

Im Garten des Dr. Mancuso

Pflanzen rekrutieren Killerinsekten gegen Feinde, erkennen Verwandte und zeigen Ansätze von Lernvermögen – Forscher kämpfen für ihre Anerkennung als intelligente Wesen.

Bald beginnt der Unterricht für die kleinen Mimosen. Die Stecklinge warten schon aufgereiht in ihren Töpfchen. Ihr erstes Lernziel lautet: mehr Gelassenheit.

Mimosen, bekannt für ihr schreckhaftes Wesen, klappen bei Berührung sofort ihre Fiederblätter ein. Stefano Mancuso will ihnen das abgewöhnen. „Die Pflanzen sollen lernen, geringfügige Reize zu ignorieren“, sagt er.

Lernen? Pflanzen? Ohne Gehirn?

Mancuso, Biologe an der Uni von Florenz, betreibt seine Mimosenschule in einem flachen Zweckbau am Stadtrand. Auf dem Klingelschild steht „Internationales Labor für die Neurobiologie der Pflanzen“.

Neurobiologie? Noch so eine Provokation. Mancuso lächelt. „Natürlich haben Pflanzen keine Neuronen“, sagt er. „Aber für Intelligenz braucht es nicht unbedingt ein zentrales Nervensystem.“

Als Beispiel präsentiert er die Mimosenstecklinge im Gewächshaus. Sie stammen von Pflanzen ab, die ihre erste Schulung schon hinter sich haben. Mancusos

Kollegin Monica Gagliano baute dafür ein Gestell, in dem die Mimosen in ihren Töpfchen immer wieder aus 15 Zentimeter Höhe zu Boden fielen, jeweils 60-mal hintereinander.

Nach einer Weile hatten die Zöglinge, wie es schien, die Lektion kapiert; sie reagierten kaum mehr auf die Stürze. Wurden sie nun jedoch zur Abwechslung geschüttelt, war die alte Schreckhaftigkeit wieder da.

Zwei Reize, zwei angepasste Reaktionen: Darf man das „lernen“ nennen? Zehn Fachjournale wollten Gaglianos Bericht nicht veröffentlichen; erst im elften Anlauf gelang es. „Fachlich hatten die Zeitschriften nichts einzuwenden“, sagt Mancuso, „aber der Begriff ging ihnen zu weit. Lernen ist für Mensch und Tier reserviert.“

Bei Pflanzen, räumt der Forscher ein, gehe es um Intelligenz sehr geringen Grades. Aber Spuren davon finde er überall. Sein Labor ist bevölkert mit Grünzeug, das an Apparaten hängt. Unter luftdichten Glasglocken werden gerade die Lebensregungen

Pflanzentriebe

registrieren u. a. Berührungen, Schwerkraft und Luftfeuchtigkeit. Licht wird besonders genau analysiert. Steht die Jungpflanze im Schatten, so verrät beispielsweise die Farbmischung des gefilterten Lichts, ob ihr gerade ein Felsblock oder ein nahestehendes Gewächs das Sonnenlicht nimmt: Wird ein pflanzlicher Konkurrent erkannt, beschleunigt sie ihr Wachstum.



Blätter

verfügen über eine Art chemisches Testlabor, das den Speichel von Schädlingen identifiziert. So kann die Pflanze spezifische Gifte produzieren und sogar gezielt Lockstoffe freisetzen, um Fressfeinde, etwa von Raupen, herbeizurufen. Einige Schlupfwespenarten fungieren so gleichsam als Leibwächter der Blätter.



Grüne Revolution

Beispiele für „intelligente“ Signale und Reaktionen von Pflanzen

Pilze,

die Pflanzenwurzeln besiedeln, bilden im Boden ein weitverzweigtes Geflecht, das Bäume im Wald auch als Verbindungsnetz untereinander nutzen. Chemische Signale können auf diesem Transportweg einen weiten Umkreis erreichen.



