

GRENZGÄNGER

Wie kann ein Astronom bei Knochenschwund helfen? Was kann eine Logistikerin von einem Biologen lernen? Und warum ruft keiner, wenn es brennt, den Rechenkünstler? Wirklich neue Erkenntnisse finden sich immer häufiger zwischen den alten Wissenschaften. Vier Beispiele von Menschen, die das verstanden haben

Von Tilman Botzenhardt (TEXT) und Peter Ginter (FOTOS)

Christoph R ath

... hat gezeigt, dass Galaxien im All und Knochen im Körper etwas gemeinsam haben. Und dass das hilfreich ist





Matthias Münch

... bekämpft Feuersbrünste sowohl mit dem Schlauch als auch mit nichtlinearen Gleichungen. Und überbrückt mit dieser Kombination eine wichtige Wissenslücke



$$\frac{P}{M^2} \cdot \vec{m} dA = \int \vec{s}_{\text{ext}} dV$$

$$p(\vec{r}, t) = p_0(\vec{r}) + M^2$$

Modellierung von Strömungen

Energieplans für $M \ll 0$

Def. Energiedichte $w = \rho \left(\frac{v^2}{2} + \epsilon \right)$

Dispersionsansatz $w = \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho \epsilon$ und $\epsilon = \epsilon_0 + \epsilon_1$

$\frac{d}{dt} \int w dV + \int \vec{w} \cdot d\vec{A} = \int \vec{w} \cdot d\vec{A}$

Nicht lineare Temperaturverteilung

Katja Windt

... will von einer kleinen Fabrik lernen,
wie man die Produktion von Waren besser
organisieren kann: von der lebenden Zelle







Stefano Mancuso

... ist eine Art Hirnforscher. Aber für Pflanzen. Dass die gar keine Neuronen haben, weiß er natürlich. Aber Informationen, sagt er, verarbeiten sie trotzdem



DER OSTEO-ASTRONOM

Christoph R ath

„PUNKTE ZÄHLEN“, sagt Christoph R ath. Darauf läuft es hinaus. Physiker zählen Punkte. Suchen nach Ordnung im Chaos. Nach wiederkehrenden Strukturen, die beschreiben könnten, was unendlich komplex und wirr erscheint. Wofür die Punkte dabei stehen? Das sei für die Forschung oft unerheblich: Sie könnten die Verteilung von Galaxien im Universum darstellen – oder die Schwammstruktur im Inneren von Knochen.

Oder eben beides, wie in seinem Fall.

Als Astrophysiker sucht Christoph R ath zwar Antworten auf ganz große Fragen: nach der Entstehung von Sternensystemen etwa. Doch seine Studien werden auch in medizinischen Zeitschriften publiziert. Denn R aths Art, die kosmischen Punkte zu zählen, hat sich zufällig auch als hervorragende Methode erwiesen, um stabile Knochen von porösen zu unterscheiden. Osteoporose, der Schwund von Knochenmasse, betrifft jeden vierten Deutschen über 50 Jahre. Näher an den Menschen kann man als Astrophysiker kaum kommen.

Dass R ath im Weltraum auf ein so irdisches Thema stoßen konnte, hat er seinem Arbeitgeber zu verdanken: Seit Jahren arbeitet das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching mit Medizinern zusammen: Mit ihren Rechenmethoden untersuchen die Weltraumforscher auch Herzrhythmen oder die Ausbreitung von Tumoren. So kam es, dass Christoph R ath sich eines Abends auf einer Party von Medizinern des Universitätsklinikums rechts der Isar wiederfand – und den Arzt Thomas Link kennenlernte.

Ein Gespräch entspannt sich zwischen den Fachdisziplinen: Link hatte gehört, dass Astronomen in der Verteilung von Galaxien im Weltraum eine schaumartige Struktur ausgemacht haben. Er selbst, erklärte der Arzt, forsche am Inneren von Knochen, vielleicht gebe es da vergleichbare Gebilde... Ob er R ath nicht einmal ein paar seiner Aufnahmen schicken dürfte?

„Als ich die Bilder gesehen habe“, erinnert sich der Physiker R ath, „war mir sofort klar: Das passt zusammen!“

So frappierend ähnelten die Aufnahmen der Knochenmasse seinen im Computer simulierten Szenarien von im All verstreuten Galaxien. Deren unregelmässige Verteilung versucht R ath seit Jahren zu enträtseln. Dafür untersucht er simulierte Universen mit „Skalierungsindizes“: einer mathematischen Methode, die für jeden Punkt eines Raums angeben kann, wie sehr er mit den anderen Punkten verbunden ist. Ist ein Punkt isoliert? Gehört er zu einer Platte, einem Band, einem Balken?



