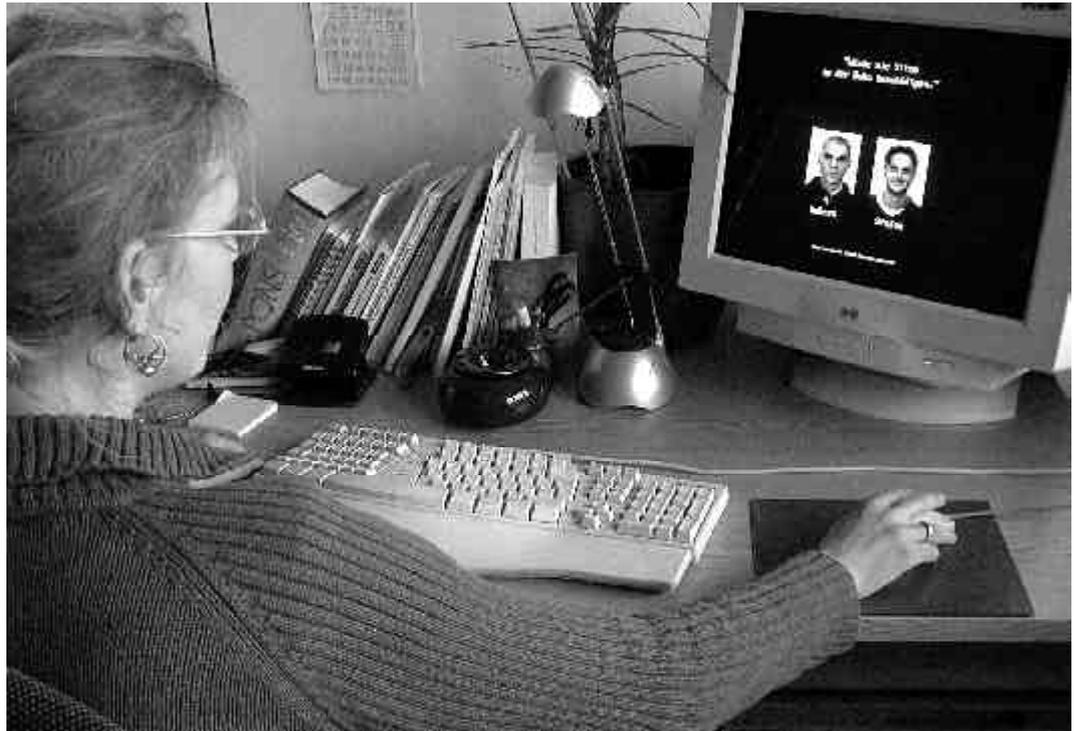




Skinheads sind fies, Sozialarbeiter sympathisch: Klischeebilder wie diese haben eine wichtige Funktion.



## Kopf frei für das Wesentliche

Psychologie-Studie zur Bedeutung von Klischees

Mathematiker sind weltfremd, Biologen tierlieb, Frauen sensibel und Männer durchsetzungsstark: Klischees bestimmen unsere Vorstellung, oft sogar mehr, als uns lieb ist. Was aber, wenn es ein junges Mädchen ist, das den Banküberfall verübt, oder ein gefährlich aussehender Punk, der der alten Dame über die Straße hilft? Solche „unerwarteten“ Informationen merken wir uns besonders gut, hat Katja Ehrenberg, Psychologin an der Universität Bonn, in einer jetzt abgeschlossenen Studie festgestellt. Unser Gehirn ist so vermutlich in der Lage, neue Informationen effizienter zu verarbeiten.

Robert ist Skinhead, Stefan Sozialpädagoge, und beide haben etwas gemeinsam: Sie existieren nur in den kryptischen Zeichenfolgen eines Computerprogramms, mit dem Katja Ehrenberg vom Institut für Psychologie an der Universität Bonn den Sinn sogenannter „Stereotypen“ untersucht.

Am Bildschirm hat die Doktorandin zum Klischee passende Portraitfotos gebastelt – Robert kahlgeschoren, bullig, mit kalten Augen, Stefan mit geschneitelter Mähne und einem offenen Lächeln auf dem Gesicht. Außerdem hat sich Ehrenberg zu ihren beiden Protagonisten eine Reihe von Aussagen einfallen lassen, positive und negative: zum Beispiel, daß Skin Robert seinen Freunden hilft, wo er kann,

seinen Müll trennt und keine Ausländer mag. Oder daß Stefan für Bettler nie eine Mark übrig hat, grundsätzlich nicht sein Auto verleiht, aber ein guter Zuhörer ist und gut mit Kindern umgehen kann.

Insgesamt 460 Versuchspersonen haben Robert und Stefan inzwischen kennengelernt, mitsamt ihren positiven und negativen Eigenschaften. Sollten sie nach dem Experiment die einzelnen Aussagen wieder der richtigen Person zuordnen, so gelang ihnen das wesentlich häufiger, wenn die entsprechende Eigenschaft im Widerspruch zur Erwartungshaltung gestanden hatte:

Daran, daß Stefan Bettlern kein Geld gibt, erinnerten sich mehr Versuchspersonen als daran, daß er gut zuhören kann. Dieser Effekt verstärkte sich, wenn die Probanden während des Experiments abgelenkt waren – nebenbei „mit einem Ohr“ aufgeschnappte Informationen prägt man sich vor allem dann ein, wenn sie überraschend sind.

„Daß wir uns vor allem Abweichungen von der erlernten Norm merken, ist durchaus sinnvoll“, ist die Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe Sozial- und

Persönlichkeitspsychologie von Professor Dr. Karl Christoph Klauer überzeugt. „In der Regel fahren wir damit nicht schlecht: Alles, was nicht zu unseren Erfahrungen paßt, merken wir uns, und ansonsten orientieren wir uns an den Stereotypen. Ohne diese Strategie wären wir angesichts der Informationsfülle, die täglich auf uns hereinprasselt, völlig überfordert.“ Die Klischeebilder dienen uns sozusagen als Schablone, zu der wir nur noch die Abweichungen registrieren. So kann unser Gehirn die zu verarbeitende Datenmenge auf ein erträgliches Maß reduzieren, indem es alles, was uns nicht überrascht, vergißt und bei Bedarf aus dem Klischeebild rekonstruiert.

Nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren übrigens auch DVD-Filme: Da die unkomprimierte Filmversion zu groß ist für die silberne Scheibe, merken sich DVDs – vereinfacht gesprochen – nur den Unterschied zwischen den aufeinanderfolgenden Videobildern, und das fast ohne sichtbare Qualitätseinbußen. Ohne diesen Trick würde auf die DVD nur ein Kurzfilm passen.

FL/FORSCH

## Vampire beißen nicht!

Bonner Balkanologe korrigiert altes Klischee

Ein jeder weiß, was einen richtigen Vampir auszeichnet: Neben den obligatorischen langen, spitzen Eckzähnen und der Angst vor Holzpflocken und Knoblauch darf auch nicht die passende Gruft fehlen. Aber was hat Bram Stokers Dracula eigentlich mit dem Vampir des Volksglaubens gemein? Dieser und anderen Fragen geht der Bonner Historiker und Balkanologe Dr. Peter Mario Kreuter in seiner Dissertation „Der Vampirglaube in Südosteuropa“ auf den Grund. Sein Fazit: Viele Klischees sind Ausschmückungen der Buchautoren oder Filmregisseure.

Vor dem kalten und fahlen Licht des Mondes zeichnet sich das auf einer Felsenklippe errichtete alte Schloß in scharfen Umrissen ab. Nur das Heulen der Wölfe zerschneidet die Stille der Nacht. Eine Fledermaus flattert aus einem Fenster des Schlosses und verwandelt sich in eine der gefürchtetsten Gestalten, die man sich vorstellen kann: einen Vampir. Er hüllt sein vor Angst gelähmtes Opfer in seinen Umhang und entzieht ihm mit einem Biß in den Hals sein Lebenselixier.

Leider muß Balkanologe Dr. Kreuter diese Vorstellungen enttäuschen: „Der Vampir, den der Kinogänger zu sehen bekommt, reduziert sich nur auf wenige Klischees und hat mit dem Vampir des Volksglaubens nicht viel

zu tun. Vieles wurde dem Vampir erst später angedichtet.“ So wird zum Beispiel vom Markenzeichen des

Wer etwas mehr über die wahre Wesensart des Vampirs erfahren möchte, kann die Dissertation „Der Vampirglaube in Südosteuropa“, erschienen im Weidler-Buchverlag, auch in der Universitäts-Bibliothek entleihen.

Vampirs – dem Biß in den Hals – in keiner historischen oder volkskundlichen Quelle berichtet. Vielmehr schien er seinen Opfern das Blut auf magische Weise aus der Distanz zu entziehen. Stattdessen wird dem Vampir im Volksglauben eine beson-

dere Gabe zur Verwandlung nachgesagt: Neben der Gestalt bestimmter Tiere könne der Vampir auch die Form verschiedener Gegenstände annehmen, so der Balkanologe.

