

# Vermehrung im Killer

Manche Mikroben haben raffinierte Überlebensstrategien entwickelt

Freßzellen, so genannte Makrophagen, sind effektive Waffen unseres Immunsystems, die eingedrungene Erreger verschlingen und verdauen. Manche Bakterien können diese Abwehr aber unterlaufen und sich sogar in Freßzellen vermehren. Zellbiologen der Universität Bonn konnten nun zeigen, mit welchen Tricks die Mikroben arbeiten.

und es sich ausgerechnet in jenen Makrophagen gemütlich zu machen, die eigentlich dazu da sind, sie zu töten.

Einer dieser Erreger ist *Rhodococcus equi*. Dieses Bakterium kann in jungen Fohlen eine Lungenerkrankung auslösen, die der mensch-

lung bequem machen und sich dort vermehren“, so Professor Haas. Innerhalb weniger Tage nach Beginn der Infektion sterben die Makrophagen an der Infektion: Sie fallen auseinander und entlassen die vervielfachten Erreger.

Die Bonner Zellbiologen haben bereits vorher zeigen können, daß dieser Zelltod „nekrotisch“ ist. Das bedeutet, daß Zellbestandteile austreten und damit weitere Immunzellen anlocken und aktivieren. Letztlich kommt es zur Entzündung und Gewebeschädigung. „Es könnte



Fotos: uk, AG Haas (rechts)

▲ Ein Opfer? Nein, das liegende Fohlen aalt sich nur in der Mittagssonne...

► Elektronenmikroskopische Aufnahme von zwei *Rhodococcus equi*-Bakterien im Phagosom eines Mausmakrophagen

Alarm in der Pferdelunge! Gerade ist ein Bakterium mit der Atemluft in die Bronchien gesaugt worden, und schon rückt die Immunabwehr an, um den Eindringling unschädlich zu machen. Angelockt von bakterientypischen Substanzen, welche die Mikrobe wie ein Wolke umgeben, finden die „Makrophagen“ genannten Freßzellen ihren Weg. Sobald sie den Eindringling aufgespürt haben, stülpen sie einen Teil ihrer eigenen Zellmembran wie eine Kapuze über das Bakterium, wodurch ein Membransack entsteht, in dem der Erreger eingeschlossen ist. Dieses „Phagosom“ (von griechisch „phagein“ = fressen) schnürt sich ins Innere des Makrophagen ab und ist nun der Ort, auf den sich das ganze Waffenarsenal der Freßzelle konzentriert: Das Phagosom wird mit Sauerstoffradikalen und Säure geflutet. Andere Membransäckchen, die Lysosomen, verschmelzen mit dem Phagosom und konfrontieren die Mikroben mit hochreaktiven Verdauungsenzymen. Wenige Stunden nach den ersten Alarmzeichen ist von dem Bakterium nichts mehr zu sehen, die potentielle Gefahr ist gebannt.

Soweit der Normalfall. Eine ganze Reihe von Krankheitserregern hat sich aber darauf spezialisiert, genau diesen Teil der Abwehr auszutricksen

lichen Tuberkulose sehr ähnlich ist. So ist es auch nicht allzu überraschend, daß *Rhodococcus equi* mit dem Tuberkelbazillus (*Mycobacterium tuberculosis*) eng verwandt ist. Da Makrophagen in der Pferdelunge das Hauptziel des Erregers sind, findet man dort während einer Infektion viele Rhodokokken.

## Manipulative Mikroben

Im Bonner Institut für Zellbiologie haben Eugenia Fernandez und Marco Polidori in der Arbeitsgruppe von Professor Dr. Albert Haas untersucht, warum *Rhodococcus equi* in Makrophagen nicht getötet und verdaut wird, sondern sich dort sogar vermehren kann. Dabei konnte die Gruppe zeigen, daß die Rhodokokken nach der Aufnahme durch den Makrophagen eine Art Bremsklotz einlegen und die Verschmelzung der sie umgebenden Membranhülle mit den Lysosomen verhindern. Dadurch sind die Bakterien gar nicht erst den vielen Verdauungsenzymen ausgesetzt. Außerdem können die Bakterien auch die Ansäuerung ihres Phagosoms verhindern.

„Insgesamt heißt das, daß die Rhodokokken ihre Wirtszelle manipulieren, es sich so in einer säure- und verdauungsenzymlosen Umge-

sein, daß Rhodokokken das gar nicht so ungern haben“, meint Professor Haas, „denn dann können sie sich gleich einen vorbeikommenden frischen Makrophagen schnappen und sich darin wieder einnisten.“

Als nächstes wollen die Bonner Zellbiologen der Frage nachgehen, welche bakteriellen Eigenschaften dafür wichtig sind, die Verschmelzung von Phagosom und Lysosom zu verhindern, und wie das Immunsystem trotz aller bakteriellen Tricks normalerweise eine Infektion niederkämpft.

Rhodokokken können allerdings auch in AIDS-Patienten tuberkuloseartige Erkrankungen verursachen und zum Tod führen. „Das ist ebenfalls ein Aspekt, der für unsere Arbeit wichtig ist“, betont Haas. „Wir gehen davon aus, daß unsere Forschungen dazu beitragen können, die Tuberkulose beim Menschen besser zu verstehen.“ Anders als Fohlen brauchen sich jedoch die allermeisten Menschen vor dem Erreger nicht zu fürchten. „In jeder Schaufel Erde einer betroffenen Pferdefarm finden sich Abermillionen Rhodokokken, und trotzdem kommt es fast nie vor, daß einigermaßen gesunde Menschen daran erkranken.“

FORSCH

# SpongeBobs Verwandte haben's in sich

## Marine Schwämme sind wahre Pharma-Fabriken

In den Tiefen der Meere leben Tiere, deren Potential für die Entwicklung neuer Arzneistoffe gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann. Schwämme produzieren zu ihrer Verteidigung ein ganzes Arsenal an chemischen Verbindungen, die häufig äußerst faszinierende Eigenschaften aufweisen. Gleich zwei Arbeitsgruppen widmen sich an der Universität Bonn der Erforschung von marinen Schwämmen und ihrer „Chemiewaffen“.

Der Star des Kinderfernsehens „SpongeBob“ hat seinen natürlichen Artgenossen, den Schwämmen, wenigstens eine Errungenschaft der Evolution voraus: Er hat Beine und kann sich fortbewegen. Darauf müssen SpongeBobs in der Realität existierende Verwandten verzichten – sie sind sesshaft und verbringen ihr ganzes Leben an einem Fleck. Getreu dem Motto „Wer nicht weglaufen kann, muß sich zu verteidigen wissen“ produzieren die Tiere ein breites Spektrum an chemischen Waffen – darunter Substanzen, die zur Abwehr von Fraßfeinden und Mikroorganismen dienen, aber auch solche, die ihnen helfen, ihren Lebensraum gegen andere Arten zu behaupten, die sie ansonsten überwuchern würden. Manchmal greifen sie auch einfach in die Kommunikation zwischen Bakterien ein und verhindern so, daß die Mikroorganismen die Schwammoberfläche besiedeln.

Schwämme kommen in allen Meeren der Erde vor. Die Skelettgerüste mancher Arten sind aufgrund ihres besonderen Aufbaus sehr saugfähig und werden noch heute als natürliche Badeschwämme genutzt. Auch die Substanzen, die die Meeresbewohner produzieren, können uns nützlich werden: Manche von ihnen wirken gegen Viren oder Bakterien, die auch dem Menschen gefährlich werden können, andere hemmen Entzündungen oder lassen sich möglicherweise sogar als Medikamente gegen Tumoren einsetzen. Schwämme sind daher bedeutende Fundgruben, um Naturstoff-

fe zur Entwicklung neuer Arzneien aufzustoßern.

Diese „Chemiewaffen“ sind es, die die Schwämme für die Arbeitsgruppe der Professorin Dr. Gabriele König in der pharmazeutischen Biologie der Universität Bonn so interessant machen. „In Kooperation mit anderen Arbeitsgruppen sammeln wir weltweit Meerestiere, um so neue pharmakologische Wirkstoffe zu finden“, sagt sie. So einfach wie es sich anhört, ist das jedoch bei weitem nicht. Die gesammelten Proben werden zunächst zerkleinert und geeignete chemische Substanzen herausgelöst. Wenn die Forscher in ersten Tests eine vielversprechende Wirkung feststellen, fängt die Arbeit erst richtig an: Die vielen in der Probe enthaltenen Sub-

stanzen zur Verfügung, die aber immer nur einzelne Hinweise zur Gesamtlösung liefern können. Für die Pharmazeutin ist „das Ganze wie ein großes Puzzle, das gelöst werden will“ und daher „unheimlich spannend“ – mitunter aber auch frustrierend: „Häufig arbeiten wir monatelang im Labor an einer einzigen Substanz, und am Ende war alle Mühe vergeblich.“

Wie aber gelingt es den Schwämmen, eine solche ungeheure Vielfalt an chemischen Verbindungen zu produzieren? Ganz einfach: Sie lassen Andere für sich arbeiten. Diese „Anderen“ sind Bakterien, die in und auf den marinen Tieren leben. Dort tummeln sich oft weit über hundert Arten, die bis zur Hälfte der Masse eines Schwamms aus-

▼ Bei einem Tauchgang am Großen Barriereriff in Australien sucht Gabriele König (rechts) nach interessanten Schwämmen.