So lässt sich ein Raum ergründen, dessen Struktur unregelmässig ist – aber keinesfalls chaotisch.

WAS HAT DAS NUN MIT KNOCHENPROBLEMEN zu tun? Viel: Genau wie die Verteilung der Galaxien im Universum ist auch die Verteilung des mineralhaltigen Gewebes im Knochen unregelmässig, ohne chaotisch zu sein. Bislang wird Osteoporose meist anhand der Knochendichte diagnostiziert, die den Mineralgehalt des Gewebes angibt. Dieser Wert ist aber nur bedingt aussagekräftig – ein guter Mineralwert bedeutet nicht automatisch stabile Knochen und umgekehrt. Denn neben der Menge des Minerals ist eben auch wichtig, wie das Mineral zusammenhängende Strukturen bildet. Und genau hierfür kann R aths Methode Maßzahlen liefern – er benötigt dazu lediglich dreidimensionale Tomografiedaten des Knochens, die dann mit den Methoden der Astrophysik interpretiert werden.

Schon die ersten Tests an Knochenproben zeigten: R aths Modell sagt die Bruchfestigkeit von Knochen deutlich präziser vorher als die übliche Messung der Knochendichte. Für die Anwendung im ärztlichen Alltag ist das Verfahren aber noch zu aufwendig. Dessen Reiz sieht R ath zunächst in der Medizinforschung. „ berall, wo wir genauer beobachten wollen, ob eine bestimmte Therapie den Knochen stabiler machen kann oder nicht“, sagt R ath, „liefert das Verfahren sehr gute Daten. Etwa bei der Frage, wie Medikamente sich auf Knochen auswirken. Unsere Analysen dürften schon sehr kleine Verbesserungen in der Knochensubstanz registrieren – sodass wir früher als bislang darauf schließen können, ob ein Medikament wirksam ist oder nicht.“

Das Problem: Solche Studien brauchen Zeit. Dass er für Fragen wie diese die Astrophysik mal hintanstellen muss, findet R ath okay. „Mit Studien zur kosmischen Hintergrundstrahlung gibt es kurzfristig mehr Forscher-Lorbeer zu ernten“, sagt R ath, „aber es gibt mir ein gutes Gefühl, einen Teil meiner Arbeit als Physiker auf etwas zu verwenden, was der Menschheit unmittelbar helfen könnte.“

Dennoch, fügt er hinzu, sitze er als wissenschaftlicher Grenzgänger oft zwischen den St hlen: „Manchen Kollegen fehlt das Verständnis für das, was man da tut. Forscher schauen zu selten über den Tellerrand ihrer Disziplinen hinaus“, sagt R ath. „Und das ist tragisch. Gerade bei uns Physikern, weil unsere Methoden oft universell einsetzbar sind.“

Am Ende könnte R ath aber vielleicht auch als Astrophysiker von seiner Medizinforschung profitieren. „Gut möglich, das ich mit den Knochen-Techniken wieder ein paar neue Erkenntnisse aus unseren astrophysikalischen Modellen kitzeln kann.“

Bilder von Knochen und von Galaxien? Mir war sofort klar: Das passt!

DER PYRO-NUMERIKER

Matthias Münch

WENN DAS HAUS BRENNT, ruft niemand den Rechenkünstler. In Berlin kommt er oft trotzdem: Matthias Münch von der Freiwilligen Feuerwehr Schöneberg. Er bekämpft Brände mit dem Strahlrohr in der Hand. Und mit nichtlinearen Gleichungen.



In seinem Büro im Fachbereich Mathematik an der FU Berlin lässt Münch per Knopfdruck simulierte Feuer in Häusern oder Einkaufszentren ausbrechen und verfolgt am Computer, wie sich der Rauch ausbreitet. Er ist Experte für numerische Strömungsmechanik, und die spielt eine immer wichtigere Rolle für den Brandschutz großer Neubauten: Wie entwickelt sich der Brandherd? Wann sind welche Rettungsmaßnahmen geeignet? „Alles Fragen, die wir durch Simulationen beantworten wollen“, sagt Matthias Münch.