Einen besonderen Schwerpunkt legt Kreuter in seiner Arbeit auf die Beantwortung der Frage, warum der Vampirglaube in Südosteuropa so stark verwurzelt ist. Kreu-

ters Erklärungsansatz zielt auf die Lücken im christlich-orthodoxen Weltbild, welches besonders dem Totenkult kaum Beachtung schenkt. „Diese Lücken füllten die Menschen mit Versatzstücken aus dem viel älteren Volksglauben, da sich die orthodoxen Kirchen kaum mit Sterben und Tod auseinandersetzen“, erklärt Kreuter. Gegenwärtig spielt der Vampirglaube in den Balkanländern jedoch kaum noch eine Rolle, aber, so Kreuter weiter: „Noch zu Beginn der 80er Jahre wurde aus einer rumänischen Stadt berichtet, daß ein vampirähnliches Wesen umging und das Öl von Fahrraddetten leckte.“

CHRISTIAN KLEINERT/FORSCH



Titelbild von Kreuters Dissertation „Der Vampirglaube in Südosteuropa“

## Urkunden-Fälscher im frühen Mittelalter

Bonner Historiker untersucht Dokumente aus der Merowinger-Zeit

Die Urkunden der merowingischen Könige sind wichtige Zeugen des Übergangs von der Spätantike zum Mittelalter. Insgesamt 196 Texte sind überliefert, davon 38 Originale, der Rest Abschriften. Professor Dr. Theo Kölzer, Historiker an der Universität Bonn, hat die Schriftstücke in 20jähriger Detektivarbeit unter die Lupe genommen und nun in Form einer fast 1000seitigen kommentierten Edition veröffentlicht. Ergebnis: Zwei Drittel der Urkunden sind gefälscht.

Die Fälscher stellten sich geschickt an: Sie klebten Papyrus-Stücke mit den beschriebenen Seiten aufeinander. Auf den leeren Rückseiten hielten sie dann in Amtslatein fest, welche Rechte der König ihrem Kloster rund 400 Jahre zuvor angeblich zugestanden hatte. Das Resultat sah auf den ersten Blick aus, als stamme es aus der Feder eines königlichen Notars der Merowinger-Zeit. Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Schrift-

stücke an der Klebefläche getrennt, aber Schriftspuren blieben am anderen Dokument haften. Von da an gingen die malträtierten Urkunden getrennte Wege.

Vor zwei Jahren dann untersuchte Professor Dr. Theo Kölzer vom Historischen Seminar eine Urkunde der Merowinger, auf der große Teile der Schrift fehlten – Schäden an jahrhundertalten Dokumenten sind leider nicht selten. Etwa zur gleichen Zeit

entdeckte ein französischer Historiker auf einem Schriftstück aus einer ganz anderen Epoche Zeichen, die er für merowingisch hielt. Der Fund machte ihn neugierig; er schickte daher eine Durchpause an seinen Bonner Kollegen.

„Das war ein Glücksfall“, urteilt Professor Kölzer heute. Schnell erkannte er, daß die spiegelverkehrten Schriftzeichen, die sein Kollege gefunden hatte, die Lücken in „seiner“ Urkunde füllten. Einem Marburger Fotografen gelang es dann, mit Hilfe moderner Bildbearbeitungs-Technik das Originaldokument im Computer „virtuell“ zu rekonstruieren – das älteste Original einer abendländischen Königsurkunde.

So stolz Professor Kölzer auch die Geschichte von den Papyrus-Fragmen-

Professor Kölzer mit einer Reproduktion der ältesten erhaltenen Merowinger-Urkunde



ten erzählt – solch spektakulären Ergebnisse sind in seinem Arbeitsgebiet selten. Der Historiker untersucht die Königsurkunden der fränkischen Merowinger (ca. 450 - 751), der Vorgänger der Karolinger. In diesen amtlichen Dokumenten werden z.B. bestimmte Sonderrechte verliehen oder Besitzungen geschenkt; oft handelt es sich um den ältesten Beleg für das begünstigte Kloster oder den verliehenen Rechtstitel, weshalb die Urkunden auch für Kirchen-, Rechts- und Wirtschaftshistoriker von Belang sind. Vor kurzem hat Kölzer auf rund 1000 Seiten eine kommentierte Edition aller erhaltenen 196 Merowinger-Urkunden herausgegeben, von denen allerdings zwei Drittel als Fälschungen betrachtet werden müssen. An der Authentizität der 38

der Untergang dieser Verwaltungsstruktur machte die Aufbewahrung urkundlicher Rechtstitel durch die Begünstigten selbst erforderlich.“ Entstehungszeiten und Fundorte der Merowinger-Urkunden dokumentieren diesen Wandel: „Spätestens um 600 war nördlich der Loire die Spätantike zu Ende, die die Humanisten schon mit der Völkerwanderung, andere erst durch das Vordringen des Islam hatten untergehen sehen.“ Diese Einsicht hält Professor Kölzer für das wichtigste allgemeinhistorische Ergebnis der Edition, das neue Fragen nach sich zieht.

überlieferten Originale zweifelt Professor Kölzer dagegen nicht.

„Diese Dokumente erweisen sich als wichtige ‚Leitfossilien‘ für den Übergang von der Spätantike zum Mittelalter. Die römische Spätantike kannte einen ausgeprägten Behördenapparat, der die Rechtstitel des einzelnen aktenkundig machte und schützte. Erst

Was aber, wenn beispielsweise in einem Kloster für ein beanspruchtes Recht keine Urkunde existierte? In solchen Fällen griffen die Betroffenen häufig selbst zu Federkiel und Pergament – „seit dem 12. Jahrhundert war nämlich ohne besiegelte Urkunden nichts zu machen“, betont der Historiker. Mit kriminalistischem Spürsinn kam er den Imitationen auf die Spur. „Die Fälscher benutzten z.B. meist ein anderes Vokabular, als zur Merowinger-Zeit üblich war“, erklärt er. „Häufig stolpere ich zunächst über auffällige Begriffe oder Betreffe. Wenn ich dann genauer hinschaue, entdecke ich meist weitere Indizien, die mich in meinem Urteil bestärken.“ Deshalb sei es wichtig, daß man sich permanent wundere – „aber man benötigt schon ein umfangreiches Hintergrundwissen, damit man sich wundern kann.“

*„Leitfossilien“ für den Übergang von der Spätantike zum Mittelalter*

Nicht immer aber gingen die Fälscher mit so viel Bedacht vor wie im Anfangsgeschilderten Beispiel. Manchmal seien schon einfache historische Fakten entlarvend, schmunzelt der Bonner Historiker. „Da stammt dann die Urkunde beispielsweise von einem König, der zur Zeit der Ausstellung bereits seit Jahren tot war.“

FL/FORSCH

## Das Karagandinsker Arbeitslager

Studie zur Geschichte des Lagers, seiner Häftlinge und Bewacher

Die Gulag-Forschung hat sich bislang nur einzelnen Aspekten der sowjetischen „Besserungsarbeitslager“ widmen können, da der Archivzugang weitgehend eingeschränkt war. Das Seminar für Osteuropäische Geschichte erhielt mit Unterstützung der deutschen Botschaft in Kasachstan die Erlaubnis des Generalstaatsanwaltes der Republik Kasachstan, das bisher der Forschung nicht zugängliche vollständig erhaltene Aktenmaterial einsehen und auswerten zu dürfen. Eine auf Originalmaterial beruhende Studie über ein einzelnes Lager bzw. Lagersystem liegt bisher weder im europäischen noch im amerikanischen Sprachraum vor und stellt ein wissenschaftliches Novum dar.

Das Karagandinsker Lager ist sowohl von seiner Struktur- und Verwaltungsgeschichte, vom Haftregime, dem Produktionsprofil und seinem kontinu-

ierlichen Bestehen von 1931 bis 1957 sowie der Anzahl der während dieser Zeit inhaftierten Häftlinge – ca. 800.000 – ein für den Gulag repräsentatives Lager. Dieses Besserungsarbeitslager ging 1931 aus dem Sowchos „Gigant“ hervor und war zunächst eine Arbeitskolonie der OGPU, der sowjetischen Politischen Polizei. Nach der Bildung der Hauptverwaltung Lager im Jahr 1934 ist diese Kolonie als „KAR-Lag“ in den Gulag integriert worden. Das Territorium des Lagers erstreckte sich von Nord nach Süd über 260 km und von Ost nach West über 130 km. Auf einer Gesamtfläche von 16.600 km<sup>2</sup> befanden sich verschiedene „Lager-

struktureinheiten“, die der Verwaltung des KAR-Lag mit Sitz in Dolinka, rund 30 km von Karaganda entfernt, unterstanden und von ihr kontrolliert wurden.

### Trotz fehlender Zäune Flucht kein Ausweg

Anfang 1940 existierten über 22 Hauptlager, die als „Abteilungen“ bezeichnet wurden. Zudem gab es eine „Landwirtschaftliche Versuchsstation“ sowie ein „Invalidenlager“ in Spassk. Die Hauptlager waren, um den Ansprüchen der Produktion bzw. Zwangsarbeit gerecht zu werden, in „Lager-Punkte“, „Abschnitte“, „Ko-

lonnen“ und andere Formen von Außenstellen unterteilt. Annähernd 200 größere Produktionspunkte existierten im KAR-Lag Anfang der 1950er Jahre. Aufgrund der Zergliederung des Lagers und materieller Versorgungsprobleme war die Lageradministration nicht in der Lage, alle Außenstellen und Feldstützpunkte entsprechend den Befehlen der Moskauer Hauptverwaltung zu umzäunen, so daß Ende

umzäunt waren. Aufgrund der großen Entfernungen, des Klimas, des dichten Kontrollnetzes auf Eisenbahnstationen und vor allem der fast unmöglichen Legalisierung als Strafgefangene im Sowjetalltag sah die übergroße Mehrheit der Häftlinge in einer Flucht keinen Ausweg.

### Hierarchien in Häftlings- und Bewachergesellschaft

Eine Studie über das KAR-Lag gestattet Rückschlüsse auf das sowjetische System der „Besserungsarbeitslager“ insgesamt. Zustande kam das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zunächst für zwei Jahre finanzierte Forschungsprojekt des Teams um Professor Dr. Dittmar Dahlmann über Kontakte für eine vergleichende Studie über Frauen in deutschen und sowjetischen Lagern, die Professor Dahlmann – noch in seiner Heidelberger Zeit – federführend betreute.

