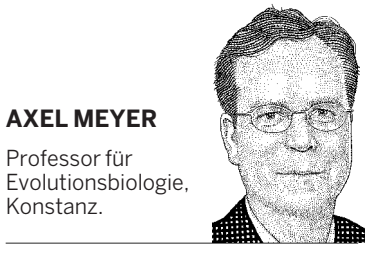


QUANTENSPRUNG

Wie findet der Vogel den Wurm?

Endlich! Amsel, Drossel Fink und Star - alle sind sie wieder da. Aus dem Rasen, der noch vor zwei Wochen eher einer gefrorenen sibirischen Tundra als einer holländischen Wiese glich, sprießen jetzt Narzissen - und, ganz wichtig, - die Regenwürmer sind wieder aktiv. Auf sie komme ich gleich zurück. Man kann sie, die männlichen Vögel, morgens wieder vor dem Fenster singen hören. Nach der Stille des Winters fällt dies in den ersten Frühlingstagen besonders angenehm auf. Das Phänomen des Vogelgesangs kann man auch ganz prosaisch erklären: Die längeren Tageslichtphasen stimulieren erhöhte Testosteronausschüttungen, die - erstaunlicherweise - sogar messbare morphologische Veränderungen des Vogelhirns auslösen. In den für den Gesang zuständigen Gehirnteilen entstehen neue Zellen. Das Spatzenhirn wächst also im Frühling. Diese Entdeckung von Fernando Notteboms Labor an



AXEL MEYER
Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz.

der Rockefeller Universität in New York stürzte das Dogma, Nervenzellen könnten sich nicht teilen. Im Oberstübchen muss es vielleicht doch nicht mit dem Alter zwangsläufig abwärts gehen. Jetzt sucht man nach Genen, die einige Vogelarten zu besseren Sängern machen als andere. Einige Labore forschen auch nach Faktoren, die Querschnittsgelähmten helfen könnten, Nerven im Rückenmark zu (re-)generieren. Vom vermeintlich nutzlosen neurobiologischen Studium des Vogelgesangs zu medizinisch angewandten Forschung. Wer hätte das vorhergesehen?

Aber auch in nicht gesanglicher Hinsicht sind Vögel bemerkenswerte Genossen. Wie findet denn der Regenwurm? Ich vermute, diese brennende Frage haben Sie sich als aufmerksamer morgentlicher Jogger im Park auch schon gestellt. Die garten- und vogelbesessenen Engländer haben sich schon seit wenigstens zwei Jahrhunderten gefragt, ob Vögel, die den Kopf auf die Seite legen - dies haben Sie sicher auch schon beobachtet - um nach Regenwürmern im Rasen zu lauschen oder zu gucken. Vögel können hörbare, sichtbare, riechbare, und möglicherweise auch vibrotaktile (schwingende) Reize wahrnehmen. Die Frage scheint berechtigt, mit welchem Sinn der Wurm hauptsächlich gefunden wird. Die Antwort lautet: Die Amsel hört den Wurm! Das fanden vor einigen Jahren Robert Montgomerie und Patrick Weatherhead aus Ontario in mehreren, gut kontrollierten Experimenten heraus. Regenwürmer gehören zu den Anneliden, Ringelwürmern mit Borsten in jedem Segment. Ihr Graben verursacht Geräusche, wenn auch sehr leise. Tote Würmer graben nicht und wurden von den Testvögeln auch nicht gefunden. Wenn die Geräuschkulisse zu ungünstig ist, beispielsweise durch den rasenmähenen Nachbarn, erschwert dies den Amseln die Suche nach dem Wurm. Zuletzt noch eine gute Botschaft: Es scheint, soweit bisher bekannt, dass die Zugvögel dieses Jahr keine neuen Vogelgrippeviren mitbrachten.