Das Problem: Eine Simulation wirkt immer plausibel – und der Anwender kann ihr oft nicht ansehen, ob die zugrunde liegenden Annahmen korrekt sind. Und mathematisch ausreichend komplex. Man muss immer die Frage stellen: Stimmt das auch, was da simuliert wird? Sie zu beantworten, ist Aufgabe des Numerikers und Feuerwehrmanns Münch geworden.

Als Sohn des ehemaligen Leiters der Feuerwehr Salzgitter ist Münch quasi auf der Feuerwache aufgewachsen. Flammen konnte er nie widerstehen – und so verbrachte er Teile seiner Ausbildung zum Ingenieur für Energie- und Verfahrenstechnik in Braunschweig bei den Bauingenieuren – als wissenschaftliche Hilfskraft im Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. Hier wurde von Amts wegen fast jeden Tag etwas angezündet. „Da standen Wände in Flammen, Fenster, Türen“, erinnert sich Münch, „einmal haben wir sogar nachzubilden versucht, wie gefrorene Schweinehälften brennen.“ Für größere Gutachten wurden am Institut damals einfache Computersimulationen durchgeführt. Das fand er so interessant, sagt Münch, „dass ich im Hauptfach fast zum Langzeitstudenten geworden wäre“.

Um solche Simulationen verbessern zu können, muss Münch auch nach dem Studium ein wissenschaftlicher Grenzgänger bleiben – und die Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik erlernen. Seinen Lehrer findet er in Rupert Klein, einem jungen Professor, der in Wuppertal an neuen Methoden für „Computational-Fluid-Dynamics (CFD)“-Simulationen von Verbrennungsprozessen arbeitet – unter anderem für Fragen der Reaktorsicherheit.

„Das waren harte Jahre für mich“, sagt Münch, „denn in der numerischen Mathematik war ich verglichen mit meinen Kol-

legen noch immer ein kleines Licht.“ Und doch entpuppt sich sein Entschluss als Glücksfall: Die CFD-Programme für seine Feuersimulationen entwickelt Münch bald selbst – und wird immer mehr zum Experten auf einem neuen Gebiet.

EIN BOOMENDES FELD: Münch kennt die Wege von Brandgasen und Rauch nicht nur aus Erfahrung, sondern kann sie auch am Computer berechnen. Und Rauch ist inzwischen im Fokus der Brandschützer: „Früher hat man mir noch beigebracht: Wir löschen beim Einsatz nur Flammen“, erzählt Münch, „in den Rauch spritzen wir nicht.“ Heute sei die Technik andersherum: „Wenn ich einen Einsatzort betrete, prüfe ich zuerst die Temperatur vom Rauch – und kühle ihn herunter.“

Die Bewegung des Rauchs simulieren heute immer leistungsfähigere Computerprogramme, die es nicht mehr nur an Universitäten gibt, sondern längst auch in den Büros „normaler“ Brandschutzingenieure. Aber die, fand Münch heraus, „machten bei der Anwendung aus mathematischer Sicht oft katastrophale Fehler“.

„Auf einmal entstand diese Lücke an Fachwissen“, sagt Münch: „Auf der einen Seite standen die Forscher, die viel über Strömungssimulation wussten, sich aber fast nie mit Bränden beschäftigten, weil sie ihr Wissen für andere Fragen anwendeten, etwa zum Klima. Und auf der anderen Seite standen die Brandschützer, die für die Gebäudeplanung nun Simulationen verwenden wollten, das aber nie gelernt hatten.“

Da war sie, die Chance für Matthias Münch. Er nimmt an Brandschutz-Konferenzen teil, auf denen er kaum zum Kaffeetrinken kommt, weil er so viele Fragen beantworten soll. Mithilfe der Universität gründet Münch die Inuri GmbH, die sich auf die Anwendung und Bewertung von Brandsimulationen

spezialisiert: Sind die Randbedingungen im Computermodell richtig gewählt? Ist das Programm für den speziellen Fall geeignet? Das können die Anwender oft nicht beurteilen. Damit aus fehlerhaften Simulationen nicht fehlerhafte Brandschutzkonzepte werden, prüft Münch als Gutachter, ob fertige Simulationen korrekt durchgeführt wurden. Münch, der Grenzgänger zwischen Brandschutz und Mathematik, kann eine Leistung anbieten, die zwei Fachwelten verbindet.

