa: Das ist nur einer von einer ganzen Reihe von Punkten, wo das Standardmodell nicht funktioniert...

Nilles: Diese Kritik bezieht sich auf Beobachtungen auf kleinen Skalen, also kleinräumige Strukturen. Meiner Meinung nach gibt es aber auf kleinen Skalen gar keine verlässliche Vorhersage des Standardmodells. Simon White hat das Modell auf dem Kolloquium mit dem Wetterbericht verglichen: Kein Meteorologe kann heute vorhersagen, ob es in drei Wochen in Troisdorf schneien wird.

Kroupa: Diese Wetterberichts-Analogie funktioniert nicht. Wir sind auf einem ganz anderen Niveau: Das Modell sagt voraus, dass es in der Sahara schneien wird. Und zwar nicht einmal, sondern immer wieder.

Nilles: Gehen wir weg von diesem Bild. Was ich einfach behaupte: Heute kann kein Mensch anhand des Standardmodells ausgehend von den Anfangsbedingungen, die wir kennen, verlässliche Aussagen auf Galaxien- oder sogar Subgalaxien-Niveau machen.

Sie meinen also, dass die Simulationen bei diesem Detailgrad versagen?

Nilles: Bis zum Niveau von Galaxienclustern mag das noch gehen. Aber irgendwann ist der Punkt erreicht, wo ich den Personen, die diese Simulationen machen, einfach glaube, dass man das nicht mehr verlässlich rechnen kann.

Kroupa: Das kann man sehr wohl. Gerhard Hensler aus Wien hat simuliert, wie das Universum auf kleinen Skalen im Standardmodell aussehen müsste. Wir haben uns die Ergebnisse bis ins Detail angesehen und mit tatsächlichen Beobachtungen verglichen. Und da gibt es riesige Diskrepanzen. Die Berechnungen basieren übrigens auf den weithin anerkannten Simulationen des Max-Planck-Forschers Volker Springel.

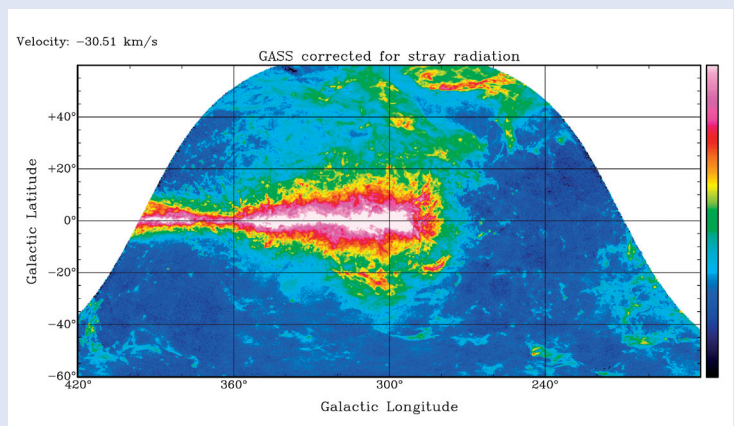
Nilles: Der sagt aber selbst, seine Daten seien auf diesem Niveau nicht mehr verlässlich. Und das ist kein Problem des Modells an sich, sondern es bedeutet einfach, dass wir es nicht rechnen können.

Kroupa: Wir können es rechnen. Wir sehen da keine signifikanten Probleme. Außerdem geht es nicht nur um

NEUE „BONNER DURCHMUSTERUNG“

Bonner Radioastronomen haben das vom Südhimmel aus sichtbare Wasserstoffgas in der Milchstraße kartiert. Die „Bonner Durchmusterung“ präzisiert die Daten einer ähnlichen Studie, die dieselben Forscher 2005 vorgelegt hatten. Die damalige Wasserstoff-Kartierung hat inzwischen hunderte wissenschaftlicher Publikationen von Physikern auf der ganzen Welt nach sich gezogen. Die jetzt vorgelegten Messungen lassen auf einen

peratur und Geschwindigkeit der Gaswolken in der Milchstraße. Dabei hilft den Wissenschaftlern der so genannte Doppler-Effekt. Er sorgt dafür, dass sich die Wellenlänge des Wasserstoffgases bei Bewegung leicht verändert: Wenn sich das Gas von uns wegbewegt, nimmt die Wellenlänge zu – die Wasserstofflinie liegt dann beispielsweise bei 21,5 Zentimetern. Im umgekehrten Fall nimmt die Wellenlänge ab. Gleichzeitig ist die Wasserstofflinie ein gutes Thermometer: In heißem Gas kommt es nämlich zu



◀ Die Verteilung des Wasserstoffgases der Milchstraße beobachtet mit dem 64-Meter-Parkes-Teleskop in Australien. Blau markiert Regionen mit den geringsten Wasserstoffmengen, weiß solche mit den höchsten.

