

# Wissenschaft

## Klimawandel bedroht Riesenbäume

Lebewesen können sich nicht schnell genug anpassen

VON ANNETT STEIN

Mammuthäuser in Kalifornien, Baobabs in Madagaskar, Eukalyptusbäume in Australien: Baumriesen mit gewaltigen Lebensspannen gibt es in vielen Regionen der Erde. Doch wie schützt man etwas, das Tausende Jahre alt werden kann? Angesichts des Klimawandels sei das eine große Herausforderung, schreiben australische Forscher im Fachmagazin *Trends in Ecology & Evolution*. Um die großen, alten Bäume erhalten zu können, müssten viele Herausforderungen gemeistert werden.

Wie gewaltig die zu bedenkenden Zeiträume seien, verdeutlichte die Spanne der ältesten bekannten Messreihe überhaupt: Der Feldversuch im englischen Rothamsted umfasse gerade einmal 170 Jahre. Zudem gebe es zwar viele Studien zu einzelnen Vorkommen solcher Giganten, es fehle aber an einheitlichen Definitionen, globalen Bestandsaufnahmen und Erklärungen, warum sie gerade an diesen Stellen und nicht woanders wachsen. Künftig müssten nicht nur die Gebiete geschützt sein, in denen die riesigen Bäume derzeit stehen, sondern auch solche, in denen die nächste Generation am wahrscheinlichsten gedeihen werde.

Mit dem Klimawandel gingen längere Dürreperioden, mehr invasive Arten und die Zerstückelung von Lebensräumen einher. Das berichtet David Lindenmayer von der Australian National University in Canberra und William Laurance von der James Cook University in Cairns. Hinzu kämen die physikalischen Anforderungen des Riesenwachstums wie der Wassertransport bis



Riesenmammutbäume in Kalifornien werden etwa 100 Meter hoch.

IMAGO/IMAGEBROKER

hoch zur Spitze und das Standhalten bei Stürmen. „Wir haben es mit Organismen zu tun, die sich in langen Zeiträumen ökologischer Stabilität entwickelt haben, und das wird zu einem wirklich raren Gut in der Welt, in der wir leben“, sagt Laurance. Mit sich rasch wandelnden, vom Menschen veränderten Lebensräumen kämen die Baumriesen nicht gut klar.

Derzeit größtes Exemplar weltweit ist ein über 115 Meter hoher Küstenmammutbaum. Besonders groß zu sein, hat für einen Baum viele Vorteile: Er bekommt viel Licht, Wasser und Nährstoffe. Außerdem kann er weit mehr Samen und damit Nachwuchs erzeugen als kleinere Bäume. Viel mehr als 100 Meter hoch können Bäume unter heutigen Umweltbedingungen kaum werden, nehmen Forscher an. Die Versorgung der Krone wäre dann nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten kaum noch möglich ist. Zu den größten Arten weltweit zählen neben Küsten- und Riesenmammutbaum (USA) der Riesen- und der Rutenförmige Eukalyptus (Australien) sowie der Philippinische Palisander. In Afrika zählen die Affenbrodbäume Madagaskars zu den ältesten ihrer Art.

Die jeweils größten ältesten Bäume in einem Gebiet beeinflussen die Wasser- und Nährstoffverteilung innerhalb der Pflanzengemeinschaft und bieten Tieren Futter und Schutz, schreiben die Forscher. Ihre Bedeutung für den Menschen gehe den Experten zufolge über die ökologische Rolle in der Natur weit hinaus. „Sie haben in der menschlichen Psyche eine besondere Stellung, tauchen oft auf Bildern, in Büchern und Filmen sowie anderen kulturellen Darstellungen auf.“ Umso wichtiger sei es, den Giganten eine Zukunft zu geben. (dpa/fwt)



CHRISTIAN NIELINGER (2)

Krebsoperation im Bauchraum: Der Chirurg sitzt ganz rechts und steuert seine Instrumente von der Konsole des Roboters aus.