Das aktuelle Projekt widmet sich zwei Schwerpunkten. Untersuchungen zur historischen Entwicklung des KAR-Lag beschäftigen sich mit der Struktur- und Verwaltungsgeschichte, dem Haftregime für die Gefangenen, der Organisation und Ausbeutung der Zwangsarbeit, den „Umerziehungs“-ambitionen der Lageradministration sowie der

Mortalität und seinen Ursachen. Studien zu den Häftlingen und Bewachern des KAR-Lag untersuchen das Häftlingsspektrum unter Politischen und Kriminellen sowie Rangordnung und das differenzierte Agieren innerhalb der „Häftlingsgesellschaft“ und das demographisch-soziologische Profil des Lagerpersonals, seinen Verhaltenskanon sowie die Hierarchie und das Agieren der „Kader“ innerhalb der „Bewachergesellschaft“.

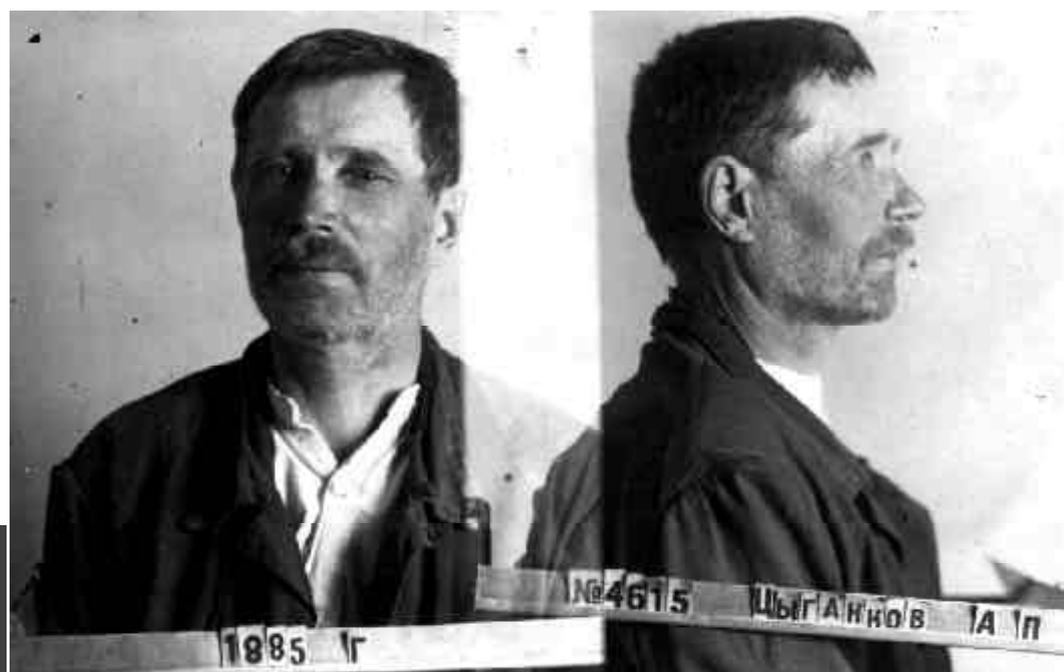
Die Realisierung des Projektes erfolgt in enger Kooperation mit dem Archiv des KAR-Lag in Karaganda, Republik Kasachstan. Hier sind u.a. 15.000 Akteneinheiten der Lagerverwaltung, 45.000 Kaderakten ehemaliger Mitarbeiter, 71.000 persönliche Häftlingsakten sowie 800.000 Karteikarten von allen ehemaligen Häftlingen des KAR-Lag überliefert. Erstmals kann eine wissenschaftliche Untersuchung zum GULag auf einer derart umfassenden Aktengrundlage vorgenommen werden. Natürlich sind die beiden Autoren, die zeitweise vor Ort sind, und eine Werkvertragskraft vor Ort nicht in der Lage, jede einzelne Akte einsehen. Daher werden nach dem Zufallsprinzip 1.000 Akten über Häftlinge und dieselbe Anzahl über ihre Bewacher ausgewertet. Die wissenschaftlichen Erträge des Projektes werden in einer Monographie und in einer Edition von Dokumenten des KAR-Lag vorgelegt.

DR. MEINHARD STARK,  
DR. WLADISLAW HEDELER



1939 mehr als die Hälfte der Lageraußenstellen über keinerlei Umzäunung verfügten. 1951 lebten und arbeiteten mehr als 15.000 Häftlinge auf 92 Abschnitten und Farmen, die nicht

Verwaltungsgeschichte, dem Haftregime für die Gefangenen, der Organisation und Ausbeutung der Zwangsarbeit, den „Umerziehungs“-ambitionen der Lageradministration sowie der



Oben: Haftfoto der Russin Maria Nikonowa, geboren 1907, als Gläubige wegen angeblicher „antisowjetischer Agitation“ 1953 zu 25 Jahren Haft verurteilt, entlassen 1955. Links: Haftfoto des Russen Alexej Tsygankow, geboren 1885, wegen angeblicher „antisowjetischer Agitation“ 1940 zu fünf Jahren Haft verurteilt, 1943 im Lager gestorben.

## Max-Planck-Preis für Bonner Professor

Mathematiker Felix Otto findet Formeln für Vorgänge in der Natur

Wie stark sprudelt eine Ölquelle? Das Verhalten einer Zweiphasen-Strömung (eines Gemischs aus Öl und Wasser) in einem porösen Medium (Gestein, Erdreich) ist einer der äußerst komplexen physikalischen Prozesse, den der Mathematiker Professor Felix Otto in Gleichungen packen und berechnen kann. Für seine herausragenden Arbeiten auf dem Gebiet der partiellen Differentialgleichungen wurde Professor Otto im November in Berlin der mit 250.000 Mark dotierte Max-Planck-Preis verliehen, mit der außerdem sieben weitere deutsche Wissenschaftler und vier Forscher aus dem Ausland für besonders herausragende, international anerkannte wissenschaftliche Leistungen geehrt wurden. Verliehen wird der Preis von der Alexander von Humboldt-Stiftung und der Max-Planck-Gesellschaft; gestiftet wurde er vom Bundesmi-

nisterium für Bildung und Forschung.

Felix Ottos Spezialität ist die mathematische Behandlung von Modellen aus den Naturwissenschaften: Wie



gut reproduzieren diese Modelle die experimentellen Beobachtungen? Wie können die Modellvorhersagen effizient berechnet werden? Zu seinen

Arbeitsgebieten gehören insbesondere die Musterbildung im Mikromagnetismus und komplexe Strömungsvorgänge. Das Verhalten von extrem dünnen Magnetplättchen spielt beim Design leistungsstarker digitaler Speichermedien eine Rolle, und die Zweiphasen-Strömung in porösen Medien ist bei der Erdölförderung wichtig. Mathematiker fassen diese Modelle in so genannte partielle Differentialgleichungen; diese Gleichungen untersucht Professor Ottos Arbeitsgruppe theoretisch (mit Papier und Bleistift) und numerisch (mit dem Computer).

Felix Otto wurde 1966 in München geboren. Er studierte Mathematik an der Universität Bonn und ging als Postdoktorand nach New York. Vor zwei Jahren gab er seine Professur in Kalifornien auf und folgte einem Ruf an das Institut für angewandte Mathematik der Bonner Universität.

## Groß und Klein in der Natur

### Neuer Sonderforschungsbereich an der Universität Bonn

Die Universität Bonn hat zum neuen Jahr einen weiteren Sonderforschungsbereich erhalten. Das Projekt wird zunächst für drei Jahre mit rund 3,7 Million Euro gefördert. Damit fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) an der Universität Bonn insgesamt acht Sonderforschungsbereiche. Unter dem Titel „Singuläre Phänomene und Skalierung in mathematischen Modellen“ untersucht der neue Sonderforschungsbereich in 19 Projekten, wie Naturphänomene, die sich in unterschiedlichen Größenordnungen abspielen, zusammenhängen und wie man sie mathematisch beschreiben kann. Federführend ist Professor Dr. Felix Otto, der kürzlich mit dem Max-Planck-Forschungspreis ausgezeichnet wurde (siehe nebenstehenden Kasten).

Viele Phänomene in der Natur finden nicht nur im Großen statt, sondern werden vor allem auch durch die Zusammenhänge im Kleinen bestimmt. So muß man für die exakte Beschreibung des Wetters neben der Bewegung der Luft in der Atmosphäre auch berücksichtigen, wie die einzelnen Moleküle der Luft miteinander in Wechselwirkung stehen. Ein anderes Beispiel ist die Funktionsweise der

menschlichen Lunge; ohne Kenntnis über die Vorgänge an der Zelloberfläche in den Lungenbläschen wäre sie nicht zu erklären. Wissenschaftler versuchen diese Vorgänge in Formeln zu fassen. In der Praxis – von den Material- bis zu den Lebenswissenschaften – spielt dabei das Wissen über die Zusammenhänge der unterschiedlichen Skalen eine immer größere Rolle.

Zur Beschreibung von Vorgängen in der Natur stehen der Mathematik eine Reihe von Lösungswegen zur Verfügung, darunter analytische, numerische und stochastische Methoden. Die an dem neuen Sonderforschungsbereich beteiligten Wissenschaftler repräsentieren diese verschiedenen mathematischen Arbeitsweisen. Durch ihre Zusammenarbeit über Disziplingrenzen hinweg wollen die Wissenschaftler in den nächsten Jahren zu neuen Lösungsansätzen finden, um natürliche Vorgänge künftig noch exakter beschreiben zu können und damit letztlich vorhersagbarer zu machen.

An dem neuen Sonderforschungsbereich wirken zwölf Arbeitsgruppen aus der Mathematik und eine aus der Biologie mit. In zwei Teilprojekten kooperiert der Forscherverbund mit Wissenschaftlern des Forschungszentrums caesar.