Blüten

spendieren mitunter mit dem Nektar einen Schuss Koffein, das Insekten als psychoaktive Substanz schätzen. So steigen die Chancen, dass die Bestäuber wiederkommen.

von Begonien überwacht. Ein spezieller Gas-Chromatograf liest die vielen hundert flüchtigen Substanzen aus, die aus den Gewächsen aufsteigen.

Nebenan in einer Klimakammer ist ein Liguster mit Elektroden verkabelt. Sie zeichnen die elektrischen Signale auf, die der Strauch zu seinen Wurzeln sendet, abhängig etwa von der Luftqualität. „Wir können sogar schon die Ozonwerte ganz grob ablesen“, sagt Mancuso. „Pflanzen wären die idealen Umweltmessgeräte.“

In der Tat sind die stillen Geschöpfe geborene Meister der Chemie. Sie können nicht nur Tausende Substanzen herstellen, sie nehmen auch einige hundert flüchtige Stoffe in der Luft wahr.

Im Grenzfall genügen ein paar Moleküle pro Kubikmeter. Pflanzen registrieren obendrein Magnetfelder, Bodenbeschaffenheit und verschiedene Farben des Lichts (siehe Grafik). „Sie sind stets über ihre Umgebung informiert“, sagt Mancuso, „besser als manche Tiere.“

Mancuso gilt als Vorkämpfer einer Bewegung, zu der auch sein Bonner Kollege František Baluška zählt. Es eint sie die Überzeugung, dass Pflanzen leicht unterschätzt werden, da sie nicht vom Fleck kommen. „Doch gerade weil sie nicht fliehen können“, sagt Mancuso, „müssen sie stets das Beste aus ihrer Lage machen.“

Mancuso und seine Konsorten haben in den vergangenen Jahren immer wieder ketzerische Ideen und erstaunliche Befunde präsentiert – nur mit den Belegen hapert es oft noch. Unlängst kam wieder einmal heraus, dass Pflanzen womöglich hören können. Heidi Appel, Botanikerin an der University of Missouri, hatte die Ackerschmalwand, ein unscheinbares Kraut, mit den Fraßgeräuschen von Kohlweißlingsraupen erschreckt. Der raspelnde, rufende Gleichtakt, in dem diese Mampfmaschinen sich voranarbeiten, ist für die Pflanze offenbar ein klares Signal: Sie schaltete ihren Stoffwechsel sofort auf Verteidigung um. Insektengebrumm oder Windgeräusche dagegen ließen die Ackerschmalwand vergleichsweise kalt.

Das angesehene Fachmagazin „Oecologia“ wolle die Studie bald drucken, ver-

sichert Appel. Aber erst wenn andere Forscher die Befunde bestätigen, wäre das ein echter Beleg für einen Hörsinn. Bekannt ist bislang nur, dass Pflanzen deutliche Vibrationen wahrnehmen. Doch die aberwinzigen Erschütterungen der Luft, die so ein Raupenmäulchen hervorruft? Sogar Mancuso gibt sich da skeptisch.

Sicher ist hingegen, dass Pflanzen einen feinen Sinn für Düfte haben. Wenn etwa dem Wüstenbeifuß Fraßfeinde zusetzen, gibt er Substanzen an die Luft ab, die auch seine Nachbarn in Alarm versetzen. Diese fahren dann vorsorglich selbst ihre chemische Abwehr hoch.

Und auch im Untergrund sind Pflanzen offenbar stets auf Empfang. Ihre Wurzelspitzen stecken voller Sensoren für Druck und Schwerkraft, für chemische Substanzen und teilweise auch Licht. Die Wurzeln erkennen, ob das Nachbarfädchen zur eigenen oder einer fremden Pflanze gehört – im letzteren Fall sogar, ob es sich um eine Verwandte handelt. Der Meersenf etwa lässt dann seine Wurzeln weniger aggressiv ins Erdreich vordringen.

Der israelische Forscher Ariel Novoplansky konnte nachweisen, dass Gartenerbsen über das Wurzelwerk gewarnt werden, wenn ihre Nachbarn unter Trockenstress geraten. Wie in einer Kettenreaktion schloss eine Pflanze nach der anderen im Laborversuch die winzigen Spaltöffnungen ihrer Blätter, um sich vorm Verwelken zu schützen. Mehr noch: Die Erbsen reichten das Alarmsignal, vermutlich eine lösliche Substanz, sogar verstärkt an die Nachbarn weiter – als wäre ihnen am Wohl der Gruppe gelegen.

