

„Freiheit ist nie hemmungsloser Egoismus“

Freiheit – was ist das? Kein bindungsloses „Ich“, sondern eine funktionierende Gemeinschaft, ist Dr. Dr. Udo Di Fabio überzeugt. Der Bonner Professor für Öffentliches Recht tauscht sein Jackett regelmäßig gegen die traditionelle rote Robe eines Bundesverfassungsrichters im 2. Senat in Karlsruhe. Außerdem ist er u. a. Autor des vieldiskutierten Buches „Die Kultur der Freiheit“. Zwischen zwei Vorlesungen nahm er sich für die forsch-Redaktion Zeit zu einem Gespräch.

Herr Professor Di Fabio, Sie haben einmal die Befürchtung geäußert, Freiheit könne sich durch ein falsches Verständnis selbst gefährden. Wie meinen Sie das?

Zur Freiheit gehört, sich nach eigenem Gutdünken verhalten zu können. Wenn man allerdings Freiheit nur versteht als „ich kann tun und lassen, was ich will“, dann macht man es sich zu einfach. Denn das hieße ja: Je weniger Bindung, desto freier.

In Artikel 2 Absatz 1 unserer Verfassung steht etwas anderes, etwas Positives: Jeder hat das Recht auf die freie Entfaltung seiner Persönlichkeit. Gemeinschaften wie Ehe und Familie, Parteien, Vereine, Kirchen oder Bürgerinitiativen stützen die freie Entfaltung der Persönlichkeit. Daher ist das Grundgesetz solchen Gemeinschaften

gegenüber grundsätzlich positiv eingestellt.

Aber bedeutet Teil einer Gemeinschaft zu sein nicht auch einen Verlust an Freiheit? Als Ehepartner muss man Rücksicht nehmen auf die Familie; als Mitgliedstaat der EU bindet man sich an europäisches Recht.

Wer so argumentiert, interpretiert Freiheit vielleicht zu sehr verkürzt als eine Art Libertinage, als Glück der Befreiung von allen Zwängen und Verpflichtungen. Befreiung ist dort das alles beherrschende Thema, wo Freiheit unterdrückt wird. In einer freien Gesellschaft muss auch mal die Frage erlaubt sein: Freiheit wozu? Wenn ich mich entscheide, eine Ehe einzugehen, ein Unternehmen zu gründen, ist das

zunächst eine Restriktion, die aber dann einen neuen Raum des Lebens und Erlebens erschließt: Der Mensch entwirft sich aus eigenem Willen hinein in eine von ihm und anderen gestaltete soziale Gemeinschaft. So entstehen ganz neue Räume für die freie Entfaltung der Persönlichkeit.

Und wenn sich die Ehepartner auseinander leben?

Dafür gibt es in der freiheitlichen Gesellschaft ebenfalls Lösungen, bei der Ehe die Scheidung, bei der Religionsgemeinschaft der Austritt. Zwangsgemeinschaften sind mit dem Prinzip personaler Freiheit grundsätzlich unvereinbar. Wobei allerdings mein Hinweis wäre, den besonderen Wert der Gemeinschaft zu sehen und um den Fortbestand, ihre Entwicklung zu kämpfen: Wenn eine Ehe in Schwierigkeiten gerät, muss man nicht gleich an Trennung denken. Nicht jeder Ärger über einen Verein sollte mit Austritt quittiert werden. Filme und Romane haben vielleicht zu lange diejenigen heroisiert, die gehen, und nicht die, die bleiben. Vielleicht ändert sich

▲ Wer Freiheit als Befreiung von allen Zwängen und Verpflichtungen interpretiert, macht es sich nach Prof. Udo Di Fabios Ansicht zu leicht. Er plädiert für eine größere Bereitschaft, sich freiwillig zu binden – etwa durch ehrenamtliches Engagement.

Schwerpunktthema:

Freiheit



Freiheit

das schon. Die Erkenntnis wächst, dass eine freie Gesellschaft keinen Bestand haben kann, wenn nicht die Bereitschaft zur Bindung, sondern die Bindungslosigkeit honoriert wird.

Wie kann man denn die Bereitschaft stärken, sich zu binden – in welcher Form auch immer?

Beispielsweise indem wir diejenigen, die ein Ehrenamt annehmen, mehr ehren. Für uns heißt Ehrenamt oft nur: Der oder die machen das unentgeltlich. Viele sagen sogar: Verrückt, warum tust du dir das an? Wir sind zum Teil eine sehr utilitaristische Wirtschaftsgesellschaft, die für Ehrenämter keinen Sinn mehr hat. Warum ist jemand in der Partei? Natürlich um ein „Pöstchen“ zu bekommen. Das ist aber eine Fehlvorstellung. Die meisten, die sich engagieren, wollen etwas in der Gesellschaft ändern und Verantwortung übernehmen. Aber es werden weniger – mancher Gemeinderat findet nur mit Mühe Bewerber für seine Mandate.

Zurück zum Beispiel Ehe und Familie: Gibt es nicht auch heute noch Rollenklischees, die dazu führen, dass einer der Ehepartner – meist die Frau – sich mehr einschränken muss als der andere?

Ursprünglich lagen solchen Rollenklischees Machtbeziehungen zugrunde, patriarchalische Herrschaftsmuster. Das ist heute in westlichen Gesellschaften ganz überwiegend Vergangenheit – ein großer Erfolg der Emanzipationsbewegung. Bei Einwanderern treffen wir sie aber zum Teil wieder an. Rollenverteilungen können allerdings auch freiwillig gewählt sein, und das sollte respektiert werden. Die Zahl der für Kinder sorgenden Männer wächst, ebenso wie die Zahl beruflich erfolgreicher Frauen. Die Klischees sind auf dem Rückzug, aber wir sollten nicht zu ungeduldig die Gesellschaft nach einem politischen Idealbild der Gruppenproportionen (Frauen, Einwanderer, Arbeiterherkunft) herbeiregulieren. So etwas geht viel besser über kluge Förderung, es muss jedenfalls freiheits- und gleichheitsgerecht im Einzelfall sein.

Es gibt aber auch ökonomische Zwänge, die dazu führen können, dass beide Ehepartner trotz Kindern arbeiten müssen. Mal ganz allgemein gefragt: Macht Vermögen frei?

Das ist jedenfalls eine große Idee unserer westlichen Gesellschaft. Jemand wie der englische Staatsrechtler John Locke hätte das nie in Zweifel gezogen. Deshalb hat man manchmal sogar „Eigentum und Freiheit“ in dieser Reihenfolge genannt: In der bürgerlichen Gesellschaft war das Vermögen ursprünglich die eigentliche Voraussetzung, sich aus Abhängigkeiten zu lösen. Ein eigenes Haus halten wir zum Beispiel nach wie vor als ökonomische Absicherung für wichtig.

Aber auch als Raum, sich freier zu entfalten?

Natürlich. Daran ist auch nichts falsch, ebenso wenig wie an dem Streben nach wirtschaftlicher Unabhängigkeit. Wer Schulden macht, begibt sich in Unfreiheit. Eigentumsbildung kann man als selbst auferlegten momentanen Freiheitsverzicht ansehen, um später Freiräume zu gewinnen. Viele sparen für die Zukunft, um ein ganz eigenes Freiheitsprojekt zu verwirklichen. Das ist die Idee, die mit Sparen und Eigentum verbunden ist, und das sollte man nicht als kleinbürgerlich abtun.

Was sagen Sie zu der Idee des Drogerieketten-Besitzers Götz Werner, jeder Bürger solle ein bedingungsloses Grundeinkommen erhalten?

Den Sozialstaat zu vereinfachen kann ein großes Ziel sein, aber jeder Vorschlag muss auch mit den großen normativen Prämissen einer freien Gesellschaft harmonieren. Es ist eine schöne Vorstellung, zu arbeiten, ohne dazu gezwungen zu sein. Aber wer die Notwendigkeit, um seinen Platz in der Gesellschaft zu kämpfen, nicht an den Anfang der Überlegungen stellt, der hat die humanistische Idee womöglich nicht verstanden. Der Mensch entwirft und verantwortet sich nach seinem Plan, gegen alle Widrigkeiten, er übernimmt auch die Existenzsicherung als seine ureigenste Aufgabe. Das steht am Anfang – und kein Versorgungsanspruch gerichtet gegen eine Gemeinschaft, denn dahinter lauern Paternalismus und Kollektivismus. Der sozialstaatliche, der verfassungsrechtliche Anspruch auf Existenzsicherung gilt nur für die Hilfebedürftigen und setzt die Eigenverantwortung der Mehrheit voraus, sonst kann eine freie

Gesellschaft nicht gelingen. Schon Bildung ist anstrengend. Persönlichkeitsentfaltung und auch Glück haben etwas mit Engagement zu tun, mit Selbstdisziplin. Ein Mensch, der auch jenseits der Hilfebedürftigkeit seine grundsätzlichen Bedürfnisse aus fremder Hand umstandslos durch ein Kollektiv erfüllt bekommt, der verliert diese Erfahrung.

Das hört sich an, als würden Sie zwischen einem guten und einem schlechten freien Leben unterscheiden?

Ich sehe das „gute“ freie Leben als eins, in dem man bereit ist, an sich, für sich und für andere zu arbeiten. Der Spruch „Jeder ist seines Glückes Schmied“ stimmt, aber nur im Ansatz. Denn auch diejenigen haben Recht, die sagen: Wer Leistung erbracht hat und nun die Früchte dafür erntet, der hat das nicht allein geschafft. Er muss ja gesellschaftliche Bedingungen dafür vorgefunden haben. Das ist völlig korrekt. Wer Wirtschafts-anarchismus propagiert, nutzt Bindungen einseitig für sich aus. Im Mittelpunkt der Freiheitsidee steht kein hemmungsloser Egoismus. Die Gier nach Geld ohne Rücksicht auf Regeln, Anstand und die Rechte der anderen hat nichts mit Liberalität zu tun.

Sie äußern sich in Reden und ihren Büchern häufig über Religion. Sind Sie ein religiöser Mensch?

Ich bin Mitglied einer Religionsgemeinschaft. Aber wenn ich mich öffentlich über Religion äußere, rede ich aus einer weltlichen Perspektive, gleichsam über ihre Funktion. An der Wiege der Neuzeit stehen Reformation und Religionsfreiheit. Die Ko-Evolution des modernen Verfassungsstaates mit den Religionsgemeinschaften steht Pate für viele unserer Rechtsinstitutionen und für die Inhalte unserer praktischen Vernunft.

Sie sprechen in diesem Zusammenhang von pragmatischer Toleranz – was ist das?

Eine Religionsgemeinschaft tritt aus dem Glauben heraus eine häufig unbequeme Deutung der Welt. Der religiös und weltanschaulich neutrale Staat sieht das aber als Ausdruck eines eigenen Rechts und einer gemeinsamen Freiheitsbetätigung, be-



trachtet Glauben mit Wohlwollen. Das Verständnis für den Eigensinn des Glaubens ist manchmal etwas unterentwickelt, wenn wir meinen, dass Kirchen so eine Art politischer Parteien seien, die sich den jeweiligen Trends der öffentlichen Meinung gefälligst anschließen sollten. Es bestehen aber umgekehrt auch Grenzen der Toleranz, etwa wenn eine Religionsgemeinschaft das Prinzip personaler Freiheit aktiv bekämpft, Menschen unterdrückt, den Austritt mit Gewalt verhindert. Wenn unter Berufung auf religiösem Glauben Straftaten begangen werden, ist es vorbei mit der Toleranz.

Stichwort Bildung: Ihnen selbst wurde es als Kind aus einem Arbeiterhaushalt sicher nicht in die Wiege gelegt, Professor, Bundesverfassungsrichter und ein viel beachteter Autor zu werden. Wie viel Freiheit hat jeder wirklich, aus sich etwas Besonderes zu machen?