ARC/FORSCH

## Fischen in molekularen Bibliotheken

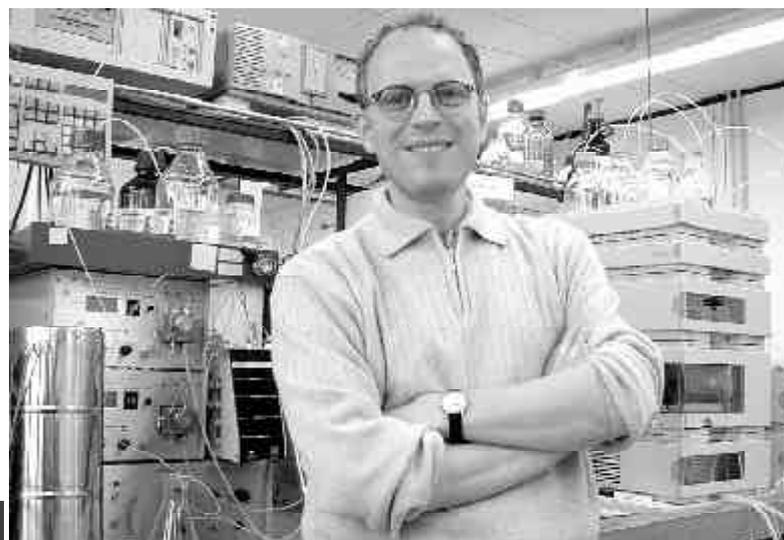
### Michael Famulok mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet

Sie könnten eine neue Runde im Kampf gegen Krankheiten wie Krebs oder AIDS einläuten: Medikamente aus synthetisch hergestellten Nukleinsäureketten. Für die Erforschung dieser sogenannten Aptamere wurde der Bonner Biochemiker Professor Dr. Michael Famulok im Dezember mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet – der höchstdotierten Ehrung, die in Deutschland regelmäßig an Wissenschaftler vergeben wird.

Nukleinsäuren kommen in der Natur in zwei verschiedenen Varianten vor: der Desoxyribonukleinsäure DNS, die – abgesehen von manchen Viren – allen Lebewesen als Speicher für Erbinformationen dient, und der Ribonukleinsäure RNS. Die DNS ist gewissermaßen die Bibliothek, die alle Informationen für den Aufbau der Lebewesen enthält. Aus der Bibliothek darf aber nichts entliehen werden – die Benutzer müssen die benötigten

Informationen kopieren. Und diese Kopien bestehen aus RNS. Die RNS kann aber noch mehr: Je nach Abfolge der in ihr gespeicherten Buchstaben faltet sie sich in ganz charakteristischer Weise und nimmt so

eine bestimmte dreidimensionale Struktur an. Manche RNS-Moleküle können aufgrund ihrer Gestalt Verbindungen mit anderen Zellbestandteilen eingehen und sie so an ihrer Funktion hindern. Sie werden auch Aptamere



Professor Michael Famulok fischt in molekularen Bibliotheken nach möglichen neuen Medikamenten.

**Wir arbeiten mit Nukleinsäure-Bibliotheken, die bis zu eine Billion verschiedene RNS-Fäden enthalten können.**

genannt (aptus: passen; meros: Teil). So bilden Krebszellen einen Botenstoff, der für das Wachstum neuer Blutgefäße sorgt, über die sich die Tumoren mit Nährstoffen versorgen. Bereits 1995 wurde ein Aptamer gefunden,

das den Botenstoff gewissermaßen neutralisiert. Mit Hilfe anderer Aptamere lassen sich Gene ganz gezielt an- oder abschalten. Auf diese Weise könnte man in Zukunft vielleicht Pflanzen konstruieren, die im Frühjahr Giftstoffe gegen

Schädlinge bilden, zur Zeit der Ernte jedoch die Giftproduktion einstellen. Aptamere mit der gewünschten Funktion sind aber nicht einfach zu finden – so vielfältig sind die Möglichkeiten, in denen sich die RNS-Fäden falten

können, daß eine Nadel im Heuhaufen leichter aufzuspißen wäre.

Der Biochemiker Professor Michael Famulok nutzt daher ausgeklügelte Methoden, mit denen man geeignete Aptamere gezielt aus Gemischen einer großen Zahl unterschiedlicher RNS-Moleküle herausfischen kann. „Wir arbeiten mit künstlich hergestellten Nukleinsäure-Bibliotheken, die bis zu eine Billion verschiedene RNS-Fäden enthalten können“, erklärt Professor Famulok. Diese RNS-Brühe lassen die Wissenschaftler über ein Trägermaterial laufen, an das beispielsweise der oben erwähnte Blutgefäß-Botenstoff gebunden ist. Passend geformte Aptamere bleiben an dem Botenstoff-Molekül hängen, die anderen RNS-Fäden werden abgewaschen. Danach werden die hängengebliebenen Aptamere – meist immer noch viele Tausende verschiedener Sorten – in einem zweiten Waschgang gelöst und im Reagenzglas durch Zugabe bestimm-

ter Zell-Enzyme vermehrt. „Diesen Schritt wiederholen wir so lange, bis wir eine Handvoll Aptamere, die besonders stark am Botenstoff-Molekül kleben, angereichert haben“, erläutert der Biochemiker.

Die Suche nach geeigneten Kandidaten ist aber nur ein erster Schritt. „Danach müssen wir im Reagenzglas oder in Zellkulturen testen, ob die gefundenen Aptamere auch die gewünschte Wirkung zeigen“ – und selbst dann ist es bis zu einem möglichen Medikament noch ein weiter Weg. Daß Experten ihn nicht nur für gangbar halten, sondern auch viel Hoffnung in die kleinen RNS-Fäden setzen, beweist die Verleihung des mit 1,53 Millionen Euro dotierten Leibniz-Preises an den Bonner Wissenschaftler. Die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) verliehene Auszeichnung ist der höchstdotierte regelmäßig verliehene Wissenschaftspreis Deutschlands.

FL/FORSCH

## Ein Meilenstein der Gedächtnisforschung

Bonner Forscher sind der Erinnerung auf der Spur

Wer kennt das nicht: Auf einer Party werden uns eine Reihe von Personen vorgestellt, doch im Gedächtnis bleiben uns nur zwei oder drei Namen – der Rest ist für unser Gehirn „Schall und Rauch“. Aber was muß in unserem Kopf passieren, damit wir uns später an einen Namen, eine Telefonnummer oder ein Gesicht erinnern und es nicht sofort wieder vergessen? Bonner Wissenschaftler sind der Antwort auf diese Frage einen bedeutenden Schritt näher gekommen. Sie untersuchten bei Epilepsie-Patienten die elektrische Aktivität zweier benachbarter Hirnregionen. Ergebnis: Wenn wir uns später erinnern sollen, müssen die beiden Areale Hand in Hand arbeiten. Die Studie wurde kürzlich in der renommierten Fachzeitschrift *Nature Neuroscience* veröffentlicht.

Die anatomischen Strukturen, die über Erinnern oder Vergessen entscheiden, liegen in der Tiefe des Schläfenlappens: der sogenannte „Hippokampus“ und der „rhinale Kortex“. Die Regionen, die lediglich 15 Millimeter auseinander liegen, spielen bei der Gedächtnisbildung eine bedeutende Rolle: Wird eine der beiden Strukturen verletzt, kann die betroffene Person keine neuen Erinnerungen speichern.

Dr. Jürgen Fell und seine Kollegen von der Arbeitsgruppe für kognitive Neurophysiologie unter Leitung von Dr.

Guillén Fernández nahmen daher diese „Gedächtnis-Regionen“ genauer unter die Lupe. Normalerweise kleben die Mediziner bei derartigen Untersuchungen ihren Versuchspersonen Elektroden auf die Schädeldecke, mit deren Hilfe sie die elektrische Aktivität messen können. Der geringe Abstand von Hippokampus und rhina-

lem Kortex macht jedoch getrennte Messungen mit Hilfe solcher „Oberflächen-Elektroden“ unmöglich.

Bei Patienten mit schweren Epilepsien implantiert man jedoch aus medizinischen Gründen Elektroden direkt in das Gehirn und versucht so, die „Fallsucht“ in den Griff zu bekommen. Fell und Fernández untersuchten eine

**Dr. Guillén Fernández mit einem Epilepsie-Patienten. Über implantierte Elektroden können die Wissenschaftler die Hirnströme in den verschiedenen Hirnregionen aufzeichnen.**



Gruppe von neun Epilepsie-Patienten, denen derartige „Tiefenelektroden“ in den mittleren Schläfenlappen implantiert worden waren. Den Wissenschaftlern gelang es so, das Hirnstrom-Muster der beiden Gedächtnis-Regionen aufzuzeichnen. Währenddessen präsentierten sie den Versuchspersonen eine Reihe von Wörtern, die sie sich einprägen sollten. Waren die Hirnströme in den beiden untersuchten Regionen für wenige hundert Millisekunden genau im Gleichtakt, also synchronisiert, konnten die Probanden sich spä-

ter an das zu dieser Zeit gezeigte Wort erinnern.

Nach Ansicht der Bonner Wissenschaftler spricht die Synchronisation der Hirnströme für eine Zusammenarbeit von rhinalem Kortex und Hippokampus. Man nimmt heute an, daß verschiedene Aspekte eines Sinnesindrucks in unterschiedlichen Hirnregionen verarbeitet werden: Betrachtet man beispielsweise einen grünen Ball, so wird die Information für die Farbe „grün“ von anderen Nervenzellen ausgewertet als die Information

für die Form „Kugel“. Im rhinalen Kortex werden die verschiedenen Aspekte wieder zusammengefügt und im Zusammenspiel mit dem Hippokampus ins Gedächtnis überführt.

