

Illusion eines dritten Armes

Neurologie Forschungsergebnisse aus Schweden bilden Grundlage für moderne Prothesen.

Das war seltsam!“ Fassungslos starrt Hiske Duinen auf die Arme vor ihr auf dem Tisch. „Ich fühlte, als ob ich zwei rechte Hände hätte.“ Die Studentin ist eine von mehr als 150 Testpersonen, an denen Hirnforscher des Stockholmer Karolinska Instituts die Grenzen körperlicher Wahrnehmung auszuloten versuchen. Vor Duinen lagen ihre beiden Arme und dazwischen ein an ihrem Oberkörper befestigter künstlicher Gummiaarm. Ihr Gehirn reagierte, als wären alle drei ihre eigenen.

Die Testresultate, die das schwedische Forscherteam nun in „PLoS One“ veröffentlichte, geben ihnen Hoffnung für Fortschritte bei der Entwicklung moderner Prothesen. „Wenn der Körper erlebt, dass ein Roboterarm Teil des eigenen Körpers ist, kann man künstliche Glieder besser anwenden“, sagt der Studienleiter Henrik Ehrsson. So könne man halbseitig gelähmten Patienten nach einem Schlaganfall eine Armprothese anbieten, die dieser als eigenen Körperteil wahrnehmen kann. Die nächsten Schritte sollen nun in Zusammenarbeit mit Forschern der Robotertechnik gegangen werden, sagt Ehrsson.

Die Testergebnisse am Karolinska haben auch die Neurologen überrascht. „Wir wollten untersuchen, wo die Grenzen dafür liegen, was wir als eigenen Körper erleben können“, erläutert Arvid Guterstam das Projekt. Hiske Duinen saß ihm gegenüber, die Augen auf die drei Arme gerichtet. Mit einem feinen Haarpinsel strich der Forscher über ihre rechte Hand und den Gummiaarm, synchron und an der gleichen Stelle. „Das Gehirn gerät in einen Konflikt“, sagt Guterstam. „Es muss wählen: welcher Arm ist meiner?“ Doch das Gehirn wählt nicht. „Stattdessen löst es den Konflikt, indem es beide Hände als eigene erlebt, ist die Zahl der Arme egal.“ Das ausgeprägte Wahrnehmungsvermögen führt zur „Illusion eines dritten Armes“, sagen die Neurologen. *gam*

Chemotherapie

Eiweiß lässt Eizellen absterben

Bei einer Chemotherapie zerstören die Medikamente neben Krebszellen auch gesunde Zellen. Nach einer solchen Behandlung werden Frauen eher unfruchtbar als Männer. Dazu trägt ein Protein bei, das die Eizellen der Frau einer strikten Qualitätskontrolle unterzieht, wie Forscher der Universität Frankfurt am Main in der Zeitschrift „Cell“ erklären. Während Samenzellen stets bis ins hohe Alter produziert werden, ist die Zahl der Eizellen begrenzt.

Werden diese durch die Therapie geschädigt, sterben sie wegen einer strikten Qualitätskontrolle ab. Dabei spielt das Protein p63 eine maßgebliche Rolle. Das Eiweiß ist eng verwandt mit dem Protein p53, das Zellteilung und Zelltod in kranken Zellen reguliert und eine Schlüsselrolle bei der Unterdrückung von Krebs spielt. Forscher vermuten, dass gesunde Zellen nur wenig p53 enthalten. Erst bei Erbgutdefekten der Zelle steigt dessen Konzentration. Dabei lagern sich vier p53-Proteine zu einem Tetramer zusammen. Diese Struktur aktiviert die tumorhemmende Wirkung. Die Forscher berichten, dass sich das Eiweiß p63 in Eizellen ähnlich verhält. *dapd*