Für die Feuerwehr wird er auch weiter im Einsatz bleiben. Ob als Ausbilder, als Referent oder im Brandeinsatz: Der Kampf gegen die Flammen ist eine Konstante in seinem Leben – schon als Kind fuhr Münch mit Blaulicht durch die Stadt, im Privatwagen der Familie. So ist sein wissenschaftlicher Grenzgang am Ende eine Reise zu sich selbst geworden.

**Einer
Simulation
sieht man
nicht an, ob
ihre Grund-
annahmen
stimmen**

DIE BIO-LOGISTIKERIN

Katja Windt

EIGENTLICH IST DER BETRIEB viel zu klein, um als Forschungsobjekt für die Logistik zu taugen. Doch er arbeitet effizient – und ist robust genug, sich in einem wandelbaren Umfeld zu behaupten. Wer diesen Spagat beherrscht, dachte Katja Windt, von dessen Arbeitsweise kann man lernen. Und so betrat die Logistik-Professorin eine Welt aus Enzymen, Nährstoffen und chemischen Reaktionen, um ein winziges Produktionssystem zu betrachten: den Stoffwechsel in den Zellen von Lebewesen.



Wie reagiert eine Zelle, wenn Nährstoffe, also die Rohstoffe ihrer Produktion, fehlen? Wie ist die fließbandmäßige Abstimmung der biochemischen Reaktionen organisiert, an deren Ende das Produkt der „Zellfabrik“ steht: neue Biomasse? Welche Lösungen hat die Evolution für diese logistischen Herausforderungen gefunden? „Wenn wir solche Fragen beantworten“, sagt Windt, „könnten wir neue Wege entdecken, um die industrielle Produktion noch effizienter zu organisieren.“

Eine Logistikerin im Zelllabor: Die Professorin an der Bremer Jacobs University ist es gewohnt, Grenzen zu überschreiten. Studiert hat sie das Männerfach Maschinenbau. Als erste Frau wurde sie 2008 zur „Hochschullehrerin des Jahres“ gekürt. Interdisziplinär, sagt Windt, habe sie schon immer gearbeitet: Die Logistik liege genau zwischen Ingenieurwesen und Management. Ständig entstünden Fragen, bei denen ein Blick in andere Wissenschaften lohnt, in Mathematik, Ökonomie oder Ökologie. Doch wo Katja Windt nun nach Antworten sucht, hat noch kein Logistiker geforscht: ein Grenzgang in die Zellbiologie, begleitet vom Risiko, mit leeren Händen zurückzukehren. Was fasziniert sie an einem Projekt mit so unsicherem Ausgang? Ganz einfach: die Chance auf einen Fortschritt ungeahnten Ausmaßes.

„**IN DER LOGISTIK** stehen wir vor immer gleichen Aufgaben“, sagt Windt: „Termintreue erhöhen, Lagerbestände reduzieren, Durchlaufzeiten stabilisieren. Mit unseren klassischen Methoden können wir da viel erreichen. Aber es hat schon lange keinen wirklich großen Effizienzsprung mehr gegeben. Dafür braucht man den Mut, alles mal ganz anders zu betrachten.“

Ihr Partner für diese Expedition lehrt ebenfalls an der Jacobs University: Marc-Thorsten Hütt, Professor für Systembiologie. Früh stellten die beiden fest, dass sie an ähnlichen Fragen forschen: Ob eine Gießerei Stahlteile für die Autoindustrie produziert oder eine Zelle Zuckermoleküle für den Energiehaushalt gewinnt – stets muss aus Ausgangsstoffen über vernetzte Ferti-

gungsstätten ein Produkt hergestellt werden, zuverlässig und pünktlich. Wie also löst die Zelle die Logistik-Herausforderung?

Etwa: Störanfälligkeit. Bei Produktionen mit Hunderten Arbeitsschritten wird die Zahl möglicher Störfälle unüberschaubar. Wenn man sich gegen alle wappnen wollte, würde die Produktion ineffizient. Also wird der Ablauf in Fabriken so gestaltet, dass er einem Mittelwert an erwartbaren Störungen standhält. Und sonst zusammenbricht. „Die Logistik der Zukunft darf sich nicht an den Mittelwerten orientieren!“, sagt Windt. Die Zelle, hofft sie, könnte ein Vorbild sein, wie Industrien effizient bleiben und trotzdem robuster werden. Schließlich fertigt ihr Stoffwechsel, ein System aus Tausenden chemischen Reaktionen, konstant Biomasse – ob es heiß ist oder kalt, ob viel oder wenig Nahrung da ist: „Die Natur kann mit sich ändernden Umweltbedingungen besser umgehen als wir.“