## Roboter als Hilfschirurgen

Ausgeklügelte Geräte assistieren bei schwierigen Operationen. Die Hightech-Eingriffe sind stark im Kommen

VON ANNE BRÜNING

### NAVIGATION DURCH DEN KÖRPER

Der neue Held der Operationssäle ist ein mannshoher Kunststoffkasten und heißt da Vinci. Es handelt sich um ein robotisches System, das sozusagen die Hand des Chirurgen verlängert. Aber nicht nur das. „Mit dem Roboter zu operieren ist so, als wenn man sich ganz klein machen könnte und direkt am Ort des Eingriffs zugegen ist“, sagt Benno Mann, der an den Augusta Kliniken Bochum die Viszeralchirurgie leitet. Seit sechs Jahren nimmt er mit da Vincis Hilfe Operationen im Bauchraum vor und ist begeistert. Denn das Gerät erlaubt es ihm, hochpräzise vorzugehen, auch an ansonsten schwierig zu erreichenden Körperstellen.

Roboter wie da Vinci sind zurzeit ein großes Thema unter Chirurgen. Vor zehn Jahren machten Urologen damit den Anfang – für Prostataentfernungen. Inzwischen sind die Geräte auch bei gynäkologischen Operationen gefragt, in der Herzchirurgie sowie in der Viszeral- und Thoraxchirurgie, also für Eingriffe im Bauch und Brustkorb.

Auch auf dem am heutigen Dienstag beginnenden Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie im Berliner City Cube geht es um Robotik. Auf der bis Freitag währenden Tagung diskutieren die Ärzte neue Anwendungsbereiche und wie gut Operationen mit Roboterhilfe sind.

### Schlechte Erfahrungen

Denn darauf kommt es an. Es gab schon einmal eine Zeit, in der Roboter sich anschickten, die Operationssäle zu erobern. In den 90er-Jahren kamen Systeme wie Robodoc auf. Sie wurden eingesetzt, wenn ein Patient ein künstliches Hüftgelenk brauchte. Man ging davon aus, dass der Roboter das dafür erforderliche präzise Fräsen besser hinbekommt. Doch die Sache ging schief. Es gab Komplikationen, Muskel- und Nervenschädigungen zum Beispiel, sogar Todesfälle. Die Hüft-Roboter wurden abgewrackt.

Benno Mann ist sich sicher, dass mit da Vinci kein derartiges Debakel zu erwarten ist. „Die Robodocs waren aktive Roboter. Da Vinci dagegen macht nur, was der Chirurg will“, sagt der Bochumer Experte. Der maschinelle Helfer hat allerdings seinen Preis: 1,8 Millionen Euro kostet ein Gerät. Hinzu kommen die Kosten für neue Instrumente – nach jedem zehnten Einsatz ist das nötig – und für die Wartung. Eine OP wird auf diese Weise 2 000 bis 3 000 Euro teurer.

Da Vinci muss dem Vergleich mit zwei Verfahren standhalten. Zum einen ist es die schon lange praktizierte offene Chirurgie, die meist lange Schnitte setzen muss, um zum Beispiel an den Tumor zu gelangen, der entfernt werden soll. Bis heute ist sie bei bestimmten Operationen Standard, etwa an der Speiseröhre. Das zweite Verfahren ist die minimal-invasive Chirurgie, kurz MIC. Sie kam Ende der 80er-Jahre auf als

Für einen Eingriff mit dem Roboter da Vinci benötigt ein Chirurg lediglich fünf kleine Schnitte von jeweils maximal einem Zentimeter Länge. In diese Öffnungen werden kleine Kunststoffhülsen eingeführt, Trokare genannt. Einer dieser Zugänge ist für die Kamera, die anderen für die Instrumente wie Schere und Pinzette.