Im Wald haben Forscher unter der Erde ganze Netzwerke ausgemacht. Viele Bäume sind über unterirdische Pilzgeflechte miteinander verbunden. Auf diesem Weg tauschen sie offenbar sogar Nährstoffe und Stresssignale aus. Die kanadische Forstökologin Suzanne Simard injizierte eine radioaktive Lösung in Douglasien. Tage später ließ sich die Substanz auch in Nachbarbäumen nachweisen. Einzelne Nadelbäume wiesen bis zu 47 Verbindun-



Wurzeln

dienen zum Austausch von Informationen zwischen benachbarten Pflanzen, zum Beispiel über drohende Trockenheit. Mittels der Wurzeln erkennen Pflanzen auch, ob sie miteinander verwandt sind. In diesem Fall sind sie eher bereit, vorhandene Ressourcen zu teilen.

gen auf. Simard spricht vom „Wood Wide Web“.

Wahrhaft diabolische Raffinesse aber zeigen Pflanzen bei der Abwehr von Fressfeinden. Manche Arten erkennen sogar, welcher Angreifer ihnen gerade zu Leibe rückt. Oft genügen ihnen dafür winzige Spuren seines Speichels. Je nach Spezies wählen sie dann ihre Waffen.

Die Tabakpflanze registriert so die Attacke hungriger Käfer. Sie wehrt sich, indem sie die Produktion von Nikotin ankurbelt – für die Käfer ist das ein lähmendes Gift. Die Raupe des Tabakschwärmers freilich lässt sich davon nicht aufhalten; sie ist immun gegen Nikotin. In ihrem Fall dünstet die Tabakpflanze einen Duftstoff aus, der Raubwanzen herbeilockt. Diese stechen die Raupen mit ihrem Rüssel an und saugen sie aus.

Pflanzen verhalten sich mithin viel schlauer als noch vor Jahren gedacht. Aber darf man ihnen deshalb Absichten oder intelligentes Verhalten zuschreiben? Genügt nicht auch blinde Chemie, um alles zu erklären?

So denkt noch immer die Mehrheit der Experten. Sie sehen auf der Gegenseite eher Wunschdenken am Werk. Gerade die spektakulärsten Befunde halten sie für methodisch mangelhaft. Mancuso etwa will herausgefunden haben, dass Maiswurzeln von Wellen elektrischer Signale durchlaufen werden; er sieht darin eine gewisse Ähnlichkeit zu den Aktivitäten von Hirnzellen. Der Tübinger Emeritus Dietrich Gradmann wirft dem Kollegen Pfusch vor. Gradmann ist überzeugt, Mancuso habe nur seine eigene Messapparatur belauscht.

Die Botanik steht in einer erzpragmatischen Tradition; für ein höheres Innenleben ihrer Gewächse hat sie bislang wenig übrig. Als in den Neunzigern die ersten Befunde über faszinierende Duftsignale kursierten, blieben viele Forscher skeptisch: Wozu sollte das immobile Grünzeug kommunizieren? „Pflanzen galten lange als Wachstumsautomaten, die einfach nur ihr Programm abspulen“, sagt Ulrich Kutschera, Pflanzenphysiologe in Kassel und Stanford.

Im Gegenzug verklären die Intelligenzler die Gewächse zu empfindsamen Hochbegabten. In diesem Überschwang sieht Kutschera auch das Drama einer verkanteten Disziplin. Pflanzenforscher müssen sich meist hinten anstellen, wenn es um Publikumsgunst und Fördermittel geht. „Die Medien begeistern sich für Krebstherapien,



Netzwerk aus Wurzeln im Mangrovenwald



Mimose (offen und zugeklappt)



Venusfliegenfalle

Pflanzlicher Erfindergeist: „Wood Wide Web“

für die Genomforschung oder die Intelligenz von Schimpansen“, sagt Kutschera. „Wen interessiert dagegen, dass Pflanzen Rezeptoren für blaues Licht haben?“

Jetzt wollen also auch die Spezialisten für Vegetation mal auf die Bühne. Stellen ihre Pflanzen nicht gut 99 Prozent der planetaren Biomasse? Hängt nicht alles höhere Leben ab von der still wuchernen Supermacht?