wissenschaft@handelsblatt.com

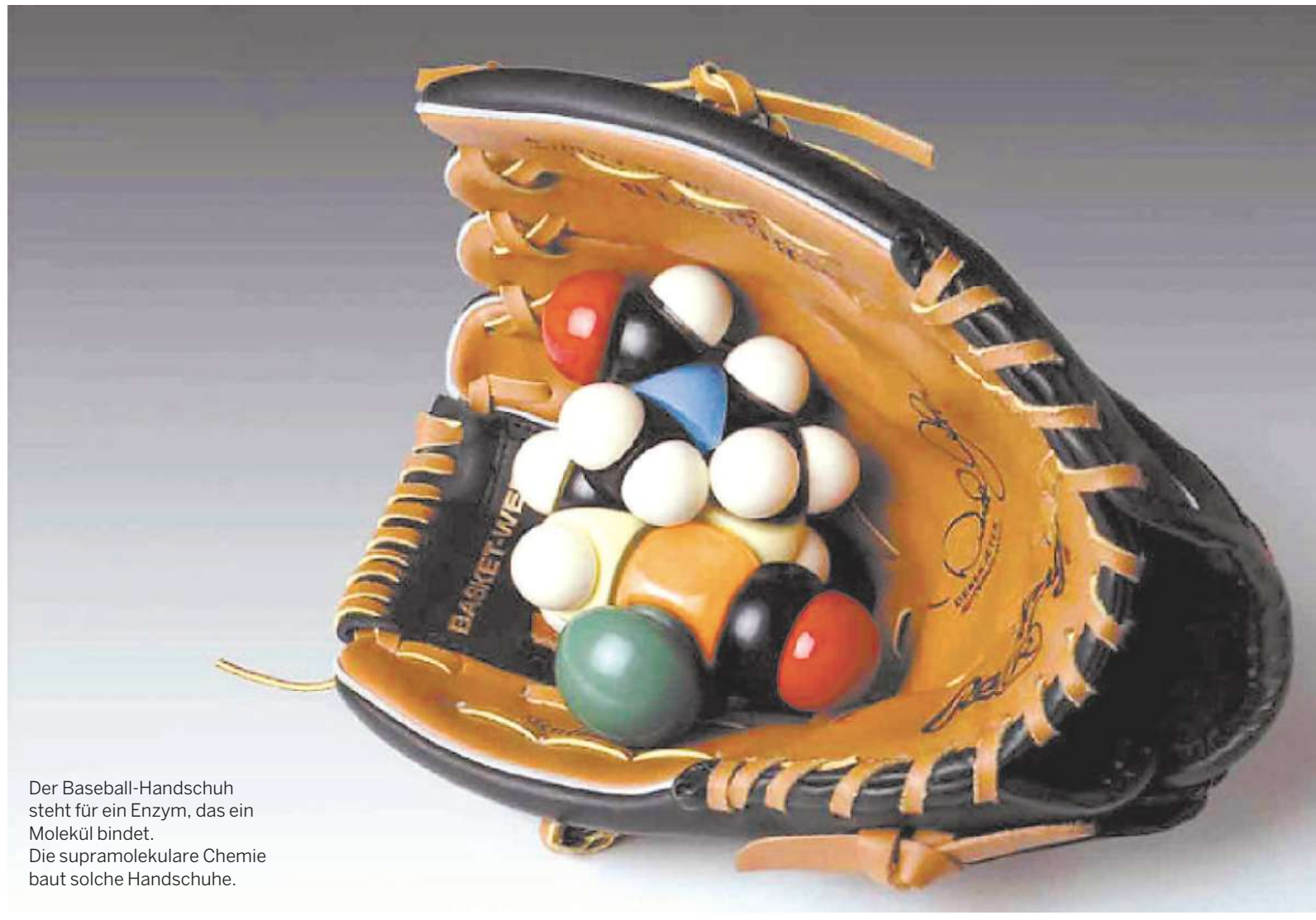
Klettverschluss für Krankheitskeime

Moleküle organisieren sich selbst zu Kugeln, Klammern, oder Pinzetten. Diese Supramoleküle stehen Modell für künftige Medikamente.

SUSANNE DONNER | DÜSSELDORF

Ein Vortrag in New York hat Carsten Schmucks Leben verändert. Ein US-Forscher erklärte eines der großen Rätsel der Medizin: die Frage, warum viele Bakterien gegen das Antibiotikum Vancomycin resistent werden. Seit Mitte der neunziger Jahre beginnen die Mikroben, diese Waffe der Medizin zu entschärfen. Entscheidend dafür, so erklärt der Vortragende, ist eine winzige chemische Veränderung in der Bakterienzelle. Sie bewirkt, dass das Antibiotikum die Mikrobe nicht mehr greifen kann und so unwirksam wird. „Das faszinierte mich“, sagt Schmuck, heute Chemie-Professor an der Universität Würzburg. „Eine chemisch einfache Veränderung hat eine drastische biologische Folge. Und das nur, weil sich Wirkstoff und Bakterie nicht mehr erkennen, also nicht mehr aneinander andocken können.“