Der Chirurg bedient die Instrumente von einer Konsole aus. Wie in einem Cockpit sitzt er etwas vom Patienten entfernt. Auf dem Bildschirm zeigen ihm dreidimensionale und zehnfach vergrößerte Bilder den Eingriffsort.

Die Handhabung der Instrumente ist sehr intuitiv und ähnelt stark der direkten Anwendung von Schere, Pinzette und Co. Die Ärzte hantieren frei aus dem Handgelenk über Griffschlaufen mit Daumen, Zeige- und Mittelfinger.

Die US-Firma Intuitive Surgical ist mit ihrem da Vinci-Gerät bislang der einzige Anbieter von derartigen Operationsrobotern. In Deutschland gibt es 80 davon.

Berlin verfügt lediglich über zwei da Vinci-Geräte: eines am Vivantes Humboldt-Klinikum in Reinickendorf und eines an der Charité in Mitte.

1,8 Millionen Euro kostet ein da Vinci-Operationsroboter, die Wartung weitere 150 000 Euro pro Jahr. Weltweit sind bislang knapp 3 600 da Vinci-Systeme in Krankenhäusern im Einsatz.

Konkurrenz für da Vinci kündigt sich jedoch bereits an. Die Firma Medtronic will bald einen Operationsroboter auf den Markt bringen, an dessen Entwicklung Forscher des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen beteiligt waren. Darüber hinaus arbeitet Google zusammen mit Johnson & Johnson an einem Roboter für die Chirurgie.



Steuerung im OP: Schere, Pinzette und Co werden über Griffschlaufen bewegt. Das Handgelenk hat dabei viel Bewegungsfreiheit – so kann der Chirurg präzise arbeiten.

sanfte Alternative zur offenen Chirurgie. Sie begnügt sich mit sehr kleinen Schnitten, denn das Organ, an dem der Eingriff erfolgt, wird nicht freigelegt. Stattdessen schiebt der Arzt Endoskope an die Stelle im Körperinneren, die er operieren will. An der Spitze dieser dünnen Schläuche befinden sich die Instrumente – winzige Zangen oder Greifer. Einblick verschafft eine separat eingeführte Kamera.

Die Roboterchirurgie ist eine Weiterentwicklung der MIC. Ihre Vorteile: Sie zeigt die Bilder aus dem Körperinneren in 3D und stark vergrößert. Außerdem werden die Instrumente nicht im Stehen am OP-Tisch bedient, sondern der Chirurg sitzt an einer Konsole, von der aus er steuern kann. Wie sich diese Vorteile letztlich auf den Operationserfolg auswirken, darüber gehen die Meinungen auseinander.

Norbert Senninger, Professor am Universitätsklinikum Münster und auf dem Kongress in Berlin als Präsident der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie, sieht den Roboterboom eher kritisch. In seinem Fachgebiet seien es bisher nur zwei Eingriffstypen, bei

denen Roboterhilfe von erwiesenen Vorteil sein kann: Operationen am tiefen Mastdarm und Eingriffe an der Speiseröhre bei normaler Beatmung der Lungen. „Bei vielen anderen Eingriffstypen hat sich die herkömmliche MIC-Technik so gut bewährt, dass es derzeit keinen zwingenden Grund gibt, zum Roboter zu wechseln“, sagt Senninger. Er befürchtet, dass Roboter vor allem fürs Marketing eingesetzt werden – um Patienten zu signalisieren, dass moderne Chirurgie betrieben wird.

Im Vergleich zur offenen Chirurgie bieten sowohl MIC als auch Roboter die Vorteile, die der Verzicht auf große Schnitte mit sich bringt. „Die Patienten brauchen weniger Schmerzmittel und Blutkonserven und sie kommen schneller wieder auf die Beine“, sagt Senninger. Bislang sei jedoch nicht bewiesen, dass die schonenderen Verfahren für die Grunderkrankung der Patienten, Krebs zum Beispiel, die bessere Wahl sind. „Erst wenn nachvollziehbar gezeigt wurde, dass die Operation mit dem Roboter oder per MIC beispielsweise auch onkologisch von Vorteil ist, weil die Patienten länger leben, werden sich die High-

tech-Verfahren durchsetzen“, meint Senninger.