Foto: privat

stanzen wollen voneinander getrennt werden. Richtig zeitaufwendig ist es dann, die chemische Struktur der Verbindungen aufzuklären. „Wenn wir die Struktur nicht kennen, ist auch der schönste Wirkstoff wertlos, da es dann nicht möglich ist, seine Wirkungsweise zu untersuchen und durch Strukturveränderungen zu optimieren“, sagt Professor König. Um den chemischen Aufbau zu ermitteln, stehen unzählige Metho-

**Reiseservice Bonn**  
**90\*62mm**

► **Inhaltsstoffe des Schwamms „Leucetta microraphis“ hemmen das Wachstum von Tumorzellen, allerdings nicht in einem Ausmaß, das eine klinische Entwicklung rechtfertigen würde.**

machen können. Ein Glück für Forscher wie Gabriele König. Denn in ihrem Labor werden Mikroorganismen – Bakterien, aber auch Pilze –, die aus gesammelten Schwämmen gewonnen werden, gezüchtet. Mit ein bißchen Glück produzieren die kleinen Helfer dort weiterhin kräftig ihre Wirkstoffe, so daß immer genug Nachschub für Untersuchungen zur Verfügung steht.

Allerdings gelingt dieses Verfahren nicht immer. Es gibt nämlich Bakterienarten, die so große Ansprüche an ihre Umgebung stellen, daß man es nicht schafft, ihnen im Labor genau die Bedingungen zu bieten, die sie benötigen. Die Wirkstoffe, die diese Bakterien produzieren, konnten daher bisher nur direkt aus dem Schwammmaterial selbst gewonnen werden. Meist sind die Mengen jedoch so gering, daß man die Substanzen nicht in klinischen Tests untersuchen und gegebenenfalls zur Entwicklung von Medikamenten einsetzen kann. „Ich kenne eine Studie, für die die Forscher zehn Jahre lang Schwämme einer Art sammeln mußten, bis sie genug Material für Untersuchungen zur Verfügung



Foto: AG König

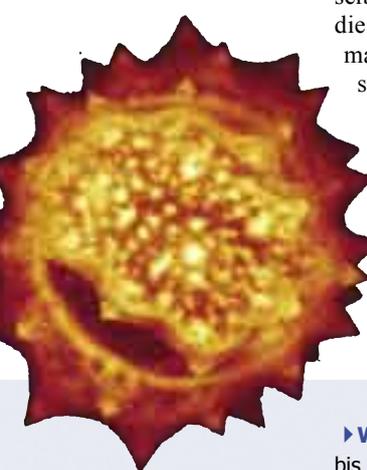
hatten“, erzählt Jörn Piel, neu berufener Professor für Organische Chemie an der Uni Bonn. Auch er widmet sich den Möglichkeiten, die die Meeresbewohner für die Arzneistoffentwicklung zu bieten haben. Er war zudem der erste, der für einen Antitumorwirkstoff eindeutig bewies, daß dieser nicht vom Schwamm selber, sondern von Bakterien produziert wird, die mit diesem in Lebensgemeinschaft (Symbiose) leben. „Wir untersuchen in unserem Arbeitskreis vor allem solche bakteriellen Symbionten“, sagt Piel.

Wo das Forschungsgebiet von Gabriele König endet, beginnt das seine. „Wir haben es kürzlich geschafft, aus einem Bakterium, das einen Antitumorwirkstoff herstel-

len kann, sich aber nicht im Labor kultivieren läßt, das entscheidende Erbmateriale zu isolieren, das es zur Synthese des Wirkstoffs befähigt. Diese Gene setzen wir nun in ein weniger kompliziertes Bakterium ein.“ Da sich dieser Artgenosse auch unter Laborbedingungen wohlfühlt, kann er sich vermehren und aufgrund des fremden Erbmaterials ebenfalls den gewünschten Wirkstoff herstellen. Diese Substanz könnte dann in großen Mengen für die Entwicklung von Medikamenten gegen Krebs verwendet werden. „Wir wollen jetzt noch weitere Symbionten aus Schwämmen isolieren und deren Gene in dem gleichen Verfahren umsetzen. So hoffen wir, noch viele weitere Wirkstoffe in die Hand zu bekommen“, erklärt Piel seine weiteren Pläne.

Schwämme mögen vielleicht nicht umherlaufen können, besitzen jedoch als wahre Chemiefabrikanten im Gegenzug Qualitäten, die ihrem TV-Repräsentanten SpongeBob im Laufe seiner Erschaffung abhanden gekommen sind. Zumindest war bei dessen Abenteuern von Chemiewaffen noch nie die Rede.

BRIGITTE OSTERATH



**Fossile Pollen verraten viel über das Klima, in denen die entsprechenden Pflanzen wuchsen. (oben: Pollen der Schafgarbe; rechts: Pollen der Linde; unten: Pollen der Kiefer)**

► **Warm ohne Treibhausgase:** Ein bis zwei Grad wärmer als heute war es während der letzten Warmzeit vor 125.000 Jahren in Deutschland. Zu diesen Ergebnissen kommen Klimaforscher aus Hamburg und Berlin zusammen mit Paläontologen der Universität Bonn. In ihrer Studie haben sie eine Computersimulation gegen ein Verfahren antreten lassen, das Klimadaten aus Pflanzenfossilien herleitet. Erfreuliches Ergebnis: Beide Methoden lieferten ähnliche Resultate; die Klimamodelle schei-

nen also auch für die Vergangenheit gut zu funktionieren. Ursache der hohen Temperaturen waren damals übrigens nicht die Treibhausgase – deren Konzentration war in vorindustrieller Zeit weit niedriger als heute. Unterschiede in Erdneigung und -umlaufbahn sorgten stattdessen in hohen Breiten für eine stärkere Sonneneinstrahlung.



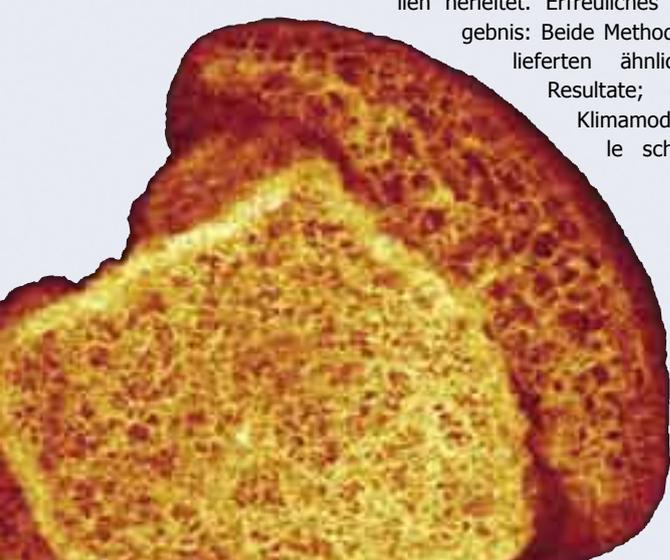
► **Verbessertes Enzym:** Gentests zur Diagnose von Krankheiten oder Krankheitsrisiken wie Mukoviszidose oder Tumorerkrankungen sind oft sehr aufwendig. Bonner Chemikern ist es gelungen, ein Enzym aus dem Bakterium *Thermophilus aquaticus* zu optimieren, die sogenannte Taq-Polymerase. Damit wird die Analyse von Mutationen erheblich einfacher. Für die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn hat PROvendis, Patentvermarktungsagentur der Hochschulen in NRW, inzwischen einen Lizenzvertrag mit einem großen deutschen Biotechnologieunternehmen abgeschlossen.

Fotos: Professor Litt

Die Firma will mit der Taq-Polymerase neue Mutationstests entwickeln und bestehende Testsysteme verbessern.

► **Gen-Uhr tickt falsch:** Das Erbgut in den „Kraftwerken“ der Zelle, den so genannten Mitochondrien, dient Evolutionsbiologen als genetische Uhr: Da es sich mit relativ konstanter Geschwindigkeit verändert, kann man aus der Zahl der Unterschiede ziemlich genau schließen, wann sich zwei Ethnien voneinander getrennt haben. Forscher der Universität Bonn und der Harvard Medical School haben kürzlich eine Studie veröffentlicht, nach der die Uhr eventuell neu geeicht werden muß: Demnach tauschen die Mitochondrien ihre DNA rege untereinander aus. Die Beobachtung dürfte Stammbaumforscher deprimieren – Medizinern eröffnen sie jedoch neue Perspektiven zur Behandlung bestimmter Erkrankungen.

► **Leben ohne Proteine?** Bonner Wissenschaftler haben ein RNA-Molekül hergestellt, das bestimmte Koh-



# Die Mär vom Alleskönner

## Knochenmark-Zellen erfüllen die hochgesteckten Erwartungen nicht

Adulte Stammzellen aus Knochenmark sind die „shooting stars“ ihrer Zunft. Viele Forscher spekulieren, daß die Zellen über das Blut in erkrankte Organe gelangen und dort defektes Gewebe ersetzen können. Auch bei der Behandlung von bestimmten Muskelerkrankungen galten sie als Hoffnungsträger. Eine aktuelle Studie am Universitätsklinikum Bonn bringt nun die Ernüchterung: Die Zellen können zwar in Muskelfasern einwandern, übernehmen aber meist keine gewebespezifischen Aufgaben. Als Ersatz für defekte Muskelzellen eignen sie sich nach Ansicht der Mediziner daher nicht.

Das Knochenmark produziert ständig Stammzellen, aus denen sich beispielsweise die weißen und roten Blutkörperchen bilden. Traum vieler Wissenschaftler ist es, aus den Knochenmarks-Zellen auch andere Gewebetypen zu züchten. In den letzten Jahren ist ein wahrer Hype um die „zellulären Tausendsassa“ entstanden – nicht zuletzt, weil einige Studien berechtigten Anlaß zur Hoffnung gaben: So zerstörten Forscher durch Bestrahlung das Knochenmark von Mäusen und ersetzten es durch Zellen, die dank ei-

ner gentechnisch hinzugefügten Erbanlage grün fluoreszierten. Im Mäusehirn entdeckten sie wenig später grün fluoreszierende Nervenzellen – augenscheinlich der Beweis, daß sich die im Blut zirkulierenden Stammzellen sogar in Nervengewebe umwandeln können. Damit schien ein völlig neuer Mechanismus entdeckt:

Die Reparatur von Gewebe durch Stammzellen aus dem Blutstrom. Was die Mediziner



lenstoff-Verbindungen miteinander verknüpfen kann. RNA ist eine Verwandte des Erbmoleküls DNA, aus dem beispielsweise die menschlichen Chromosomen bestehen. Der Bonner Fund stützt die Theorie, daß die ersten lebenden Organismen RNA nicht nur als Informationsspeicher, sondern auch als Katalysator für chemische Reaktionen nutzten – eine Aufgabe, die heute Proteine übernehmen. Manche Forscher vermuten sogar, daß die ersten Lebewesen, aus denen später sämtliche Organismen hervorgegangen sind, in einer „RNA-Welt“ entstanden sind, in der Proteine noch keine Rolle spielten.