ähnlichen Ertrag hoffen: Sie übertreffen die Daten von 2005 erheblich an Empfindlichkeit und Detailreichtum.

Wasserstoff ist das häufigste Element im All. Es entstand direkt nach dem Urknall und bestimmt die Entwicklung des gesamten sichtbaren Universums. Für das menschliche Auge ist das häufigste Element im Weltraum unsichtbar. Wasserstoff leuchtet jedoch kräftig im Radiobereich, bei einer Wellenlänge von 21 Zentimetern. Diese berühmte „21-Zentimeter-Linie“ lässt sich auf der Erde mit großen Parabolantennen auffangen. Genau das haben die Bonner Radioastronomen zusammen mit australischen Kollegen gemacht: Vom Radioteleskop in Parkes/Australien aus haben sie für den gesamten Südhimmel die 21-Zentimeter-Linienemission unserer Milchstraße vermessen. Die Datenverarbeitung fand dann unter Bonner Federführung statt.

Die Ergebnisse des „Galactic All Sky Survey“ (GASS) versprechen reichen Ertrag. So erlaubt die Wasserstofflinie Rückschlüsse auf Tem-

Turbulenzen – je heißer, desto stärker. Diese Verwirbelungen sorgen dafür, dass sich Teile der Wasserstoff-Wolke auf uns zu, andere Teile jedoch gleichzeitig von uns weg bewegen. Durch den Doppler-Effekt „verschmiert“ die 21-Zentimeter-Linie daher: Sie verwandelt sich in eine Art Dreieck, das an seiner Basis umso breiter wird, je heißer die entsprechende Wolke ist.

Mit einem Antennendurchmesser von 64 Metern ist das australische Parkes-Radioteleskop das größte seiner Art auf der Südhalbkugel. In Kürze werden die Wissenschaftler ihre Messungen auf den Nordhimmel ausweiten. Dazu nutzen sie das Effelsberg-Teleskop, das mit 100 Metern Durchmesser noch einmal deutlich größer ist. „Diese 21-Zentimeter-Durchmusterungen sind Meilensteine der radioastronomischen Forschung“, sagt Dr. Peter Kalberla vom Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn. „Noch niemals zuvor wurden die weltgrößten Radioteleskope gemeinsam genutzt, um die Milchstraße und ihre Umgebung vollständig zu erforschen.“

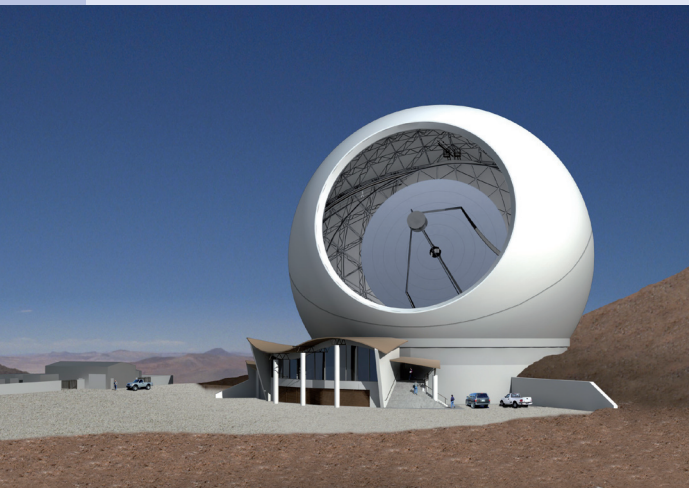


Foto: Cornell Universität & Caltech

▲ So soll das CCAT bei seiner Fertigstellung im Jahr 2016 aussehen.

UNI BONN AN TELESKOPBAU IN CHILE BETEILIGT

Die chilenische Atacama-Wüste gilt als trockenster Ort der Welt: In einem Jahr fällt hier im Schnitt gerade einmal soviel Niederschlag wie im Nord-amerikanischen Death Valley in einer einzigen Woche. Das Gebiet erstreckt sich bis in Höhen von mehr als 6.000 Metern.

Hier soll bald das höchst gelegene astronomische Messgerät der Welt entstehen: das Cerro Chajnantor Atacama Telescope (CCAT). An der Konstruktion des Observatoriums sind auch Astrophysiker der Universität Bonn beteiligt. Grund für die Standortwahl: Die dünne, trockene Luft in der Atacama-Wüste lässt Strahlung aus dem All im für viele astronomische Beobachtungen wichtigen Wellenlängenbereich 0,2 bis 2 mm nahezu ungehindert passieren. Dank der niedrigen Temperaturen gibt es zudem kaum thermisch bedingte Verwirbelungen in der Atmosphäre, die den Blick auf den Nachthimmel verzerren würden.