Wer aus vergleichsweise einfachen Verhältnissen aufgestiegen ist, neigt dazu, die Gesellschaft als durchlässig und frei zu erleben, denn er sieht sich selbst dafür als Beweis. Aber hier muss man auch glückliche Umstände und gesellschaftliche Voraussetzungen berücksichtigen. Aus meiner Schulklasse, in der ausschließlich Arbeiterkinder saßen, sind zwei Jungen auf weiterführende Schulen gegangen, aus der Parallelklasse sogar ein Mädchen. Zehn Jahre zuvor wäre selbst das noch unwahrscheinlicher gewesen. Aber das Klima seit den späten fünfziger Jahren war darauf gerichtet, Bildungswege zu öffnen; bei den jungen Lehrern herrschte Aufbruchstimmung. Und bei den Eltern aus heute so genannten „bildungsfernen Haushalten“ ebenfalls. Damals wäre der seltsame Begriff „bildungsfern“ kaum verstanden worden. Auch diejenigen, die keine akademische Bildung genossen hatten, waren geradezu bildungsfixiert im Sinn von „Die Kinder sollen es besser haben“. Wenn ich von Kultur der Freiheit spreche, spreche ich auch von solchen Bedingungen der edukatorischen Leidenschaft. Wenn die Gesellschaft beginnt sich zu öffnen, Vorurteile und Rollenklischees abzulegen, gerade dann muss man sagen: Jetzt, Leute, müsst ihr eure Chancen nutzen.

Gibt es sie aber heute nicht tatsächlich, die „bildungsfernen“ Schichten?

Da haben wir vielleicht eine Fehlentwicklung zu beklagen. Ich sehe mit gewisser Sorge eine Segmentierung der Bildungschancen. Es gelingt offenbar nicht, diese Begeisterung für Bildung, die schon auf die preußischen Reformer um Humboldt zurückgeht, wiederzubeleben. Menschen in der gesellschaftlichen Oberschicht schaffen sich heute ihre eigenen sehr ehrgeizigen Bildungsvoraussetzungen: Privatschulen, Eliteinternate im Ausland. Könnten dieselben Menschen nicht ihre Potentiale für Bildung in die Gesellschaft einspeisen, dort wo es wirklich nötig ist? Unsere älter werdende Gesellschaft sollte eine neue Bildungsbewegung wagen. Das geht nur, wenn wir die unmittelbare wirtschaftliche oder sozialpolitische Nützlichkeit etwas zur Seite legen und wieder über das Ethos des Begreifens, den Zauber des Wissens reden. Nicht Evaluierungen, Kommissionen und Rundumbetreuung entscheiden über erfolgreiche Biographien, sondern die Leidenschaft, die Persönlichkeit, das Vertrauen auf eine ansteckende Idee vom Sinn menschlichen Lebens.

Für Ihr Buch „Die Kultur der Freiheit“ sind Sie einerseits als „Reformer des Jahres“ ausgezeichnet worden. Warum wird Ihnen andererseits vorgeworfen, Sie würden ein bürgerliches Weltbild beschwören und eine Vergangenheit verherrlichen, die deutlichen Zwängen unterlag?

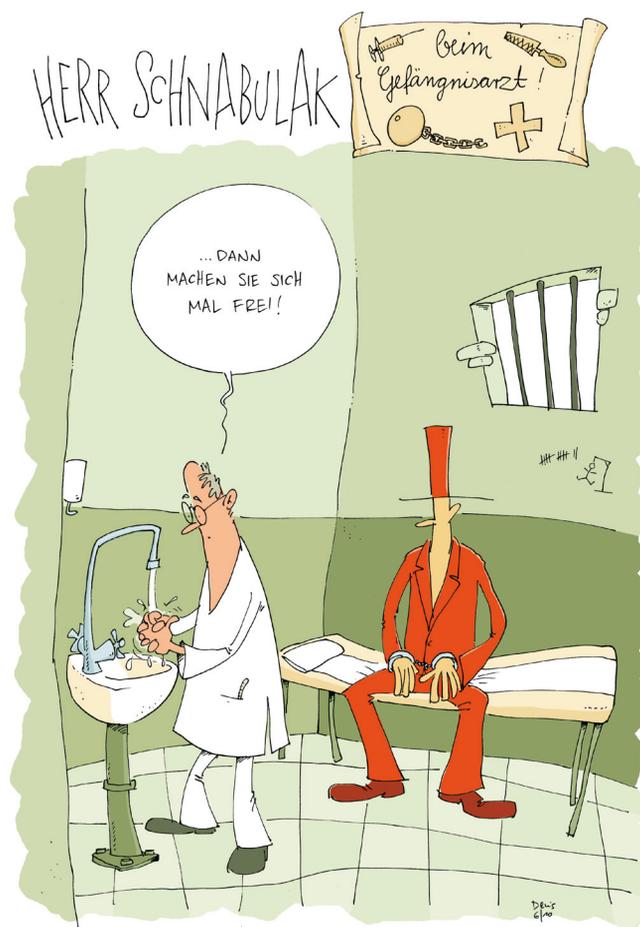
Diskussion gegen den Zeitgeist führt immer zu Abwehrreaktionen. Ich will keine heile Welt aus der Vergangenheit beschwören. Aber jede Gesellschaft, die ihre Zukunft gewonnen hat, hat sie auch durch Rückgriffe auf die Vergangenheit gewonnen. Wir leben in einer erfolgreichen Gesellschaft; ich bin aber nicht sicher, ob wir auch für dieses 21. Jahrhundert die richtige Orientierung haben. Das hat viel damit zu tun, dass wir unter Bürgerlichkeit nicht eine allgemeine und tatkräftige Lebenseinstellung sehen, sondern einen „Klassenbegriff“. Ich wünsche mir eine Revitalisierung der Zivilgesellschaft, also das Vertrauen auf die Kreativität von Bürgern, die nicht auf

den Staat warten, obwohl sie wissen, wie wichtig er ist. Das sind Werte, die sich Linke wie auch Konservative zu Eigen machen können.

Ihr Buch erschien 2005. Wie sehen Sie die Diskussion heute?

Die Kritik hat mich vorsichtiger gemacht, die Lust an provokativer Formulierung hat gelitten. Inhaltlich sehe ich keinen Grund zur Korrektur. Als ich „Die Kultur der Freiheit“ geschrieben habe, hatte ich die demographische Entwicklung vor Augen – von der Weltfinanzkrise war noch nichts zu sehen. Was durch den Verlust bürgerlicher Solidität in internationalen Systemen entstanden ist, wird uns noch eine Zeit beschäftigen. Es geht darum, den positiven bürgerlichen Aufbruchswillen der rheinischen Nachkriegsrepublik und den der friedlichen Revolution vor 20 Jahren wiederzubeleben. Es ist der Geist, von dem wir heute zehren.

UK + FL/FORSCH,
RECHERCHE: STEFAN SCHWEIDLER



Willensfreiheit – nichts als eine Illusion?

Eine uralte Debatte erhält durch die Hirnforschung neues Futter

Tee oder Kaffee? Fußball spielen oder Fußball schauen? Lügen oder die Wahrheit sagen? Rund um die Uhr treffen wir Entscheidungen wie diese. Doch warum entscheiden wir uns so, wie wir uns entscheiden? Anders gefragt: Ist unser Wille frei?



Foto: H

▲ Dr. Jacob Rosenthal – hier neben der Statue eines Philosophen im Akademischen Kunstmuseum – beschäftigt sich seit Jahren mit dem Thema Willensfreiheit.

Im Oktober 1992 erschien im Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry eine Studie, die geeignet schien, den Glauben an die Willensfreiheit zu erschüttern. Der US-Forscher Mark Hallett hatte zusammen mit Kollegen ein einfaches Experiment durchgeführt. Die insgesamt vier Teilnehmer sollten auf ein Klicksignal hin wahlweise ihren rechten oder ihren linken Zeigefinger bewegen. Gleichzeitig mit dem Klick stimulierten die Forscher das Gehirn ihrer Probanden mit einem starken Magnetfeld.

Ergebnis: Wurde die linke Hirnhälfte angeregt, zuckten die Versuchspersonen in bis zu 80 Prozent der Fälle mit dem rechten Zeigefinger. Bei rechtsseitiger Stimulation zuckten sie meist mit links. Verblüffenderweise waren die Probanden jedoch der festen Meinung, sie hätten frei entschieden, welchen Finger sie bewegen wollten. Diese Beobachtung schien eine These zu bestätigen, die der Philosoph Arthur Schopenhauer bereits 150 Jahre zuvor formuliert hatte: „Der Mensch kann tun, was er will, er kann aber nicht wollen, was er will.“ Mal angenommen, dass das stimmt: Wo bleibt da die Willensfreiheit?

„Halletts Ergebnisse sind in dieser Hinsicht tatsächlich beunruhigend“, sagt Dr. Jacob Rosenthal vom Institut für Philosophie der Uni Bonn. „Sie zeigen, dass uns die Ursachen für unser Handeln nicht immer bewusst sind und dass unsere Entscheidungen auch dann Ursachen haben können, wenn wir diese gar nicht sehen.“ Für noch aussagekräftiger als Halletts Experiment (bei dem es ja nur um die Bewegung eines Fingers ging) hält er in diesem Zusammenhang Berichte über „posthypnotische Befehle“. Dabei trägt der Hypnotiseur seinem Gegenüber auf, nach Erwachen aus der Trance bestimmte Handlungen auszuführen. Der Betroffene kräht dann beispielsweise nach jedem Händeklatschen wie ein Hahn. Ihm selbst scheint diese Reaktion völlig normal; er kann sogar Gründe dafür angeben.

Die Welt als Uhrwerk

In der Regel werden wir nicht durch Magnetfelder oder posthypnotische Befehle gesteuert. Wie sieht es im Normalfall aus – ist unser Wille frei? „Dieses Thema beschäftigt die Menschheit schon seit Jahrtausenden“, sagt Rosenthal. Er beobachtet mit Interesse, wie Erkenntnisse der Neurowissenschaften die Debatte um die Willensfreiheit beeinflussen. „Grundsätzlich neue Argumente hat die Hirnforschung bislang nicht geliefert“, meint er. Im Kern der Diskussion steht seit jeher die Frage, ob alles in der Welt durch die Naturgesetze und die Vergangenheit vorbestimmt (also determiniert) ist. Determinismus bedeutet: Könnten wir die Uhr um einen Tag zurück drehen, würde alles wieder ganz genauso verlaufen.

Nicht erst seit Newton die Grundgesetze der Mechanik formuliert hatte, setzte sich mehr und mehr die Meinung durch, die Welt sei nichts anderes als ein kompliziertes Uhrwerk: Aus ihrem Zustand in der Gegenwart erbe-

sich durch Anwendung der Naturgesetze unzweifelhaft ihr Zustand in der Zukunft. Diese Sichtweise ist heute umstritten, und zwar unter anderem aufgrund der so genannten Quantenunschärfe. Durch sie kommt eine Zufallskomponente ins Spiel: Wenn man die Welt klonen könnte, würden sich die beiden Zwillinge allein aufgrund der Quantenunschärfe nach und nach auseinander entwickeln.

Determiniert zu sein heißt in einem gewissen Sinne, keine Handlungsalternativen zu haben. In einer determinierten Welt steht heute schon unabänderlich fest, ob ich am 12.4.2023 die Deutsche-Bank-Filiale am Kaiserplatz ausräumen werde oder nicht. Das bedeutet aber nicht, dass ich unter „Zwang“ handle. Auch im Determinismus folge ich meinem eigenen Willen. Allerdings ist das, was ich will, durch den Lauf der Welt unabänderlich vorbestimmt. Sind Determinismus und Willensfreiheit also zwangsläufig unvereinbar oder inkompatibel? „Viele Philosophen sehen das so“, erklärt Jacob Rosenthal. „Sie sind Inkompatibilisten.“

Der Zufall und der freie Wille

Das Lager der Inkompatibilisten teilt sich in Libertarier und Freiheits-skeptiker. Für Libertarier ist die Sache klar: Wir leben in einer indeterminierten Welt, und unser Willen ist frei. Die Skeptiker sehen das anders: Auch wenn die Welt nicht vorbestimmt ist – etwa aufgrund der bereits erwähnten Quantenunschärfe –, gibt es keinen freien Willen. Der Zufall rettet da nichts: Freier Wille ist mehr, als dass wir uns in derselben Situation zufällig auch mal anders entscheiden können. Eine freie Entscheidung basiert auf der Abwägung von Gründen.

Für Kompatibilisten dagegen steht die Idee, die Welt sei vorbestimmt, nicht im Widerspruch zur Willensfreiheit. Für sie sind Entscheidungen immer dann frei, wenn sie mit den Überzeugungen des Handelnden im Einklang stehen und aus rationalen Gründen erfolgen. In einer determi-



Schwerpunktthema:

Freiheit

nierten Welt können Sie also vielleicht gar nicht anders, als diesen Artikel zu lesen. Solange Sie ihn aber lesen wollen und dafür auch gute Gründe haben, haben Sie sich dennoch frei dazu entschieden.