► **Arzneimittel im Boden:** Mehr als 9.000 Tonnen Antibiotika wurden 1999 in der EU an Schweine, Rinder oder Geflügel verfüttert. Die Tiere scheiden bis zu 90 Prozent davon unverändert wieder aus; früher oder später landen die Arzneimittel mit dem Mist oder der Gülle auf den Feldern. Was mit ihnen da-

nach passiert, ist noch weitgehend ungeklärt. Möglicherweise sind sie aber mit dafür verantwortlich, daß immer mehr Bakterien gegen Antibiotika resistent werden – darunter auch Keime, die dem Menschen gefährlich werden können. Eine Forschergruppe, an der Arbeitsgruppen aus ganz Deutschland beteiligt sind, geht dieser Frage nun auf den Grund. Wissenschaftler der Universität Bonn untersuchen in einem Teilprojekt, wie die Wirkstoffe im Boden gebunden werden.

► **Genetiker müssen umdenken:** Wenn der Körper ein bestimmtes Protein produzieren soll, wird die entspre-

ner daran besonders elektrisierte: Der Körper schien über eine „mobile Einsatztruppe“ von Reparaturzellen zu verfügen, die ständig durch den Körper wandern und defektes Gewebe ersetzen können. Selbst Krankheiten wie die Duchenne-Muskeldystrophie (DMD), die sämtliche Muskeln im Körper zerstört, schienen dadurch therapierbar – und zwar einfach durch die Transplantation gesunden Knochenmarks. DMD ist bei Jungen die zweithäufigste Erbkrankheit. Ihre Muskeln produzieren aufgrund eines Gendefekts kein funktionsfähiges Dystrophin, ein wichtiges Muskelprotein. Die Betroffenen entwickeln eine fortschreitende Muskelschwäche; ihre Lebenserwartung liegt nur bei 15 bis 20 Jahren.

„Wir haben bei Mäusen mit DMD das Knochenmark durch gesundes Mark ersetzt, das mit einem Fluoreszenzgen markiert war“, erläutert der Bonner Physiologe Professor Dr. Anton Wernig. Die Hoffnung der Mediziner:

chende Stelle auf der DNA kopiert. Die Kopien bestehen aus einem DNA-ähnlichen Material, der so genannten mRNA. Jede mRNA enthält den Bauplan für genau ein spezifisches Protein – so wenigstens die gängige Lehrmeinung. Ein internationales Forscherteam aus mehr als 100 Wissenschaftlern hat inzwischen sämtliche mRNA-„Kopien“ in der Maus isoliert und analysiert. Verblüffendes Ergebnis: Mehr als 60 Prozent aller mRNAs sind gar keine Protein-Baupläne. „Wir wissen nicht, wofür diese RNAs gut sind“, gibt der Bonner Neurobiologe Professor Dr. Andreas Zimmer zu. Sie scheinen aber ausgesprochen wichtig zu sein: Selbst in so verschiedenen Organismen wie Hühnern und Mäusen gleichen sich die scheinbar bedeutungslosen RNAs sehr. Wenn sie wirklich keine Funktion hätten, wären sie im Zuge der Evolution so schnell mutiert, daß sie sich heute kaum noch ähneln würden. Auch in anderen Punkten müssen die Genetiker umdenken. Fazit der Forscher: Zumindest das Genom der Maus ist viel komplizierter als bislang gedacht.

Mit dem Blut sollten die transplantierten Stammzellen in die defekten Muskelfasern gelangen und dort funktionsfähiges Dystrophin produzieren. Tatsächlich konnten die Forscher einige Monate nach der Knochenmarks-Transplantation grün fluoreszierende Stammzellkerne im Muskelgewebe nachweisen – „und zwar in einer Anzahl, daß sich der Zustand der Muskulatur hätte deutlich bessern müssen“, betont Wernig. Sie untersuchten daraufhin, ob die Stammzellkerne auch Muskelproteine herstellten – mit negativem Ergebnis: „Wenn überhaupt, produzierten nur wenige der Kerne Dystrophin – jedenfalls viel zu wenige, um eine Besserung des Krankheitszustands zu bewirken“, stellt der Physiologe fest. „Wir vermuten, daß die Zellen zwar mit den defekten Muskelfasern verschmelzen, dort aber stumm bleiben und nicht wie erhofft das ‚Muskelprogramm‘ anwerfen.“ Anders ausgedrückt: Die Knochenmarkszellen verwandeln sich nicht in funktionsfähiges Muskelgewebe.

deln sich nicht in funktionsfähiges Muskelgewebe.

Grund ist wahrscheinlich, daß in den allermeisten vom Knochenmark ins Blut abgegebenen Zellen viele Gene dauerhaft „abgeschaltet“ sind und die Zelle sie nicht mehr wieder „anknipsen“ kann: Aus Knochenmark entsteht halt in der Regel Blut und kein Muskelgewebe. Die Geschichte von den Alleskönnern, die mit im Blutstrom durch den Körper zirkulieren und bei Bedarf alle möglichen Gewebetypen reparieren, ist nur eine Mär – in der Praxis bleibt ihre Wirkung zumindest gering.

Die Körperzellen markieren Erbanlagen, die sie nicht mehr zu benötigen glauben, indem sie ihnen ein Etikett anheften – eine Art molekulares „Nichtbenutzen!“-Schild. „Wir haben auch versucht, dieses Etikett auf chemischem Wege zu entfernen und die Kerne der Knochenmarkszellen so dazu zu bringen, wieder Muskelproteine herzustellen“,

sagt Wernig. „Dadurch konnten wir zwar die Dystrophin-Produktion im Muskel ankurbeln; der Effekt war aber bei weitem zu gering, um die Krankheit zu bekämpfen. Wir wollen weiter daran arbeiten und versuchen, die ‚schlummernden‘ Kerne zu wecken.“

Der Bonner Physiologe glaubt, auch die hochgesteckten Erwartungen seiner Kollegen dämpfen zu müssen: „Meiner Meinung nach wurden viele Studien mit Knochenmarks-Stammzellen bislang zu optimistisch interpretiert.“ So auch die eingangs erwähnten Experimente mit den grün fluoreszierenden Nervenzellen: „Wahrscheinlich sind Knochenmarkszellen aus dem Blut ins Gehirn gewandert, haben sich dort aber nicht in Nervenzellen umgewandelt, sondern sind mit bereits vorhandenen Neuronen verschmolzen.“ Die vermeintlichen Stammzellen hätten dann lediglich ein paar Hirnzellen grün angefärbt.

FL/FORSCH

## Fernsehzuschauer als Auslaufmodell?

Das Internet droht dem Fernsehen die Zuschauer abspenstig zu machen

▼ **Konsumenten und Produzenten verschmelzen zu „Prosumern“, die inzwischen sogar aufwendige Filme produzieren – hier das Filmplakat von „Star Wars – Revelations“, der sich kostenlos aus dem Netz laden läßt.**

Das Fernsehen muß sich zunehmend dem Kampf um die Aufmerksamkeit der Nutzer stellen: Gerade jüngere Zuschauer nutzen mehr und mehr das Internet als Hauptmedium. Zu diesem Ergebnis gelangt eine repräsentative Studie der IBM Business Consulting Services (BCS) und des Zentrums für Evaluation und Methoden (ZEM) der Universität Bonn. In der Studie wurden Medienkonsumenten im Alter zwischen 14 und 39 Jahren telefonisch zu ihren Präferenzen und ihren Erwartungen im Umgang mit elektronischen Medien befragt. Schwerpunkte der Untersuchung waren sowohl die Verschmelzung von TV und Internet als auch die Konsumverschiebung zwischen den beiden Medien.

ke einfach zu überspringen. Immerhin die Hälfte der befragten Mediennutzer zwischen 14 und 39 Jahren ist sogar bereit, für interaktive Funktionen im TV – wie etwa das genannte Überbrücken von Werbung – ein monatliches Entgelt zu zahlen.

Echtzeitkommunikation wie Chats und Online-Spiele dominieren das Nutzungsverhalten bei den 14-bis 19-Jährigen Befragten. Sie verstehen Unterhaltung nicht als passive „Berieselung“, sondern als interaktives Erlebnis. Gleichzeitig werden die Konsumenten mehr und mehr selbst zu Medien-Produzenten: Das beginnt mit dem Verfassen von Texten für so genannte „Blogs“ und reicht bis zur Produktion von kompletten Kinofilmen, wie das Beispiel „Star Wars – Revelations“ eindrucksvoll zeigt. Dieser Film wurde von Fans in professioneller Qualität auf Basis preiswerter Amateurtechnologie produziert und steht kostenlos im Internet zur Verfügung. Für Fernsehkonsum bleibt da natürlich immer weniger Zeit – eine Tatsache, auf die sich die Programmacher einstellen müssen.

FORSCH

Fernsehen scheint auf dem Weg zum „Nebenbei-Medium“ zu sein: Fast ein Viertel der Befragten nutzen Internet und TV regelmäßig parallel. Von dieser Untergruppe geben 37 Prozent an, daß das Fernsehen dabei nur im Hintergrund nebenher läuft; 33 Prozent verteilen die Aufmerksamkeit zwischen beiden Medien gleich. „Der lange prophezeite Wandel des Fernsehens zu ei-

nem Nebenbei-Medium ähnlich dem Radio hat längst eingesetzt“, unterstreicht Andreas Neus von IBM Business Consulting Services.