Diese Stabilität von Stoffwechselfvorgängen fasziniert auch den Biologen Hütt – und der Dialog mit der Kollegin bietet ihm eine neue Perspektive. „Die Logistiker kennen Fragen, die ich auch an biologische Systeme stellen kann“, sagt er: „Sie fragen nach Investitionen, nach unnötigen Wiederholungen, nach Recycling. Davon profitiere ich.“

Im Gegenzug bietet Hütt Zugriff auf eine Art Zell-Simulator: eine Datenbank, mit der die Stoffwechsel von Modell-Organismen in über 100 000 Umweltbedingungen simuliert werden können. Damit untersuchen die Forscher, wie Zellen auf Störungen ihrer Produktion reagieren. So identifizierte Strategien der Zelle kann Katja Windt dann mit einer Logistik-Simulation auf die Industrieproduktion übertragen: etwa ob ein Fertigungsschritt unter bestimmten Mangelbedingungen besser an vernetzten Standorten stattfinden oder zentraler Planung unterliegen soll.

Am Ende sollen die biologischen und die betriebswirtschaftlichen Prozesse in einem gemeinsamen Modell dargestellt werden. So wollen die Forscher konkrete Zustände in beiden Systemen vergleichen, „etwa einen Nährstoffmangel in wachsenden Zellen mit dem Ausfall einer Maschine und gleichzeitig steigender Nachfrage in einer Firma“. So könnte man eines Tages Autofirmen beibringen, sich gegen Verzögerungen in ihrer Lieferkette so robust zu wappnen wie Zellen gegen schwankendes Nährstoffangebot. Wenn Katja Windts Grenzgang fruchtet, könnte er an die erste Welle der Zusammenarbeit von Biologie und Logistik in den 1990er Jahren anknüpfen, als Begriffe wie Schwarmintelligenz Forscher und Wirtschaftsleute gleichermaßen elektrisierten. Und wenn er scheitert? „Wir machen Grundlagenforschung, da muss man ertragen, dass es eventuell mal kein Ergebnis gibt“, sagt Windt.

Eine Zelle produziert sehr robust. Und davon können Manager lernen

DER PFLANZEN-NEUROLOGE

Stefano Mancuso

„WELCHE WORTE soll ich wählen, um meine Forschung zu beschreiben?“, fragt Stefano Mancuso. „Pflanzen-Kognition? Darf ich nicht sagen. Verhalten? Darf ich nicht sagen. Aber ich kann doch keine neue Sprache erfinden, um die Intelligenz von Pflanzen zu erforschen!“ Intelligenz? Noch so ein verbotenes Wort. Stefano Mancuso erforscht die elektrochemische Signalübertragung in Pflanzen – und ist überzeugt: Wie Tiere reagieren auch Pflanzen auf Umweltreize nicht nur automatisch, sondern zielgerichtet und, ja: intelligent. Jetzt will er Hirnforschung und Botanik verbinden.



2005 hat Stefano Mancuso in Florenz sein „Labor für Pflanzen-Neurobiologie“ gegründet. Schon der Name versetzte Kollegen in Rage. Denn Pflanzen haben ja gar keine Neuronen – jene Nervenzellen, die als Grundlage der Intelligenz höherer Lebewesen gelten. Mancuso will belegen, dass sie trotzdem mit elektrischen Signalen Informationen verarbeiten. „Nur eben ohne ein Gehirn“, sagt der 47-Jährige.

Dass Pflanzen dies zumindest gelegentlich tun, ist unstrittig. Schon 1873 beschrieb der Brite John Scott Burdon-Sanderson, dass die Venusfliegenfalle ihre Blätter auf ein elektrisches Signal hin zuschnappen lässt. Doch irgendwann verlor die Wissenschaft das Interesse am grünen Strom: Pflanzen, so glaubte man, hätten ohnehin kaum Möglichkeiten, auf Reize zu reagieren. Sie können sich ja nicht fortbewegen. Signalübertragung sei daher: eher unwichtig. „Falsch gedacht!“, sagt Mancuso. „Gerade weil Pflanzen ortsfest sind, müssen sie ihre Umgebung beobachten und auf Basis von Informationen entscheiden, wie sie reagieren.“

Beispiele für intelligentes Verhalten von Pflanzen sieht Mancuso zuhauf. Begeistert erzählt er von Gewächsen, die ihren Stoffwechsel umstellen, um Gift zu produzieren, wenn Schädlinge an ihnen knabbern. Pflanzen können ihr Wachstum nach der Schwerkraft ausrichten. Und sie suchen aktiv nach Nahrung, wenn sie Tausende Wurzelspitzen ausschwärmen lassen. Diese Spitzen sind auch der beste Ort, um der pflanzlichen Datenverarbeitung auf die Spur zu kommen: In wenigen Hundert Zellen treten regelmäßig elektrische Signale auf, oft sogar im Zellverband synchronisiert: ein Hinweis auf ein Netzwerk dezentraler Informationsverarbeitung?