Das geplante Spiegelteleskop wird einen Durchmesser von 25 Metern haben und soll bis spätestens 2016 in einer Höhe von 5.600 Metern errichtet werden. Geleitet wird das Projekt von der US-amerikanischen Cornell-Universität sowie dem California Institute of Technology (Caltech). Die Universitäten Bonn und Köln haben kürzlich in einem Kooperationsvertrag in Aussicht gestellt, zehn Prozent der Bau- und Betriebskosten zu übernehmen. „Wir werden aber auch unser Know-how einbringen“, erklärt Professor Dr. Frank Bertoldi vom Bonner Argelander-Institut für Astronomie. „Gemeinsam mit un-

seren Kölner Kollegen sind wir beispielsweise an der Entwicklung der hochpräzisen Spiegelflächen beteiligt.“ Keine leichte Aufgabe: Die hochreflektiven Paneele müssen extrem genau gefertigt und gleichzeitig vergleichsweise leicht sein. Die Bonner und Kölner Forscher führen dazu mit der Duisburger Firma Vertex Antennentechnik gerade eine Designstudie durch. „Wir setzen auf Aluminium mit modernen Kohlefaser-Verbundstoffen, die praktisch keiner thermischen Ausdehnung unterliegen“, erläutert Bertoldi. „Damit lassen sich Fertigungsgenauigkeiten realisieren, wie sie bei einem solch großen Teleskop noch nie erreicht wurden.“

Das CCAT Teleskop spielt in der mittel- und langfristigen Perspektive eine wichtige Rolle in dem neuen SFB 956 „Conditions and Impact of Star Formation – Astrophysics, Instrumentation and Laboratory Research“, an dem Forscher der Kölner Universität, der Universität Bonn und des MPI für Radioastronomie in Bonn beteiligt sind.

WELTGRÖSSTES NEUTRINO-TELESKOP FERTIGGESTELLT

Nach knapp sechs Jahren Bauzeit und einem Jahrzehnt Vorbereitung wurde im Dezember das Neutrino-Teleskop „IceCube“ fertiggestellt. Forscher der Universität Bonn sind an dem Riesenprojekt beteiligt. Der größte Teilchendetektor der Welt besteht aus einem Kubikkilometer Eis, das mit höchstempfindlichen Lichtsensoren durchsetzt ist. Sie fangen die Spuren von Neutrinos aus dem Weltall auf, um durch diese Himmelsboten Informationen über weit entfernte Galaxien zu erhalten. Neutrinos werden oft als Geisterteilchen bezeichnet, da sie quasi unbemerkt große Mengen Materie durchdringen können.

IceCube ist im tiefen Eis unter der US-amerikanischen Amundsen-Scott-Station am geographischen Südpol installiert. Der Detektor besteht aus 86 Kabeltrossen, an denen in Tiefen zwischen 1,45 und 2,45 km jeweils 60 Glaskugeln angebracht sind. Die Löcher, in die die Kugeln herabgelassen wurden, wurden mit 80°C heißem Wasser ins Eis geschmolzen. Die Kugeln umschließen hochempfindliche Lichtsensoren, die das

schwache bläuliche Leuchten auffangen, das bei Neutrinoreaktionen entsteht. Milliarden dieser "Geisterteilchen" prasseln pro Sekunde auf jeden Quadratzentimeter der Erdoberfläche. Die meisten von ihnen durchdringen die Erde, ohne mit einem einzigen Atom zu kollidieren. Weil sie kaum mit anderer Materie in Wechselwirkung treten, können sie praktisch ungestört weite Strecken im All zurücklegen. Das macht sie zu einzigartigen kosmischen Boten.

IceCube sucht nach Neutrinos aus Quellen, die Tausende bis Milliarden von Lichtjahren entfernt sind. Zu den Forschungsobjekten zählen schwarze Löcher, die im Zentrum von Galaxien sitzen und Materie wie in einem Mahlstrom in sich hineinziehen. Auch versprechen sich die Forscher Aufschluss über die rätselhafte Dunkle Materie, die unser Universum erfüllen soll, aber bisher nicht identifiziert werden konnte (s. Interview S. 16).