Deutlich ausgeprägt ist der Wunsch nach interaktiven Funktionen im TV. 84 Prozent der Befragten wünschen derartige Funktionen, um damit Werbung zu überbrücken. „Die Behauptung ‚Werbung stört nicht‘ kann damit für die Zielgruppe der jungen Medienkonsumenten zwischen 14 und 39 Jahren als widerlegt gelten“, faßt Prof. Dr. Georg Rudinger vom ZEM zusammen. Schon heute eröffnen einige digitale Empfänger die Möglichkeit, Sendungen zeitversetzt anzusehen und dabei die Werbeblö-



# Die Stimmbänder leisten Schwerstarbeit

## Neue Abteilung an der HNO-Uni-Klinik

Eine neue Abteilung an der Hals-Nasen-Ohren-Klinik erweitert das Angebot des Universitätsklinikums Bonn deutlich – unter anderem in der Diagnostik und Therapie kindlicher Hörstörungen und Sprachentwicklungsverzögerungen. Professor Dr. Götz Schade, Leiter der neuen Abteilung „Phoniatrie und Pädaudologie“, war vorher Oberarzt am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, wo er sich insbesondere intensiv mit Stimmstörungen beschäftigte.

Luft läßt beim Ausatmen die Stimmlippen im Kehlkopf schwingen – ein Ton entsteht. Bei einer normalen männlichen Sprechstimme schwingen die Stimmlippen zwischen 100 bis 130 Mal pro Sekunde, bei einer weiblichen Opernsängerin sogar bis zu 1400 Mal. Dabei sind etwa 50 Muskeln beteiligt. Sänger und Menschen mit Sprechberufen wie beispielsweise Lehrer überfordern oft ihre Stimme und können daher an Stimmstörungen leiden – angefangen von Heiserkeit bis hin zur Stimmlosigkeit. „Auch Manager sprechen häufig künstlich tiefer und wenden so zuviel Kraft beim Sprechen auf“, sagt Professor Schade.

Nicht nur Überlastung oder eine falsche Technik bei der Stimmbildung führen zu einer kranken Stimme, sondern es gibt auch so genannte organische Dysphonien aufgrund sichtbarer Veränderungen der Stimmlippen wie Polypen, Knötchen oder Zysten. Bei Stimmlippenlähmungen beispielsweise spricht der Betroffene „verhaucht“. Dagegen führt Magensäure im Kehlkopf häufig zu Heiserkeit und einem Kloßgefühl im Hals.

Zudem gibt es auch seelisch bedingte Stimmstörungen. „Die jeweilige richtige Diagnose und damit die Wahl der optimalen Therapie setzt viel Erfahrung und eine gute apparative Ausstattung voraus“, sagt Professor Schade. So könnten beispielsweise Bambusknötchen – Querrillen auf den Stimmlippen infolge einer rheumatischen Erkrankung – leicht mit Zysten verwechselt werden.

Professor Schade und sein Team analysieren Stimmstörungen unter anderem endoskopisch. Dabei führen die Mediziner ein starres oder flexibles Endoskop über die Mundhöhle oder die Nase zum Kehlkopf und nehmen dort Bilder von den Stimmlippen auf. „Durch moderne Video-Technik können wir unseren Patienten zeigen, welche Ursachen die Störung hat. Dadurch steigt auch ihre Bereitschaft, die Therapieempfehlungen zu beherzigen“, sagt Professor Schade. Das Bonner Team entfernt unter anderem Polypen in örtlicher Betäubung. Dabei setzt es bei Störungsbildern wie Knötchen vor und nach der Operation zusätzlich auf eine logopädische Thera-

pie, bei der die optimale Stimmbildungs- und Atemtechnik trainiert wird. Die Logopädie mache vor allem bei Stimmstörungen aufgrund einer falschen Sprechweise Sinn, so Schade: „Bei einer gepreßten Stimme als Folge einer Fehlsteuerung der Muskeln, einer so genannter spasmodischen Dysphonie, hilft dagegen nur eine Injektion von Botulinumtoxin, das die Muskeln vorübergehend lähmt.“

Die Stimmlippen legen innerhalb von zwei Stunden eine Strecke von rund sieben Kilometern zurück. Das ergaben von Professor Schade durchgeführte Geschwindigkeitsmessungen von Stimmlippenbewegungen. Dazu entwickelte der 39-jährige unter anderem ein neuartiges Verfahren, das erstmals eine exakte Abstandsmessung im Kehlkopf ermöglicht. Den Prototyp dieses Laservermessungsgeräts, mit dem unter anderem die Abheilung von Knötchen kontrolliert werden kann, gibt es nur in Hamburg und Bonn. Zusätzlich dienen solche Messungen zur Aufklärung, wie gutartige Veränderungen der Stimmlippen entstehen. So ist ihre Geschwindigkeit in der Bruststimme sehr viel höher als in der Kopfstimme. „Das ist gerade ein Problem für Musicalsänger, die hohe Töne noch mit der Bruststimme singen“, sagt Professor Schade. „Das belastet ihre Stimme enorm.“ IV/FORSCH

▲ **Überforderung ist der „Tod“ der Stimmbänder: Gerade viele Sänger – hier eine Szene aus der Oper „Fidelio“ – gefährden mit bestimmten Techniken ihre Stimme.**

# „Hirnzell-Angel“ zum Patent angemeldet

■ Methode ist auch für Stammzell-Forscher interessant

■ Forscher der Universität Bonn haben eine neue Methode zum Patent angemeldet, mit der sich bestimmte Gehirnzellen weit schneller und einfacher als bisher isolieren lassen. Ihre Erfindung erleichtert nicht nur die Erforschung von Krankheiten wie der Multiplen Sklerose (MS). Die Wissenschaftler hoffen auch zu erfahren, welche Faktoren Stammzellen dazu bringen, sich in Gehirngewebe umzuwandeln.

Im Gehirn sind die Nervenzellen hoffnungslos in der Unterzahl: Nur 10 Prozent des Hirngewebes besteht aus Neuronen, den großen Rest bilden vor allem die sogenannten Gliazellen. Lange hielt man diese lediglich für eine Art Kitt, der den Extrazellulärraum im Gehirn ausfüllt und die Nervenzellen stabilisiert – daher auch der Name: Im Griechischen heißt Glia Kitt oder Leim. Wenn sie nicht richtig funktionieren, können aber Gehirnerkrankungen wie die Multiple Sklerose entstehen.

„Wir interessieren uns für die sogenannten Oligodendrozyten“, erklärt die Professorin Dr. Penka Pesheva von der Bonner Klinik für Nuklearmedizin. „Sie produzieren die fetthaltige Isolierschicht um die Nervenzellen, das Myelin.“ Wenn die Oligodendrozyten nicht richtig funktionieren, kann die weiße Fettschicht „löchrig“ werden. Folge sind Kurzschlüsse und eine lang-

samere Signalübertragung. So viele Gliazellen es im Gehirn auch gibt: Die Oligodendrozyten sind darunter eher spärlich vertreten. Die Myelin-Produzenten machen gerade mal zwei Prozent des Hirngewebes aus, schätzt Pesheva. „Entsprechend schwierig und teuer ist es, sie zu isolieren“, betont die Zellbiologin: „Es kann Wochen dauern, bis man für Untersuchungen genug Zellen zusammen hat.“

Mit der vom Bonner Privatdozenten Dr. Rainer Probstmeier und ihr entwickelten Methode geht das nicht nur erheblich schneller, sondern auch ganz ohne komplizierte und teure Technik. Mit einem bestimmten Gehirn-Protein, dem „Tenascin-R“, kann man nämlich aus einer Suspension vieler verschiedener Zelltypen ganz gezielt die Oligodendrozyten herausfischen. „Tenascin-R bindet an die Oberfläche von Oligodendrozyten“, sagt Penka Pesheva. „Wir haben daher ein Haftsubstrat hergestellt, das aus Tenascin-R besteht. Wenn wir darauf verschiedene Gehirnzellen geben und das Ganze über Nacht bei 37 Grad stehen lassen, binden die Oligodendrozyten an das Haftsubstrat. Die anderen Zellen lassen sich ganz einfach abwaschen.“

Noch ist die Herstellung von Tenascin-R relativ kompliziert. Die Forscher wollen es daher künftig von gentechnisch veränderten Zellen produzieren lassen – allerdings nicht das komplette Protein, sondern nur den „Angelhaken“ des Tenascins, mit dem es die Oligodendrozyten fängt. Doch Tenascin-R kann die Hirnzellen nicht nur festhalten – es kurbelt auch ihre Myelin-Produktion an. Vielleicht eignen sich die künstlich hergestellten Proteine daher sogar als Medikament. „Außerdem kann es dafür sorgen, daß sich Stammzellen zu Oligodendrozyten entwickeln“, erklärt Professor Pesheva. Wie der molekulare Tausendsassa das schafft, wollen die beiden Wissenschaftler ebenfalls herausfinden.