Auch spontane Handlungen sind nicht per se unfrei. Zumindest nicht, solange man sie begründen kann – und sei es auch nur im Nachhinein –, und solange diese Gründe wirklich zutreffen (also keine reinen Rationalisierungen sind). Nun aber mal angenommen, Sie kommen morgens ins Büro und brühen sich erst einmal einen Kaffee. Dafür können Sie auch gute Gründe angeben: Etwa dass Sie noch müde sind und den Koffeinschub brauchen, um auf Arbeitstemperatur zu kommen. Unbewusst rührt Ihr Kaffeedurst aber daher, dass die Kollegen im Nachbarbüro gerade eine frische Kanne aufgesetzt haben. Ohne den Duft der frisch gemahlenden Bohnen wären Sie erst gar nicht auf die Idee gekommen.

Wie frei sind Entscheidungen, für die wir zwar Gründe angeben können, die wir aber unbewusst aus völlig anderen Motiven getroffen haben? „Diese Frage ist ebenfalls nicht neu“, sagt Rosenthal. „Die Neurowissenschaften haben in den letzten Jahrzehnten jedoch einige zusätzliche Argumente zur Macht des Unbewussten ins Spiel gebracht.“

Die Macht des Unbewussten

Eine der Schlüsselfiguren in diesem Zusammenhang ist der amerikanische Neurobiologe Benjamin Libet. In einer 1983 veröffentlichten Studie bat er

Versuchspersonen, in einem beliebigen Moment ihre Hand zu bewegen. Die Probanden sollten sich den Zeigerstand einer Uhr merken, sobald sie die Entscheidung zur Bewegung getroffen hatten. Währenddessen zeichnete Libet ihre Hirnströme auf. Das Ergebnis überraschte ihn: Schon 0,3 Sekunden, bevor den Teilnehmern ihre Entscheidung bewusst wurde, zeigte sich in ihren Hirnströmen ein so genanntes „Bereitschaftspotenzial“. Libet konnte also die Handbewegungen voraussagen, bevor seine Probanden selbst wussten, dass sie sich bewegen wollten.

Manche Wissenschaftler folgern daraus, der freie Wille sei nichts als eine Illusion: Wir handeln, und danach gaukelt uns das Gehirn vor, uns frei entschieden zu haben. Überspitzt ausgedrückt: Wir tun nicht, was wir wollen, sondern wir wollen, was wir tun. Doch ist das wirklich so? „Wenn die Neurowissenschaften zeigen könnten, dass unsere Handlungen stets aus uns verborgenen Ursachen erfolgen und wir uns die Gründe erst nachträglich zurechtlegen, dann wäre unsere Freiheit in der Tat extrem fragwürdig“, sagt Rosenthal. „Einen so weit reichenden Schluss allein aus der kurzen Verzögerung zwischen Entscheidung und Bewusstsein im Libet-Experiment zu ziehen, halte ich aber für völlig überzogen.“ Nach Ansicht vieler Kritiker fehlt dem Experiment zudem noch eine weitere entscheidende Komponente: Die Hand zu bewegen oder nicht, ist keine Entscheidung, bei der Gründe überhaupt eine Rolle spielen.

Wie ist es aber nun mit dem Kaffee? Da gibt es einen einfachen Test: Eine Handlung erfolgte aus freien Stü-

cken, wenn ich mich durch Argumente von ihr hätte abhalten lassen können. Wenn ich mich also durch den Duft der frisch gemahlenden Bohnen nicht hätte verführen lassen, hätte mir der Arzt vom Kaffeekonsum abgeraten, dann war meine Entscheidung frei. Wer aber etwa unter einem Waschzwang leidet, ist nach dieser Definition nicht frei: Selbst wenn er einsieht, dass das ständige Waschen seine Haut zerstört, kann er nicht damit aufhören.

Was wird aus der Verantwortung?

Die Frage nach der Willensfreiheit ist alles andere als akademisch. So basiert unser Rechtssystem auf der Annahme, dass wir uns aus freien Stücken richtig oder falsch verhalten können. Wir sind also für unsere Taten moralisch verantwortlich. Eine Annahme, die etwa der deutsche Neurobiologe Gerhard Roth (auch als Folgerung aus dem Libet-Experiment und ähnlichen Studien) ausdrücklich verneint: „Das bewusste, denkende und wollende Ich ist nicht im moralischen Sinne verantwortlich für dasjenige, was das Gehirn tut, auch wenn dieses Gehirn ‚perfiderweise‘ dem Ich die entsprechende Illusion verleiht.“

„Wer Willensfreiheit für eine Illusion hält, möchte jedoch nicht automatisch unsere Rechtsprechung abschaffen“, betont Dr. Jacob Rosenthal. „Er wird aber Strafe beispielsweise als Abschreckung oder Maßnahme zur Resozialisierung betrachten, nicht etwa als Sühne. Man kann schließlich nur für etwas sühnen, für das man auch verantwortlich ist.“

FL/FORSCH

Bücher JAMES



**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
- ▶ Schneller Besorgungsdienst **jeder** Art von Literatur (ca. 420.000 lieferbare Titel von heute auf morgen)
- ▶ Grosses Angebot für Heilberufe / Physiotherapie
- ▶ Riesenauswahl an preisgünstigen Sonderangeboten
- ▶ Kompetente, freundliche Beratung, Top-Service
- ▶ Portofreier Buchversand bundesweit ab 50,- €

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

Winzige Motoren aus dem DNA-Baukasten

Bonner Forscher bauen Rotaxan-Moleküle für die Nanorobotik

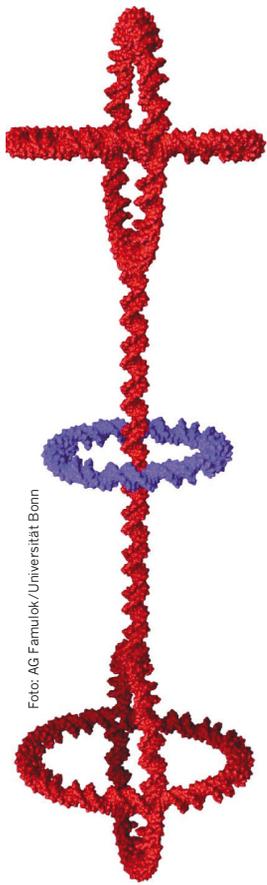


Foto: AG Famulok/Universität Bonn

In die Nanomechanik kommt Bewegung. Wissenschaftlern der Universität Bonn ist es erstmals gelungen, aus DNA-Doppelsträngen ein Molekül herzustellen, dessen Einzelteile mechanisch frei beweglich sind. Dieses Rotaxan beschert der Nanorobotik ganz neue Möglichkeiten.

Schon seit Jahren tüfteln Biochemiker an Rotaxanen. Der aus dem Altgriechischen abgeleitete Name bedeutet so viel wie „Radachse“ – nicht ohne Grund. Denn ein Rotaxan-Molekül besteht vor allem aus einer Achse und einem darüber eingefädelten Ring. Damit der Ring sich nicht von der Achse lösen kann, sind an ihren Enden so genannte „Stopper“ angebracht. Diese bestehen selbst wiederum aus miteinander verschränkten Ringen. Das ganze Gebilde sieht ein wenig wie eine Hantel aus, über dessen Griffstange ein Ring gezogen wurde.

Bausteine des Lebens als Konstruktionsmaterial

Das neue Rotaxan wurde am Life & Medical Sciences (LIMES)-Institut der Uni entwickelt. Das Team um Dr. Damian Ackermann und Professor Michael Famulok hat dafür einen Bau-

stoff verwandt, der eigentlich als Baustein des Lebens bekannt ist: die DNA. Die bisherigen Rotaxane entstammen dagegen allesamt der organischen Chemie. Sie sind wesentlich kleiner als das neue Molekül und lassen daher nur kleinere Bewegungen im Nanometerbereich zu. Aus DNA lassen sich dagegen sehr schnell raffinierte mechanische Systeme entwickeln.

DNA sieht im Prinzip so aus wie eine um die Längsachse verdrehte Strickleiter. Diese so genannte Doppelhelix ist für die Chemiker vor allem aus „architektonischen“ Gründen interessant, denn sie bildet ein sehr stabiles Grundgerüst. Außerdem lässt sich einer der Stränge an jeder beliebigen Stelle herausnehmen und sozusagen als Anknüpfungspunkt für weitere Bauteile verwenden. „Das bietet uns viele Möglichkeiten“, erläutert Damian Ackermann. „DNA ist wie eine Art Legosteine – das ideale

Baumaterial für die Nanoarchitektur“, ergänzt Professor Famulok.

Erster Schritt zum Nanomotor

Die Bonner Biochemiker haben ein Rotaxan geschaffen, das es so bisher noch nicht gab: Eine stabile mechanische Einheit mit einem frei beweglichen inneren Ring. „Wir können uns damit Einiges vorstellen“, so Famulok. Beispielsweise einen Nanomotor: „Die Achse und die Räder sind da, und wir haben einige Ideen, welchen Antrieb man ausprobieren könnte, um die Räder in Bewegung zu setzen.“

Die Forscher haben mit den DNA-Rotaxanen die Grundlage für unterschiedlichste nano-mechanische Systeme gelegt. Was dabei genau am Ende herauskommt, ist zunächst einmal nicht das Wichtigste. „Entscheidend ist, dass wir einen Satz neuartiger Bausteine in der Hand haben, mit denen wir Dinge konstruieren können, die vorher so nicht möglich waren“, sagt Ackermann. „Die Grenzen der Phantasie sind sozusagen ein wenig erweitert worden.“

CHRISTIAN ESSER/ FORSCH

▲ Ein erster Schritt zum Nanomotor: Das neue Rotaxan sieht ein wenig wie eine Hantel aus, über dessen Griffstange ein Ring gezogen wurde.

Ein Schatz der Demokratieforschung

Buchnachlass von Lord Ralf Dahrendorf kommt nach Bonn

Die Universität Bonn übernimmt den Buchnachlass des renommierten Sozialwissenschaftlers Lord Ralf Dahrendorf. Lady Christiane Dahrendorf, Witwe des 2009 in Köln verstorbenen Soziologen, Politikers und Publizisten, hat die rund 10.000 Bände umfassende Sammlung ihres Mannes jetzt in die Obhut der Universitäts- und Landesbibliothek Bonn (ULB) gegeben. Sie bildet einen zentralen Baustein im Bereich der Demokratieforschung, die die Universität Bonn in den kommenden Jahren weiter ausbauen will.

► Lord Ralf Dahrendorf (1929-2009) war ein weltweit vernetzter Wissenschaftler. Die umfangreiche Privatbibliothek des großen europäischen Forschers geht nun an die Universitäts- und Landesbibliothek Bonn.

Die Privatbibliothek Lord Dahrendorfs ist eine fachlich breit gefächerte Gelehrtenbibliothek, deren Bestände die weltweit vernetzte Forschung dieses bedeutenden Wissenschaftlers widerspiegelt. Die Sammlung enthält Literatur in verschiedenen Sprachen zu Themen wie Europäische Entwick-

lung, Sozialgeschichte Großbritanniens und Deutschlands, Sozialpolitik und Gerechtigkeit, Parteiengeschichte, Bildungspolitik, Globalisierung, Religion und Gesellschaft.

In der ULB soll die Sammlung zunächst gesichtet, katalogisiert und

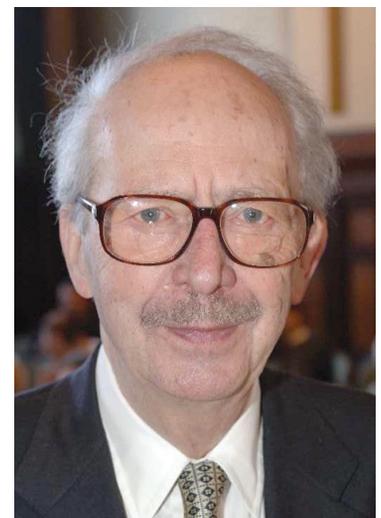


Foto: Landesregierung NRW

inhaltlich für die Literaturrecherche erschlossen werden. „Wir beabsichtigen, den Bestand als Freihandbibliothek zu präsentieren“, sagt ULB-Direktorin Dr. Renate Vogt. Wo genau die Dahrendorf-Sammlung dauerhaft untergebracht werden wird, steht noch nicht fest.