Bei ihren amerikanischen Fachkollegen ernteten die Bonner Hirnforscher bereits höchstes Lob für ihre Studien: Der Hirnforscher Anthony Wagner vom Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) bezeichnet die Ergebnisse als „Meilenstein“ in der Gedächtnisforschung.

FL/FORSCH

## Schweres Erbe im menschlichen Genom

### Bonner Forscher lokalisieren Gen für manische Depression

Gestern himmelhoch jauchzend, heute zu Tode betrübt: Manisch-Depressive leiden unter extremen Stimmungsschwankungen; viele Erkrankte nehmen sich während einer depressiven Phase das Leben. Einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter Führung des Instituts für Humangenetik der Universität Bonn ist es gelungen, ein Gen zu lokalisieren, das die manisch-depressive Krankheit mit auslöst. Die Ergebnisse wurden kürzlich in der Zeitschrift „Human Molecular Genetics“ veröffentlicht.

Charles Burgess Fry gilt als einer der größten Sportler, den England je hervorgebracht hat. Doch nebenbei war der Kapitän der englischen Cricketmannschaft, Fußball- und Rugbyspieler sowie Autor mehrerer Cricket-Bücher auch ein hervorragender Altphilologe, dessen Hobby es war, englische Hymnen ins Griechische zu übersetzen. Der gerngesehene Partygast und berühmte Lebemann lehnte 1919 die albanische Krone ab – angeblich, weil es für diese Position kein Gehalt gab. Doch bis zu seinem Tode im Jahr 1956 wechselten sich bei ihm Phasen ungewöhnlicher Hyperaktivität mit Episoden tiefer Niedergeschlagenheit ab: Fry zeigte viele Merkmale einer manisch-depressiven Erkrankung.

#### Genetische Faktoren spielen eine Rolle

Etwa ein Prozent aller Menschen erkranken im Laufe ihres Lebens an dieser „bipolaren affektiven Störung“ – und das in allen bislang untersuchten Kulturkreisen. Die Ursachen sind noch unbekannt; dementsprechend schwierig gestaltet sich die Behandlung. Viele Betroffene nehmen sich im Laufe der Erkrankung das Leben.

Inzwischen ist bekannt, daß genetische Faktoren zur Krankheit beitragen. Träger der entsprechenden Erbanlagen, haben Zwillingsstudien ergeben, erkranken mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 bis 80 Prozent. „Wir haben daher vor zwölf Jahren damit begonnen, nach den beteiligten Genen zu suchen“, erklärt der Bonner Humangenetiker Professor Dr. Peter Propping. Gemeinsam mit Wissenschaftlern aus der Klinik für Psychiatrie und dem Institut für Biometrie sowie anderen Nervenkliniken haben sie insgesamt 75 Familien mit 445 Personen untersucht – 275 von ihnen waren manisch-depressiv. Die Sisyphus-Arbeit, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurde, könnte Früchte tragen: „Die Entdeckung der beteiligten Gene kann zur Entwicklung neuer Behandlungsverfahren führen.“

Nach der Entschlüsselung des menschlichen Genoms stehen die Genetiker vor einer ähnlichen Situation wie ein Linguist, der ein umfangreiches Werk aus einer völlig unbekannt Sprache ins Deutsche übersetzen soll: Sie müssen herausfinden, welchen Sinn die einzelnen Wörter im 23-bändigen Genom-Lexikon haben –



dabei wissen sie noch nicht einmal, wo ein Wort anfängt oder endet. Erschwerend kommt noch hinzu, daß zwischen wichtigen Informationen ganz unvermittelt sinnloser Buchstabenalat auftauchen kann.

Jeder Mensch bekommt bei seiner Geburt zwei dieser „Genom-Lexika“ mit – eines von der Mutter, das zweite vom Vater –, die er in jeder seiner Körperzellen mit sich herumträgt. Für alle vererbaren Merkmale enthalten

**Um Erbkrankheiten auf die Spur zu kommen, sind Humangenetiker auf möglichst gut dokumentierte Stammbäume betroffener Familien angewiesen.**

## FORSCHUNG

Seit zwölf Jahren schon suchen die Bonner Wissenschaftler – hier Propping-Mitarbeiter Johannes Schumacher – nach den Erbanlagen für die manisch-depressive Krankheit.



die Zellen also zwei genetische Informationen. Bei der Produktion der Ei- oder Samenzellen wirft der Körper die doppelt vorhandenen Informationen über Bord und mischt nach dem Zu-

fallsprinzip aus dem mütterlichen und väterlichen Genom-Lexikon eine neue Enzyklopädie zusammen, in der die Hälfte der Einträge vom Vater, die andere Hälfte aber von der Mutter stammen. Benachbarte Einträge kommen dabei häufig vom selben Elternteil – eine Regel, die Genomforscher bei ihrer Suche nach den Erbanlagen ausnutzen.

Hat beispielsweise ein Kind das Gen für die Blutgruppe „A“ von seinem Vater geerbt, stammen die Gene in der Nachbarschaft mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls vom Vater. Geschwister, die beide die Blutgruppe „A“ haben, haben daher rund um das Blutgruppen-Gen häufig ebenfalls die gleiche genetische Information. Professor Propping und seine Mitarbeiter haben nun bei Geschwistern, die unter der manisch-depressiven Krankheit leiden, untersucht, an welchen Stellen sich auf ihren Chromosomen die Erbinformationen besonders stark ähneln. Dazu haben sie 400 kurze Genom-Abschnitte unter die Lupe genommen. Resultat: Einige die-

ser Abschnitte sind bei den kranken Geschwistern besonders häufig identisch – in ihrer Nähe könnte sich ein Gen befinden, das zum Ausbruch der Krankheit beiträgt.

Zwei Abschnitte – einer auf dem langen Arm von Chromosom 8, der zweite auf Chromosom 10 – scheinen dabei besonders heiße Anwärter zu sein. Beide bestehen aber noch aus vielen Millionen „Buchstaben“ und sind daher viel zu groß, als daß man sie direkt sequenzieren und die Sequenz von Kranken und Gesunden miteinander vergleichen könnte. „Als nächsten Schritt planen wir daher, uns mit anderen Methoden noch weiter an das mögliche Gen heranzutasten“, erklärt Professor Propping und vergleicht sich mit dem Bewohner eines fremden Planeten, der versucht, mit dem Fernrohr auf der Erde die Stadt Bonn zu finden. „Inzwischen weiß er immerhin, daß er in Deutschland suchen muß – aber immer noch nicht, ob im Rheinland oder in der schwäbischen Alb.“

# Erfolg in der Stammzell-Forschung

## Menschliche embryonale Stammzellen reifen in Mäuse-Hirnen

In der Petrischale können sich menschliche embryonale Stammzellen (ES-Zellen) zu Vorläufern vieler verschiedener Gewebetypen entwickeln. Amerikanischen Wissenschaftlern ist es nun in Kooperation mit dem Neurowissenschaftler Professor Dr. Oliver Brüstle von der Universität Bonn gelungen, aus humanen ES-Zellen gewonnene neurale Vorläuferzellen im Gehirn zur Ausreifung zu bringen. Die Befunde stellen einen wichtigen Schritt in Richtung einer therapeutischen Nutzung embryonaler Stammzellen für die Behandlung neurologischer Erkrankungen dar. Das Ergebnis ist kürzlich in der renommierten Zeitschrift „nature biotechnology“ erschienen.

Die US-amerikanische Arbeitsgruppe um Professor James Thomson hatte aus Stammzellkulturen neurale Vorläufer isoliert. Diese Vorläuferzellen können Nerven- und Gliazellen bilden – die beiden Zelltypen, die beim Menschen fast die gesamte Hirnsubstanz ausmachen. Die Forscher implantierten diese Zellen in neugeborene Mäuse und schickten das Gewebe anschließend auf die weite Reise nach Bonn.

Professor Brüstle und sein Mitarbeiter Dr. Marius Wernig haben die fixierten Gehirne dann untersucht. Ergebnis: Die transplantierten Zellen waren mit der Zeit in verschiedene Gehirnregionen eingewandert und dort zu Glia- und Nervenzellen ausgereift. „In keinem einzigen Fall hatten sich aus den Fremdzellen Tumoren gebildet“, betont Professor Brüstle eine weitere wichtige Beobachtung seiner Arbeitsgruppe. Da sich ES-Zellen beliebig häufig teilen können, sehen

Im Januar hat Dr. Oliver Brüstle den Ruf auf die Professur für „Rekonstruktive Neurobiologie“ angenommen. Die Gemeinnützige Hertie-Stiftung hatte den Lehrstuhl im vergangenen Jahr gemeinsam mit der Universität Bonn eingerichtet. Damit wurde diese medizinische Forschungsrichtung erstmals an einer deutschen Universität verankert. Professor Brüstle reizt besonders die Aufgabe, „den völlig neuen Forschungsbereich der rekonstruktiven Neurobiologie in Bonn aufzubauen und der Biologie der Stammzellen ihre Geheimnisse zu entlocken“.

Mediziner die Gefahr, daß sich die Zellen im Organismus unkontrolliert vermehren könnten.

Der Neurowissenschaftler hatte bereits 1999 ähnliche Experimente mit ES-Zellen der Maus durchgeführt –

ebenfalls mit weltweit beachtetem Erfolg. Obwohl die aktuellen Ergebnisse das Potential Embryonaler Stammzellen eindrucksvoll untermauern, betont Professor Brüstle, er wolle in jedem Fall die Entscheidung der Bundesregierung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum Stammzell-Import abwarten, bevor er selbst ES-Zellen zu Versuchszwecken importiere. „Momentan ist es uns leider nur unter großen Einschränkungen möglich, an internationalen Stammzell-Projekten mitzuarbeiten“, bedauert der Mediziner und hofft nun auf eine baldige positive Entscheidung zum Import bereits bestehender ES-Zelllinien nach Deutschland. Bei Drucklegung der „forsch“ stand die für Ende Januar erwartete Entscheidung des Bundestags noch nicht fest.