Die Aufrührer beschwören mit ihrem Eifer freilich ein altes Trauma herauf. Im Jahr 1973 erschien der Bestseller „Das geheime Leben der Pflanzen“. Die amerikanischen Journalisten Peter Tompkins und Christopher Bird berichteten darin von allerhand beseelten, mitfühlenden Gewächsen; manche zeigten angeblich sogar hellseherische Gaben. Ziemlich wahllos hatten die Autoren dafür Befunde von soliden Forschern, Amateuren und Spinern zusammengetragen.

Besonders verwegene Experimente steuerte der pensionierte CIA-Mann Cleve Backster bei, ein Spezialist für Lügendetektoren. Er ließ Pflanzen miterleben, wie Artgenossinnen ausgerufen und zertrampelt wurden. Die Tatzeuginnen, behauptete Backster, hätten hinterher den Mörder in einer Reihe von sechs Verdächtigen identifiziert – sobald er ihnen

zugeführt wurde, hätten die Detektoren ausgeschlagen.

Mit dem Buch begann die große Zeit der Pflanzenversteher. Dem Publikum tat sich ein grünes Reich der Sinne auf. Salatköpfe, Zwiebeln und Bananen wurden an Lügendetektoren angeschlossen. Geistersinnige Pflanzenhalter verwöhnten ihre Mitgeschöpfe mit Musik, bevorzugt von Mozart. Manche Pflanzen, so hieß es bald, wüssten auch Liebkosungen und gute Gespräche zu schätzen.

Das famose Buch verkauft sich immer noch. Auf Deutsch ist es inzwischen in der 27. Taschenbuchauflage erhältlich. Und es vergiftet bis heute die Stimmung in der Forschung.

Wer will schon als Pflanzenstreicher dastehen, nur weil er den Tastsinn des Grünzeugs ergründet? Tatsächlich gehen schnellwüchsige Zimmerpflanzen, die oft berührt werden, eher in die Breite.

Jörg Fromm, Biologe an der Universität Hamburg, will einfach nur herausfinden, wie Pflanzen auf Verletzungsreize reagieren. „Aber wenn Laien das hören, wissen sie gleich Bescheid“, sagt er: „Aha, ihr erforscht die Gefühle von Pflanzen.“

Fromm sengt zum Beispiel Blätter an und misst dann die elektrischen Signale, die den Reiz weiterleiten. Pflanzen haben zwar kein Nervensystem mit schnellen Leitungsbahnen; die Impulse verbreiten sich stattdessen viel langsamer über gewöhnliche Zellen – oft wie ein elektrischer Schauer, der den ganzen Organismus erfasst. Doch das genügt für erstaunliche Leistungen: Wenige Minuten nach einem Feuerreiz am Blatt kann das Gewächs so bereits vorsorglich die Photosynthese herunterfahren.

Am Hibiskusbusch entdeckte Fromm besonders sensible Schaltkreise. Sobald ein paar Pollen auf einen Stempel fallen, fließen elektrische Impulse ins Innere der Blüte. Dort macht sich die Eizelle sogleich fürs Befruchten fertig.

„Pflanzen sind außerordentlich empfindsam“, sagt Fromm, „ausgenommen vielleicht die Nadelbäume, bei denen wir bisher gar nichts messen konnten.“ Dennoch würde er keinesfalls von Gefühlen sprechen.

Das tut auch Kollege Mancuso nicht. Esoterisches liegt ihm fern. Aber der Zunft fällt schon lästig genug, dass er auf dem Reizwort Intelligenz beharrt. Der Italiener glaubt, dass die Forschung zu sehr auf die spezielle Intelligenz der hö-

heren Tiere fixiert ist. Sie sucht immer nach einem Gehirn, das alles steuert. Für die Pflanze aber wäre jegliches Kommandozentrum fatal. Denn immerzu fressen Tiere an ihr herum – da sollten sich die Teile möglichst einfach ersetzen lassen.