An der Uni Bonn entwickeln Forscher eine neuartige Methode, die die Sensitivität von IceCube für Neutrinos von Supernova-Explosionen steigert. Der Leiter der Arbeitsgruppe experimentelle Astroteilchenphysik am Physikalischen Institut Professor Dr. Marek Kowalski erklärt: „Dazu analysieren wir am Südpol mit Computerprogrammen rund um die Uhr die aufgezeichneten Daten. Finden wir eine statistisch auffällige Häufung, senden wir die Himmelskoordinaten, aus denen die Neutrinos aufgefangen wurden, an ein Netzwerk von optischen Teleskopen sowie den Röntgensatelliten SWIFT. Diese beobachten dann für uns die entsprechenden Himmelsregionen. Lässt sich in den Bildern eine Supernova identifizieren, haben wir mit großer Sicherheit die Neutrinoquelle gefunden.“

Das Projekt wird von einem internationalen Konsortium unter Führung der US-amerikanischen National Science Foundation (NSF) betrieben. Die NSF hat auch den größten Teil der Baukosten von 279 Mio. US-Dollar übernommen. Der deutsche Beitrag von etwa 18 Millionen Euro wurde durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, der Helmholtz-Gemeinschaft, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und über die Grundausrüstungen der beteiligten Universitäten finanziert.

eine Satellitengalaxie auf einer Skala von ein paar hundert Parsec. Diese Diskrepanzen zeigen sich bis zu einer Größenordnung von acht Millionen Parsec. Das ist längst nicht mehr kleinskalig.

Ein Punkt, der für die Existenz Dunkler Materie zu sprechen scheint, sind die so genannten Rotationskurven der Galaxien: Eigentlich sollten sich die Sterne am Rand einer Galaxie langsamer bewegen als in Zentrumsnähe, weil sie sonst durch die Fliehkraft aus der Galaxie getrieben würden. Das ist aber nicht der Fall. Es scheint also eine zusätzliche Quelle der Gravitationsanziehung zu geben, die das verhindert.

Nilles: Dieser Effekt wird durch die kalte Dunkle Materie zumindest qualitativ gut beschrieben: Nämlich dadurch, dass man mehr Materie im Zentrum der Galaxie hat, als man sieht. Die Alternative ist, dass man die Newtonschen Gravitationsgesetze so abändert, dass die Kurven passen. Das ist aber keine Theorie; sie erlaubt keine Vorhersagen.

Kroupa: Es tut mir Leid, aber das ist eine falsche Aussage. In der MOND-Theorie (der modifizierten Newtonschen Dynamik, die Red.) wird eine einzige Naturkonstante an einer einzigen Galaxie geeicht. Und damit kann man die Rotationskurven Hunderter anderer Galaxien vorhersagen. Mach das mal mit kalter Dunkler Materie. Das kannst du nicht.

Nilles: Grund ist, dass es verschiedene Annahmen gibt, wie die Dunkle Materie im Universum verteilt ist. Und niemand weiß, welche richtig oder falsch ist.

Setzt die Physik, wie Herr Kroupa behauptet, momentan zu sehr auf ein Pferd? Er sagt ja beispielsweise, dass die Vertreter von Alternativtheorien nicht genügend Beobachtungszeiten bekommen, um ihre These überprüfen zu können.

Nilles: Dieses Argument ist nicht naturwissenschaftlich. Klar ist, wir stehen in der Wissenschaft in einem gewissen Wettbewerb. Dennoch wird sich die Theorie durchsetzen, die besser ist.

Kroupa: Wer Alternativen vorschlägt, riskiert aber seine Karriere.

Nilles: Es gibt keine Alternative, die auf allen Skalen funktionieren würde.

Kroupa: Doch, die gibt es. Zum Beispiel kann man die Struktur der anfangs angesprochenen Hintergrundstrahlung auch in MOND erklären, wenn man die Existenz eines bestimmten Teilchens postuliert, des sterilen Neutrinos...

Nilles: ...was nichts anderes ist als heiße Dunkle Materie. Du führst damit ein weiteres Teilchen ein und hast noch keine einzige Vorhersage gemacht.

Kroupa: Es bleibt die Tatsache: Es gibt ein Alternativmodell, das die Hintergrundstrahlung erklärt. Darin redet man allerdings von Feldern und nicht von Teilchen, auch wenn das praktisch sicher synonym ist.

Nilles: Dann sag mir mal, wie du damit die großräumige Verteilung der Galaxien erklären willst. Mit heißer Dunkler Materie?

Was ist heiße Dunkle Materie? Und wie unterscheidet sie sich von kalter?

Nilles: Heiße Dunkle Materie besteht aus leichten Teilchen, zum Beispiel Neutrinos, die so leicht und schnell sind, dass sie anders als kalte Dunkle Materie keine "Klumpen" bilden. Sie können also nicht als Kondensationskeim für die sichtbare Materie dienen. Laut Standardmodell können sie daher nicht die großräumige Verteilung der Galaxien erklären, die wir heute beobachten.