Termin

Der Bodensee als Vorbild

Dass ein so großes Stehgewässer wie der Bodensee mitten in einer intensiv genutzten Kulturlandschaft Trinkwasserqualität hat, das erscheint chinesischen Besuchern unvorstellbar – bis sie sich selbst vor Ort von dieser Tatsache überzeugen haben. So verwundert es nicht, dass das „Schwäbische Meer“ weltweit als Vorbild für erfolgreichen Seenschutz dient. In der Reihe „Fragen an die Wissenschaft“ berichtet Helmut Hohnecker von der Stuttgarter Hochschule für Technik, wie Seen als wertvolle Ökosysteme und Trinkwasserreservoirs in Deutschland und in China geschützt werden. Zz

Vortrag Dienstag, 1. 3., 19 Uhr, Treffpunkt Rotebühlplatz, Raum B0.01, Eintritt 8 Euro, einschließlich kleinem Imbiss und Getränken.

Kontakt

Redaktion Wissenschaft
Telefon: 07 11/72 05-11 31
E-Mail: wissenschaft@stz.zgs.de

Wiederauferstanden von den Ausgestorbenen

Biologie Naturschützer retten die seltenen Takahe-Rallen in Neuseeland mit aufwendigen Methoden. *Von Roland Knauer*

Shadowfax versteckt sich fast immer zwischen den meterhohen Tussockgrasbüscheln in dem vielleicht hundert auf hundert Meter großen eingezäunten Gelände an einem Berghang in Neuseelands entlegener Region Southland. „Dieses Verhalten ist genau richtig für den jungen Vater einer Vogelart, die lange Zeit für ausgestorben gehalten wurde“, erklärt Glen Greaves vom Department of Conservation (DoC), der Naturschutzbehörde des Landes im Südpazifik. Der Zoologe kennt das Tier schon lange. Zwei Jahre vorher trug er den frisch geschlüpften, vom Eiweiß noch verklebten und gerade einmal 70 Gramm schweren Shadowfax in den Brutschrank. Heute zieht der inzwischen rund vier Kilogramm wiegende Vogel gemeinsam mit seiner Partnerin Catlin selbst zwei Küken groß, und Glen Greaves leitet die Burwood Bush Rearing Unit, die entscheidenden Anteil an der Rettung dieser Vogelart Porphyrio hochstetteri hat, die in Neuseeland Takahe genannt wird.

Als am Ende des 18. Jahrhunderts die ersten Europäer in Neuseeland lebten, müssen diese Vögel, die etwa so groß wie eine Gans werden, mit dem blau schillernden Gefieder bereits sehr selten gewesen sein. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts tauchten Takahas gar nicht mehr auf, Zoologen hielten die Art für ausgestorben. 1948 aber erstanden die Takahas von den Toten wieder auf, als der Hobbyornithologe Geoffrey Orbell eine kleine Gruppe der Tiere in den Murchison Mountains auf der Südsüdinsel Neuseelands entdeckte.

In die unwegsamen Berge verirrt sich noch heute kaum ein Mensch, Siedlungen, Straßen oder Wanderwege gibt es dort keine. Diese Unzugänglichkeit würde die dort lebenden letzten vielleicht 500 Takahas schützen, hofften die Naturschützer in den 1950er Jahren. Bald wurden sie aber eines Schlechteren belehrt, die Zahl der Takahas nahm weiter ab. „Heute wissen wir, dass mehrere Faktoren den Takahas zu schaffen machen“, erklärt Phil Tisch, der beim DoC den Artenschutz koordiniert.

Der Mensch war das Problem

Die Misere von Shadowfax und seinen Artgenossen begann, als vor 800 Jahren die ersten Menschen auf Auslegerkanus Neuseeland erreichten. Weil es kaum Säugtiere gab, jagten die Maori genannten Neuankömmlinge häufig die eher gemächlichen Takahas. Obendrein hatten Maori und die seit dem 18. Jahrhundert das Land erobernden Europäer Ratten als blinde Passagiere mitgebracht, die überall in der Welt Vogeleier als nahrhafte Delikatessen erachten. Später brachten Europäer Hermeline nach Neuseeland, sie sollten die ebenfalls eingeschleppten Kaninchen dezimieren, die sich längst zur Landplage entwickelt hatten. Die kleinen Marder aber verlegten sich von den flinken Säugtieren lieber auf unbewegliche Vogeleier. Schließlich brach-



Ein Takahe wird etwa so groß wie eine Gans.