Der Vortrag hinterlässt Spuren in Schmucks Leben. Seither erforscht er, wie mehrere Moleküle von selbst zueinander finden und sich zu einem Konglomerat verbinden. Supramolekulare Chemie nennt man dieses Teilgebiet, denn ein solcher Verbund heißt Supramolekül. So verzahnen sich das Antibiotikum und die Zelle des Bakteriums zu einer Art Klettverschluss. Die Natur liefert zahlreiche Vorbilder für Supramoleküle. Beispielsweise formt sich die Erbsubstanz DNA selbst zu einem Doppelstrang, der an zwei in sich verdrehten Wendeltreppen erin-



Der Baseball-Handschuh steht für ein Enzym, das ein Molekül bindet. Die supramolekulare Chemie baut solche Handschuhe.

net. Andere Moleküle arrangieren sich im Reagenzglas von alleine zu Kugeln, Rädern oder Nadeln. Auch bewegliche Reißverschlüsse, flexible Pinzetten oder Klammern werden im Labor konstruiert. Es scheint kaum eine Form zu geben, vor der das molekulare Lego-Spiel kapituliert.

„Die Natur hat dieses Prinzip der Selbstorganisation geschaffen, um Reaktionen spezifisch zu steuern. Weil nur Klettverschlussunterseite und -oberseite aneinander haften, können auch nur diese beiden mitei-

ander reagieren“, erklärt Frank-Gerrit Klärner, Chemiker von der Universität Duisburg-Essen. Dabei finden die Bausteine häufig durch elektrostatische Wechselwirkungen zueinander. Zum Beispiel können sich lang gezogene Verbindungen aufladen wie ein menschliches Haar. Ähnlich wie dieses dann zu Berge steht, nimmt auch die Verbindung im Reagenzglas eine bestimmte Orientierung ein. Gesellt sich ein zweites Molekül hinzu, das eine entgegengesetzte verteilte Ladung aufweist, ziehen beide Bausteine einander an wie zwei Stabmagnete. Ein Supramolekül entsteht.

Sehr häufig wird die molekulare Erkennung auch von Wasserstoffbrückenbindungen getrieben. Dies sind keinesfalls „feste“ chemische Bindungen. Vielmehr mögen sich einige Atomgruppen in den Bausteinen besonders gerne und kommen sich deshalb sehr nahe. Auf diese Weise werden in manchen pinzettenförmigen Molekülen die Arme zusammengehalten. Die Wasserstoffbrückenbindungen bauen eine solche Spannung auf, dass sich in dem Werkzeug ein anderes Molekül einklemmen lässt.

Jede einzelne Wechselwirkung zwischen den Bausteinen in einem Supramolekül ist sehr schwach. Erst zusammen sind sie stark genug, um ein stabiles Gebilde zu formieren. „Es ist wie bei der Märchenfigur Gulliver. Er ließ sich von den Zwergen auch nur mit ganz vielen dünnen Seilen fesseln“, erklärt Klärner.

Das Supramolekül ist auf jede einzelne Wechselwirkung angewiesen. So fehlt bei resistenten Krankheits-erregern lediglich eine Wasserstoff-

brückenbindung, um mit dem Antibiotikum Vancomycin einen Klettverschluss zu bilden. Das Arzneimittel kann jedoch nur wirken, wenn es nach dem Gulliver-Prinzip ein kräftiges Konglomerat mit mehreren Haftstellen einget. „Umgekehrt können wir dieses Prinzip nutzen, um die molekularen Ursachen von Krankheiten besser zu verstehen und diese vielleicht in Zukunft dann auch therapieren zu können“, sagt Schmuck. Etwa beschleunigen bei Alzheimer bestimmte Eiweißablagerungen im Gehirn die Erkrankung. Um diese Eiweiße aufzuhalten, benötigen Mediziner ein passendes Gegenstück, das sich an die Eiweiße klettet.

Molekularer Schutzhandschuh

Mit Computerprogrammen werden zunächst mehrere Partner mit viel versprechender Gestalt identifiziert. Am Ende bleiben einige dutzend bis hundert Kandidaten übrig, die im Labor einzeln hergestellt und getestet werden müssen. „Ohne die Simulation müssten wir aber mehr als zehntausend Gebilde bauen und überprüfen“, schätzt Schmuck.