Für derartige Nachweise sind gute vergleichende Studien vonnöten. Doch die sind rar. „Im urologischen Bereich gibt es gar keine, für Eingriffe im Bauchraum läuft gerade eine solche Untersuchung“, sagt Benno Mann. Es geht dabei um Mastdarmkrebs. 450 Patienten an 22 Zentren weltweit wurden entweder per MIC oder mit da Vinci operiert. Auch das Bochumer Team um Benno Mann war beteiligt. Die Ergebnisse werden wohl erst 2017 publiziert. „Die Frühauswertung zeigt, dass der Roboter vor allem für komplizierte Eingriffe signifikante Vorteile bietet“, berichtet der Chirurg. Ob die Roboter-OP die Krebspatienten länger überleben lässt, können die Forscher noch nicht sagen.

Die Viszeralchirurgen hierzu haben sich vorgenommen, die Roboter-Eingriffe genau im Blick zu behalten. Deshalb wollen sie nun ein entsprechendes Register starten. Kai Lehmann von der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie der Charité Berlin, Campus Benjamin Franklin, präsentiert das Vorhaben auf dem Kongress. „Wir wollen wissen, ob es ein sicheres Verfahren ist“, sagt er. Beginnen soll das Register mit der Erfassung von Darmkrebs-OPs. An seiner Klinik kommt da Vinci seit zwei Jahren zum Einsatz. Allerdings müssen die Steglitzer dafür zum Campus Mitte fahren, denn dort steht der bislang einzige da Vinci der Charité.

Da der Roboter verschiedenen Fachdisziplinen zur Verfügung steht, sind die Zeiten mit ihm heiß begehrt. 80 der 370 Operationen mit dem Charité-da-Vinci nahm vergangenes Jahr das Team um Jens Carsten Rückert vor, der das Kompetenzzentrum für Thoraxchirurgie an der Klinik für Chirurgie der Charité leitet. Die Ärzte sind unter anderem spezialisiert auf die Entfernung des Thymus, ein hinter dem Brustbein gelegenes Organ, das zum Lymph- und Immunsystem gehört. Viele Menschen mit Myasthenie, einer durch Autoimmunprozesse verursachten Form der Muskelschwäche, profitieren von einer Thymus-Entfernung. „30 bis 40 Prozent der Patienten können wir durch die OP heilen, bei den anderen bessert sich die Krankheit substantiell“, sagt Rückert. Auch Tumore in dieser Region können schonend entfernt werden, ohne das Brustbein zu durchtrennen.

### Durchbruch erwartet

Seit 2003 haben die Berliner Spezialisten bei fast 600 Patienten mit Roboterhilfe den Thymus entfernt. Damit verfügen sie weltweit über so viel Erfahrung wie kaum ein anderes Team. Da Vinci habe dieser OP zum Durchbruch verholfen, sagt Rückert. Benno Mann prognostiziert weitere kleine Revolutionen: „Ich bin ganz fest davon überzeugt, dass sich die Roboter-assistierte Chirurgie in den nächsten 20 Jahren bei allen anspruchsvollen großen Operationen durchsetzen wird.“

## Dino-Babys waren auf sich gestellt

Forscher untersuchen Jungtier eines Titanosauriers

Einige der riesigen Titanosaurier schlüpfen als Miniaturausgaben ihrer Eltern aus dem Ei. Sie wuchsen nach ihrer Geburt rapide – dabei glichen ihr Skelett und ihre Körperproportionen von Anfang an denen der ausgewachsenen Kolosse. Das berichten US-Forscher nach der Analyse eines Titanosaurier-Babys im Fachblatt *Science*. Dies deutet darauf hin, dass die Jungtiere, wie von vielen Experten vermutet, ohne Brutpflege aufwuchsen. Vermutlich konnten die Tiere nach dem Schlüpfen umherlaufen und sich selbst versorgen.