„Ich freue mich sehr, dass Lady Dahrendorf uns die Sammlung ihres

Mannes überlässt“, sagt Rektor Professor Dr. Jürgen Fohrmann, der sich persönlich für die Universität Bonn als neuen Standort des Buchnachlasses eingesetzt hatte. „Bonn ist mit seiner bundesrepublikanischen Vergangenheit und der vorhandenen wissenschaftlichen Expertise der ideale Ort, um sich zu einem Zentrum der Demokratieforschung zu entwickeln“, sagt der Rektor. „Die Bibliothek

dieses großen europäischen Wissenschaftlers ist ein Schatz, den es zu hüten gilt. Sir Dahrendorf lehrte an vielen Hochschulen in Deutschland und England. Wir fühlen uns daher sehr geehrt, dass wir seine Bibliothek verwahren dürfen – zum Nutzen von Generationen von Studierenden und Wissenschaftlern.“

ARC/FORSCH

Nicht nur Gutes kommt von oben

Geographen entwickeln Frühwarnsysteme für Erdbeben

Ein Erdbeben hat kürzlich in Südtirol einen Zug aus den Gleisen geworfen. Mindestens neun Menschen starben, zahlreiche Passagiere wurden schwer verletzt. Auch in Deutschland ist die Gefahr von Hangrutschungen und Felsstürzen von den Mittelgebirgen bis zu den Alpen stets gegeben. Kann man solche Katastrophen vermeiden, indem man sie rechtzeitig erkennt und davor warnt? Seit Jahren forschen Wissenschaftler an der Uni Bonn an Frühwarnsystemen mit dem Ziel, Menschenleben zu retten und Katastrophen zu verhindern.

Erdbeben sind auf der Welt ein häufiges und nicht selten katastrophales Ereignis: So wurden erst kürzlich bei Rio de Janeiro ganze Dörfer von Erdmassen begraben, die ins Rutschen gekommen waren. Und zwei Monate zuvor schlossen Erdbeben in Machu Picchu (Peru) Tausende von Touristen von der Außenwelt ab. In Bayern forderte ein Felssturz an Neujahr Menschenleben.

Unter der Leitung von Professor Dr. Thomas Glade, der seit kurzem in Wien tätig ist, und Professor Dr. Jürgen Pohl hat ein interdisziplinäres Team einen Prototyp für ein integratives Frühwarnsystem entwickelt. Gefördert wird das in Bonn angesiedelte Projekt „Integrative Landslide Early Warning Systems“ (ILEWS) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Ein Untersuchungsgebiet ist die Schwäbische Alb, wo die Landschaft am so genannten „Albtrauf“ stark von Hangrutschungen geprägt ist. Ein weiteres liegt in Südtirol im Randbereich des Etschtales. Ziel ist es, das Risiko von Katastrophen durch Erdbeben, wie sie sich rund um den Erdball ständig wiederholen, zu mindern.

Warnampel für die Schwäbische Alb

Gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft haben die Bonner Forscher einen Prototyp für eine „Warnampel“ entwickelt, der bereits in der Schwäbischen Alb für erste Messungen installiert ist. Bodensensoren messen Frühindikatoren wie Bewegungsraten des Hanges oder Bodenfeuchte. Diese sollen nach der endgültigen Implementierung des Systems über das Internet an die verantwortlichen Experten weitergeleitet werden.

Sie sind dann für angemeldete Nutzer im Netz zugänglich. Werden Grenzwerte überschritten, schaltet die Warnampel von Grün nach Gelb. Unter bestimmten Umständen wechselt die Ampel nach Rot – entweder nach Prüfung durch Experten oder auch automatisch. Im Anschluss daran sind verschiedene Maßnahmen möglich. „Dann werden zum Beispiel Schranken aktiviert, die akut gefährdete Straßen sperren“, sagt Professor Pohl.

ARC/FORSCH

▼ Erdbeben sind eine Gefahr, die man nicht unterschätzen sollte. Mit Sensoren im Erdreich soll das von Bonner Forschern mit entwickelte System drohende Hangrutschungen automatisch erkennen und dann Alarm schlagen.



Gicht in den Adern

Studie zeigt, warum Cholesterin so gefährlich ist

► **Heartattack-on-a-plate:**
Der allmorgendliche irische Dreikampf Schinkenspeck – Würstchen – Ei trägt nicht umsonst diesen makabren Spitznamen, ist er doch eine wahre Cholesterin-Bombe. Warum Cholesterin so verheerend auf die Gefäße wirkt, hat nun ein internationales Forscherteam herausgefunden.

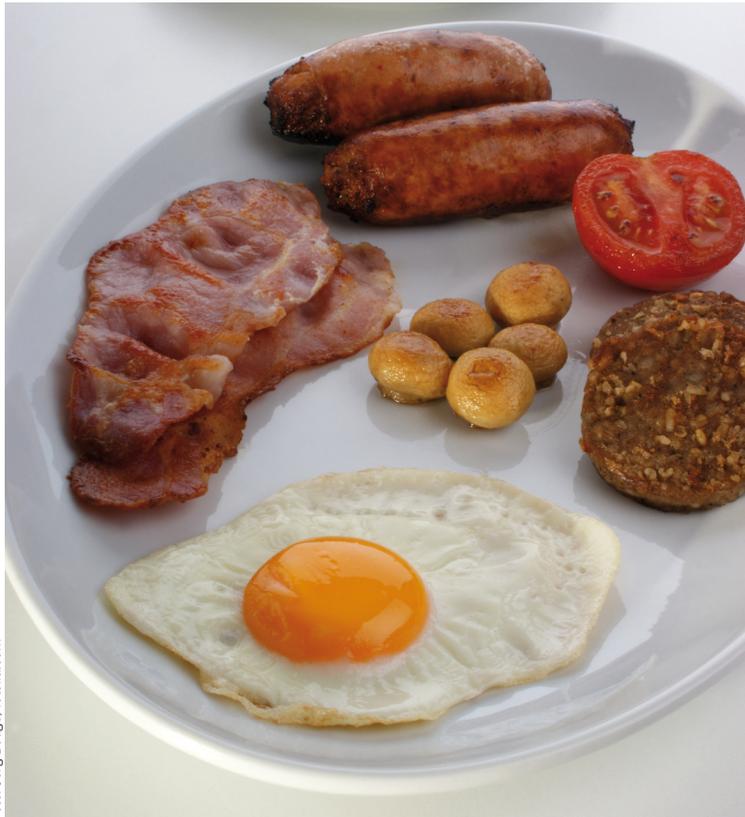


Foto: Jürg Beuge, fotolia.com

Kristallines Cholesterin kann augenscheinlich lebensgefährliche Entzündungen in den Arterienwänden hervorrufen. Das zeigt eine Studie unter Federführung der Universitäten Massachusetts und Bonn sowie der LMU München. Demnach reagiert die körpereigene Abwehr auf die Kristalle mit einer massiven Immunreaktion. Dabei entstehen entzündliche Schwellungen in der Gefäßwand, die so genannten atherosklerotischen Plaques. Mögliche Folgen: Herzinfarkt, Schlaganfall oder plötzlicher Herztod.

In atherosklerotischen Plaques befinden sich neben auskristallisiertem Cholesterin stets große Mengen von Immunzellen, erstaunlicherweise aber keine Bakterien oder Viren. Bislang war daher unklar, wodurch die körpereigenen Abwehrtruppen auf den Plan gerufen werden. Selbst Tiere, die in absolut steriler Umgebung gehalten werden, können eine „Arterienverkalkung“ (so die nicht ganz treffende umgangssprachliche Bezeichnung) bekommen. Sie werden allerdings nur dann krank, wenn ihr Futter viel Cholesterin enthält.

Auch beim Menschen gilt: Je höher der Blutcholesterinspiegel, desto größer ist das Atherosklerose-Risiko und die Wahrscheinlichkeit, einen Herzinfarkt

zu erleiden. „Warum das so ist, wusste man bislang nicht so genau“, sagt Professor Dr. Eicke Latz von der Uni Bonn. Er ist dieser Frage zusammen mit Peter Düwell von der LMU München, Veit Hornung an der Uni Bonn und US-Kollegen nachgegangen. Dabei konnten sie erstmals den molekularen Auslöser der Gefäßentzündung dingfest machen. „Wir haben festgestellt, dass sich bei entsprechender Ernährung schon nach kurzer Zeit Cholesterin-Kristalle in den Arterienwänden ablagern“, sagt Düwell. „Diese Kristalle werden dann von Fresszellen des Immunsystems aufgenommen.“ Das ist der Startschuss für eine verhängnisvolle Kettenreaktion: Die schwer verdauliche Kost aktiviert in den Fresszellen ein so genanntes Inflammasom. Dieses

Protein-Konglomerat sorgt unter anderem dafür, dass die Zelle Entzündungsmediatoren freisetzt. Dadurch werden mehr und mehr Immunzellen an den Ort des Geschehens gelockt. Die Invasion destabilisiert letztlich die Gefäßwände – mit möglicherweise lebensbedrohlichen Folgen.

Wie bei einem Gichtanfall

„Ganz ähnliche Prozesse laufen beispielsweise bei einem Gichtanfall ab“, erläutert Eicke Latz. „Dort allerdings hauptsächlich in den Gelenken.“ Auch die äußerst schmerzhaften Gichtschübe werden durch falsche Ernährung ausgelöst. Übeltäter sind hier nicht Fette, sondern Nukleinsäuren, beispielsweise aus Fleisch. Bei der Verdauung entsteht Harnsäure, die dann kristallisiert. Diese Kristalle setzen ebenfalls eine starke Entzündungsreaktion in Gang.

Professor Latz ist vor kurzem nach einem fast 10-jährigen Forschungsaufenthalt in den USA an die Universität Bonn berufen worden. Dort leitet er das neue Institut für Angeborene Immunität, in dem die Entstehung von Entzündungsreaktionen erforscht wird. Die so genannte angeborene Immunität ist der Teil der körpereigenen Abwehr, der schnell und direkt auf viele Alarmsignale aus der Umgebung reagiert. Und dazu scheinen neben Viren, Bakterien oder Pilzen eben auch bestimmte Kristalle oder andere gefährliche Substanzen zu gehören. Ein weiteres Beispiel dafür ist die Staublunge, bei der durch eingeatmete Silikate oder Asbest eine chronische Entzündungsreaktion ausgelöst wird. Vorteil des angeborenen Immunsystems ist es, dass es auf Gefährdungen sehr schnell reagieren kann. Dabei kann es jedoch augenscheinlich über das Ziel hinaus schießen.

Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation WHO sterben jährlich knapp 17 Millionen Menschen an kardiovaskulären Erkrankungen. Jeder vierte Todesfall weltweit ist damit Folge einer Atherosklerose.

FL/FORSCH

„Kochrezept“ FÜR NEUE MEDIKAMENTE

Ein schnöder Textilfarbstoff mauert sich gerade zu einem neuen Hoffnungsträger der Pharmabranche. Die Rede ist vom so genannten Reactive Blue 2, das als Leitsubstanz für zahlreiche neue Wirkstoffe gilt. Um daraus Medikamente zu entwickeln, muss man die Farbstoffe jedoch abwandeln. Und gerade daran haperte es bislang.

Abhilfe verspricht das „Kochrezept“, das Dr. Younis Baqi und Professorin Dr. Christa E. Müller vom Pharmazeutischen Institut der Uni Bonn kürzlich in den renommierten „Nature Protocols“ vorgestellt haben. Die Forscher haben eine Synthesemethode durch den Einsatz von Mikrowellen so optimiert, dass sich die Farbstoffe nun schneller und vor allem mit höherer Ausbeute modifizieren lassen.

Sie konnten so bereits Wirkstoffe entwickeln, die sich an bestimmte Rezeptoren der Blutplättchen heften und diese so daran hindern zu verklumpen. „Möglicherweise eignen sich diese Substanzen, um Blutgerinnsel zu lösen oder bereits ihre Entstehung zu verhindern“, hofft Müller. Bis sie sich zur Herzinfarkt- oder Schlaganfall-Vorsorge einsetzen lassen, werden aber noch Jahre vergehen. Andere Farbstoff-Derivate könnten langfristig eventuell in der Krebstherapie zum Einsatz kommen.