Foto: Knauer

ten Europäer Hirsche nach Neuseeland, die heute den Takahas ihr Leibgericht in Form des hohen und harten Tussockgrases vor deren Schnäbeln wegfressen.

Wenn der Nachwuchs aber in Hermeline- und Rattenmägen landet und die Erwachsenen verhungern, bleiben den Takahas kaum Chancen. 1982 zählten Naturschützer nur noch 118 dieser Vögel in Neuseeland und damit auf der ganzen Welt. Stark unterstützt von der größten Baumarktkette des Landes Mitre-10 lief dann ein großes Rettungsprogramm für Takahas an. Mit Fallen und Giftködern dezimierten DoC-Mitarbeiter Hermeline, Frettchen und Ratten in den Murchison Mountains, auch Hirsche wurden intensiv gejagt. Noch in den 1980er Jahren knabberten dort auf 500 Quadratkilometern und damit der Stadtfläche von Prag einige Tausend der Huftiere am Gras. „Im Jahr 2010 gab es in den Murchison Mountains nur noch rund 400 Hirsche, die wir noch weiter auf 150 Tiere reduzieren wollen“, fasst Phil Tisch die Entwicklung zusammen.

Diese Maßnahmen reduzierten zwar den massiven Druck auf die Takahas, aus eigener Kraft aber hätte die Art sich vermutlich nicht mehr erholt. Ergänzend hat DoC daher die Burwood Bush Rearing Unit

aufgebaut. Dort werden 40 Kilometer von den Murchison Mountains entfernt Takaha-Eier ausgebrütet. DoC-Spezialist Phil Marsh betätigt sich dort als Eierdieb: Wenn die Tiere im Oktober zum ersten Mal legen, entwendet er die Eier als Nachschub für die Brutkästen der Station. Da in der Natur von anderen Vögeln ebenfalls so manches Ei geraubt wird, sind die Takahas auf solche Situationen eingerichtet und legen zwei weitere Eier. Auch die holt sich Phil Marsh, erst das dritte Gelege brüten die Takahas dann selbst aus. Mit diesem Trick verdreifacht der DoC-Spezialist also den Bruterfolg der Station.

Vom MP3-Player kräht der Vogel

Schon im Ei fiept der Nachwuchs eifrig, und die Eltern antworten. Als Shadowfax seinen ersten Laut von sich gab, lag er im Inneren seines Eies aber noch im Brutschrank. Von einem MP3-Player spielte ihm Glen Greaves von außen Takaha-Rufe vor. Die geschlüpften Küken leben zunächst in einer Holzkiste und werden auf das Leben in den Murchison Mountains vorbereitet. An Weihnachten siedeln die Takaha-Küken erst einmal auf ein kleines Grasstück um, auf dem sie sich selbst um ihre Nahrung kümmern müssen. Anfang

RÜCKSCHLÄGE IM TIERSCHUTZ

Feinde Als im südlichen Sommer 2006/2007 die Südbuchen außergewöhnlich viele Früchte hatten, erlebte der Takahe-Schutz in Neuseeland einen herben Rückschlag. Die eingeschleppten Mäuse nutzten dieses Futterangebot und vermehrten sich kräftig. Jetzt erwischten die wenigen Hermeline, die den Naturschützern entkommen waren, reichlich Mäuse und konnten ebenfalls mehr Junge als in normalen Jahren aufziehen. Bald aber wurden die Mäuse knapp und die kräftig gewachsene Hermelinschar verlegte sich sehr effektiv auf Takahas.