Kristina Curry Rogers vom Macalester College in den USA und ihre Mitarbeiter hatten fossile Überreste eines Jungtieres von *Rapetosaurus krausei* untersucht. Wie alle Titanosaurier gehört diese Art zu den Sauropoden – jenen riesigen Pflanzenfressern mit tonnenförmigen Körper, vier massigen Beinen, einem langen Hals und einem extrem kleinen Kopf. Die Sauropoden zählen zu den größten Landtieren, die jemals auf der Erde lebten. Wie die Giganten ins Leben starteten, sei allerdings weitgehend unklar, da es nur wenige Überreste von Jungtieren gebe, schreiben die Forscher.

Sie untersuchten unter anderem mit Hilfe von Röntgencomputertomographie die Knochen eines wenige Wochen alten Jungtieres, das vor etwa 70 Millionen Jahren im heutigen Madagaskar lebte. Sie stellten fest, dass die Knochen in ihrer Form denen ausgewachsener Tiere glichen. Zum Todeszeitpunkt des Jungtieres waren die Knochen bereits umgebaut – viel früher als bei anderen Dinosauriern. Das weist darauf hin, dass sie durch Umherlaufen biomechanisch belastet wurden. Das Skelett war so angelegt, dass es auch das künftige Gewicht der Giganten tragen konnte.

Durch eine genaue Untersuchung der Knochenstruktur ermittelten die Forscher die Wachstumsgeschwindigkeit und errechneten so auch das Alter des Tieres. Demnach starb es etwa im Alter zwischen sechs und elf Wochen. Es wog zu diesem Zeitpunkt etwa 40 Kilogramm, und seine Hüfthöhe betrug fast 35 Zentimeter. Direkt nach dem Schlüpfen habe es nur etwa 3,4 Kilogramm gewogen. Es hat sein Gewicht in den wenigen Wochen seines Lebens also mehr als verzehnfacht. Der größte bisher bekannte Dinosaurier ist ebenfalls ein Titanosaurier. Er war 37 Meter lang und wog zu Lebzeiten wohl um die 70 Tonnen. (dpa/fwt)

## Russlands Fenster zu den Sternen

Erste Bewährungsprobe für neuen Weltraumbahnhof

Nach sechs Jahren Bauzeit ist Russlands neuer Weltraumbahnhof fertig. Seine Bewährungsprobe erlebt er am Mittwoch, wenn eine Rakete vom Typ Sojus-2.1a mit drei Satelliten an Bord um 4.01 Uhr MESZ abheben soll. Spezialisten hatten die Rakete am Sonnabend auf die Rampe nahe der chinesischen Grenze gebracht.

Präsident Wladimir Putin will mit dem ersten Start von Wostotschny den Beginn einer neuen Ära in der Raumfahrt einläuten. Wostotschny im Gebiet Amur – rund 8 000 Kilometer östlich von Moskau – soll Russlands neues Fenster zu den Sternen werden. Hier will die Raumfahrt bis 2030 ihren ersten Kosmonauten zum Mond schicken, ein Flug zum Mars soll folgen.

Für den Ausbau eines früheren Militärgeländes haben Tausende Arbeiter eine 700 Quadratkilometer große Schneise in die Taiga geschlagen. Wichtige Infrastruktur wie Schnellstraßen und Seehäfen machen den Standort attraktiv. Und die russische Führung erhofft sich vom Kosmodrom Impulse für die Entwicklung der Region sowie neue Arbeitsplätze. Ein Vorteil ist auch der relativ kurze Abstand zum Äquator. So gibt die Erdrotation der startenden Rakete zusätzliche Schub. (dpa)