In jahrelanger Arbeit gelang es seinem Team, eine Art Handschuh herzustellen, der sich im Reagenzglas über die Alzheimer-Eiweiße stülpt und verhindert, dass sie ihr Unwesen treiben. Die Würzburger Forscher können den Handschuh sogar mit einem Kontrolllampchen versehen. Dieses leuchtet blau, sobald eine Eiweißablagerung aufgesetzt ist, und in Beschlag genommen ist. „Es wäre denkbar, dass sich unser Molekül als Sensor zur Erkennung der Alzheimerschen Krankheit oder als Medikament verwen-

den lässt“, sagt Schmuck. „Im Reagenzglas funktioniert das hervorragend.“ Nun erforschen Kooperationspartner aus Biologie und Medizin, ob sich der molekulare Handschuh medizinisch nutzen lässt.

Bislang brachte die supramolekulare Chemie noch kein Medikament hervor. Große Hoffnungen ruhen einst auf Kugeln und Käfigen, die als Behälter für den Transport von Wirkstoffen dienen sollten. Ulrich Lünig, Chemiker von der Universität Kiel, hält das für unrealistisch. Für den Transport muss die Arznei nicht nur perfekt verpackt sein, sondern auch gezielt adressiert. Es muss außerdem kontrolliert werden, wann sich die Kapsel im Körper öffnet. „Da gibt es noch viele medizinische Hürden“, sagt er.

Selbst Schmuck ist nicht sicher, ob seine Klettverschlüsse und Handschuhe jemals einen Patienten sehen werden. „Unsere Moleküle sind nur Modelle. Sie werden von Enzymen im Körper innerhalb kurzer Zeit zerschnitten“, räumt er ein. Zudem könnten dort Salze und Eiweiße die Selbstorganisation stören. „Die Supramoleküle aus dem Labor sind fragiler als jene in der Natur.“ Die Forscher versuchen nun mit Tricks, ihre Gebilde zu stabilisieren. Etwa, indem sie eine Art molekularen Regenschirm über dem Handschuh aufspannen, der ihn vor falschen Freunden schützen soll.

Inzwischen hat Schmucks Team auch einige Klettverschlüsse konzipiert, die im Reagenzglas mit Keimen fertig werden, die gegen das eingangs erwähnte Antibiotikum Vancomycin resistent sind. Sie könnten Modell für neue Antibiotika stehen.

WENN MOLEKÜLE ZUSAMMENFINDEN

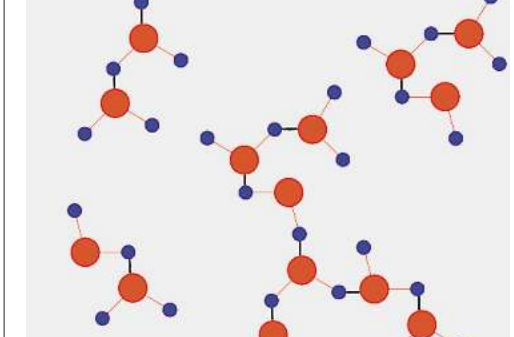
Wasserstoffbrücke
Moleküle (hier Wasser) treten über Wasserstoffatome (blau) in Wechselwirkung. Sauerstoffatome (rot) ziehen Wasserstoffatome an. Die Wasserstoffbrückenbindung ist eine schwache Wechselwirkung.

Van-der-Waals-Kräfte
Treten zwischen großen Molekülen auf. Die Elektronen werden verschoben und sind nicht mehr gleichmäßig aufs Molekül verteilt. Positive und negative Pole entstehen. Die Verbindungen ordnen sich

wie Stabmagneten zueinander an. Die Stärke dieser Wechselwirkung entspricht zehn bis 15 Kilojoule.

Ionische Wechselwirkung
Da sich positive und negative Ladungen anziehen, orientieren sich geladene Moleküle entsprechend zueinander.

Hydrophobe Wechselwirkung
Fettliebende Abschnitte mehrerer Moleküle richten sich oft gleich aus. Diese Kraft wächst mit der Fläche, über die sich die parallele Orientierung ausdehnt. Die Stärke entspricht etwa den Van-der-Waals-Kräften.



GRÜNDERSZENE

Complexium

Sie sind die Feinde aller Gärtner und nerven Sonnenbade auf Liegewiesen: Ameisen sind für die meisten Menschen üble Gesellen und Quälgeister. Doch wer die Staaten bildenden Insekten beobachtet, kann ganz Handfestes von ihnen lernen. Martin Grothe hat das getan. Der Gründer

der Unternehmensberatung Complexium vermittelt seinen Kunden, meist Mitarbeitern großer Konzerne und Verbände, in Workshops, was sie aus der Erforschung von Insektenschwärmen lernen können. „Aus der selbst organisierten Dezentralität erwachsen wichtige Erkenntnisse für virtuelle Gemeinschaften in-