Gut 20 Umweltparameter, sagt Mancuso, müssten voranwachsende Wurzelspitzen kontinuierlich beachten: Locken Stickstoff oder Kalium? Wie feucht ist der Boden? Stimmt die Temperatur? Drohen Schwermetalle? „Wie soll die Wurzel all das berücksichtigen“, fragt der Forscher, „wenn sie keine Me-

thode hat, die Daten zusammenzuführen und auszuwerten?“ Alle Wurzelspitzen gemeinsam, vermutet Mancuso, bildeten ein Netzwerk – einen Schwarm, dessen Entscheidungen in ihrer Gesamtheit das Wohl des ganzen Organismus verfolgten. „Ich glaube, dass Pflanzen ein Beispiel für intelligente Lebewesen sind, die ohne zentrale Steuereinheit auskommen.“

DAS INTERESSE AN PFLANZEN entwickelt Mancuso schon als Schüler. Ihn fesseln die Expeditionsberichte der großen Welterforscher; erstaunt stellt er fest, wie viele von ihnen Botaniker waren. Seine zweite Leidenschaft gilt elektrischen Geräten; in seiner Freizeit bastelt er an Stromkreisen. Beim Studium will er die Interessen verbinden – im Fach Elektrophysiologie.

Er macht schnell Karriere: Mit 35 Jahren wird er Professor in Florenz, Fachgebiet: Umweltforschung. Kurz zuvor hat er jenes Schlüsselerlebnis, das seinen Blick auf die Pflanzen für immer verändert: Eine Schule bittet Mancuso, einen Vortrag zu halten. Er will einen Zeitrafferfilm mitbringen – eine Bohne, die wächst und nach Halt sucht. Übers Wochenende stellt er ein Gewächs zwischen Rankhilfen, schaltet eine Kamera ein. Was er dann auf den Zeitrafferaufnahmen sieht, lässt ihm bis heute

keine Ruhe: Die Bewegung der Pflanze scheint sich auf die Rankhilfen zu fokussieren – sie kreiselt nicht nur, wie Mancuso es erwartet hätte, sondern reckt sich geradezu nach dem Halt. „Es ist für mich unmöglich“, sagt Mancuso, „hier etwas anderes als Intentionalität zu erkennen.“

Intentionalität – absichtsvolles Handeln, wieder so ein verbotenes Wort. Es sei typisch für diese „Pflanzen-Neurobiologen“, wettern Mancusos Kritiker, dass sie Begriffe aus anderen Fächern aufgreifen, um fragwürdige Schlüsse zu ziehen. Auch wenn es noch so staunenswert sei, wie komplex Pflanzen konstruiert sind – auf Dauer rücke doch die Botanik ins Zwielicht, wenn Leute wie Mancuso allen Ernstes Ähnlichkeiten zwischen Pflanze und Tier behaupten. Sie sollten endlich Ruhe geben.

Ruhe? Davon sind Mancuso und Kollegen weit entfernt. Sie haben sogar eine eigene Fachzeitschrift gegründet. Und an Ideen für weitere Grenzgänge mangelt es nicht: Mancuso träumt von der Entwicklung eines „Plantoiden“ – eines Roboters, der von den Fähigkeiten der Pflanzen inspiriert ist. Auf der Raumstation ISS hat er das Wurzelwachstum in Schwerelosigkeit erforscht. Und nun untersucht er, wie Pflanzen auf akustische Reize reagieren – etwa jene leisen Klick-Geräusche, die ihr Wurzelgeflecht beim Vordringen ins Erdreich erzeugt. Wer weiß, vielleicht kommunizieren die unterirdischen Spitzen ja so über ihr weiteres Wachstum. Clever, oder? □

**Intelligenz?
Darf ich
bei Pflanzen
nicht sagen.
Ein besseres
Wort habe
ich aber
nicht**