„Zunächst wollen wir aber prüfen, welche molekularen Veränderungen dafür verantwortlich sind, daß die Zellen nicht mehr richtig funktionieren“, sagt die Professorin. Letztes Ziel ist ein schneller und eindeutiger Test, um Erkrankungen wie MS frühzeitig diagnostizieren zu können. Für die „multiple Sklerose“ gibt es das nämlich noch nicht: Die Patienten müssen bislang eine Reihe von Untersuchungen auf sich nehmen, bis die Diagnose feststeht. FL/FORSCH

▼ **Professor Dr. Penka Pesheva begutachtet ein Nährmedium mit menschlichen Zellen, die den „Haken“ der „Hirnzell-Angel“ in großen Mengen produzieren sollen.**



Foto: fl

# „High“ lernt sich's im Alter besser

## Körpereigene Cannabinoide bremsen bei Mäusen das Altern des Gehirns

Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr! Eine erschöpfende wissenschaftliche Erklärung für diese alte Weisheit gibt es bislang nicht. Denn niemand weiß, welche molekularen Prozesse tatsächlich zur Abnahme des Lernvermögens führen. Im Labor versuchen Wissenschaftler, mehr Licht in diese Vorgänge zu bringen. Dort hatte man früher bereits erkannt, daß Mäuse, die gegen die Wirkung von Haschisch genetisch resistent gemacht wurden, in jungen Jahren echte „Lerncracks“ sind. Wissenschaftler der Universität Bonn fanden nun aber Erstaunliches heraus: Die Tiere lernen im Alter paradoxerweise wesentlich langsamer als ihre für Rauschgifte empfänglichen Artgenossen, und ihr Gehirn altert schneller.

Wie sich der Konsum von Haschisch auf die Lernfähigkeit des Konsumenten auswirkt, wird seit langem kontrovers diskutiert. Im Zentrum des Interesses stehen dabei „Cannabinoide“, eine Gruppe rauschfördernder chemischer Substanzen, die in der Hanfpflanze vorkommen, aber auch synthetisch hergestellt werden können und die körpereigene „Endocannabinoide“ nachahmen. Diese Endocannabinoide sind wichtige Botenstoffe bei der Übertragung von Signalen zwischen Nervenzellen. Viele Studien haben gezeigt, daß Cannabinoide die Gedächtnisfunktion negativ beeinflussen können. Der Konsum von Haschisch gilt darum auch als echter „Lernkiller“.

Um die Wirkung von Haschisch auf Lern- und Gedächtnisvorgänge besser zu verstehen, haben Bonner Forscher Mäuse gezüchtet, deren Gehirn ein Rezeptor für die Cannabinoide fehlt. Bei diesen „Knockout-Mäusen“ wurden die für die Bildung des so genannten CBI-Rezeptors verantwortlichen Gene gezielt ausgeschaltet. Damit haben Haschisch oder auch die körpereigenen Cannabinoide bei den Mäusen keine Wirkung mehr. Im Laborversuch sind junge Knockout-Mäuse wahre Streber, die bei Lerntests meist besser abschneiden, als ihre „normalen“ Artgenossen. Bislang hatte man daraus geschlossen, daß das körpereigene Cannabinoid-System einen „bremsenden“ Einfluß auf das Lernvermögen hat.



Foto: Frank Homann

◀ **Mäuse, die gegen die Wirkung von Haschisch genetisch resistent gemacht wurden, lernen im Alter paradoxerweise wesentlich langsamer als ihre für Rauschgifte empfänglichen Artgenossen.**

Aber wehe, wenn die Streber älter werden. Erwachsene Tiere zeigen schon deutlich debile Züge. Das stellten die Forscher aus Bonn gemeinsam mit Kollegen von der Universität Pompeu Fabra in Spanien fest, als sie sich speziell mit dem altersabhängigen Lernen beschäftigten. Die Wissenschaftler stellten dazu junge, erwachsene und alte Knockout-Mäuse vor verschiedene Aufgaben, die Koordination, Erinnerungsvermögen und Verhaltensanpassung erforderten. Tatsächlich zeigten die jungen Knockout-Mäuse wie erwartet größere Lernerfolge. Dann die Überraschung: Ihre erwachsenen „Kollegen“ stellten sich bei den Lernübungen wesentlich schlechter an als ihre gleichaltrigen „normalen“ Verwandten. Ihre Lernleistung rangierte nur auf dem Level alter Mäuse des Wildtyps. „Unsere Ergebnisse deuten an, daß das Fehlen

des CBI-Rezeptors zu einem raschen Abbau der Lernfunktion führt“, sagt Professor Zimmer. Einen weiteren Hinweis fand seine Gruppe in den Gehirnen der Tiere: „Wesentlich früher als der Wildtyp verlieren die Knockout-Mäuse Nervenzellen im Hippocampus.“ Im Hippocampus laufen Informationen aus verschiedenen sensorischen Systemen zusammen, werden weiter verarbei-

tet und gespeichert. Er ist damit die zentrale Schaltstelle für die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten im Gehirn.

### Riskante Medikamente

Für den Bonner Neurowissenschaftler steht fest, daß noch immer zu wenig über die Funktionsweise des körpereigenen Cannabinoidsystems bekannt ist. Inzwischen sind aber bereits Medikamente in der Endphase der klinischen Erprobung und kurz vor der Markteinführung, die den CBI-Rezeptor blockieren. Damit sollen beispielsweise Übergewicht und Nikotinabhängigkeit behandelt werden. Möglicherweise sei das riskant, sagt Professor Zimmer: „Es muß sicher gestellt werden, daß diese Medikamente keine langfristigen Nebenwirkungen haben.“

ARC/FORSCH



Foto: privat

▲ „FJS“ mit seinem Fahrer Otto Finger

► **Medienopfer „FJS“?** Der Bonner Politologe Dr. Stefan Finger hat passend zum Geburtstag von Franz Josef Strauß – am 6. September wäre

► **Das Herz fürs Vaterland schlägt links:** Gerhard Schröder tut es, Angela Merkel auch und Horst Köhler eben-

der poltrige Bayer 90 geworden – ein Buch über dessen Leben veröffentlicht. Darin nimmt er die zahlreichen Affären des CSU-Politikers unter die Lupe und beleuchtet die Rolle, die die Medien – allen voran „Der Spiegel“ – dabei spielten. Seine provokante These: Eine über Jahrzehnte ebenso erbittert wie unfair geführte Medienkampagne habe die Kanzlerschaft des Bayern verhindert und ihn über den Tod hinaus diskreditiert. Bei seinen Recherchen befragte der Politologe auch seinen eigenen Vater: Otto Finger war in den 60er Jahren Cheffahrer von Franz Josef Strauß.

falls: Sie alle bekennen sich zum Patriotismus oder gar, wie der Bundespräsident nach seiner Wahl am 23. Mai 2004, zur „Liebe zu unserem Land“. Noch in den 80er und 90er Jahren dagegen waren Patriotismus und Vaterlandsliebe in Deutschland verpönt. In einem kürzlich erschienenen Buch setzt sich der Politikwissenschaftler Dr. Volker Kronenberg mit dem Patriotismus-Begriff in Deutschland und seiner historischen Entwicklung auseinander. Erstaunliches Resultat: Ursprünglich war Patriotismus ein linker Begriff, der für ein liberales Gesellschaftsmodell stand.

► **Arbeitslosigkeit fördert Rechts- extremismus:** In Ostdeutschland gibt es jährlich dreimal so viel rechtsextreme Straftaten pro Einwohner wie im Westen – ein Effekt der unterschiedlichen Sozialisation, wie nicht nur Politiker immer wieder behaupten? Mitnichten: Schuld ist vor allem die höhere

## Schimmelpilz als Pflanzenschutzmittel

„Guter“ Schimmel soll giftigen Verwandten bekämpfen

Aflatoxine zählen zu den stärksten krebserregenden Naturstoffe. Produziert werden sie vor allem von dem Schimmelpilz *Aspergillus flavus*. Er wächst in trocken-heißen Regionen, wo er unter anderem Mais, Erdnüsse und Pistazien befällt. Bei 99 Prozent aller Kinder in Benin und Togo lassen sich Aflatoxine im Blut nachweisen. Wissenschaftler der Universität Bonn und des International Institute of Tropical Agriculture in Ibadan (IITA), Nigeria, wollen den hochgiftigen Schimmelpilz nun mit einer ungewöhnlichen Methode bekämpfen: Sie „impfen“ die Felder mit einer *Aspergillus*-Variante, die kein Toxin produzieren kann, und hoffen, daß der „gute“ Schimmel den „bösen“ verdrängt. Unterstützt werden sie dabei von Forschern aus dem US-Bundesstaat Arizona, die mit dieser Methode die Aflatoxin-Belastung von Baumwolle bereits um 98 Prozent reduzieren konnten.

▼ **Größenmessung von Kindern in Benin. Aflatoxine können die Entwicklung von Kleinkindern deutlich verzögern.**

Die Idee des US-Forschers Dr. Peter J. Cotty war ebenso einfach wie genial. „Es gibt neben den gefährlichen *Aspergillus flavus*-Stämmen auch solche, die gar kein Gift produzieren können“, erläutert der Bonner Pflanzenpathologe Dr. Sebastian Kiewnick. „Cotty hat einen solchen ungiftigen *Aspergillus*-Stamm auf Getreidekörnern vermehrt und

die pilzdurchwucherten Körner auf Baumwollfeldern verteilt. Der gefährliche Stamm war dadurch erheblich in der Überzahl und konnte so die toxische Variante fast vollständig verdrängen.“ Fünf Kilo pilzbewachsene Getreidekörner reichen aus, um eine Fläche von einem Hektar zu „impfen“ – dadurch ist die Methode relativ kostengünstig.

Seit zwei Jahren sucht das Bonner Team zusammen mit Kollegen des IITA in Benin und Nigeria nach einem Schimmelpilz-Isolat, das garantiert kein Aflatoxin bilden kann – man will schließlich nicht den Teufel mit dem Beelzebub austreiben.

Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) fördert das Projekt bis 2006 mit insgesamt 1,2 Millionen Euro. Die Wissenschaftler sind bereits einen großen Schritt vorangekommen: „Wir haben insgesamt 3.000 Isolate untersucht und sind dabei auf einige sehr aussichtsreiche Stämme gestoßen“, sagt Sebastian Kiewnick. „Nun geht es bald an die ersten Feldversuche.“ Sollten die erfolgreich verlaufen, wollen die Forscher in einem Folgeprojekt eine schnelle und einfache Methode zu entwickeln, den ungiftigen Schimmelpilz für den Masseneinsatz zu vermehren.