nerhalb und außerhalb von Organisationen.“ Denn während das Verhaltensrepertoire der einzelnen Ameise sehr klein ist, handelt der Ameisenstaat mit seinen Tausenden von Mitgliedern erstaunlich intelligent. Dezentrale Agenten können eine Lösung hervorbringen, die der Einzelne nicht zu Stande bringt.“ Grothe ent-

wickelt daraus Anwendungsszenarien für Unternehmen. Daneben hat Grothe ein Verfahren entwickelt, das analysiert, wie in Weblogs über Unternehmen oder bestimmte Themen gesprochen wird. Daraus lassen sich dann Trends erkennen. „Wir merken, dass Parteien und öffentliche Institutionen großes Interesse ha-

ben, Stimmungen aus Weblogs aufzugreifen. Unternehmen bieten wir die Möglichkeit, regelmäßig ein Ohr am Markt zu haben.“ Seit 2002 ist der ehemalige Controller des früheren Telekomunternehmens Otelo und Gastprofessor an der Berliner „Universität der Künste“ selbstständig. Im Jahr 2004

gründete er seine Firma mit mittlerweile zehn freien Mitarbeitern. „Ich wollte mich nicht mehr von einem Unternehmen als Angestellter einzwängen lassen, sondern meine Ideen direkt am Kunden testen.“ | Ferdinand Knaub

Nächste Woche: c-Lecta

Ozonschicht beginnt sich zu erholen

Verbot Ozon abbauender Gase durch das Montreal-Protokoll scheint zu wirken

DÜSSELDORF. Die Vermeidung Ozon zerstörender Chemikalien scheint zu wirken. Es gibt Anzeichen dafür, dass sich der Zustand der Ozon-Schicht in der Atmosphäre bessert. Dennoch wird wohl die Menge atmosphärischen Ozons (O₃) nicht mehr das Niveau erreichen, das vor 1980 beobachtet wurde. Damals entdeckten Forscher erstmals den Abbau des Gases.

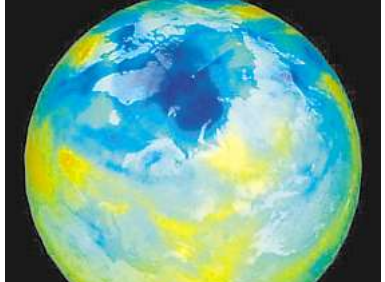
Auf Grund der hohen natürlichen Schwankung der Ozonmengen ist es schwierig, die Beobachtung zu interpretieren, dass das Ozon-Niveau in den letzten Jahren nicht mehr gefallen ist. Denn die erwartete Erholung

der Ozon-Schicht ist wohl erst in ihrer Anfangsphase und wird vermutlich Jahrzehnte dauern. Wegen der veränderten Bedingungen in der Atmosphäre wird sich wohl auch die Ozon-Konzentration auf einem anderen Stand stabilisieren als vor 1980. Das schreiben Elizabeth C. Weatherhead und Signe Bech Andersen in der Zeitschrift „Nature“.

Das Montreal-Protokoll von 1987 hat mit Wirkung von 1989 an die Herstellung und den Gebrauch Ozon abbauender Substanzen verringert. Es wird als Erfolg des Protokolls gewertet, dass seit acht Jahren keine Abnahme des Ozons mehr festgestellt

wurde. Die jüngsten Veränderungen könnten aber auch Folge anderer vom Menschen verursachter atmosphärischer Veränderungen sein, warmen aber Weatherhead und Andersen, etwa des Temperaturanstiegs.

Der tatsächliche Nutzen durch das Verbot der betreffenden Gase - etwa in Kühlschränken oder Spraydosen - werde erst offensichtlich, wenn die Erholung der Ozonschicht weitergeht. Daher seien bis zum Ende des Jahrzehnts weitere Messungen notwendig, um den Zusammenhang zwischen Ozonschicht und Temperatur zu verstehen. jfk



Das Ozonloch (blau) über der Arktis im Winter 1999/2000.

Metall aus Kunststoff

Neues Polymer hat alle elektrischen und optischen Eigenschaften eines Metalls

DÜSSELDORF. Kwanghee Lee von der Universität Busan in Korea und Kollegen haben das erste Polymer (umgangssprachlich Plastik) hergestellt, das nicht nur elektrisch leitend ist, sondern auch sonst die klassischen Eigenschaften eines Metalls zeigt. Über die Substanz Polyanilin berichten sie in der Zeitschrift „Nature“.