FL/FORSCH

## Pillen aus Lauch

Knoblauch gilt als wahrer Tausendsassa der Naturheilkunde: Die geruchsintensive Zehe stärkt das Immunsystem, hilft gegen erhöhte Cholesterinwerte und soll sogar Darmkrebserkrankungen vorbeugen. Ob auch andere Lauchgewächse pharmazeutisch wirksam sind, untersuchen Wissenschaftler am Institut für Pharmazeutische Biologie der Universität Bonn zusammen mit Kollegen aus Mittelasien. Das Projekt wird von der Volkswagenstiftung mit 337.000 Euro unterstützt.

Dr. Michael Keusgen und sein Team richten ihren Blick damit auf eine Pflanzenfamilie, deren Vertreter schon seit Menschengedenken als Arznei, Gewürz oder Gemüse verwendet werden – die segensreichen Wirkungen des Knoblauchs waren bereits Aristoteles und Plinius bekannt. Über die in Südwestasien bis in die mittelasiatischen Berggebiete verbreiteten Lauchgewächse weiß man jedoch nur wenig; die Forscher wollen auch die einheimische Bevölkerung nach ihrem Wissen über diese Arten befragen.

FL/FORSCH

Das Medien-Interesse an der Stammzellforschung und ihrem prominentesten Protagonisten Professor Oliver Brüstle ist momentan riesig.

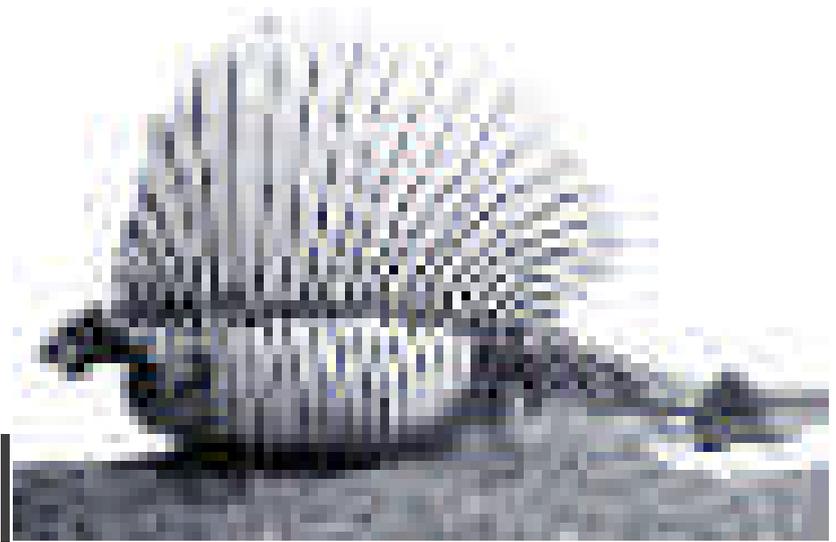


# Saurierausgrabung in Texas geplant

## Bonner Paläontologie-Doktoranden suchen noch Sponsoren

- Sie heißen „Klapperschlangen-Canyon“ (Rattle Snake Canyon) oder „Bachlauf der Dornbüsche“ (Briar Creek), und sie beherbergen einen riesigen Schatz uralter Wirbeltier-Fossilien: Die Grabungsstätten im nordtexanischen Archer County. In den letzten 30 Jahren sind die Fundstellen kaum erforscht worden; selbst eine detailgenaue Kartierung steht noch aus.
- Wissenschaftler der Universität Bonn planen nun in Kooperation mit der University of Texas und der Archer County Historical Commission, die Fossilfundstellen genauer unter die Lupe zu nehmen, und hoffen auch auf spektakuläre Neufunde. Doch bevor die sechswöchige Suche im kommenden Herbst beginnen kann, müssen die Paläontologen noch Sponsoren finden.

Organisiert wird die Expedition von den Paläontologie-Doktoranden Nicole Klein und Oliver Wings zusammen mit dem Diplomanden Lars Schmitz unter wissenschaftlicher Beratung von Dr. Otto Sander. Im kommenden September wollen die drei zusammen vor Ort eine detaillierte Erhebung durchführen. Um die sechswöchige Untersuchung finanzieren zu können, suchen die Paläontologen nun nach Sponsoren, denen sie im Gegenzug Vorträge oder Berichte anbieten. Bereits 1878 entdeckte Jacob Boll die ersten Wirbeltier-Fossilien in Nordtexas; in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts machten Wissenschaftler dann spektakuläre Funde von riesigen Amphibien und säugetierähnlichen Reptilien. Auf 280



erhalten die Fossil-Stätten dadurch, daß sie einen Einblick in das erste vollständige Land-Ökosystem der Erdgeschichte ermöglichen.

### Halbvergessene Fundorte

Die Bonner Paläontologen wollen vor allem die Grabungsstätten genauer kartieren und dazu auch das satellitenbasierte Ortungssystem GPS nutzen. Bislang droht das Wissen um die genauen Fundorte verloren zu gehen: Die schriftlichen Aufzeichnungen

fen auch, neue Fundstellen zu entdecken: „Wir rechnen mit gut erhaltenen Fossilien, die Aufschluß über Lebensbedingungen und Todesumstände der Tiere geben“, erklärt Oliver Wings vom Institut für Paläontologie. Ein Teil der neu entdeckten Knochen soll später die Bonner Lehrsammlung ergänzen.

Die Bonner Paläontologen haben bereits 1999 eine Exkursion zu den nordtexanischen Grabungsstätten unternommen und davon einige gut erhaltene Überreste aus der Vorzeit mit nach Bonn gebracht. Bei der geplanten Expedition werden sie sowohl von der Universität von Austin, Texas, als auch von örtlichen Landbesitzern unterstützt. Sollte die Forschungsreise die Erwartungen erfüllen, planen die Bonner eventuell eine größere wissenschaftliche Ausgrabung und studentische Exkursionen.

FL/FORSCH



oben: Skelett von Edaphosaurus, Harvard University

rechts: Bereits im Jahr 1999 veranstaltete das Institut für Paläontologie eine Exkursion zum Briar Creek Bonebed.

Millionen Jahre schätzen Wissenschaftler das Alter der Knochenfunde; die Fossilvorkommen sind weltweit einzigartig. Weitere Bedeutung

gen sind ungenau, Personen, die die Grabungsstätten kennen, meist schon jenseits der 70 oder bereits verstorben. Doch die Forscher hof-

Wer die Ausgrabung unterstützen möchte, kann sich mit dem Institut für Paläontologie in Verbindung setzen. Ansprechpartner: Oliver Wings, Institut für Paläontologie, Tel.: 0228/73-4683, Fax: 0228/73-3509, E-Mail: wings@uni-bonn.de, oder Dr. Otto Sander, Tel.: 0228/73-3105, E-Mail: martin.sander@uni-bonn.de



## Der Tanz auf der Kugel

Bonner Biologen wollen einem Roboter das Gehen beibringen

Der Natur abgesehen:  
Der Roboter und sein  
Vorbild

Spinnen, Krebse und Skorpione zählen sicherlich nicht zu den intelligentesten Bewohnern unserer Erde. Mit ihren zahlreichen Beinen können sich diese „Krabbeltiere“ aber eleganter fortbewegen als die kompliziertesten Roboter, die Ingenieure bisher gebaut haben. Neurobiologen der Universität Bonn wollen herausfinden, wie Gliedertiere unwegsame Gebiete erkunden, und beraten Wissenschaftler vom Fraunhofer Institut aus Sankt Augustin beim Bau eines Laufroboters.

Das Ding sieht aus wie ein Sandwich-Toaster aus glänzendem Edelstahl, an den irgendein Daniel Düsentrieb acht staksige Beine geschraubt hat. Zumindest, bis es sich bewegt – dann wird deutlich: Der Toaster läuft wie ein Skorpion. Vorsichtig hebt er ein Vorderbein und bewegt es nach vorne. Sobald es festen Stand hat, wird der Körper ein Stück nach vorne gestemmt. Dann dieselbe Prozedur mit dem zweiten Bein, und so pflanzt sich die Bewegung bis zum hinteren Beinpaar fort.

„Das Ding bewegt sich schon nicht schlecht“, konstatiert der Bonner Neurobiologe Dr. Hartmut Böhm, „aber an sein natürliches Vorbild kommt es noch bei weitem nicht heran.“ Die Wissenschaftler um Professor Dr. Hans-Georg Heinzel liefern ihren Kollegen Professor Dr. Thomas Christaller und Dr. Frank Kirchner vom Fraunhofer-Institut für Autonome Intelligente Systeme in Sankt Augustin die Datengrundlagen für die Konstruktion einer autonomen Laufmaschine – und schauen dabei im wahrsten Sinne des Wortes der Natur auf die Finger. Oder besser noch auf

die „Tarsen“ – so nennt man die Endglieder der Skorpionbeine, und Skorpione stehen den Forschern bei der Konstruktion des autonomen Roboters Pate.

Autonome Laufroboter sind vor allem in unwegsamem Gelände gefragt – beispielsweise in Wüsten oder auf Geröllfeldern. Skorpione haben für solche Herausforderungen der Umgebung, die auch das geländegängigste Auto überfordern, nur ein müdes Lächeln übrig. Professor Heinzel und seine Mitarbeiter untersuchen, wie der Spaltenskorpion *Hadogenes bicolor* derartig menschenfeindliche Gebiete erobern kann. Dieses Know-how ließe sich beispielsweise für die Konstruktion einer autonomen Marssonde einsetzen, die Befehle aus dem Kontrollzentrum selbsttätig ausführt wie: „Gehe zwei Kilometer nach Westen und entnehme dabei regelmäßig Bodenproben. Dann kehre zurück zum Ausgangspunkt.“ Der gut 19 Millionen Euro teure Marsrover

„Sojourner“, der im Juli 1997 während der Pathfinder-Mission den Boden des Roten Planeten untersuchte, hatte dagegen nur einen Aktionsradius von wenigen Metern.