Zusätzliche Schäden seien durch die massive „Impfung“ der Felder nicht zu befürchten. „Daß Mais oder Nüsse zu einem gewissen Grad von Pinselschimmel befallen werden, läßt sich kaum verhindern“, betont der Leiter der Arbeitsgruppe Professor Dr. Richard Sikora. „Wir können nur beeinflussen, welcher *Aspergillus*-Stamm darauf wächst: Ein gefährlicher Toxinproduzent – oder die ungiftige Variante.“

FL/FORSCH



Foto: IITA

Arbeitslosenquote in den Neuen Ländern. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie der Universität Bonn, des Instituts zur Zukunft der Arbeit (IZA) und der Universität Zürich. „Bei ökonomischen Problemen kommen versteckte rassistische Ressentiments an die Oberfläche“, sagt IZA-Forscher Professor Dr. Armin Falk. „In einem solchen Umfeld sinkt dann die Bereitschaft, Zivilcourage zu zeigen und gegen rechtsextreme Ausschreitungen einzutreten. Und das wirkt wie eine zusätzliche Ermutigung für die eigentlichen Täter, die selbst oft gar nicht arbeitslos sind.“

► **Kein El Dorado für Stammzellforscher:** Trotz kultureller und religiöser Unterschiede sind bioethische Fragestellungen in Japan ähnlich umstritten wie bei uns. Zwar dürfen japanische Wissenschaftler im Gegensatz zu ihren deutschen Kollegen embryonale Stammzellen herstellen. Dazu

dürfen sie aber nur „überzählige“ Embryonen aus künstlichen Befruchtungen verwenden. Klonen zu Forschungszwecken – also die „Produktion“ von Embryonen, um aus ihnen Stammzellen für die Forschung herzustellen – ist verboten, ebenso das reproduktive Klonen. Diese Ergebnisse von Wissenschaftlern der Uni Bonn widerlegen die häufig vorgebrachte Behauptung, in Asien gebe es weit freizügigere Regelungen für die medizinische Spitzenforschung als hierzulande. Anders als bei uns diskutieren im wirtschaftlich und technologisch stärksten Land Ostasiens allerdings hauptsächlich die Experten: Die Öffentlichkeit zeigt sich von der Debatte erstaunlich unberührt.

► **Bete und schreibe:** Vor der Erfindung des Buchdrucks waren Klöster unter anderem große Copy-Shops: In den Skriptorien pinnten die Mönche tagein, tagaus Pergamente und Papy-

rusrollen ab und sorgten so dafür, daß sich das Wort Gottes sowie das kulturelle und wissenschaftliche Erbe der Antike verbreitete. Nicht immer ließen sie dabei jedoch die nötige Sorgfalt walten: Hin und wieder schlichen sich beim Abschreiben kleinere Fehler ein – selbst die Namen der zwölf Apostel sind nicht einheitlich überliefert. Manchmal veränderten die Mönche den Text sogar mit Absicht. In mehr als 150.000 Punkten weichen die über 5.000 Handschriften, in denen das Neue Testament überliefert ist, voneinander ab. Seit Jahrhunderten bemühen sich die Theologen, die Ursprungsfassung der Heiligen Schrift zu rekonstruieren. Der Religionswissenschaftler Dr. Eberhard Güting hat auf Antrag des Bonner neuteamentlichen Seminars die unterschiedlichen Lesarten des Markus-Evangeliums zusammengetragen und kritisch bewertet. Das Ergebnis der jahrelangen Forschungsarbeit ist nun in Buchform erschienen.

## „BonnTools“ im Silicon Valley

### Diskrete Mathematik erweitert Industriekooperation

Seit fast 20 Jahren werden die Algorithmen und Methoden des Forschungsinstituts für Diskrete Mathematik der Universität Bonn weltweit in der IT-Industrie eingesetzt, um höchstkomplexe Computerchips und Mikroprozessoren zu entwerfen. Die außergewöhnlichen Erfolge der Diskreten Mathematiker um Professor Dr. Bernhard Korte sind natürlich im Silicon Valley in Kalifornien kein Geheimnis geblieben – ein neuer Kooperationsvertrag brachte nun einen zweistelligen Millionenbetrag ein.

Vor wenigen Monaten interessierte sich die Firma Magma Design Automation aus Santa Clara im Silicon Valley, die selbst Computerprogramme für den Chipentwurf vertreibt, für eine Lizenz der BonnTools. So heißen die Verfahren und Algorithmen der Bonner Mathematik – inzwischen ein eingetragenes internationales Warenzeichen. Nach intensiven und schwierigen Verhandlungen mit IBM und der Universität wurde im Sommer ein Vertrag unterzeichnet, der es Magma



Foto: Dr. Thomas Mauersberg

► **Professor Dr. Bernhard Korte, Kevin Carswell, Professor Dr. Dieter Rautenbach, Professor Dr. Jens Vygen und Rajeev Madhavan freuen sich über die neue Kooperation**

erlaubt, die BonnTools zu vertreiben und zu benutzen. IBM erhielt hierfür unter anderem die Option, ein größeres Aktienpaket von Magma zu kaufen.

Aber auch die Universität und das Forschungsinstitut gingen nicht leer aus. Einzelheiten wurden nicht genannt; die Rede ist von einem zweistelligen Millionenbetrag für Bonn. Korte sagt dazu: „Wir sind ein Hochschulinstitut, und uns interessiert primär der wissenschaftliche Erfolg.“ Wenn sich dann aber zusätzlich ein großer finanzieller Erfolg einstellt, ist man darüber im Arithmeum natürlich nicht unzufrieden.

Rajeev Madhavan, Chairman und CEO von Magma aus Santa Clara und Kevin Carswell, IBM Vice-President aus Fishkill, New

York, gaben den Startschuß für diese erweiterte Industriekooperation im Rahmen eines Workshops am Forschungsinstitut. Madhavan stellt fest: „Es gibt keine Universität in der Welt, die das geschafft hat, was Bonn erreicht hat.“ In der Tat gibt es auf der Welt keine andere Kooperation zwischen Hochschule und Industrie, die so langfristige und so erfolgreich ist wie die Bonner Arbeiten zum Chipdesign. Seit zwei Jahren teilen sich zwei jüngere Kollegen, Professor Jens Vygen und Professor Dieter Rautenbach, die Arbeit mit Korte. Rautenbach ist übrigens der jüngste Professor an der Universität Bonn. Ansonsten ist das Institut aber relativ klein geblieben – klein und exzellent ist hier die Devise. FORSCH

# No Risk, no Fun?

## Risikobereite Menschen sind mit ihrem Leben zufriedener

Große Menschen gehen eher Risiken ein als kleine, Frauen sind vorsichtiger als Männer, und mit steigendem Alter läßt die Risikobereitschaft deutlich nach: Zu diesen Resultaten kommen Wissenschaftler des Instituts zur Zukunft der Arbeit (IZA), der Universität Bonn sowie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) in Berlin. Für ihre Studie haben sie mehr als 20.000 Interviews mit Personen aus ganz Deutschland ausgewertet und die Ergebnisse zusätzlich experimentell abgesichert. Besonders bemerkenswert: Wer gerne Risiken eingeht, ist mit seinem Leben zufriedener.

Die Befragten sollten sich unter anderem vorstellen, sie hätten in einer Lotterie 100.000 Euro gewonnen, von denen sie nun einen Teil bei einer Bank anlegen durften. Mit 50 Prozent Wahrscheinlichkeit konnten sie so den angelegten Betrag innerhalb von zwei Jahren verdoppeln. Ebenso groß war aber das Risiko, die Hälfte des eingesetzten Geldes zu verlieren.

„Frauen investieren unter diesen Voraussetzungen etwa 6.000 Euro weniger als Männer“, erklärt Professor Dr. Armin Falk, der am privaten Institut zur Zukunft der Arbeit sowie an der Universität Bonn forscht und lehrt. „Unabhängig vom Geschlecht legen jüngere Menschen zudem eine höhere Summe an als ältere – pro Jahr beträgt die Differenz rund 350 Euro.“ Auch mit der Körpergröße wächst die Risikobereitschaft: Mit jedem Zentimeter steigt die investierte Summe um 200 Euro. Zudem gilt: Gebildete Eltern haben risikobereiteren Nachwuchs.

Mehr als 20.000 Interviews hat Falk zusammen mit seinen IZA-Kollegen Dr. Thomas Dohmen, Dr. David Huffman und Dr. Uwe Sunde sowie den DIW-Forschern Dr. Jürgen Schupp und Professor Dr. Gert Wagner für die Studie ausgewertet. Darin sollten die Befragten ihre Risikobereitschaft auf einer Skala von Null (= gar nicht risikobereit) bis Zehn (= sehr risikobereit) einschätzen und zudem an dem oben geschilderten Gedankenexperiment teilnehmen. Ergebnis: Raucher schätzten sich risikofreudiger ein als Nichtraucher; dasselbe galt für Leute, die ihr Vermögen eher in Aktien anlegen als in festverzinslichen Anlagen. Wer sich als risikofreudig bezeichnete, war überdies

im Durchschnitt mit seinem Leben zufriedener.

Doch zwischen Selbsteinschätzung und tatsächlichem Verhalten klappt mitunter eine gewaltige Lücke. Um abzuschätzen, wie verlässlich die Interviewdaten waren, befragten die Forscher nochmals 450 repräsentativ ausgewählte Versuchspersonen im ganzen Bundesgebiet. Diesmal ging es um echtes Geld, genauer: um 300 Euro. So hoch war der Betrag, den die Teilnehmer in einer Lotterie gewinnen konnten – genauso groß war allerdings das Risiko, daß sie leer ausgingen. Alternativ konnten sie einen Fixbetrag annehmen, statt an der Lotterie teilzunehmen – beispielsweise 10, 50, 150 oder 200 Euro.