KEINE PANIK IM STADION

Fußballspiele stellen immer ein erhöhtes Sicherheitsrisiko dar. Tragödien wie die im Brüsseler Heysel-Stadion 1985 und im Hillsborough-Stadion in Sheffield 1989 beweisen das. Geographen der Universität Bonn sind seit zwei Jahren an der Entwicklung eines Evakuierungsassistenten beteiligt. Er soll in Zukunft Polizei und Ordnungskräfte bei Gefahrenlagen in Stadien oder Veranstaltungshallen unterstützen, die eine Räumung erfordern. „Wir haben dazu zunächst ermittelt, welche Informationen welche Abteilung oder Organisation braucht“, erklärt der Bonner Geograph Professor Dr. Jürgen Pohl. „Dazu haben wir mit den einzelnen Behörden wie Polizei und Feuerwehr gesprochen und so eine Bedarfsanalyse vorgenommen. Das ist extrem



Foto: Volker Lammert/Uni Bonn

◀ Nicht nur beruflich an Fußball interessiert (v.l.n.r.): Simon Runkel, Prof. Dr. Jürgen Pohl und Swen Zehetmair vom Geographischen Institut der Universität Bonn

wichtig, damit im Ernstfall alles glatt läuft und der Evakuierungsassistent jedem Verantwortlichen die Informationen liefert, die er benötigt.“

In dem System laufen sämtliche Informationen zu Besuchern, Gebäudestruktur und Gefahrstoffen sowie zu Besonderheiten der Veranstaltung zusammen. Mittels Personenzählung und automatisierter Bildverarbeitung analysiert das System zudem die aktuelle Gefahrenlage. Einsatzkräfte können sich so schnell über die Personenverteilung und die Verfügbarkeit von Rettungswegen informieren. Zusätzlich kann der Rechner anhand von Basisdaten über die Gebäudestruktur die Evakuierung simulieren. Dadurch können die Verantwortlichen besser abgesicherte Entscheidungen treffen und Sicherheitspersonal oder Rettungskräfte optimal einsetzen. Ziel des Ganzen ist eine möglichst geordnete und gefahrlose Evakuierung.

Der Evakuierungsassistent ist zentraler Bestandteil des Verbundprojekts „HERMES“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Geleitet wird es von Professor Dr. Armin Seyfried, Forschungszentrum Jülich/Universität Wuppertal. Beteiligt sind zudem neben den Universitäten Bonn, Köln und Wuppertal Forschungsunternehmen aus ganz Deutschland.

Weitere Informationen unter:
<http://www.fz-juelich.de/jsc/appliedmath/ped/projects/hermes-de/>

BONNER PHYSIKER STELLEN NEUARTIGES GAS AUS LICHT HER

Bonner Physiker haben eine Art Gas aus Lichtteilchen mit ungewöhnlichen Eigenschaften hergestellt. Das Funktionsprinzip lässt sich eventuell nutzen, um Sonnenlicht unabhängig vom Sonnenstand auf einen festen Punkt zu bündeln. So ließe sich etwa

die Ausbeute von Solarzellen erhöhen, ohne dass man sie mittels Motoren zur Sonne ausrichten müsste. Die Forscher nutzten in ihrem Experiment gewölbte Spiegel mit extrem hohem Reflexionsvermögen. Sie richteten die Spiegelflächen so aus, dass sie zueinander zeigten. So konnten sie einen Lichtstrahl ständig zwischen ihnen hin- und her werfen. Zwischen den Reflexionsflächen befand sich ein Farbstoff. Auf ihrer Reise kollidierten die eingesperrten Photonen immer wieder mit den Farbstoff-Molekülen. „Unter diesen Umständen konnten wir ein neuartiges Photonengas mit ungewöhnlichen Eigenschaften erzeugen“, erklärt der Laserphysiker Professor Dr. Martin Weitz.

Die Farbe dieses Gases ändert sich mit der Umgebungstemperatur. Die Lichtintensität – also die Zahl der Photonen – bleibt dagegen immer gleich. Das ist ähnlich, als würde man eine Flasche mit Luft in den Kühlschrank stellen: Die Luftmoleküle werden zwar ‚kühler‘ und damit langsamer, ihre Menge bleibt aber konstant. Der Wolframdraht einer Glühbirne ändert zwar je nach Temperatur ebenfalls seine Farbe; das Licht verliert beim Abkühlen aber auch an Intensität.

Die von den Bonner Forschern entwickelte Methode lässt sich eventuell nutzen, um Sonnenlicht wie mit einem Brennglas zu konzentrieren. „Stellen Sie sich ein mit Licht gefülltes Sektglas vor, das nach unten hin spitz zuläuft“, sagt Weitz. „Je kälter das Licht ist, desto weiter unten kommt es in diesem Sektglas zu liegen und desto konzentrierter wird es.“ Dieser Effekt ist unabhängig von der Richtung, aus der das Licht einfällt: Die Konzentration erfolgt immer am selben Ort. „Außerdem funktioniert das auch bei diffusem Licht, also etwa bei bewölktem Himmel“, betont Weitz.

Thermometer für Mammut und Saurier

Neue Methode verrät Körpertemperatur längst ausgestorbener Tiere

Forscher der Universität Bonn haben zusammen mit US-Kollegen ein chemisches Thermometer für längst ausgestorbene Tiere entwickelt. Mit der neuen Methode lässt sich bis auf zwei Grad genau bestimmen, welche Körpertemperatur Mammut, Säbelzahn tiger oder Brachiosaurus hatten. Dazu benötigen die Wissenschaftler lediglich einen Zahn des jeweiligen Tieres. Sie versuchen nun die Frage zu beantworten, ob die Dinosaurier warmblütig waren.

Grad. Für ein zweites Tier von einem anderen Fundort ergab die Methode eine Temperatur von 36,8 Grad. Zum Vergleich: Als die Forscher ihr „Zahnthermometer“ bei einem indischen Elefanten testeten – dem engsten heute noch lebenden Verwandten des Mammut –, blieb es bei 36,9 Grad stehen.

Für heutige Krokodile oder Haie liefert die neue Methode dagegen etwa zehn Grad niedrigere Körpertemperaturen. Grund: Fische und Reptilien sind wechselwarm – ähnlich, wie es lange Zeit für die Dinosaurier angenommen wurde. Allerdings mehren sich die Hinweise, dass möglicherweise zumindest einige der Urzeitechsen warmblütig waren. „Wir wollen herausfinden, ob das wirklich stimmt“, sagt Tütken. „Wir haben inzwischen erste Dinosaurierzähne untersucht und eine ähnliche Körpertemperatur wie bei heutigen Säugern gefunden. Allerdings müssen wir noch überprüfen, wie verlässlich diese Daten sind.“

Tütken leitet an der Universität Bonn die Emmy-Noether-Gruppe „Knochengeochemie“. Darin untersuchen seine Mitarbeiter und er beispielsweise, wie der Speiseplan längst ausgestorbener Tierarten aussah und wie mobil die Tiere waren. Selbst Klimainformationen lassen sich aus der Isotopenzusammensetzung der uralten Überreste ablesen.

Resistent gegen den Zahn der Zeit

Leider überdauern Skelettreste die Jahrtausende aber selten unbeschadet. Das betrifft insbesondere Knochen, bei deren Fossilisation oft kein Molekül auf dem anderen bleibt. Daher verrät ihre Isotopenzusammensetzung meist weniger über das Tier, von dem der Knochen stammt, als über das Fossilisationsmilieu. Zahnschmelz kann dagegen Zehntausende von Jahren ohne größere chemische Veränderungen überstehen.

Die Dinosaurier hinterließen jedoch vor mehr als 65 Millionen Jahren ihre Spuren in der Weltgeschichte. Ob der harte Schmelz so lange gegen den Zahn der Zeit resistent ist, ist noch nicht ganz klar. **FL/FORSCH**



Foto: Frank Luerweg, Universität Bonn

▲ **Dr. Thomas Tütken mit dem ca. 30.000 Jahre alten Backenzahn eines Mammut. Anhand des Zahnschmelzes lässt sich die Körpertemperatur des Tieres auf plus/minus zwei Grad genau bestimmen.**

Das Untersuchungsobjekt ist schon eine Weile tot: Vor gut 30.000 Jahren hatte das Wollmammut an den Ufern des Rheins ins Gras gebissen. Das deutsch-amerikanische Forscherteam hat nun in der PNAS-Studie einen seiner Zähne unter die Lupe genommen. Genauer gesagt: den Mammut-Zahnschmelz. Der ist nämlich so beständig, dass er sich seit dem Ableben des Tieres kaum chemisch verändert haben dürfte.

Zahnschmelz besteht aus Kalziumphosphat, das einen kleinen Anteil der Kohlenstoff-Sauerstoff-Verbindung Karbonat enthält. Sowohl Kohlenstoff als auch Sauerstoff gibt es in einer leichten und einer schweren Variante. Chemiker sprechen von Isotopen. Schwerer Kohlenstoff ist selten, schwerer Sauerstoff auch. Es ist also unwahrscheinlich, dass ein- und dasselbe Karbonat-Ion sowohl schweren Sauerstoff als auch schweren Kohlenstoff enthält. Dennoch kommt das häufiger vor, als rein statistisch zu erwarten wäre. Aufgrund

thermodynamischer Parameter fühlen sich die beiden schweren Isotope nämlich zueinander hingezogen und gehen eine Bindung ein. Das erfolgt umso öfter, je kälter es bei der Bildung des Zahnschmelzes ist.

„Diesen Zusammenhang nutzen wir für unser Thermometer“, erklärt der Bonner Geochemiker Dr. Thomas Tütken: „Indem wir messen, wie häufig sich die schweren Isotope im Karbonat zusammen finden, können wir die Körpertemperatur auf plus/minus zwei Grad genau bestimmen. Das Thermometer haben wir zunächst an Zähnen heute lebender Wirbeltiere mit bekannter Körpertemperatur kalibriert und dann an Zähnen ausgestorbener Wirbeltiere getestet.“

Das Mammut war ähnlich warm wie ein Elefant

Für das eingangs erwähnte Wollmammut errechneten die Wissenschaftler so eine Körpertemperatur von 39,1

Wer kaut, bleibt klein

Studie zeigt, warum die Langhalsosaurier so riesig werden konnten

Warum konnten die so genannten sauropoden Dinosaurier so viel größer werden als heutige Landtiere? Eine Forschergruppe unter Leitung der Uni Bonn scheint dieses Rätsel gelöst zu haben. Ein Schlüssel zum Riesenvuchs war demnach die jurassische Fast-Food-Kultur: Die Riesendinos kauten ihre Nahrung nicht, sondern schlangen sie einfach herunter.

Es gibt eine einfache Faustregel: Je größer ein Tier ist, desto mehr Zeit verbringt es mit Fressen. Der Elefant kommt darüber kaum noch zum Schlafen – rund 18 Stunden täglich ist er damit beschäftigt, seinen gewaltigen Appetit zu stillen. „Das führt uns zu einem der vielen Rätsel, vor die uns der Riesenvuchs der Sauropoden stellt“, erklärt der Bonner Paläontologe Professor Dr. Martin Sander. „Die waren nämlich so groß, dass der Tag 30 Stunden hätte haben müssen, damit sie ihren Kalorienbedarf decken konnten.“

Sander ist Sprecher einer internationalen Forschergruppe, die nach Erklärungen für dieses und andere Paradoxa sucht. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat das Projekt bislang mit drei Millionen Euro gefördert. Nun haben die beteiligten Wissenschaftler in den „Biological Reviews“ auf mehr als 30 Seiten die Früchte ihrer Arbeit vorgestellt. Ihr Artikel liefert erstmals eine plausible Antwort auf die Frage, zu deren Beantwortung die Gruppe vor sechs Jahren angetreten ist: Warum es die gigantischen Langhalse überhaupt geben

konnte. Die Forscher erklären auch, warum heutige Landtiere nicht annähernd an dem jurassischen Größenrekord kratzen. Ein Grund: Wir kauen. Riesendinos schlangen.

Kauen hilft, die Nahrung schneller zu verdauen: Durch den Mahlvorgang wird sie zerkleinert und gleichzeitig ihre Oberfläche vergrößert. Dadurch können die Verdauungsenzyme besser angreifen. Aber: Kauen kostet Zeit – eine Ressource, die mit steigender Größe knapp wird. Gleichzeitig gilt: Wer kaut, braucht einen großen Kopf – schließlich müssen Mahlzähne und Muskulatur irgendwo untergebracht werden. Nicht umsonst sind Elefanten ziemlich Dickschädel.