Kroupa: Immerhin lässt sich damit möglicherweise ein Aspekt klären, der im Standardmodell gar nicht verstanden wird: Nämlich dass die so genannten Voids – astronomische Strukturen mit wenig Materie – viel zu leer sind. Das ist ein ernstes Problem für die Standardtheorie. Eines ist klar: Astronomisch ist die kalte Dunkle Materie als relevantes Teilchen ausgeschlossen.

Nilles: Nein. Dem widerspreche ich einfach. Und dem widersprechen 95 Prozent deiner Kollegen. Noch einmal: Das Standardmodell hat Vorhersagen gemacht. Und diese Vorhersagen haben sich bewahrheitet. Und jetzt gibt es zugegebenermaßen gewisse Strukturen, bei denen es Fragen gibt. Nun kann man sich die Frage stellen: Sind das Newtonsche Gesetz und die allgemeine Relativitätstheorie falsch? Ich stelle sie mir nicht. Ich würde sie nur aufgeben, wenn es was Besseres gäbe.

Man kann natürlich bei kleinräumigen Strukturen sagen: Hier habe

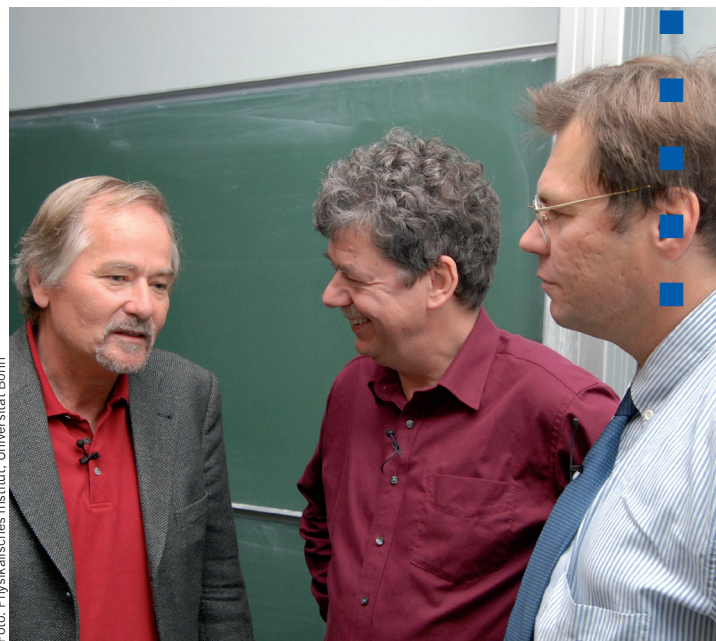


Foto: Physikalisches Institut, Universität Bonn

ich eine Alternative, die besser funktioniert. Aber es fehlt der Test, die Vorhersage des Alternativmodells, von der man sagen kann: Wenn sie eintritt, dann haben wir gezeigt, dass wir Recht haben.

Kroupa: Dazu brauchen wir jemanden, der das berechnet. Und daran scheitert es momentan.

Eine Beobachtung neueren Datums bezieht sich auf das so genannte Bullet Cluster – das sind zwei kollidierende Galaxienhaufen. Dort scheint sich das Zentrum der Gravitationsanziehung an einer ganz anderen Stelle zu befinden als die sichtbare Materie. Spricht das nicht doch für Dunkle Materie, Herr Kroupa?

Kroupa: Es gibt eine relativistische Formulierung von MOND – also eine Form, die auch die allgemeine Relativitätstheorie beinhaltet –, die den Bullet Cluster schön erklärt. Allerdings muss man dazu in der Tat etwas heiße Dunkle Materie einführen.

Nilles: Jetzt mal im Klartext: Es gibt also doch Dunkle Materie?

Kroupa: In dem eben beschriebenen Modell – von dem ich nicht weiß, ob es stimmt – braucht man heiße Dunkle Materie. Und dieses Szenario ist ebenso konsistent wie das Standardmodell: Wenn man sich andere Galaxienhaufen ansieht, braucht man dort laut dieser Alternativtheorie auch heiße Dunkle Materie mit exakt denselben Eigen-

▲ Auf dem Bethe-Kolloquium im November diskutierten Professor Dr. Simon White (Mitte) und Professor Dr. Pavel Kroupa (rechts) über die Existenz Dunkler Materie. Der Podcast zu der von Professor Dr. Hans Peter Nilles (links) moderierten Veranstaltung verzeichnet bis heute enorm hohe Zugriffszahlen.



Foto: Physikalisches Institut, Universität Bonn

▲ Professor Dr. Pavel Kroupa hält die Theorie der modifizierten Newtonschen Dynamik (MOND) für die heute beste Beschreibung von Galaxien.

schaften. Das wurde publiziert. Und natürlich ignoriert.