Elektrisch leitende Polymere sind schon seit 1977 bekannt. Aber Lee und seine Mitarbeiter haben es auf eine neue Art und Weise hergestellt: Die langen Molekülketten entstanden in Öltröpfen im Wasser - wie in einer Salatsauce. Die Forscher stell-

ten fest, dass solchermaßen synthetisierte Polyanilin-Filme - nach Zugabe von etwas Säure - nicht nur sehr gut elektrischen Strom leiten, sondern dass ihre Leitfähigkeit sogar zunimmt, wenn sie von Zimmertemperatur bis fünf Grad über dem absoluten Nullpunkt (-273,15 Grad Celsius) abgekühlt werden. Diese spezifisch metallische Eigenschaft könnte die Anwendungsmöglichkeiten für elektrisch leitende Polymere deutlich erweitern.

Viele Plastiksubstanzen sind elektrisch leitfähig und werden daher oft - fälschlicherweise - als „metallisch“ bezeichnet. Materialwissenschaftler

UNSERE THEMEN
MO ÖKONOMIE
DI ESSAY
MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
DO NATURWISSENSCHAFTEN
FR LITERATUR

Spanien streitet über Affenrechte

MADRID. Verdienen Menschenaffen besondere Rechte? In Spanien wird darüber heftig debattiert, seit die Regierungspartei der Sozialisten dies angeregt hat: Schimpansen, Gorillas, Orang-Utans und Bonobos sollen wegen ihrer Verwandtschaft mit dem Menschen bestimmte Grundrechte erhalten.

Dazu gehört das Recht auf Leben. Primaten dürften - außer zur Selbstverteidigung - nicht getötet werden. Ihre Lebensräume sollten unter Schutz stehen. Das zweite Recht ist das auf Freiheit. Danach dürften Menschenaffen weder in Zoos noch in Zirkusarenen gehalten werden. Drittens sollen sie das Recht auf körperliche Unversehrtheit genießen. Sie dürften nicht mehr in Tierversuchen verwendet werden.

Die Sozialisten von Ministerpräsident José Luis Rodríguez Zapatero entsprechen damit den Forderungen des internationalen „Projekts Menschenaffen“, das vor acht Jahren gestartet wurde und von zahlreichen Wissenschaftlern unterstützt wird. Spanien wäre nach Neuseeland das zweite Land, das dessen Empfehlungen folgt.

Das Vorhaben löste eine gesellschaftliche Debatte aus. „Zu viel Fortschrittlichkeit führt zur Lächerlichkeit. Die Regierung will den Affen Rechte einräumen, die sie ungeborenen Kindern versagt“, klagt der Erzbischof von Pamplona, Fernando Sebastián. Die spanische Amnesty-International-Chefin Delia Padrón beklagt: „Es ist erstaunlich, dass den Affen Menschenrechte zugesprochen werden sollen, obwohl noch nicht einmal alle Menschen diese Rechte besitzen.“ Umweltministerin Cristina Narbona unterstützt die Initiative: „Es geht um gewisse Grundrechte und nicht darum, den Affen die Menschenrechte zuzuerkennen.“

Genetische Gefährten der Menschen

Die Zeitung „El Mundo“ ist nicht überzeugt: „Wir sollten uns in Spanien beim Tierschutz um näher liegende Probleme kümmern wie zum Beispiel um die Frage des Stierkampfs.“ In „El País“ witzelte der Kolumnist Andreu Buenafuente: „Als Nächstes sollen die Menschenaffenn noch Rentenansprüche und das Recht auf Bäume mit 30 Quadratmetern Wohnfläche erhalten.“

Dem Abgeordneten Francisco Garrido, der das Vorhaben im Parlament vorgelegt hat, ist nicht nach Witz zumute. Für ihn sind Menschenaffen „genetische Gefährten der Menschheit“. Tatsächlich stimmt das Erbgut des Schimpansen mit dem des Menschen zu 98,7 Prozent überein. „Menschenaffen besitzen eine Selbstkontrolle und einen Sinn für die Vergangenheit und die Zukunft“, sagt Garrido. „Sie trauern über den Tod von Angehörigen, sie teilen sich die Nahrung, sie gehen feste Beziehungen ein und erlernen die Benutzung von Werkzeugen. Sie sind keine Menschen, aber sie gehören zu unserer Familie.“

Auch der Philosoph Jesús Mosterín mischt sich in die Debatte ein: „Wir Menschen sind nicht die Kinder der Götter, sondern die Cousins der Schimpansen.“ dpa