

Von wegen «Verlorene Welt»

Die Tafelberge im nördlichen Amazonas sind kein isoliertes Ökosystem, zeigen Genanalysen von Baumfröschen

VON CARL ZIMMER

Sie gehören zu den eindrücklichsten Bergen der Welt: die Tepui-Tafelberge im nördlichen Amazonas. Ihre Markenzeichen sind zum einen Hunderte von Meter hohe Felswände, die aus dem tiefer gelegenen Regenwald emporragen, und zum anderen ausgedehnte flache «Gipfel». Um auf einen Tepui zu gelangen, muss man entweder die Felswände hochsteigen oder per Helikopter hinfliegen.

Die Gipfel sind bedeckt mit Wäldern und Buschland und bieten einer Vielfalt an Tieren wie etwa Fröschen und Eidechsen Lebensraum. Viele der Arten, die man auf einem Tafelberg antrifft, findet man sonst nirgendwo auf der Erde. Da stellt sich die Frage: Wie kamen die Pflanzen und Tiere an solch unzugängliche Orte?

Diese Frage stellte sich auch ein Biologenteam der University of Texas. Wie sie kürzlich im Fachblatt «Evolution» berichteten, untersuchten sie verschiedene Baumfroscharten, die nur auf den Gipfeln der Tepuis leben – und kamen dabei zu einem überraschenden Schluss: Die Frösche kletterten in den letzten paar Millionen Jahren die Felsen hoch.

Die Tepuis verdanken ihre Berühmtheit grossteils dem Roman «The Lost World», den Arthur Conan Doyle vor genau 100 Jahren geschrieben hatte. Die fiktive Geschichte eines isolierten Ökosystems auf den Gipfeln der Tepuis, wo immer noch Dinosaurier und Flugsaurier lebten, basierte auf Berichten von Eroberern.

Die Tepuis unterscheiden sich fundamental von den nahegelegenen Anden. Letztere entstanden vor 25 Millionen Jahren, als zwei Kontinentalplatten aufeinanderprallten und Gestein empordrückten. Die Tepuis indes sind viel älter. Die obersten Felschichten wurden schon vor rund zwei Milliarden Jahren geformt, als Sand sich auf dem Meeresboden verfestigte. Später wurde der Sandstein angehoben und trockengelegt.



Tepui, Amazonas: Baumfrösche können Felsen überwinden

Vor rund 300 Millionen Jahren begann er zu erodieren und sich zu zerstückeln, und vor etwa 70 Millionen Jahren türmten sich die Tepuis über dem umliegenden Tiefland auf.

Noch verblüffender als das Alter der Tepuis ist die Tatsache, dass viele der dort lebenden Arten sonst nirgends vorkommen. Die einzige sinnvolle Erklärung war daher für viele Biologen, dass die Vorfahren all dieser Pflanzen und Tiere schon vor mehr als 70 Millionen Jahren auf den Tepuis gelebt hatten. Zu Ehren von Conan Doyle sprach man von der «Lost World»-Hypothese.

Einige Arten sind jünger als eine Million Jahre

Eine einfache Möglichkeit, diese These zu testen, bietet die Genetik. Denn im Laufe der Zeit akkumulieren Arten neue Mutationen in ihrem Erbgut, der DNA, und zwar mehr oder weniger gleichmässig. Wenn sich zwei Arten aus einem gemeinsamen Vorfahren weiterentwickeln, wird ihre DNA immer unterschiedlicher. Biologen können daraus ableiten, wann der gemeinsame Vorfahr gelebt hat.

Für seine Studie verglich das Forscherteam unter der Leitung der Evolutionsbiologin Patricia Salerno vier Baumfroscharten der Gattung *Tepuihyla* von unterschiedlichen Tepuis mit Tieflandarten. Baumfrösche seien für die Studie besonders gut geeignet, so Salerno, weil sie nicht weit herumkommen in ihrem Leben. Eine

Froschart zum Beispiel versteckt sich tagsüber in einer fleischfressenden Pflanze, um dann nachts auf Insektenjagd zu gehen.

Leben die Tepui-Froscharten schon seit Ewigkeiten, also seit sich die Tafelberge gebildet hatten auf den «Gipfeln», so die Hypothese der Forscher, muss ihr gemeinsamer Vorfahr mindestens 70 Millionen Jahre alt sein. Die Genanalyse ergab jedoch etwas anderes: Der gemeinsame Vorfahr aller vier Tepui-Baumfroscharten lebte erst vor 5,3 Millionen Jahren; einige Arten entstanden sogar erst vor einigen Hunderttausend Jahren. «Für uns mögen die Felswände unüberwindbar erscheinen», sagt Salerno, «aber die Frösche kommen da offensichtlich hoch.»

Es sei durchaus plausibel, dass die Baumfrösche erst vor ein paar Millionen Jahren auf die Tepuis geklettert seien, sagt auch Roy McDiarmid von der Smithsonian Institution in Washington D.C. Der Amphibienforscher glaubt allerdings nicht, dass eine einzige Studie mit nur einer Tiergruppe die «Lost World»-Hypothese widerlegen könne. Seine eigenen Studien mit Kröten etwa würden darauf hindeuten, dass sie schon seit der Bildung der Tepuis auf den Gipfeln leben. Um diese Annahme zu prüfen, würde er gerne eine genetische Analyse durchführen. Das Problem sei aber, so McDiarmid, dass sie noch zu wenig Daten hätten.