Rückgang Lebten 2006 noch 167 der seltenen Vögel mit dem blau schimmernden Gefieder in den unzugänglichen Murchison Mountains im Süden Neuseelands, zählten die Mitarbeiter der Naturschutzorganisation vor Ort ein Jahr später nur noch 92 erwachsene Vögel. In den folgenden Jahren erholte sich der Bestand mit Hilfe der Umweltschützer wieder. *rhk*

DIE VÖGEL LEBEN IM SÜDEN



StZ-Grafik: mik Quelle: Department of Conservation, Neuseeland

Februar beginnt dann der Ernst des Takaha-Lebens und die kleinen Vögel gehen bei den Zuchtpaaren im großen eingezäunten Hügelgelände in die Lehre. Die Ammeneltern bringen ihren Zöglingen alle Tricks bei, die Takahas in der Natur brauchen. Die meisten Takahas werden dann in die Murchison Mountains gebracht, um dort die Population zu stützen. Einige verteilt Phil Tisch auch auf fünf Inseln vor der Küste Neuseelands, die DoC-Mitarbeiter mit einem Riesenaufwand frei von Raubsäuern gemacht haben. Dort leben die Takahas als eine Art Rückversicherung für Katastrophen, die in den Murchison Mountains ihre Artgenossen dezimieren könnten.

Im Jahr 2010 zählte DoC immerhin 230 erwachsene Takahas in der Welt. „Vor dem Aussterben ist die Art damit wohl gerettet“, freut sich Phil Tisch. Ganz sicher aber können die Artenschützer erst sein, wenn außerhalb der Murchison Mountains eine zweite Takaha-Population auf dem Festland lebt. Im Jahr 2011 wollen Phil Tisch, Glen Greaves, Phil Marsh und andere Spezialisten ein geeignetes Gebiet festlegen. Der auffallend kräftige und clevere Shadowfax soll gemeinsam mit einigen Artgenossen Stammvater und Ausbilder dieser neuen Takaha-Generationen werden.

Haute Couture direkt aus der Fabrik

Biotechnik Künstliche Haut vom Fließband könnte die Zahl der Tierversuche verringern. *Von Silvia von der Weiden*

Ab Ende März soll menschliche Haut in Stuttgart buchstäblich vom Fließband kommen. 5000 daumennagelgroße Hautmodelle wollen die Forscher des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB jeden Monat züchten, vollautomatisch und versandfertig. „Damit ist es erstmals gelungen, künstliche Haut industriell mit einer einzigen Anlage herzustellen“, freut sich Heike Walles vom Lehrstuhl für Regenerative Medizin an der Universität Würzburg. Sie leitet das Projekt.

Neue Haut aus der Maschine, das klingt nach Science-Fiction. Tatsächlich lässt sich vergleichsweise einfach zusammengesetztes menschliches Gewebe wie Haut oder Knorpel aber schon länger im Reagenzglas züchten. „Tissue engineering“ nennt sich dieser Zweig der Biotechnik, der nicht nur die Transplantationsmedizin revolutionieren könnte. Auch Pharmaunternehmen interessieren sich für solche Gewebemodelle, um die Wirkung von Arzneimitteln früher zuverlässig zu testen.

Bis jetzt sind im Labor unzählige Handgriffe und viele Wochen Geduld nötig, bis eine kleine Zellprobe so weit vermehrt und differenziert ist, dass sie zu einem kleinen Gewebefetzen herangewachsen ist. Damit will die „GewebeFabrik“ in Stuttgart Schluss machen. Die Maschinen erinnern

an eine industrielle Montagestraße. Hinter Wänden aus Stahl und Glas hantiert ein Roboterarm mit sterilisierten Hautstücken aus einer Klinik. Der Greifer schneidet die Gewebepollen klein. Dann ergießt sich ein spezieller Cocktail aus Enzymen über die im Reagenzglas schwimmenden Gewebeflecken. Das Bad in der Flüssigkeit bewirkt, dass sich die Haut in ihre beiden zellulären Bausteine scheidet. Ein Pipettierautomat nimmt die Hautzellen auf. Präzise nach Zelltyp getrennt, füllt der emsig auf Schienen hin- und hersausende Roboter die Zellen in Tablett mit kleinen Petrischalen, wo sie sich auf einer Unterlage aus Gelatine vermehren.