Die Pflanzen fressenden Riesendinosaurier hatten jedoch relativ kleine und leichte Schädel. Erst diese Tatsache ermöglichte ihnen die Ausbildung extrem langer Hälse. Und diese halfen ihnen wiederum dabei, die Nahrungsaufnahme möglichst

gedauert haben. Ihre Mägen waren aber so groß, dass sie dennoch rund um die Uhr genügend Energie lieferten. Der Stoffwechsel der gigantischen Tiere war zudem ausgesprochen leistungsfähig. So verfügten sie über eine erstaunlich ausgefeilte Lunge, die bei weitem effektiver war als die des Menschen. Eine wichtige Rolle bei ihrer Funktion spielten die vielen Luftsäcke, die Körperhöhle und Wirbel der Urzeitechsen durchzogen. In Verbindung mit einem raffinierten Ventilsystem sorgten sie dafür, dass sowohl beim Ein- als auch beim Ausatmen ein Gasaustausch stattfinden konnte. Ein schöner Nebeneffekt: Der Hals wurde dadurch wesentlich leichter – wichtig für die Statik der Tiere.

„Stammesgeschichtlich haben die Lungen heutiger Vögel und der Riesendinosaurier denselben Ursprung“, sagt Sander. „Erfunden wurde dieses effektive Luftaustausch-Prinzip vor rund 230 Millionen Jahren.“ Dazu passt, dass die Erde zu jener Zeit gerade durch ein Sauerstofftal ging: Die Konzentration lag nur bei 12 bis 15 Prozent, also ein Drittel niedriger als heute. Da war es natürlich ein riesiger Vorteil, wenn man die wenigen Sauerstoffmo-

leküle in der dünnen Luft möglichst schnell und gut herausfischen konnte.

In ihrem Artikel gehen die Forscher noch auf weitere Faktoren ein, ohne die es die riesigen Pflanzenfresser wohl nicht gegeben hätte. Dazu zählt unter anderem die hohe Reproduktionsrate, die es den Tieren erleichterte, auch unter widrigen Bedingungen zu überleben. Sander: „Vor 200 Millionen Jahren kam es zu einer beispiellosen Kombination von primitiven und evolutionsgeschichtlich neuen Merkmalen, die diese faszinierenden Giganten ermöglichte.“

FL/FORSCH

◀ Riesendinos hatten keine Mahlzähne, sondern schlangen ihre Nahrung in Fast-Food-Manier herunter. Nur so blieb ihnen genügend Zeit, ihren immensen Kalorienbedarf zu decken, vermutet die Forschergruppe um Professor Dr. Martin Sander.



Foto: Frank Luerweg, Universität Bonn

effizient zu gestalten. So mussten sie nämlich nicht permanent ihren 80-Tonnen-Körper auf der Suche nach Grünzeug über die jurassische Savanne wuchten: Sie blieben einfach stehen und nutzten ihren beweglichen Hals, um die Umgebung abzugrasen.

Hochleistungslunge

Der Verdauungsvorgang selbst dürfte bei den Riesendinos aufgrund der fehlenden Mahlzähne einige Tage

NEUE WARANE AUF DEN PHILIPPINEN BESCHRIEBEN

Der Doktorand André Koch vom Museum Alexander Koenig hat zusammen mit seinem Betreuer Professor Dr. Wolfgang Böhme und einer Münchner Kollegin gleich zwei neue Waranarten und eine neue Unterart von den Philippinen beschrieben. „Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Vielfalt dieser Tiere bisher stark unterschätzt wurde“, sagt Koch. Die Warane Südostasiens sind ein Schwerpunkt seiner Doktorarbeit, die er am Zoologischen Forschungsmuseum Alexander Koenig anfertigt.



Foto: Ingo Langlotz

Die drei neuen Philippinen-Warane wurden in Kombination mit Feldstudien vor Ort nach mehrjährigen Studien zahlreicher konservierter Belegexemplare der großen europäischen Naturkundemuseen identifiziert. Dies belegt einmal mehr die immense Bedeutung dieser Sammlungen als Archive der Biodiversität auf der Erde. Leider werden

die dafür nötigen Kuratorenstellen in Zeiten knapper öffentlicher Mittel oftmals nicht wiederbesetzt, wenn ein Wissenschaftler ausgeschieden ist. Aus diesem Grunde haben die Autoren eine der neuen Arten nach dem verstorbenen Kriechtierkundler Dr. Jens B. Rasmussen vom Zoologischen Museum in Kopenhagen benannt, dessen Stelle heute verwaist ist. Damit wollen die Autoren auf die globale Krise der taxonomischen Forschung aufmerksam machen. Im Kopenhagener Museum lagen die einzigen bekannten Belegexemplare der neu beschriebenen Echse.

„Insgesamt gibt es auf der Welt viel zu wenige Experten für die Bestimmung von Arten“, betont Kochs Betreuer Professor Böhme. „Ihre Ausbildung an den Universitäten ist stark rückläufig. Das Wissen über die globale Artenvielfalt, das auch für die Existenz des Menschen essentiell ist, läuft Gefahr verloren zu gehen!“

ABWEHR GEGEN KUCKUCKS-KINDER

Im Fischreich sind die Geschlechterrollen oftmals anders verteilt, als man vielleicht erwarten würde. Bei den Stichlingen sind es die Männ-

chen, die sich um die befruchteten Eier des Weibchens kümmern, bis der Nachwuchs geschlüpft ist. Doch sehr häufig werden die Fische bei der Brutpflege zu Kannibalen. Einen Grund hierfür hat nun die Bonner Biologin Marion Mehlis herausgefunden. Mehlis ist Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe von Professor Dr. Theo C. M. Bakker vom Bonner Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie. Im Rahmen ihrer Diplomarbeit schob sie männlichen Dreistachligen Stichlingen von einem anderen Männchen besamte Eier unter, und zwar in unterschiedlichen Mengen. Die so Betrogenen kümmerten sich meist noch einige Tage aufopferungsvoll um ihre Brut. Dann merkten viele von ihnen, dass etwas nicht stimmte, und fraßen das Gelege teilweise oder sogar komplett auf.

Je mehr „Kuckuckseier“ im Nest lagen, desto häufiger fraßen die betrogenen Väter ihre komplette Brut. „Der Dreistachlige Stichling ist also dazu in der Lage, die Anzahl der fremd befruchteten Eier in seinem Nest richtig einzuschätzen“, schließt Mehlis daraus. Dabei spielt vermutlich der Geruch eine wichtige Rolle: Anscheinend ändert sich das Duftprofil befruchteter Eier im Laufe ihrer Entwicklung und somit der Brutpflegephase. Die Forscher vermuten, dass der Fisch in der Lage ist, anhand des (genetisch bedingten) Duftes die Zahl der fremden Eier abzuschätzen. Das klappt aber augenscheinlich erst gegen Ende des Brutzyklus. Erstaunlicherweise machten die Kannibalen allerdings auch vor eigenen Eiern nicht halt. Eventuell reicht der Geruch nicht aus, um einzelne Eier zu unterscheiden. Wenn das Nest insgesamt zu „fremd“ riecht, wird es zerstört – auch wenn der Stichling dabei seine eigenen Kinder frisst.

Und warum das Ganze? Während der Brutpflege fächelt das Stichlingsmännchen den Eiern rund um die Uhr frisches, sauerstoffreiches Wasser zu. Für den kleinen Fisch ist das körperlich so anstrengend, dass er oft nach dem Ende der Brutpflegezeit stirbt. Dieser Einsatz lohnt sich nicht, wenn der Anteil an fremdbefruchteten Eiern im eigenen Nest zu hoch ist: In diesem Falle macht es für den Stichling mehr Sinn, das Gelege zu fressen und einen neuen Versuch zu starten.

SCHWIMMFARN ALS SPRITBREMSE

Eine unscheinbare Pflanze könnte bald Karriere als Klimaretter machen: Die Oberflächenhaare des Schwimmfarns sollen Schiffen zu einem zehn Prozent geringeren Kraftstoffverbrauch verhelfen. Die Pflanze hat die seltene Gabe, sich unter Wasser in ein hauchdünnes Kleid aus Luft zu hüllen und dieses monatelang festzuhalten. Forscher der Universitäten Bonn, Karlsruhe und Rostock haben nun aufgeklärt, wie der Farn das macht. Ihre Ergebnisse lassen sich vielleicht zur Konstruktion neuartiger Schiffsrümpfe nutzen, die in einer Hülle aus Luft durch das Wasser gleiten. Derartige Schiffe kämen aufgrund der verringerten Reibung mit deutlich weniger Treibstoff aus.

Schon seit einigen Jahren ist bekannt, dass auf der Oberfläche seiner Blätter winzige schneebeesenartige Härchen sitzen. Diese sind hydrophob: Sie halten das Wasser in der Umgebung auf Distanz. „Wir haben nun aber zeigen können, dass die äußersten Spitzen dieser Schneebeesen hydrophil sind, also wasserliebend“, erklärt Professor Dr. Wilhelm Barthlott von der Uni Bonn. „Sie tauchen in die umgebende Flüssigkeit ein und ‚tackern‘ das Wasser gewissermaßen in regelmäßigen Abständen auf der Pflanze fest. Die darunter sitzende Luftschicht kann daher nicht so leicht entweichen.“

In der Entschlüsselung dieses Prinzips schlummert ein gewaltiges technisches Potenzial: Bislang geht bei Containerschiffen mehr als die Hälfte der Antriebsenergie durch Reibung des Wassers am Rumpf verloren. Mit einer Luftschicht ließe sich dieser Verlust nach Schätzung der Forscher um zehn Prozent reduzieren. Da Schiffe riesige Spritschlucker sind, wäre der Gesamteffekt enorm. „Man könnte so wahrscheinlich ein Prozent des weltweiten Gesamtverbrauchs an Treibstoff einsparen“, prognostiziert Professor Barthlott.



Foto: Nees-Institut, Universität Bonn

► Einer der neu entdeckten Warane

► Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Wassertropfens auf einem Schwimmfarn-Blatt (koloriert). Die schneebeesenartigen Härchen sind gut zu erkennen, ebenso wie der hydrophile Bereich an ihrer Spitze, mit dem sie den Tropfen festhalten.



Neue Waffe gegen hochresistente Keime

Wirkstoff kommt in Pilzen und niederen Tieren vor

Ein Wirkstoff aus Pilzen und niederen Tieren eignet sich eventuell als schlagkräftige Waffe gegen gefährliche Bakterien. Die Rede ist vom so genannten Plectasin, einem kleinen Eiweißmolekül, das selbst hochresistente Keime zerstören kann. Bonner Forscher haben zusammen mit dänischen und holländischen Kollegen aufgeklärt, wie die Substanz das macht. Sie sehen in Plectasin eine viel versprechende Leitsubstanz für neue Antibiotika.

Foto: Uwe Wittbrock, fotolia.com

Immer mehr Bakterien sprechen auf gängige Antibiotika nicht mehr an. Das betrifft vor allem die methicillin-resistenten Staphylokokken: Gegen diese so genannten MRSA-Stämme sind die Waffen der Pharmaforschung inzwischen weitgehend stumpf. Nach Schätzungen erkrankt bereits jeder zweite intensivmedizinisch behandelte Patient in den USA an einer MRSA-Infektion. Plectasin könnte die Kräfteverhältnisse wieder zu Gunsten der Mediziner zurechtrücken: Chemisch leicht modifiziert, macht es selbst hochresistenten Staphylokokken problemlos den Garaus – zumindest im Reagenzglas. Doch wie genau macht das kleine Eiweißmolekül das?

Die Bonner Forscher um Dr. Tanja Schneider und Professor Dr. Hans-Georg Sahl haben diese Fragen zusammen mit dänischen und holländischen Kollegen beantwortet. Demnach stört Plectasin die Bildung der Bakterienzellwand, so dass sich die Erreger nicht mehr teilen können.