Nilles: Für mich ähnelt MOND der Epizykel-Theorie im ptolemäischen Weltbild: Dort hat man immer, wenn eine Ungereimtheit auftrat, etwas Neues eingeführt, um das zu erklären.

Kroupa: Welche Epizykeln hat man eingefügt? Sag das mal ganz konkret.

Nilles: Also: die Newtonsche Gravitation ist falsch.

Kroupa: Das ist kein Epizykel, das ist eine Beobachtung.

Nilles: Daraus folgt: Die allgemeine Relativitätstheorie ist falsch; man muss zwei neue Teilchen einführen, um MOND relativistisch zu formulieren. Man muss zudem ein steriles Neutrino einführen – was de facto Dunkle Materie ist, nur eben heiße! –, um die Fluktuationen der Hintergrundstrahlung zu erklären. Und dann kann man immer noch nicht die großräumige Verteilung der Materie im Universum erklären.

Das erste Argument von MOND war: Man will kein neues Teilchen einführen, also ändert man die fundamentalen Gesetze. Nun stelle ich fest, dass man schon drei neue Teilchen eingeführt hat, nur um das eine Teilchen zu verhindern.

Wie kann man die Frage nach der Existenz Dunkler Materie entscheiden?

Nilles: Eine mögliche Form der Dunklen Materie sind die so genannten "WIMPs" (Weakly Interacting Massive Particles, zu deutsch „schwach wechselwirkende massereiche Teilchen“, die Red.). Das sind stabile neutrale Teilchen, die sich im frühen Universum gebildet haben. Es gibt nun theoretische Modelle, die Vorhersagen für ein solches schweres Teilchen treffen. Demnach müsste man in dem neuen LHC-Beschleuniger am CERN in Genf derartige WIMPs erzeugen können.

Außerdem gibt es Experimente, mit denen man versucht, bisher unentdeckte Teilchen aus dem All nachzuweisen. Die eingesetzten Detektoren sind bislang allerdings noch nicht empfindlich genug. In fünf bis zehn Jahren sollte man jedoch in Bereiche vorstoßen, in denen das WIMP zu finden sein sollte.

Wenn ich nun im LHC ein Teilchen erzeuge, das Dunkle Materie sein könnte, kenne ich seine Eigenschaften. Ich weiß also genau, wonach ich unter den Teilchen, die aus dem All auf uns einprasseln, suchen muss. Würde tatsächlich etwas gefunden, wäre das eine Sache, an der Kritiker der Dunklen Materie schlecht vorbei kämen. Könnten wir dagegen kein entsprechendes Teilchen aufspüren, wäre das ein gutes Argument gegen die Dunkle Materie.

Herr Kroupa, was wäre denn eine Beobachtung, die zeigen würde, dass Ihre Theorie falsch wäre?

Kroupa: Sie verstehen mich falsch. Ich habe noch keine eigene Theorie. Ich möchte die Entwicklungsgeschichte der Milchstraße im Rahmen des Standardmodells verstehen. Und dabei finde ich, dass das Modell ganz gravierend versagt. Ich sehe nicht, dass es überhaupt noch physikalische Argumente gibt, um das Standardszenario mit den Beobachtungen in Einklang zu bringen. Und diese Probleme verschwinden nicht, wenn man ein Teilchen findet.

Im Standardmodell kann man das lokale Volumen nicht verstehen. Das ist für mich Vergangenheit. Ich schaue mich also um, welche Alternativen momentan "am Markt" sind, wenn man so will. Und darunter ist die heute beste Beschreibung von Galaxien die von Mordehai Milgrom, der MOND vorgeschlagen hat. Das sind die Keplerschen Gesetze für Galaxien. Das ist zumindest, was die Empirie hergibt. Die dahinter liegende Theorie der Gravitation kennen wir noch nicht – ebenso wenig, wie Keplers Zeitgenossen die Newtonschen Gravitationsgesetze kannten.

FL/FORSCH

SAG MIR, WO DIE STERNE SIND

Im Universum entstehen rund um die Uhr neue Sterne – in der Milchstraße sind es momentan etwa zehn pro Jahr. Diese Geburtenrate schwankt; früher lag sie teilweise um ein Vielfaches höher. Aus den Werten in der Vergangenheit lässt sich im Prinzip berechnen, wie bevölkert das All heute sein müsste. Das Problem: Die Ergebnisse derartiger Kalkulationen stimmen nicht mit den tatsächlichen Beobachtungen überein. „Eigentlich müsste es viel mehr Sterne geben, als wir tatsächlich sehen“, sagt der Astrophysiker Dr. Jan Pflamm-Altenburg vom Argelander-Institut für Astronomie der Uni Bonn.