Sind die Zellen zu einem dünnen Rasen herangewachsen, setzt eine Maschine daraus ein zweischichtiges Hautmodell zusammen. Der unteren Schicht wird noch etwas Kollagen beigemischt, damit das Gewebe elastisch bleibt. Nun müssen sich die Hautschichten fest miteinander verbinden. Das geschieht im Brutschrank. Computergesteuert und -überwacht wächst in weniger als drei Wochen zusammen, was zusammengehört. Aufgebaut ist die künstliche Haut wie ihr natürliches Vorbild, betont Walles: „Die physiologische Ausbildung ist entscheidend, um grundlegende Eigenschaften der normalen Haut wie etwa die Barrierefunktion nachzuahmen.“

Lebenswichtig ist der Schutz vor Verdunstung und eindringenden Keimen bei großflächigen Brandverletzungen. Ärzte benötigen dann große Mengen gesundes Gewebe, um die zerstörten Hautpartien zu ersetzen. Die Forscher am IGB arbeiten bereits an einem Vollhautmodell samt Blutgefäßen.

„Wir wollen die Anlage so weit entwickeln, dass sich damit künftig auch künstliche Haut für Transplantationen gewinnen lässt“, erläutert Walles. Erste Erfolge gibt es bereits. Mit einem ähnlichen Verfahren gelang den Forschern die Züchtung einer neuen Luftröhre aus menschlichem Gewebe. „Drei Patienten mit größeren Defekten an Luft- und Speiseröhre konnten wir so helfen“, berichtet die Wissenschaftlerin.

Auf großes Interesse dürfte die maschinell hergestellte Haut auch bei der Industrie stoßen. Seit 2007 ist die europäische Verordnung zum Chemikaliengesetz (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, kurz: Reach) in Kraft. Danach müssen schrittweise alle chemischen Stoffe, die europaweit in Mengen von mehr als 1000 Kilogramm pro Jahr verkauft werden, registriert und auf Risiken für Mensch und Umwelt überprüft werden. Dafür sind auch jede Menge Tierversuche nötig.

Laut Tierschutzbericht der Bundesregierung wurden 2009 in Deutschland knapp 2,8 Millionen Wirbeltiere in Tierversuchen eingesetzt und getötet, vor al-

lem Ratten und Mäuse, aber auch Vögel, Fische, Hunde, Katzen und Affen. Das sind fast 94 000 Tiere mehr als im Jahr zuvor. Eine Zahl, die weitersteigen könnte, ohne dass Risiken für den Menschen besser einschätzbar wären, befürchtet Thomas Hartung. Der Toxikologe von der Universität Konstanz, der bis 2008 das Europäische Zentrum zur Validierung Alternativer Testmethoden leitete, kritisiert die mangelnde Übertragbarkeit von Tierexperimenten auf den Menschen. Diese führten häufig zu falschen Einschätzungen: „Menschen sind keine 70-Kilogramm-Ratten. Wir nehmen Stoffe anders auf. Stoffwechsel und Immunsystem reagieren bei uns anders.“

Auch die internationale Expertenkommission der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung hat sich für den Einsatz neuer tierversuchsfreier Prüfmethode ausgesprochen. Wenn auch erst, um damit reizende Eigenschaften von Fremdstoffen an der Haut zu testen. Die berichtigten Tests mit empfindlicher Kaninchenhaut dürften so bald der Vergangenheit angehören.

„Die Forschung hat einen enormen Bedarf an Hautmodellen“, sagt Heike Walles. Nun gehe es darum, die Leistungsfähigkeit der neuen Biotechnik zu zeigen. Gelingt dies, könnten bald auch Transplantate vollständig automatisiert hergestellt werden, sind die Wissenschaftler überzeugt.

„Menschen sind keine schweren Ratten. Wir nehmen Stoffe anders auf.“

Thomas Hartung, Toxikologe Universität Konstanz