Viele Gewächse verkraften einen Verlust von 90 Prozent ihrer Körpermasse; dennoch kommen sie wieder hoch. Das geht nur, weil Organe und Sensoren großflächig verteilt sind. Ihre Intelligenz liegt, wenn es nach Mancuso geht, im Zusammenspiel – ähnlich wie in einem Ameisenstaat. Dieser besteht nur aus kleinen, simplen Tierchen, die einander durch ein paar Duftstoffe ansprechen. Und doch bilden alle zusammen verblüffend leistungsfähige Superorganismen.

„In der Pflanze“, sagt Mancuso, „finden wir die Intelligenz in ihrer einfachsten Form, noch ohne spezialisierte Nervenzellen.“ Könnten wir entschlüsseln,



SIMONE DONATI / TERRAPROJECT / DER SPIEGEL

Biologe Mancuso

„Lehrer in der Mimosenschule“

wie sie funktioniert, so glaubt er, dann verstünden wir auch uns selbst besser.

Beispiel Gedächtnis: Wie speichern Mimosen, welche Reize sie künftig ignorieren sollen? Ähnliche Fragen wirft die fleischfressende Venusfliegenfalle auf. Sie schnappt bei Berührung nicht sofort zu – sonst könnte jedes herabfallende Blatt sie narren. Nur wenn spätestens 20 Sekunden danach die Fühlhaare ein zweites Mal ansprechen, krabbelt wahrscheinlich ein Beutetier in der Falle herum – und der Fangmechanismus löst aus. Wie merkt sich die Pflanze so lange den ersten Reiz?

„Intelligenz ist Problemlösung“, sagt er. „Und darin sind Pflanzen nicht schlechter als viele Tiere.“ Das ist allerdings eine sehr weit gefasste Auslegung von Intelligenz. Probleme lösen kann selbst ein Nagel. Bekommt er einen Hammerschlag auf den Kopf, weicht er geschickt in die Wand aus.

Auch dass Pflanzen bei Angriff von Fressfeinden andere Insekten alarmieren, beweist nicht viel. Manche Häuser haben

eine Alarmanlage eingebaut, sie rufen gegen Einbrecher deren natürliche Feinde, die Polizei, zu Hilfe. Schlaue sind sie deshalb noch lange nicht.

Es ist immer heikel, aus intelligentem Verhalten auf Intelligenz zu schließen. Offenbar gehört mehr dazu. Das sieht auch Mancuso ein. Er glaubt, dass Intelligenz auf lebende Organismen beschränkt ist. Nur sie handeln aus eigenem Antrieb, nur sie tun alles dafür, am Leben zu bleiben.

Der Alarmanlage dagegen ist das Haus egal. Sie arbeitet nur ihr eingebautes Programm ab, so wie das auch Computer tun. „Warum aber“, fragt Mancuso, „halten wir im Zweifelsfall Computer für schlau, während wir das bei lebenden Pflanzen kategorisch ausschließen?“

In der Tat billigt der Mensch anderen Wesen Intelligenz nur bereitwillig zu, sofern sie ihm ähneln oder von ihm konstruiert wurden. Schon smarte Vögel haben es schwer, und Insekten gelten vollends als rein instinktgesteuerte Biomachines. Dabei lernen zum Beispiel Feldwespen, Nestgenossinnen an deren Gesicht zu unterscheiden – eine Fähigkeit, die bisher nur von Säugetieren bekannt war.