Seit Jahren suchen Astronomen weltweit nach einer plausiblen Erklärung für diese Diskrepanz. Zusammen mit Dr. Carsten Weidner von der schottischen St. Andrews University scheinen Dr. Pflamm-Altenburg und

der Bonner Astrophysik-Professor Dr. Pavel Kroupa nun des Rätsels Lösung gefunden zu haben: Vermutlich hat man die „Geburtenraten“ bislang einfach zu hoch eingeschätzt. Ganz so simpel, wie sich diese Antwort anhört, ist sie aber nicht: Der Schätzfehler schlägt nämlich wohl nur in Zeiten besonders hoher Sternenproduktion zu. Die Forscher haben die Geburtenraten nach den Vorhersagen ihrer so genannten „stellar crowding“-Theorie korrigiert. Mit ermutigendem Ergebnis: Sie kamen dadurch tatsächlich auf die Sternenzahl, die man heute sieht.

STARTHILFE FÜR DIE QUANTEN-KOMMUNIKATION

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) möchte die Anwendung von Quantentechnologien in der Informationstechnik vorantreiben. Dazu hat es jetzt rund 13

Millionen Euro für insgesamt vier Verbundprojekte zur Verfügung gestellt. Rund 500.000 Euro fließen an das Institut für Angewandte Physik der Universität Bonn.

Heutige Chip-Technologien nutzen zum Rechnen die beiden klassischen Bitzustände 0 und 1. „In der Quantenwelt gibt es die Möglichkeit, diese Zustände zu überlagern“, erklärt der Bonner Physiker Professor Dr. Dieter Meschede: „Ein Bit ist dann gewissermaßen gleichzeitig zu einem gewissen Teil im Zustand 0 und zu einem anderen Teil im Zustand 1.“

Mit diesen „Überlagerungszuständen“ könnten sich z. B. Nachrichten abhörsicher übertragen oder Messgenauigkeiten weiter steigern lassen. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Quantenrepeaters, der die Übertragung abhörsicherer Nachrichten über große Entfernungen ermöglicht.

Der Mess-Minimalist

Bonner Mathematiker erhält ERC Starting Grant

Professor Dr. Holger Rauhut kann sich freuen: Das „European Research Council“ (ERC) hat ihm Fördergelder für ein anspruchsvolles Forschungsvorhaben zugesagt. Rund eine Million Euro fließen in den nächsten fünf Jahren an den Mathematiker. Mit den Mitteln dieses „ERC Starting Grants“ möchte er unter anderem nach neuen Möglichkeiten suchen, aus minimal wenigen Messwerten komplexe Daten zu rekonstruieren. Davon könnten beispielsweise medizinische Tomographieverfahren oder Radarsysteme profitieren.

Digitalkameras mit 10, 12, 16 Megapixeln? Völlig überholt! An der Rice-University im texanischen Houston haben Physiker vor vier Jahren eine Kamera konstruiert, die mit einem einzigen Pixel auskommt. Das Spannende daran: Sie schießt damit erstaunlich scharfe Bilder (Beispiele gibt es unter <http://dsp.rice.edu/cs-camera>). Die US-Forscher arbeiten auf einem Forschungsgebiet, das unter Mathematikern momentan en Vogue ist wie kaum ein zweites: dem „Compressive Sensing“. Der Begriff bezeichnet die Kunst, aus möglichst wenigen Messpunkten ein möglichst exaktes Bild der Realität zu rekonstruieren.

Professor Dr. Holger Rauhut hat Algorithmen entwickelt, die das ziemlich gut können. Er sitzt in seinem Eckbüro im vierten Stock des Bonner Hausdorff-Zentrums für Mathematik und holt mit ein paar Mausklicks ein Beispiel auf den Bildschirm: Ein kompliziertes Tonfrequenzspektrum, das er aus nur 25 Messwerten exakt rekonstruieren konnte. „Normalerweise misst man erst und komprimiert die gewonnenen Daten danach“, sagt er. „Wir versuchen dagegen, direkt ‚komprimiert‘ zu messen.“