„Bisher sind die existierenden Laufroboter ziemlich träge und störanfällig“, gibt Professor Heinzel zu, „sie funktionieren nur, wenn nichts Ungewöhnliches in ihrer Umgebung vorkommt, auf das sie reagieren müssten.“ Der Skorpion ist da wesentlich flexibler: Klettert er beispielsweise einen steilen Sandhügel hoch und registriert, daß der Grund unter ihm ins Rutschen gerät, ändert er seinen Laufstil: Er schlägt seine Scheren abwechselnd in den Boden und robbt voran – ähnlich wie ein amerikanischer Marine-Soldat im Trainingslager. „Dazu brauchen die Tiere natürlich passende Sensoren, mit denen sie spüren können, daß der Boden nachgibt“, betont der Neurobiologe.

Was die Sensoren zur Erfassung der Umgebung angeht, ist der Skorpion aus Südafrika seinem High-Tech-Pendant aus dem rheinischen Sankt Augustin meilenweit überlegen. Während der nur über ein paar Dutzend Meßfühler verfügt, finden sich beim Spaltenskorpion allein an jeder Schere 182 Sinneshaare. Schon mit Hilfe dieses Vibrationsinns nimmt das wenige Zentimeter

**Bisher sind die existierenden Laufroboter ziemlich träge und störanfällig.**

Wolfgang Braun aus der Feinmechanischen Werkstatt stellt mit seinen Kollegen viele der Apparaturen her, die die Skorpionforscher für ihre Experimente benötigen.



große Tier deutlich mehr von seiner Umgebung wahr als sein gut 200mal so schwerer Klon. Ganz abgesehen von den acht Augen und den bis heute geheimnisvollen, skorpionstypischen Kammorganen, den Pecten, deren Funktion immer noch nicht richtig verstanden ist.

Eine der Hauptaufgaben der Neurobiologen ist es daher, herauszufinden, welche Sinne für den Geländelauf wichtig sind und wie sich der Laufstil bei ihrer Reizung verändert. Dazu markieren die Biologen die Gelenke aller Körperteile mit leuchtend gelben und grünen Punkten und filmen mit zwei Videokameras den Lauf des Tiers in einer mit feinem Sand gefüllten Plexiglasröhre. Über Flaschenzüge verändern sie die Neigung des zwei Meter langen Rohrs, um zu untersuchen, wie der Skorpion einen Sandhang hoch oder herunter läuft. Während des Experiments kann der Computer in den beiden simultanen Videoaufnahmen die Markierungen verfolgen und errechnet dann nicht nur ein dreidimensionales Bild der Schreitbewegungen aller Laufbeine, sondern auch das Bewegungsmuster der anderen markierten Körperteile, zum Beispiel der Scheren.

Ganz besonders stolz sind die Wissenschaftler auf eine schwarze Kugel vom Umfang eines großen Medizinballs. Wird der Skorpion auf diese Kugel gesetzt und läuft los, registriert eine dritte Kamera seine Bewegungsrichtung und gibt sie an einen Bewegungskompensator weiter. Der dreht daraufhin die Kugel so, daß der Skorpion immer oben bleibt – auch, wenn ihm die Forscher Hindernisse in den Weg legen. „Der Skorpion bleibt immer im Fokus der beiden Videokameras, egal, wohin er gehen möchte“, erklärt Professor Heinzel. „Außerdem können wir ihn stundenlang laufen lassen, während ein Computer die

Richtungsänderungen registriert und uns nachher anzeigt.“

„Ingenieure können von natürlichen Vorbildern viel lernen“, meint sein Kollege Dr. Hartmut Böhm, „schließlich stehen die Tiere seit Jahrmillionen unter dem evolutionären Druck, sich an

die Umgebung möglichst optimal anpassen zu müssen. Ein menschlicher Konstrukteur würde häufig zu ganz anderen Lösungen kommen – auf den ersten Blick vielleicht auch zu besseren – aber es könnte bestimmt eine Menge kostenintensiver Entwicklungsarbeit gespart werden, wenn Vor-

bilder aus der Biologie stärker berücksichtigt würden.“

In der Kooperation mit dem Institut für Autonome Intelligente Systeme sehen beide den Beleg, daß sich Informationstechnologie und Biologie gegenseitig befruchten können. Professor Heinzel: „Wir sind Biologen und bauen keine Roboter. Wir können aber unseren Kollegen Tips geben, wie ihre Roboter besser werden – wenn sie auf uns hören.“

Angst vor den stachelbewehrten Gliederfüßlern haben die Forscher übrigens nicht. „Es gibt da so eine Faustregel“, schmunzelt Dr. Böhm: „Je größer seine Scheren, desto ungiftiger der Skorpion.“ Das Tier, das auf der Laufkugel dahin schreitet, besteht zu einem guten Drittel aus Scheren. „Der ist kaum giftiger als eine Biene. Aber wenn er zukneift, wird es schmerzhaft.“

FL/FORSCH

## Grünalgen geben Gas

### Gen für Wasserstoffproduktion identifiziert

Ob in Form von Brötchen, als Knusperflocken oder „Spaghetti al Pesto di Mare“: Die Nahrungsmittelindustrie ist auf dem „Algen-Trip“ und verkauft die Wasserpflanzen als leckere Energiespender an gesundheitsbewußte Verbraucher. Doch auch in anderer Hinsicht könnten Algen unsere Energie-Probleme lösen helfen: Einige von ihnen können Wasserstoff produzieren, mit dessen Hilfe in Zukunft Autos angetrieben oder Laptops mit Strom versorgt werden sollen. Wissenschaftler der Universität Bonn haben nun aus Grünalgen das Gen für die Wasserstoffproduktion isoliert – und einen Algenstamm gentechnisch so verändert, daß er mehr als doppelt so viel Wasserstoff erzeugen kann wie zuvor.

„Wasserstoff ist ein guter Energiespeicher“, erklärt Dr. Thomas Happe aus dem Botanischen Institut der Universität Bonn, „für die Algen bedeutet es daher einen Energieverlust, Wasserstoff an die Umwelt abzugeben.“ Verschiedene Grünalgen machen das denn auch nur, wenn man sie dazu zwingt: Die kalifornische Firma Melis Energy, mit der die Bonner Forscher kooperieren, hat sie zu diesem Zweck auf Schwefeldiät gesetzt – Schwefel ist Bestandteil vieler lebenswichtiger Zelleiweiße. Die Alge schaltet darauf ihren Stoffwechsel auf Sparflamme, ein Teil der Photosynthese läuft aber weiter auf Hochtouren und erzeugt große Mengen energiereicher Verbindungen, die die Zellen gar nicht verwerten können. Sie „entsorgen“ schließlich die über-

schüssige Energie in Form von Wasserstoff.

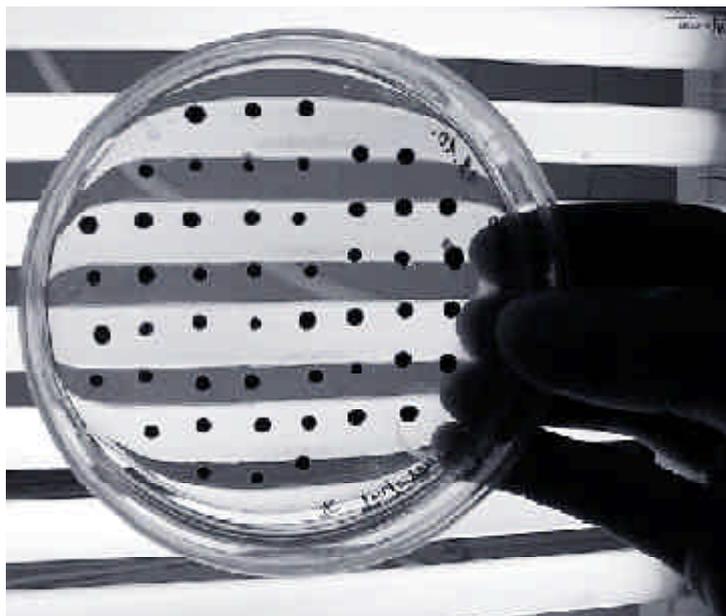
Das farblose, ungiftige Gas könnte bald ganz groß herauskommen: Experten sehen in ihm den Energieträger der Zukunft, der Autos und Busse antreiben oder Digitalkameras, Handys und Laptops über Stunden mit Strom versorgen soll. Möglich wird die Revolution durch die Weiterentwicklung der Brennstoffzelle. In ihr reagiert Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser und erzeugt dabei Strom



– etwa für den Antrieb von Elektromotoren. Vorteil: Wasser läßt sich unter Verbrauch von Energie wieder in Sauerstoff und Wasserstoff spalten. Nutzt man die Kraft der Sonne, um diesen Kreislauf aufrechtzuerhalten, fallen theoretisch nicht einmal Schadstoffe an. Und im Gegensatz zu elektrischer Energie, wie sie Solarzellen erzeugen, läßt sich Wasserstoff ohne große Probleme speichern – nur so ist gewährleistet, daß die entsprechenden Geräte auch dann arbeiten, wenn mal nicht die Sonne scheint.