### Der Spatz in der Hand? Oder die Taube auf dem Dach?

Die Probanden sollten nun sagen, bis zu welchem Fixbetrag sie lieber auf die möglichen 300 Euro (die „Tauben auf dem Dach“) hoffen wollten, als die fest zugesagten Summe (den „Spatz in der Hand“) zu nehmen. Je eher sich die Spieler für den Spatz in der Hand entschieden, desto geringer ihre Risikobereitschaft.

„Die experimentellen Ergebnisse decken sich sehr gut mit den Umfragedaten“, betont Falk. „Wer im Interview angibt, risikofreudig zu sein, zeigt auch im Experiment, wo es um relativ viel Geld geht, eine hohe Risikobereitschaft.“ Auch verschiedene Statistiken scheinen die Ergebnisse zu bestätigen: So verläuft die Anzahl der Verkehrsdelikte nahezu parallel zur Risikobereit-

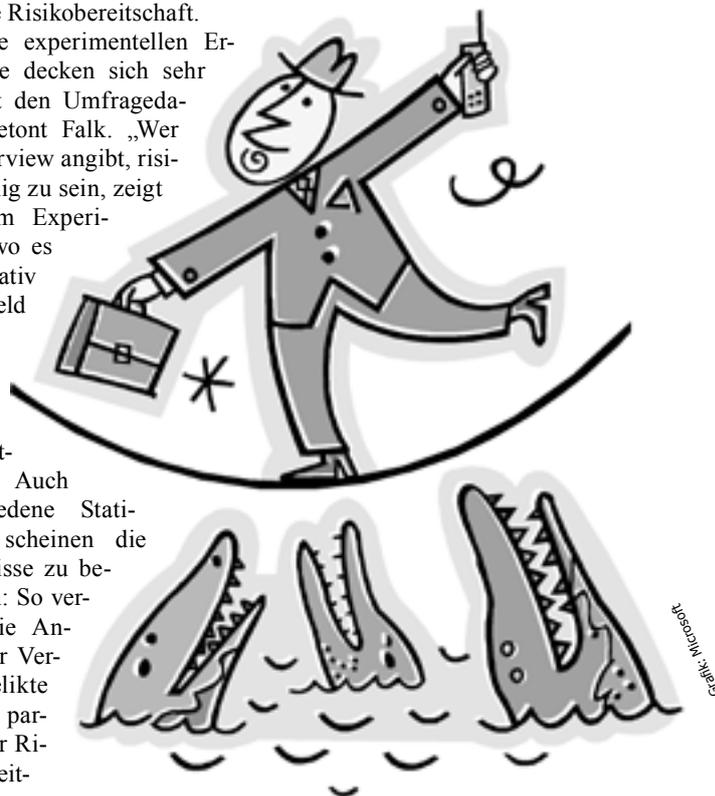
schaft der jeweiligen Altersstufe – spricht: Je jünger die Verkehrsteilnehmer, desto unvorsichtiger fahren sie.

### Öffentlicher Dienst lockt Risikoscheue

Mit einer Interpretation ihrer Ergebnisse halten sich die Autoren der Studie jedoch zurück. Gerade der Zusammenhang zwischen Risikobereitschaft und Zufriedenheit ist schwer zu deuten: „Das ist ein klassisches Henne-Ei-Problem“, kommentiert Professor Falk: „Sind zufriedene Menschen gerade aufgrund ihrer Zufriedenheit optimistischer und damit risikofreudiger? Oder nimmt, wer das Risiko nicht scheut, sein Leben eher in die Hand und gestaltet es so, daß er damit zufrieden ist?“

Übrigens – auch auf die Jobwahl scheint die Risikobereitschaft einen Einfluß zu haben: So sind Selbständige nach den Bonner Ergebnissen weniger vorsichtig. Wer im Öffentlichen Dienst arbeitet, ist dagegen eher auf Sicherheit bedacht.

FL/FORSCH



► **Junge Männer mit gebildeten Eltern sind nach der Studie am risikobereitesten – besonders, wenn sie groß sind.**

## Nachrichten, die keine wurden

Zusammen mit Studierenden recherchiert Christiane Schulzki-Haddouti am Zentrum für Kommunikations- und Medienwissenschaft (ZfKM) der Universität Bonn Themen, die zwar gesellschaftlich relevant sind, in den Medien jedoch kaum Beachtung gefunden haben. Ihre Arbeit steht im Zusammenhang mit der „Initiative Nachrichtenaufklärung“, die jedes Jahr die zehn am wenigsten beachteten Nachrichten kürt. Die Initiative wurde 1997 gegründet und orientiert sich am amerikanischen „Project Censored“.

Bereits seit fünf Jahren ist Christiane Schulzki-Haddouti für das Projekt aktiv. Zuerst war sie nur in der Jury vertreten, dann verband sie in einem Rechercheseminar in Dortmund ihre Arbeit für die Initiative mit der Lehrtätigkeit. Seit dem Sommersemester diesen Jahres verfolgt sie gemeinsam mit Studierenden der Uni Bonn am ZfKM die Spuren kaum beachteter Nachrichten.

Über 130 Themenvorschläge erreichen jedes Jahr die Initiative Nachrichtenaufklärung, und sie alle wollen näher beleuchtet und hinterfragt werden. Das bedeutet eine Menge Recherchearbeit für die Studierenden. „Sie tragen Hintergrundinformationen zu jedem einzelnen Thema zusammen, machen Experten ausfindig und führen Interviews“, erklärt die Medienwissenschaftlerin. „Später werden alle Ergebnisse im Seminar vorgestellt und diskutiert.“ Hier fällt auch die Entscheidung darüber, welche der vernachlässigten Nachrichten letztendlich auf den Tisch der Jury wandern. Und auch hier gibt es oft heiße Diskussionen, bis die Top 10 der sträflich vernachlässigten Nachrichten eines Jahres feststehen. Aus den etwa 30 Themen, die die erste Hürde, nämlich die Vorauswahl in den Seminaren, passiert haben, wählt jedes Jurymitglied zehn aus und vergibt dafür ein bis zehn Punkte. So macht am Ende die Nachricht mit den meisten Punkten das Rennen.

„Aus Deutschland abgeschoben – und dann?“ wurde für das Jahr 2004 zum Top-Thema gewählt: Die Medien berichteten zwar häufig über Abschiebungen und ihre möglichen Folgen, welche Lebensbedingungen die betroffenen Personen in ihren Heimatländern erwarten, beleuchteten die Journalisten hingegen kaum. Eine stark einseitige Berichterstattung kennzeichnet viele Themen, die bei der Initiative Nachrichtenaufklärung eingereicht werden. „Die Gesamtsicht auf ein Thema zu ermöglichen, ist mit viel Recherchearbeit verbunden. Da bleiben bestimmte Aspekte häufig auf der Strecke“, beklagt Christiane Schulzki-Haddouti. Gerade bei Nachrichten aus dem Ausland steht den Redaktionen oft nicht genug Personal zur Verfügung, um die Themen ausführlicher zu verfolgen. „Das Netz von Korrespondenten ist sehr dünn“, so Schulzki-Haddouti weiter. Eine zu aufwendige Recherche ist oft auch bei komplexen technischen Themen der Grund für die Vernachlässigung. So waren im vergangenen Jahr die „Mängel des virtuellen Arbeitsmarktes“ unter den zehn Top-Themen zu finden. Programmierfehler waren schuld, daß zahlreiche Arbeitssuchende nicht auf das gesamte Stellenangebot der Bundesagentur für Arbeit zugreifen konnten. Auch die Belange von sozialen Randgruppen sind häufig unter den Themenvorschlägen zu finden. „Ihnen wird in den Medien oft wenig Beachtung geschenkt, weil diese Perso-

nen kaum über Möglichkeiten verfügen, auf sich selbst und ihre Probleme aufmerksam zu machen“, vermutet die Bonner Forscherin.

Man könnte annehmen, daß die zehn von der Jury ausgewählten Themen nach der Veröffentlichung durch die Initiative Nachrichtenaufklärung verstärkt von den Medien aufgegriffen würden. Diese Hoffnung wird jedoch oft enttäuscht. Christiane Schulzki-Haddouti hält ihre Arbeit dennoch für einen wichtigen Bestandteil der Medienlandschaft. Oberstes Ziel sei die Sensibilisierung der Gesellschaft für bestimmte Themen. Ein großes Medienecho für ihre engagierte Arbeit erhalten also auch ihre Studierenden nicht. Trotzdem sind die Rechercheseminare an der Uni Bonn sehr beliebt. Jedes Jahr gibt es mehr Bewerber als Plätze. „Das Seminar wird sicher noch ein paar Jahre laufen“, ist die Medienwissenschaftlerin überzeugt.

Am Institut für Journalistik der Universität Dortmund wird die universitätsübergreifende Initiative Nachrichtenaufklärung koordiniert. Im Januar trifft sich die Jury übrigens an der Universität Bonn, um ihre Top-10-Liste zu erstellen. Ihre Ergebnisse werden die Jury-Mitglieder in einer Pressekonzferenz bekannt geben.

UTE FRIEDERICH/FORSCH

► **Weitere Informationen zur Initiative Nachrichtenaufklärung gibt es unter <http://www.nachrichtenaufklaerung.de>**

▲ **Viele der Geschichten, die das Leben Tag für Tag schreibt, schaffen es nicht in die Nachrichten, sondern landen im Papierkorb.**

► **Heiße Umgebung:** Die Milchstraße ist in ein ausgedehntes 1,4 Millionen Grad heißes Plasma eingebettet. Das ist ein Ergebnis eines deutsch-niederländisch-argentinischen Gemeinschaftsprojekts unter Bonner Federführung, das nun nach 20 Jahren zum Abschluß kam. Die Astronomen haben den vollständigen Nord- und Südhimmel nach Anzeichen von Wasserstoff durchsucht. Ihre Leistung schafft es sogar auf den Titel der Fachzeitschrift *Astronomy & Astrophysics*: Die erste Karte, auf der die Wasserstoffwolken in der Milchstraße lückenlos und fehlerfrei erfaßt sind.