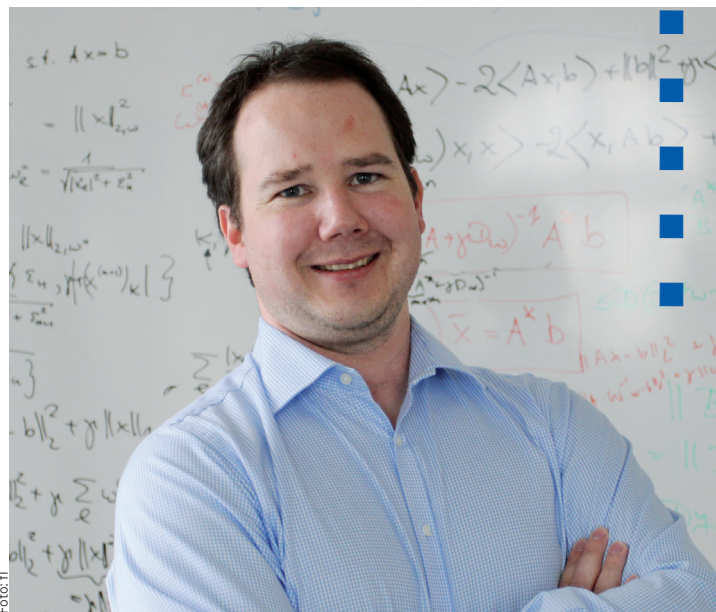
Weniger messen anstatt viel wegwerfen

Kameras beispielsweise speichern ihre Fotos meist als jpg-Dateien. Dabei werfen sie 90 Prozent der aufgezeichneten Informationen einfach weg. Die Unterschiede zum Original sind dennoch kaum wahrnehmbar: Jedes Foto hat Bereiche, die fast keine Informationen enthalten – farbige Flächen wie den blauen Himmel zum Beispiel. Man könnte stattdessen auch einfach nur zehn Prozent der

Daten aufzeichnen. Genau so funktioniert die Kamera der Rice-Universität: Sie macht nicht ein Einzelfoto, das sich aus zehn Millionen Punkten zusammensetzt. Stattdessen nimmt sie hintereinander einige tausend Ein-Pixel-Fotos auf. Daraus rekonstruiert sie dann das Originalbild.

Und zwar nicht etwa, indem sie zwischen den Einzelaufnahmen interpoliert. Das Ganze funktioniert nach einem komplett anderen Prinzip: Das Bild wird über tausende von Mikrosiegeln auf eine lichtempfindliche Fotodiode gebündelt. Dabei schaltet die Software jedoch einen Teil der Spiegel blind. Wie viele und welche, wechselt von Aufnahme zu Aufnahme nach dem Zufallsprinzip. Damit variiert auch die Lichtmenge, die der Pixelsensor empfängt. Aus dieser Variation und der Information, welche der Mikrosiegel zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt blind waren, lässt sich das Originalbild rekonstruieren. Das klappt umso besser, je mehr Messungen der Algorithmus auswerten kann.

Die Ein-Pixel-Kamera ist der Beweis, dass Compressive Sensing bei der Aufnahme von Bildern überhaupt funktioniert. Für herkömmliche Digitalknipsen ist sie dagegen keine Konkurrenz: Sie benötigt für ein einziges Foto aus mehreren tausend Einzelaufnahmen einige Minuten. Das reicht, um eine Eiche bei Windstille zu fotografieren. Doch schon vor dem Sonntagsausflug einer Schnecke muss das Gerät kapitulieren. „Compressive Sensing lohnt sich vor allem, wenn der Messprozess sonst sehr lange dauern würde oder mit hohen Kosten verbunden wäre“, erklärt Professor Rauhut. So soll beispielsweise eine Tomographie nicht zu lange



dauern, da der Aufenthalt in der engen „Röhre“ viele Patienten belastet. Auch wenn für die Erfassung und Komprimierung der Daten vor Ort wenig Rechenleistung zur Verfügung steht, ist es besser, wenn nur wenige Messwerte anfallen.

„Ich werde mit den ERC-Geldern keine Kamera bauen“, betont Rauhut. „Mich interessiert vor allem die Mathematik, die dem ‚Compressive Sensing‘ zugrunde liegt. Ein Kernpunkt dabei ist der mathematische Beweis, unter welchen Bedingungen und wie effizient diese Verfahren funktionieren.“ Der 36-Jährige möchte die bestehenden Algorithmen weiter entwickeln, so dass sie sich beispielsweise auch auf Radarsysteme anwenden lassen. Außerdem will er das Prinzip auf völlig andere Bereiche ausdehnen. Ein Beispiel sind mathematische Funktionen mit sehr vielen Variablen. „Ich möchte versuchen, darunter die wenigen wirklich wichtigen Parameter zu identifizieren, ohne viel über die Funktion als solche wissen zu müssen“, sagt er. Derartige komplexe Funktionen treten beispielsweise in der Wettervorhersage oder bei ökonomischen Simulationen auf.

Mathematisch sind das sehr anspruchsvolle Themen. Rauhut wird diese Aufgabe allerdings nicht alleine schultern: Er will mit der Fördermillion aus Brüssel für die kommenden fünf Jahre einen Postdoktoranden und zwei Doktoranden finanzieren.

FL/FORSCH

▲ Professor Dr. Holger Rauhut will nach neuen Möglichkeiten suchen, aus minimal wenigen Messwerten komplexe Daten zu rekonstruieren.