Möglicherweise bleibt aber nicht mehr viel Zeit, um Daten zu sammeln. Denn die globale Erwärmung treibt Bergbewohner wie die Tepui-Arten immer weiter in die Höhe. Doch die Frösche auf den Tafelbergen sind schon zu oberst angekommen. In die Luft klettern können auch sie nicht.

© «NEW YORK TIMES», ÜBERSETZUNG: NIK WALTER

Lebt in fleischfressender Pflanze: Tepui-Baumfrosch

FOTO: CHIEN C. LEE/MINDEN PICTURES/PICTURE PRESS



► FORTSETZUNG VON SEITE 63

Ein Humanoide reicht uns ...

weit gehen konnte. Pfeifer: «Das ist ein Durchbruch. Asimo läuft mit Batterie ein paar Minuten.»

Das hat noch eine zweite Konsequenz: Die traditionelle Vorstellung, die Geist und Körper trennt und die Steuerung im Hirn ansiedelt, greift nicht mehr. Statt um Input, Verarbeitung und Output geht es um ein Zusammenspiel von Form, Material und Programmierung. «Je nachdem, wo man schraubt, verändern sich die beiden andern Parameter», sagt Pfeifer. Durch die richtige Zusammensetzung könne man bestenfalls einfach zu Bewegungen kommen, ohne dass sie vorher kompliziert berechnet werden müssten. Nebst dem Oktopus-Arm forschen Studenten in Pfeifers Labor auch an der Funktion der Wirbelsäule oder der Armsensorik.

Das morphologische Computing und die Erforschung neuer Materialien sind zwei der fünf Hauptpfeiler, um die das RCC-Projekt organisiert ist. Dazu kommen als weitere Schwerpunkte die Themen «Empfindungsfähigkeit» und «Complexity», das Suchen nach einfachen Regeln, die scheinbar komplexe Systeme zusammenhalten. Die fünfte Gruppe «Gesellschaft» befasst sich mit dem Einfluss der Roboter auf Umwelt, Schule, Gesundheitssystem oder Philosophie. Pfeifer: «Wenn wir Maschinen integrieren wollen, sind das Fragen, die wir frühzeitig breit diskutieren müssen.»

Die Helfer müssen keine menschlichen Züge tragen

Das Konsortium stellt sich derzeit vier Einsatzgebiete für seine Compagnons vor: Zum einen sollen sie ältere Menschen betreuen und sie im Haushalt unterstützen. Es gehe dabei nicht darum, Pflegepersonal zu ersetzen, sondern

zu entlasten, so Pfeifer. Dahinter steckt die Absicht, dass Menschen möglichst lange selbstständig bleiben können. Zum andern soll es Roboter geben, die Menschen aus Katastrophengebieten retten, verseuchte Gebiete untersuchen und bei Aufräumarbeiten helfen. Im Zentrum des «Wearable Companion» steht eine Art Anzug, der

Menschen beim Gehen unterstützt. Und in der Arbeitswelt sollen Automaten mitmischen, die kooperieren können.

Wie die Prototypen aussehen werden, ist offen. Dass die Helfer mit dem Menschen kompatibel sein müssen, bedeute aber nicht, dass sie zwingend menschliche Züge tragen würden. Es wird ver-



Tum-Rosie: Soll ein hohes Mass an Denkfähigkeit erhalten

FOTO: KURT FUCHS

schiedene Typen geben, je nach Einsatzgebiet. Manche werden Flügel haben, für Dienstleistungen werden Humanoide zum Zug kommen, wiederum andere für medizinische Anwendungen.

Was aber passiert, wenn eine Maschine einen Fehler macht? Wer haftet, wenn sie die Patientin fallen lässt? «Und was geschieht mit den Daten, die die Sensoren des Hausdieners verarbeiten?», fragte der britische Ethiker Noel Sharkey vergangene Woche an einem Symposium in Bern.

«Wer trägt bei Schäden die Verantwortung?»

Sharkey berichtete von simplen Robotikspielzeugen à la Furby, die von den Herstellern in Japan explizit als Nannysatz beworben würden. Das sei so lange okay, bis ein Kind die Beziehung zur Maschine falsch interpretiere. Oder bis Eltern die Fähigkeiten der Babysitterin überschätzen würden, was Kindern emotional

und psychisch schaden könne. «Wer trägt dann die Verantwortung? Die Eltern? Was ist mit den Herstellern?»

Von Furby bis zu Maschinen, mit denen wir beim Znacht den Tag Revue passieren lassen, ist der Weg noch weit. So weit, dass man an der Realisierbarkeit des Forschungsziels zweifeln könnte. Doch Pfeifer hält das Ziel für richtig, «weil wir unterwegs irrsinnig viel über den Menschen und Technologien lernen werden».

Zudem scheint das Projekt nicht nur die Robotik zu revolutionieren, sondern auch die Art und Weise, wie in Europa Forschung betrieben wird. Noch nie zuvor haben so viele Leute gemeinsam an einem Projekt gearbeitet, und das fächerübergreifend: Materialwissenschaftler, Neurobiologen, Juristen, Soziologen, Ethiker und Techniker. «Das ist eine Ideenküche sondergleichen, und wir dürfen auf viele Start-ups gespannt sein.»