Diebstahl auf der Bakterien-Baustelle

Plectasin verhält sich dabei wie ein Dieb, der einem Maurer die Steine klaut. „Es heftet sich an den Zellwand-

Bestandteil Lipid II und verhindert so, dass dieser eingebaut wird“, erklärt Professor Sahl. „Ohne Zellwand sind Bakterien aber nicht lebensfähig.“ Plectasin ähnelt in seiner Wirkungsweise dem ebenfalls weit verbreiteten Vancomycin. Vancomycin galt seit den 80er Jahren im Kampf gegen MRSA-Stämme als Mittel der Wahl.

Inzwischen gibt es jedoch mehr und mehr Bakterien, die auch gegen Vancomycin resistent sind. „Gegen Plectasin sind diese Stämme jedoch noch empfindlich“, betont Dr. Tanja Schneider. Dennoch sei auch mit der neuen Substanz das Resistenz-Problem nicht auf Dauer gelöst. „Es ist immer nur eine Frage der Zeit, bis die Erreger mutieren und ihnen auch die neuen Medikamente nichts mehr anhaben können“, sagt sie. „Das ist ein ewiges Wettrüsten.“

Plectasin gehört zu den so genannten Defensinen. Diese Abwehrmoleküle sind bei Pilzen, Tieren und wohl auch bei Pflanzen weit verbreitet. Der Mensch bildet beispielsweise Defensine auf seiner Haut und erstickt so viele Infektionen bereits im Keim. Defensine töten jedoch nicht nur Krankheitserreger, sondern alarmieren auch das Immunsystem. Daher setzt die Pharmabranche in sie besonders große Hoffnungen.

Mit Maden Wunden heilen

Die Goldfliege *Lucilia sericata* produziert interessanterweise ein Defensin, das dem Plectasin sehr ähnelt und, wie die Bonner Forscher gezeigt haben, auch genauso wirkt. Ihre Larven werden zur Behandlung schwer heilender Wunden eingesetzt. Die rosaroten Maden ernähren sich von abgestorbenem Gewebe. Bislang nahm man an, die Wunde werde dadurch gereinigt, und sah darin den Grund für die Erfolge. „Wahrscheinlich sind es aber die Defensine, die für die bessere Wundheilung verantwortlich sind“, meint Tanja Schneider.

Die Madentherapie hat eine lange Tradition, die mindestens bis ins frühe 19. Jahrhundert zurück reicht. Nach Einführung des Penicillins in den 1940er Jahren geriet die Behandlungsmethode langsam in Vergessenheit. Seit 15 Jahren erlebt sie jedoch ein Revival – begünstigt durch die vielen Resistenzen, die sich inzwischen gegen herkömmliche Antibiotika gebildet hatten. Nun könnte sich paradoxerweise herausstellen, dass es ein von den Larven gebildetes Antibiotikum ist, das die Madentherapie so wirksam macht.

FL/FORSCH

▲ Die Larven der Goldfliege *Lucilia sericata* werden zur Behandlung schwer heilender Wunden eingesetzt. Sie produzieren ein Defensin, das dem Plectasin sehr ähnelt und auch genauso wirkt.

Studie zeigt: Biosiegel erhöht den Kaufanreiz

Logo stimuliert das Belohnungssystem im Gehirn



Es klingt wie ein verspäteter Triumph der ehemaligen Verbraucherschutz-Ministerin Renate Künast: Das unter ihrer Ägide 2001 eingeführte Biosiegel wirkt – und zwar direkt aufs Gehirn. Das zeigen Forscher der Universitäten Bonn und Greifswald in einem Experiment mit insgesamt 30 Personen. Das Logo stimuliert demnach einen Teil des Belohnungssystems im Gehirn, das so genannte ventrale Striatum. Diese Aktivierung spiegelt sich auch im realen Kaufverhalten wieder: Im Schnitt waren die Teilnehmer bereit, 45 Prozent mehr Geld für Produkte mit dem Siegel zu zahlen.

Die Teilnehmer mussten vor dem Experiment vier Stunden fasten. Dann zeigten die Forscher ihnen Bilder von Brot, Eiern oder Bananen. Jedes Produkt tauchte genau zweimal auf – einmal mit dem Biosiegel, einmal mit einem (fiktiven) Logo für konventionelle Nahrungsmittel. Die ausgehungerten Probanden konnten nun shoppen gehen und das jeweils gezeigte Produkt ersteigern. Die ersteigerten Lebensmittel mussten sie

später tatsächlich bezahlen. Ergebnis: Im Schnitt legten die Teilnehmer für Lebensmittel mit dem Biosiegel 45 Prozent mehr Geld auf den Tisch als für konventionelle Produkte.

Während des Experiments registrierten die Forscher zudem mit einem Hirnscanner, welche Gehirnbereiche ihrer Probanden besonders aktiv waren. „Das Biosiegel aktiviert das ventrale Striatum“, fasst der Bon-

ner Neurowissenschaftler Nicolas Linder das Hauptergebnis zusammen. „Diese Region im Gehirn zählt zum so genannten Belohnungssystem. Sie wird immer dann aktiv, wenn wir eine erstrebenswerte Erfahrung machen.“ Am stärksten fiel diese Aktivierung bei Versuchspersonen aus, die „im wirklichen Leben“ häufig zu Bioprodukten greifen.

„Es ist interessant, dass ein abstraktes Logo eine solche Wirkung entfaltet“, sagt der Letztautor der Studie Dr. Bernd Weber. Weber leitet die Arbeitsgruppe NeuroCognition-Imaging am Bonner Life&Brain Zentrum und ist Vorstandsmitglied des neuen Center for Economics and Neuroscience. „Unsere Studie zeigt nachdrücklich, welche große Bedeutung die Auszeichnung von Produkten auf das Kaufverhalten haben kann.“

FL/FORSCH

▲ Das Biosiegel aktiviert unser Belohnungssystem im Gehirn.

DUNKLE MATERIE – EIN PHANTOM?

Eine internationale Studie unter Federführung der Uni Bonn weckt massive Zweifel an der Existenz der Dunklen Materie. Die Autoren haben Beobachtungsdaten der Milchstraße und des Andromedanebels mit den Vorhersagen der Theorie verglichen. Dabei sind sie auf fünf schwer zu erklärende Widersprüche gestoßen. Galaxien rotieren so schnell, dass die Sterne in ihnen eigentlich aufgrund der Fliehkraft auseinander getrieben werden müssten. Eine unsichtbare Substanz – die Dunkle Materie – scheint mit ihrer Masseanziehung dafür zu sorgen, dass das nicht passiert. Seit vier Jahrzehnten fahnden Astrophysiker schon nach diesem mysteriösen „Sternenkitt“ – bislang ohne Erfolg. Möglicherweise jagen sie einem Phantom hinterher: Inzwischen bezweifeln manche Forscher, dass die Dunkle Materie überhaupt existiert. Die neue Studie stärkt diesen Zweifeln den Rücken.

Eine mögliche Alternative zur Dunklen Materie ist die Annahme, dass bei galaktischen Dimensionen ein wenig größere Gravitationskräfte wirken,

als durch Newtons Gravitationsgesetz vorhergesagt wird. „In diesem Fall würden die fünf Probleme entweder direkt verschwinden oder sich relativ einfach lösen lassen“, betont der Bonner Astrophysiker Professor Dr. Pavel Kroupa. Eine Konsequenz wäre, dass sowohl Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie als auch Newtons Gravitationstheorie angepasst werden müssten. In der August-Ausgabe der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“ erscheint ein ausführlicher Artikel zu den aktuellen Forschungsergebnissen.

DUNKLE MATERIE – KEIN PHANTOM?

Ein internationales Team unter Beteiligung der Uni Bonn hat berechnet, wie die rätselhafte Dunkle Materie im All verteilt ist. Die Forscher werteten dazu insgesamt 575 Fotografien einer bestimmten Region des Himmels aus, die vom Hubble-Teleskop aufgenommen worden waren. Aus den Aufnahmen konnten sie ein extrem detailliertes Gesamtbild zusammensetzen. Dieses enthält rund 446.000 Galaxien. Dunkle Materie verrät sich einzig und allein durch die Gravita-

tionskräfte, die von ihr ausgehen. Wie kann man sie also „sehen“? Die Wissenschaftler nutzten dazu den so genannten Gravitationslinsen-Effekt. Nach Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie lenken die Gravitationskräfte (wie etwa die Masseanziehung von Galaxien) Lichtstrahlen leicht ab – ähnlich wie eine Linse. „Die Auswirkungen dieser Lichtablenkung können wir messen und daraus herleiten, wie die Dunkle Materie im All genau verteilt ist“, sagt Dr. Jan Hartlap vom Argelander-Institut für Astronomie der Uni Bonn.

Die Studie bestätigt auch Albert Einsteins kosmologische Konstante. Als der große Physiker seine Allgemeine Relativitätstheorie entwickelte, dachte man fälschlicherweise, das Weltall sei statisch. Diese Annahme stand zunächst im Widerspruch zur neuen Theorie. Einstein schmutzelte daraufhin eine „kosmologische Konstante“ in seine Gleichungen, um die Ungereimtheit zu beseitigen. Als sich später herausstellte, dass sich das Universum doch ausdehnt, soll er diese als seinen „größten Irrtum“ bezeichnet haben – augenscheinlich voreilig.

Hormonspray macht Männer sensibler

Oxytocin verbessert Einfühlungsvermögen

Darauf haben manche Frauen sicher gewartet: Das Neuropeptid Oxytocin verbessert bei Männern die Fähigkeit, sich emotional in ihre Mitmenschen hineinzusetzen. Das konnten Forscher der Uni Bonn und des Babraham-Instituts Cambridge zeigen.

An dem Experiment nahmen 48 gesunde Männer teil. Die eine Hälfte erhielt zu Beginn ein Oxytocin-haltiges Nasenspray, die andere ein Placebo. Danach zeigten die Forscher ihren Probanden Fotos von emotional aufgeladenen Situationen: ein weinendes Kind, ein Mädchen, das seine Katze umarmt, einen trauernden Mann. Die Teilnehmer sollten nun angeben, inwieweit sie mit den abgebildeten Personen mitfühlten.

„Die Oxytocin-Gruppe gab signifikant höhere emotionale Empathie-Werte zu Protokoll als die Placebo-Gruppe“, fasst Dr. René Hurlemann von der Klinik für Psychiatrie das Hauptergebnis zusammen. Dabei hatten die Teilnehmer der Placebo-Gruppe keineswegs Schwierigkeiten, den Ausdruck der abgebildeten Gesichter rational zu deuten. Die Oxytocin-Gabe bewirkte lediglich ein größeres emotionales Einfühlungsvermögen: Die getesteten Männer erreichten Werte, wie sie sonst für Frauen typisch sind. Normalerweise kann das „schwache“ Geschlecht in punkto „Empathie“ einen deutlichen Vorsprung verbuchen.

Nasenspray verbessert Lernerfolg

In einem zweiten Versuch mussten die Teilnehmer am Computer einen einfachen Merktest absolvieren. Bei richtigen Antworten erschien auf dem Bildschirm ein lobendes, bei falschen ein tadelndes Gesicht. Alternativ erfolgte das Feedback über grüne (richtig) oder rote (falsch) Kreise. „Ganz allgemein war der Lernerfolg höher, wenn die Rückmeldung über Gesichter erfolgte“, sagt Dr. Keith Kendrick vom Babraham-Institut im britischen Cambridge. „Die Oxytocin-Gruppe sprach auf das mimische Feedback aber noch einmal deutlich besser an als die Placebo-Gruppe.“

Oxytocin ist ein Hormon, das unter anderem die Geburtswehen auslöst. Es stärkt zudem die emotionale Bindung zwischen Mutter und Neugeborenem. Auch beim Orgasmus werden große Mengen Oxytocin freigesetzt. Das Neuropeptid wird mit Gefühlen wie Liebe und Vertrauen in Verbindung gebracht. „Unsere Studie zeigt zum ersten Mal, dass emotionales Einfühlungsvermögen durch Oxytocin moduliert wird und dass Ähnliches auch für Lernprozesse mit sozialen Verstärkern gilt“, sagt Hurlemann. Eventuell eigne sich das Hormon daher als Medikament bei Erkrankungen wie der Schizophrenie, die oft mit einem Verlust der sozialen Kontaktfähigkeit und sozialem Rückzug einhergingen.