► **Gefährliche Krampfader:** Leberzirrhosen können gefährliche Gefäßweiterungen in Speiseröhre und Magen hervorrufen. Werden diese Gefäße verletzt und beginnen zu bluten, kann das sogar zum Tod des Patienten führen. Mediziner der Universität Bonn wollen nun prüfen, welche neuen Therapien das Blutungsrisiko dieser „Krampfader“ in der Speiseröhre verringern können. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat dafür knapp 600.000 Euro bewilligt.

► **Virus schädigt Lymphsystem:** Zapft man einem Hepatitis C-Kranken Blut ab und stellt es in den Kühlschrank, bildet sich häufig nach ein bis zwei Tagen ein weißlicher Bodensatz. Sobald man die Probe erwärmt, verschwindet der Niederschlag wieder. Grund für dieses Phänomen sind defekte Immun-Proteine, die bei Kälte unlöslich werden und ausfallen. Produziert werden sie von den so genannten B-Zellen des Lymphsystems. Das

Hepatitis C-Virus kann augenscheinlich an diese Zellen „andocken“ und sie dadurch dazu bringen, diese defekten Abwehrstoffe herzustellen. Schlimmer noch: Das Virus regt die Lymphzellen anscheinend auch noch zur Vermehrung an – mögliche Folge: Lymphkrebs. Mediziner der Universitätskliniken in Homburg und Bonn untersuchen nun, wie die beiden Erkrankungen zusammenhängen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Projekt in den kommenden zwei Jahren mit 50.000 Euro.

► **Kampf gegen den Kurzschluß:** Die Nervenzellen im Gehirn sind durch zahlreiche Ausläufer miteinander vernetzt, über die sie elektrische Impulse austauschen. Diese Ausläufer sind von einer weißen, sehr fetthaltigen Schicht umgeben, dem so genannten Myelin. Es verhindert, daß sich Kurzschlüsse bilden, und sorgt vor allem für eine schnelle Signalübertragung. Bei bestimmten Erkrankungen verlieren die Nerven ihre weiße Hülle. Mit rund 1,6 Millionen Euro fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in den nächsten drei Jahren den Kampf gegen Hirnkrankheiten, die mit diesem Verlust einhergehen – dazu gehört beispielsweise die Multiple Sklerose. Im Fokus der Forscher stehen Therapieansätze mit embryonalen und adulten Stammzellen. Das Netzwerk wird vom Institut für Rekonstruktive Neurobiologie der Universität Bonn koordiniert.

► **Enzym beschleunigt Krebs:** Wer an Prostatakrebs erkrankt, merkt davon manchmal zeitlebens nichts: Oft

wachsen Tumoren der „Vorsteherdrüse“ so langsam, daß sie über viele Jahre keine Beschwerden verursachen. Mit trickreichen Mechanismen sorgt der Körper dafür, daß sich die Krebszellen nur langsam teilen. Bei manchen Patienten sind die Tumoren aber erheblich aggressiver. Wissenschaftler aus Freiburg und Bonn haben nun ein Enzym identifiziert, das dafür verantwortlich sein könnte: Es bewirkt, daß die Zellteilungs-Gene in der Prostata viel häufiger abgelesen werden als normal.

► **Mediziner erforschen neue Atemwegs-Viren:** Virale Atemwegsinfekte gehören zu den häufigsten Erkrankungen bei Kleinkindern. Gerade bei Frühgeborenen oder immungeschwächten Patienten bleibt es oft nicht bei einem harmlosen Husten, sondern die Viren können auch auf die Lunge übergreifen – mitunter mit lebensbedrohlichen Folgen. In den letzten Jahren wurden mehrere neue Viren identifiziert, die Atemwegserkrankungen auslösen können. Mediziner und Biologen der Universitäten Bonn und Essen versuchen nun herauszufinden, wie gefährlich die neu entdeckten Erreger sind. Ihr besonderes Augenmerk gilt dabei einem Virus, das erst im April 2004 in den Niederlanden entdeckt wurde. Wie viele Krankheitsfälle jährlich auf sein Konto gehen, ist noch unbekannt; auch spricht nichts für eine extreme Aggressivität. Die Forscher ließ jedoch aufhorchen, daß der neue Erreger zu den so genannten Coronaviren gehört – die SARS-Epidemie wurde ebenfalls von einem Coronavirus ausgelöst.

# Verrat zahlt sich nicht aus

## In kleinen Gruppen können sich Egoisten nicht durchsetzen

Eines der großen Rätsel der Evolution ist die Entwicklung kooperativen Verhaltens: In den meisten Untersuchungen setzen sich nämlich über kurz oder lang die Egoisten durch. In kleinen Gruppen scheint Kooperation aber tatsächlich einen Selektionsvorteil zu bieten. Das belegt eine Studie an den Universitäten Bonn und Harvard.

Die Ausgangssituation ist schnell erzählt: Zwei Gefangene werden verdächtigt, gemeinsam eine Bank überfallen zu haben. Die Indizien-Beweise reichen nur für eine Freiheitsstrafe von jeweils zwei Jahren. Die Polizei verhört die beiden getrennt und macht jedem von ihnen ein Angebot: Wenn du gestehst und damit deinen Komplizen belastet, kommst du als Kronzeuge ohne Strafe davon. Dein Kollege wandert dagegen für fünf Jahre ins Gefängnis. Das Angebot gilt aber nur, wenn dein Komplize nicht geständig ist. Ansonsten greift die Kronzeugenregelung nicht mehr, und ihr müßt beide jeweils vier Jahre absitzen.

Formuliert wurde dieses „Gefangenendilemma“ erstmals in den 50er Jahren von den beiden Mathematikern Melvin Dresher und Merrill Flood. Seitdem beschäftigte es Generationen von Spieltheoretikern – und nicht nur die. Mit dem Gefangenendilemma kann man nämlich auch eines der großen Rätsel der Evolution nachspielen: Warum gibt es im Tierreich überhaupt so etwas wie Kooperation? Denn wer kooperiert, den kann man leicht ausnutzen: Wenn einer der beiden Gauner die Klappe hält, der andere ihn aber verpfeift, kommt der Verräter strafflos davon.

Der Bonner Professor für Wirtschaftswissenschaften Dr. Lorenz Imhof hat zusammen mit seinen Kollegen Professor Dr. Drew Fudenberg und Professor Dr. Martin Nowak von der Universität Harvard mathematisch untersucht, welches Verhalten sich in einer Gruppe von Individuen durchsetzt, wenn man das Gefangenendilemma viele Male hintereinander durchspielt. „Wir sind dabei von drei unterschiedlichen Verhal-

tensmustern ausgegangen“, erklärt Imhof. „Zum einen gab es Personen, die immer kooperierten, also ihren Komplizen nie verpfeifen würden, unabhängig davon, wie der mit ihnen umspringt. Dann gab es Personen, die immer Verrat übten. Und schließlich war da noch eine dritte Teilgruppe, die nach dem Motto ‚wie du mir, so ich dir‘ verfuhr: Sie machten ihre Entscheidung ‚Kooperation oder Verrat‘ davon abhängig, wie sie selbst in der Runde zuvor behandelt worden waren.“ „Tit for Tat“ heißt diese Strategie im Englischen: Zunächst einmal verhalte ich mich kooperativ, wenn du mich aber verpfeifst, verpfeife ich dich beim nächsten Mal auch.

### In unendlichen Populationen wird Kooperation bestraft

Nach zehn Runden wurde ausgewertet, wie viele Jahre Gefängnis jede Person auf ihrem virtuellen Bukkel hatte. Danach bekamen manche der Mitspieler Nachkommen. Je weniger Gefängnisjahre, desto besser waren sie mit ihrem Verhalten gefahren und desto höher ihre evolutionäre Fitneß – sprich: die Chance, Kinder in die Welt zu setzen. Für jeden Neugeborenen starb ein zufällig ausgewähltes Mitglied der Elterngeneration, so daß die Gesamtzahl der Mitspieler konstant blieb. „In der Regel erben die Nachkommen die Spielstrategie ihrer Eltern“, erläutert Imhof. „Manchmal konnte die Strategie aber auch zufällig mutieren. Nachkommen eines ‚Verräters‘ spielten dann beispielsweise ‚Tit for Tat‘ oder umgekehrt.“ Durch Mutation und Selektion konnte sich die Spielstrategie der Gruppe daher im



Grafik: Microsoft

Laufe der Evolution verändern.

Derartige „Evolutionsspiele“, die auf dem Gefangenendilemma basieren, sind nicht neu. In unendlich großen Populationen setzen sich dabei in der Regel die „Verräter“ durch – Kooperation wird bestraft. „Wir gehören jedoch weltweit zu den ersten Arbeitsgruppen, die diese Analyse für beschränkte Bevölkerungsgrößen durchgeführt haben“, betont Imhof. Eine realistische Annahme; Populationen sind schließlich nie unendlich groß.

Erstaunliches Ergebnis: In Gruppen von 30 bis 60 Personen setzen sich abwechselnd alle drei Strategien durch. Und zwar in strenger Reihenfolge: Zunächst kooperieren fast alle Mitspieler, einige Generationen später gibt es plötzlich nur noch Verräter, bevor sich schließlich die Anhänger von „Tit for Tat“ durchsetzen. „Tit for Tat“ ist dabei mit Abstand am stabilsten: Hat sich diese Strategie einmal etabliert, dauert es vergleichsweise lange, bis wieder die Kooperationswilligen die Gruppe dominieren. Professor Imhof: „In begrenzten Populationen haben Verräter keine Chance, sich dauerhaft zu halten.“

FL/FORSCH