Pflanzen haben auch noch das Pech, dass sie so langsam sind. Sie werden verkannt, weil sie nur herumzustehen scheinen. „Dabei sind sie ungemein sensitiv, Tieren darin durchaus vergleichbar“, glaubt auch der Kasseler Pflanzenforscher Kutschera. „Mit Würmern können sie allemal mithalten.“

Freilich verlocken die Überlebenskünste der Vegetation auch dazu, allerhand in sie hineinzulesen. „Naiv betrachtet“, warnt Kutschera, „kann man darin auch Willen und Intelligenz erkennen.“

Für den Kollegen Mancuso in Florenz ist der stärkste Beweis der Intelligenz ein Video im Zeitraffer. Gern zeigt er es Zweiflern.

Nur eine Bohnenranke im Labor ist darauf zu sehen und neben ihr, eine Armeslänge entfernt, ein senkrechter Stab. Die Ranke kreiselt ein wenig nach oben, auf der Suche nach Halt. Dann greift sie zielsicher zur Stange hin. „Sie weiß offenbar, was sie tut“, sagt Mancuso.

Aber woher? Vielleicht Echoortung, spekuliert der Forscher, nach Art der Fledermäuse. Aber er weiß selbst: Das ist eigentlich nicht möglich.

Es gäbe eine einfachere Erklärung: Da lässt sich jemand von den eigenen Bildern beeindrucken. Er deutet sie poetisch, anstatt den spektakulären Fall mit einer soliden Studie zu untermauern, mit Daten und Zahlen, die andere Forscher überprüfen können.

Ein Video für sich beweist gar nichts, es könnte zufällige Treffer zeigen. Ein echter Beleg steht aus. Wer ihn liefert, so oder so, könnte einen jahrelangen Forscherstreit erstaunlich schnell zum Abschluss bringen. MANFRED DWORSCHAK

MEDIZIN

Kontrolle ist besser

Neuartige Gerinnungshemmer sind beliebt, weil die früher üblichen Bluttests entfallen. Doch dadurch entsteht das Risiko einer tödlichen Überdosierung.

Der pensionierte Lehrer und passionierte Hobbymusiker war 85 Jahre alt, als er Mitte März an unstillbarem Nasenbluten starb. Ganz plötzlich hatte es angefangen. Ein Notarztwagen brachte ihn ins Krankenhaus. Auf der Intensivstation stand sein Herz still. Die Ärzte schafften es nicht, ihn wiederzubeleben.

Der alte Mann litt an Vorhofflimmern des Herzens. Jahrelang hatte er deshalb den Blutverdünner Marcumar eingenommen, ein bewährtes Medikament, das ihn zuverlässig vor drohenden Schlaganfällen schützte. Größere Blutungen – die gefährlichste Nebenwirkung von Gerinnungshemmern – waren nie aufgetreten. Um diese zu verhindern, musste sein Hausarzt aber regelmäßig die Gerinnungswerte kontrollieren.

Ab Sommer vorigen Jahres bekam er jedoch ein neues Medikament, das ihm sein Kardiologe empfohlen hatte: Xarelto (Wirkstoff: Rivaroxaban) von Bayer. Zusammen mit dem Medikament Pradaxa (Wirkstoff: Dabigatran) von Boehringer Ingelheim und weiteren Mitteln gehört es zu einer neuartigen Generation teurer Gerinnungshemmer, deren Verschreibung in den vergangenen Jahren stark zugenommen hat (siehe Grafik). Ihr größter Vorteil laut Herstellerwerbung: Bei den neuen Mitteln seien die lästigen Gerinnungstests durch die Ärzte nicht mehr nötig und deshalb auch nicht vorgesehen.

Aufgrund seines Alters war der pensionierte Lehrer ein Risikopatient; jeden Abend genoss er eine Flasche Wein, was ebenfalls das Risiko von Blutungen erhöhte. Nach einiger Zeit hatte er Blut im Urin – ein erstes Warnzeichen. Bald darauf war er tot.

Der tragische Fall weist auf eine große Gefahr hin, die mit den neuartigen Gerinnungshemmern verbunden ist: Der scheinbare Vorteil, der Verzicht auf Gerinnungskontrollen, kann auch zum Nachteil werden – und tödlich enden.

Hans Wille, Klinischer Pharmakologe am Klinikum Bremen-Mitte und Mitglied in der Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft, fordert deshalb: „Die Arzneimittelbehörden müssen dringend