Seit sechzig Jahren weiß man, daß Grünalgen im Prinzip aus Wasser Sauerstoff und Wasserstoff produzieren können. Dabei hilft ihnen ein Zelleiweiß, das Enzym Hydrogenase; die nötige Energie liefert die Photosynthese. Dr. Happe und seinen Mitarbeitern ist es gelungen, das Gen mit dem Bauplan der Hydrogenase aus verschiedenen Grünalgen zu isolieren. Nun versuchen die Wissenschaftler, die räumliche Struktur des Enzyms zu entschlüsseln. So hoffen sie zu erkennen, wo genau sich die Reaktionspartner an das Eiweiß anlagern und wie es die Wasserstoffbildung katalysiert. Die Experimente dazu sind aufwendig – bislang arbeiten die Bonner Forscher daher mit Computerbildern, die der Realität schon ziemlich nahe kommen.

„Unsere Hydrogenase ist sehr einfach aufgebaut“, erklärt der Biochemiker, „und das macht es natürlich leichter, ihre Wirkungsweise zu verstehen.“ Daher ist ihr Fund auch weltweit auf großes Interesse gestoßen – zumal das



Kulturen von gentechnisch veränderten Grünalgen auf einem Nährboden – verglichen mit ihren Verwandten aus der freien Wildbahn produzieren sie die zwei- bis dreifache Wasserstoffmenge.

**Erster Schritt zur großtechnischen Produktion von Wasserstoff**

Enzym in großen Mengen Wasserstoff produziert. In einem internationalem Projekt, das von dem japanischen Energieministerium gefördert wird, versuchen die Forscher nun, sowohl die Photosynthese-Systeme als auch die Hydrogenase aus Blau- und Grünalgen zu isolieren und an künstlichen Membranen zu befestigen.

Bei Sonneneinstrahlung, so ihr Kalkül, könnte eine solche – vergleichsweise wartungsarme – „biochemische Batterie“ Wasserstoff herstellen.

Einfacher ist es, die Grünalgen direkt für die Energieproduktion einzuspannen – gewissermaßen als einzellige „Galeerensklaven“. Die Wasserstoff-Synthese ist für Grünalgen allerdings

ein Schutzmechanismus, der nur in „Hungerzeiten“ zum Tragen kommt. Dementsprechend niedrig ist normalerweise die Hydrogenase-Konzentration in den Algen-Zellen – und je weniger Hydrogenase vorhanden ist, desto weniger Wasserstoff entsteht. Die Bonner Wissenschaftler haben dem Hydrogenase-Gen daher einen Turbo vorgeschaltet, der dafür sorgt, daß die Erbinformation häufiger abgelesen wird und die Alge entsprechend mehr Enzym produziert. Mit Erfolg: Die Alge mit dem Turbolader produziert die zwei- bis dreifache Menge des begehrten Gases wie ihre Verwandten aus der freien Wildbahn. „Wir müssen nun die Mutante genauer gentechnisch untersuchen“, erklärt Dr. Happe. „Wir betrachten diesen Erfolg aber als ersten Schritt zur großtechnischen Produktion von Wasserstoff.“

FL/FORSCH



Aus Licht wird Gas wird Strom: Anja Hemschmeier demonstriert im Labor, was in Zukunft vielleicht auch großtechnisch funktioniert.

# Muntermacher für müde Böden

## Schmetterlingsblütler verbessern Reiserträge

Den Ackerböden Westafrikas verlangt der Mensch viel ab: Steigende Bevölkerungszahlen und schrumpfende Anbaugelände haben dazu geführt, daß die Erholungsperioden für die Felder immer kürzer werden – mit negativen Folgen für den Ertrag. Einen Ausweg sehen Wissenschaftler der Universität Bonn in dem Anbau von Brachepflanzen, die dem Boden in kurzer Zeit besonders viele Nährstoffe zuführen.

Asche ist ein guter Dünger – das wissen auch die Kleinbauern in Westafrika. Seit Jahrhunderten machen sie ihre Felder mittels Brandrodung für den Anbau von Trockenreis nutzbar: Sie schlagen den Waldbestand ab, verbrennen das Holz und führen mit der Asche den Reispflanzen viele wichtige Nährstoffe zu. Auf eine Anbauperiode folgte früher eine Brachezeit von 12 bis 15 Jahren, in der der Wald das Feld zurückerobern konnte. Doch die Waldbestände werden rar, und die Felder müssen immer mehr Münder satt machen. Folge: Heute wird das selbe Stück Land alle zwei bis sechs Jahre wieder bepflanzt. In dieser Spanne kann sich der Boden nur ungenügend regenerieren, Unkräuter breiten sich aus, der Reisertrag geht zurück.

„Wir sind daher auf die Idee gekommen, die Qualität der Brache zu verbessern“, erklärt Professor Dr. Matthias Becker vom Institut für Pflanzenernährung in den Tropen und Subtropen. Das Prinzip ist einfach: Ziehen die Landwirte während der kurzen Regenerationsphasen Pflanzen heran, die besonders viele essentielle

Nährstoffe an den ausgelaugten Böden abgeben, sollten sie auch bei kurzen Brachezeiten höhere Reiserträge erzielen. „Wir haben 160 Pflanzen unter die Lupe genommen, von denen wir wußten, daß sie vielleicht in Frage kommen“, erläutert Professor Becker, „und zwar alle aus der Gruppe der Leguminosen.“

Zu diesen „Schmetterlingsblütlern“ gehören beispielsweise Erbsen oder Bohnen. Fast alle Schmetterlingsblütler besitzen die Fähigkeit, Stickstoff aus der Luft zum Aufbau von Zellmaterial zu nutzen. Den Luftstickstoff können sie aber nicht selbst sammeln – dazu sind sie auf die Hilfe von Bakterien angewiesen, die sich an ihren Wurzeln ansiedeln und dort knotige Verdickungen bilden: die Knöllchenbakterien. Werden die Pflanzen verbrannt, bleibt eine Mischung aus Asche und stickstoffhaltigen Pflanzenresten zurück – ein effektiver natürlicher Dünger.

„Zusätzlich sollten die Pflanzen aber auch gegen Unkräuter wirken“, erklärt Professor Becker: Die Fläche, die ein Landwirt mit seiner Frau bewirtschaften kann, wird vor allem durch den Arbeitsaufwand begrenzt, der für die Entfernung von Unkräutern aufgewendet werden muß. Viele Pflanzen wehren sich gegen unliebsame Konkurrenz – „beispielsweise, indem sie über die Wurzeln sogenannte Allelochemikalien an den Boden abgeben, die andere Arten am Wachstum hindern.“ Die Bonner Wissenschaftler haben die Wirkung der 160 Leguminosen gegen Unkrautbefall überprüft – und zwar in der trockenen Sahelzone, in der halbtrockenen Savanne und im Regenwald. Insgesamt zwölf Sorten blieben übrig, die schnell wachsen, viel Stickstoff fixieren und gleichzeitig Unkräuter fern halten.

Doch damit noch nicht genug: Nun mußten sich die Kandidaten im Praxistest bewähren. „Wir haben ortsansässige Landwirte gebeten, die Pflanzen in der Brachezeit anzubauen – auch um zu sehen, welche sie am besten akzeptieren“, erläutert der Agrarwissenschaftler. Interessantes Resultat: In der Praxis entscheiden häufig Nebenasperte über Akzeptanz oder Nichtakzeptanz, an die die Forscher gar nicht gedacht hatten. So halten

viele Bauern in der Savanne zusätzlich Vieh – die Brachepflanzen sollten sich daher auch als Tierfutter eignen. „Im Standort Wald dagegen suchten die Männer vor allem nach hoch und gerade wachsenden Brachepflanzen, weil sie aus den Stengeln Zäune gegen Buschratten bauen.“ Für den Wald genügten nur noch vier Kandidaten diesen Anforderungen. „Und von denen waren drei entweder zu hart für die Machete oder brannten schlecht.“ Da die einzige übriggebliebene Pflanze, die *Crotalaria*, auch den Bewuchs mit walddspezifischen Unkräutern unterdrückte, konnte sie auch die Frauen überzeugen, die traditionell für das Jäten der Felder zuständig sind.

Als Brachepflanze war die *Crotalaria* ein großer Erfolg. „Wir haben sie an sechs Pilotfarmen verteilt und damit Ertragssteigerungen von bis zu 40 Prozent erzielt“, so Professor Becker. Einer der Landwirte hatte sogar die Brache auf wenige Monate verkürzt und auf demselben Stück Land jedes Jahr Trockenreis angebaut – mit ähnlichen Erträgen, wie sie früher nur bei einer Bracheperiode von zehn bis zwölf Jahren zu erzielen waren. „Zumindest kurzfristig scheint das sehr gut zu funktionieren. Aber auf Dauer werden die Landwirte ohne Zudüngung nicht auskommen, sonst sind die Phosphatreserven im Boden schnell erschöpft.“ Doch auch für dieses Problem ist eine Lösung in Sicht: Viele westafrikanische Länder verfügen über große Vorkommen von Rohphosphaten, die, da sie unter normalen Bedingungen schlecht löslich sind, bislang meist nach Frankreich exportiert und dort veredelt werden. Ein Reimport ist für die Erzeugerländer aber zu teuer, daher fördert die Weltbank vermehrt die Nutzung des Rohphosphats als Dünger vor Ort. „Weil die Böden in Westafrika sehr sauer sind, könnte das auch funktionieren“, hofft Professor Becker. In saurer Umgebung lösen sich die Phosphate besser. „Einer meiner Doktoranden untersucht momentan, wie sich die Zudüngung bei gleichzeitigem Anbau unserer Brachepflanzen auf den Ertrag auswirkt.“ Erste Erfolge zeichnen sich bereits ab: „Die Erträge sind noch höher, als sie es ohne Düngung waren.“

FL/FORSCH



Durch geeignete Brachepflanzen läßt sich der Reisertrag in den Tropen und Subtropen erheblich steigern.