FL/FORSCH

▼ **Das Neuropeptid Oxytocin sorgt bei Männern dafür, dass sie sich emotional besser in ihre Mitmenschen hinein versetzen können.**

GESCHRUMPFTER GIGANT

Sauropode Dinosaurier wie der berühmte Brachiosaurus oder Argentinosaurus sind vor allem wegen ihrer gigantischen Körpermaße bekannt. Manches Urviech brachte ein Gewicht von 100 Tonnen auf die Waage, was 10 ausgewachsenen afrikanischen Elefanten entspricht. Einige dieser Giganten, die auf Inseln lebten, entwickelten sich jedoch zu Zwergen. Eine internationale Forscherteam unter Leitung der Uni Bonn hat nun anhand der Knochenstruktur von Fossilienfunden herausgefunden, dass der sauropode Dinosaurier Magyarosaurus dacus niemals größer wurde als ein Pferd.

1895 hatte die Schwester des exzentrischen Paläontologen Franz Baron Nopcsa auf dem Familienanwesen in Transsilvanien kleine Dinosaurierknochen entdeckt. Das Team unter der Leitung von Koen Stein und Professor Dr. Martin Sander hat die fossilen Knochen nun zersägt und ihre Mikrostruktur studiert. „Wir konnten anhand bestimmter Knochenmerkmale beim Magyarosaurus beweisen, dass der kleine Dinosaurier ausgewachsen war“, erklärt Koen Stein, der die Untersuchungen im Rahmen seiner Doktorarbeit durchgeführt hat.

Als Magyarosaurus Anfang des 20. Jahrhunderts gefunden wurde, vermutete der Paläontologe Nopcsa zwar schon, Magyarosaurus sei ein verzweigter Insulaner. Er konnte es jedoch nicht beweisen. Zwischenzeitlich folgerten Wissenschaftler jedoch aus anderen Knochenfunden, dass Magyarosaurus nur ein Jungtier war. Die jetzt vorgelegte Studie brachte jedoch endgültig den Nachweis, dass Nopcsa Recht hatte.

▼ **Lebensrekonstruktion von Magyarosaurus.**



Illustration: Mihai Dumbrava, iilienstermus.deviantart.com

VERGESSENE ZELLEN

Das Glioblastom ist ein tückischer Feind: Der Hirntumor lässt sich zwar oft weitestgehend chirurgisch entfernen. So gut wie immer bilden sich danach aber neue Wucherungen. Grund dafür ist, dass nach der Operation versprengte Krebszellen im Gehirn verbleiben. Forscher um Professor Dr. Björn Scheffler vom Institut für Rekonstruktive Neurobiologie haben diese „vergessenen“ Zellen nun erstmals genauer unter die Lupe genommen. Dabei machten sie eine erstaunliche Entdeckung: „Die Krebszellen in der Umgebung des Tumors haben ganz andere Eigenschaften als die aus dem Zentrum der Wucherung“, sagt Schefflers Kollege Dr. Martin Glas vom Schwerpunkt Klinische Neuroonkologie. „Sie sind zum Beispiel beweglicher, sie bilden andere Rezeptoren, sie reagieren anders auf Bestrahlung oder chemotherapeutische Substanzen.“

Möglicherweise erklärt dieser Befund auch die mageren Erfolge gegen den häufigsten bösartigen Hirntumor: Obwohl die Krebserkrankung seit mehr als einem halben Jahrhundert intensiv erforscht wird, ist eine Heilung bislang nicht möglich. Durchschnittlich überleben die Patienten nach der Erstdiagnose nur etwa 15 Monate. Zwar rücken die Ärzte den vergessenen Zellen nach der Operation mit Bestrahlung und Chemotherapie zu Leibe. Doch diese Waffen bleiben anscheinend stumpf.

JURISTEN UND ÖKONOMEN FORSCHEN GEMEINSAM

An der Rechts- und Staatswissenschaftlichen Fakultät gibt es eine neue interdisziplinäre Einrichtung, das Center for Advanced Studies in Law and Economics (CASTLE). Ihm gehören Wissenschaftler des Rechtswissenschaftlichen Fachbereichs, des Wirtschaftswissenschaftlichen Fachbereichs und des Max-Planck-Instituts zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern an. Das neue Center macht die Methoden der modernen Wirtschaftswissenschaften zur Beantwortung rechtlicher Fragestellungen nutzbar.

„CASTLE wird Aktivitäten in Forschung und Lehre entfalten“, erklärt Mitgründer Professor Dr. Daniel Zimmer, Direktor des Instituts für Handels- und Wirtschaftsrecht. Geplant sind

Konferenzen zu Themen der Rechtsökonomie, interdisziplinäre Symposien, der „LawEcon Workshop“, in dem auswärtige Wissenschaftler ihre Forschungsergebnisse vorstellen, sowie ein internes Kolloquium, in dem Angehörige des CASTLE interdisziplinäre Projekte und Themen diskutieren.

In den USA hat sich die Rechtsökonomie seit den 70-er Jahren des 20. Jahrhunderts als eigenständige Disziplin etabliert. Die Universität Bonn ist eine von wenigen deutschen Universitäten, die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften unter einem Fakultätsdach vereint.

UNTERSCHÄTZTE MUSKEL-KOMPONENTE

Die mikroskopisch kleine Z-Scheibe in der Muskulatur galt lange Zeit als einfache Struktur mit vor allem passiv-mechanischer Funktion. Welche Rolle die Muskelkomponente genau spielt, will nun eine neue Forschergruppe unter Federführung der Universität Bonn untersuchen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert das internationale Projekt mit rund 3,1 Millionen Euro.

Muskelzellen bestehen unter anderem aus langen Proteinfäden, die sich gegeneinander verschieben können. Dadurch verändert sich die Länge des Muskels: Er kontrahiert. Die Fäden – auch Filamente genannt – sind wie die Zinken eines Kamms an einem steifen Rückkrat aufgehängt, der Z-Scheibe. Sie besteht aus über 30 Proteinen, über deren Funktion man teilweise erst wenig weiß. „Es ist aber bekannt, dass Mutationen in den dazugehörigen Erbanlagen oft schwere Muskelkrankheiten zur Folge haben“, erklärt Professor Dr. Dieter Fürst.

Der Wissenschaftler vom Institut für Zellbiologie ist Sprecher der neu eingerichteten Forschergruppe, die Aufbau und Funktion der Z-Scheibe genauer untersuchen will. „Wir kennen heute weder alle beteiligten Proteine, noch haben wir eine umfassende Vorstellung davon, wie sie reguliert werden oder was sie überhaupt tun“, sagt er. Es zeichnet sich schon jetzt ab, dass die Z-Scheibe eine wichtige Rolle bei Reparatur und Austausch beschädigter Muskelkomponenten spielt. Funktionieren diese Mechanismen nicht hundertprozentig, dann reißen die Muskelfasern bereits bei geringsten Belastungen.

Gene wirken oft erst im Doppel-Pack

Neue Studie zu erblichen Formen der Epilepsie

Bei der Entstehung von Erbkrankheiten ist die Wechselwirkung zwischen Genen wichtiger als bislang vermutet. Dies zeigt eindrucksvoll eine Studie der Uni Bonn. Den Forschern ist es gelungen, unter einer Million Genschnipseln des menschlichen Erbguts eine Kombination aufzuspüren, die bei Menschen mit Epilepsie häufiger vorkommt als bei Gesunden. Möglich wurde der Erfolg durch eine enge Kooperation zwischen Epidemiologen, Mathematikern und Humangenetikern.

Unser Gehirn funktioniert durch ein hochkomplexes Zusammenspiel von Milliarden von Nervenzellen, die über elektrische Impulse miteinander kommunizieren. Breiten sich diese Impulse unkontrolliert aus, kommt es zu einem epileptischen Anfall. Ganze Nervenzellverbände entladen sich gleichzeitig, vergleichbar mit den elektrischen Ausbrüchen während eines Gewitters. Zuckungen von Armen und Beinen, Verkrampfungen des ganzen Körpers und der Verlust des Bewusstseins sind die Folge. Etwa ein Prozent aller Menschen leidet zeitweise oder dauerhaft an Epilepsie; 40 Prozent aller Fälle weisen eine erbliche Komponente auf.

Die meisten dieser erblichen Formen kommen durch Defekte in mehreren Genen zustande. Weil aber auch noch Umwelteinflüsse wie etwa Stress eine Rolle spielen, sind die beteiligten Erbanlagen nur schwer aufzuspüren. Dennoch hat man inzwischen mehrere Gene identifiziert, die anfällig für Epilepsie machen können. Gefahndet wird dabei allerdings nicht nach den Genen selbst, sondern nach Markern, so genannten „single nucleotide polymorphisms“, die in Zusammenhang mit der Krankheit stehen. SNPs (sprich: Snips) sind kleine Veränderungen in einem DNA-Strang, die über das gesamte Erbgut verteilt sind. Viele Millionen SNPs ragen wie Bojen aus dem Genom-Meer und dienen den Wissenschaftlern bei der Suche nach Gendefekten als genetische Orientierungspunkte.

100 Milliarden Kombinationen möglich

Die Bonner Forscher haben in ihrer Studie nun erstmals nach SNP-Paaren Ausschau gehalten, die für das Erkrankungsrisiko der Epilepsie relevant sein könnten. Dazu verglichen sie das Erbgut von 623 Epilepsiekranken mit dem

von 936 gesunden Kontrollpersonen. „Das Problem bei einer solchen Analyse ist die gigantische Zahl an Kombinationsmöglichkeiten, die wir auswerten müssen“, sagt Professor Dr. Max Baur vom Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie (IMBIE). So ergeben sich pro Person 100 Milliarden mögliche SNP-Paare, die in statistischen Tests auf ihr potenzielles Krankheitsrisiko zu überprüfen sind.

Rechner, die für genomweite Assoziationsstudien normalerweise eingesetzt werden, sind damit schlichtweg überfordert. Der paarweise Vergleich aller Kombinationsmöglichkeiten würde mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Professor Dr. Michael Griebel und sein Team vom Institut für Numerische Simulation haben jedoch eine Methode entwickelt, mit der es möglich ist, für sämtliche SNP-Daten erkrankter und gesunder Studienteilnehmer auf ihrem Parallelrechner eine paarweise Statistik auszurechnen. Dazu wird, nach geschickter Vorverarbeitung der Daten, die gesamte Rechnung mit speziellen Algorithmen auf verschiedene Computer verteilt, die alle gleichzeitig rechnen. Eine Analyse läuft inzwischen in weniger als sieben Stunden ab.

Genorte liegen auf den Chromosomen 2 und 10

Die Mühe hat sich gelohnt, die Bonner Forscher wurden fündig: Mehrere SNP-Paare kamen häufiger bei den Erkrankten vor als bei den gesunden Kontrollpersonen. Überraschend für die Wissenschaftler dabei war, dass jeder der Genschnipsel allein bei Kranken und Gesunden fast gleich häufig auftrat. Erst die Kombination der Genschnipsel



zeigte einen Effekt und wurde vom Computer als krankheitsrelevant aussortiert. Es reicht also nicht aus, ausschließlich nach einzelnen Gendefekten zu suchen. „Wir müssen bei der Erforschung erblich bedingter Krankheiten unser Augenmerk vielmehr auf die Wechselwirkung zwischen Genen richten“, betont Professor Dr. Thomas Winker vom IMBIE.

Besondere Aufmerksamkeit erregte bei den Bonner Forschern ein SNP-Paar, das weit voneinander entfernt auf zwei verschiedenen Chromosomen im Erbgut liegt. Es besteht aus zwei Genen (DNER und CTNNA3) in Verbindung, die möglicherweise eine wichtige Rolle bei der Epilepsie spielen. Aus molekularbiologischen Untersuchungen weiß man bereits, dass beide Erbanlagen Einfluss auf Bau, Funktion und Stoffwechsel der Nervenzellen im Gehirn haben. Ob die Gene zusammen nun tatsächlich die Anfallsneigung bei Epileptikern beeinflussen, ist jedoch noch nicht geklärt. Dies soll nun in weiteren Studien am Institut für Humangenetik unter Leitung von Professor Dr. Markus Nöthen untersucht werden.

ANDREA HERTLEIN/FORSCH

▲ Geballte Rechenpower: Professor Dr. Michael Griebel und sein Team fahnden mit vielen Rechnern gleichzeitig im Genom von Schizophrenie-Kranken nach auffälligen Korrelationen. Eine Analyse läuft inzwischen in weniger als sieben Stunden ab.

Foto: Sebastian Kaulitzki, fotolia.com

