

# WOOD WIDE WEB

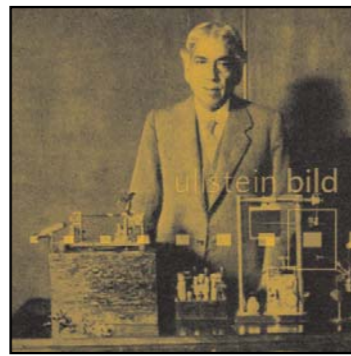
## DAS INTELLIGENTE NETZ DER PFLANZEN

Eine biologische Revolution bahnt sich an: Zunehmend entdecken Forscher, dass Pflanzen zu erstaunlichen Intelligenzleistungen fähig sind. Verantwortlich dafür ist ihr »Wurzel-Gehirn« – ein riesiges unterirdisches Kommunikationsnetz **Von Joseph Scheppach**

**KLETTERPFLANZE** Ein Mensch hangelt sich an den mächtigen Wurzeln eines Baums entlang, der die Ruinen eines ehemaligen Silberbergwerks in Mexiko »erobert« hat. Welche entscheidende Rolle Wurzeln in der Informationsübertragung zwischen Pflanzen spielen, das entdecken Neurobiologen erst jetzt

**H**at Grünzeug Grips? Können Pflanzen erkennen, was mit ihnen geschieht? Ist ein Strauch fähig, vor einer Gartenschere zurückzuweichen oder sich der Gießkanne zuzuneigen? Fühlt ein Baum Schmerz, wenn ein Mensch ihn fällt oder ihm ein Tier einen Zweig abbeißt? Rächen sich manche Bäume sogar dafür? In Südafrika verendeten 1990 über 3000 Antilopen. Die Täter: Akazienbäume! Sie halten Fressfeinde fern, indem sie bei Gefahr die Konzentration des giftigen Bitterstoffs Tannin in ihren Blättern bis zu einer tödlichen Dosis steigern. Gleichzeitig setzen sie das farblose, süßlich riechende Gas Ethylen frei, das der Wind zu den anderen Bäumen trägt – die auf dieses Alarmsignal hin ebenfalls ihre Giftstoffproduktion erhöhen.

Antilopen kennen die Gefahr: Normalerweise fressen sie niemals länger als zehn Minuten von den Blättern ein und desselben Akazienbaums. Dann wechseln sie zu einem anderen Baum – und laufen dabei immer gegen die Windrichtung: Nur dort finden sie noch nicht gewarnte Akazien. Dass es dennoch zu dem Massensterben in Süd-



**PIONIER** Der Inder Chandra Bose (1858 – 1937) und sein »Crescograph«. Mit dieser Apparatur untersuchte der Forscher das Wachstum von Pflanzen

afrika kam, hatte diesen Grund: Als die Preise für Antilopenfleisch stiegen, wurden die Tiere in Gehegen gezüchtet. Und da die Zäune sie am Weiterziehen hinderten, fraßen sie weit länger von den Akazien als in freier Wildbahn. Das war ihr Tod.

Ist die Abwehrstrategie der Akazie das Ergebnis ihrer Cleverness – oder gar Ausdruck ihres Bewusstseins? Pflanzen ein Be-

wusstsein zuzuschreiben, gilt gemeinhin als esoterische Spinnerei. Doch jetzt sprechen auch ernsthafte Wissenschaftler der vermeintlich so tumben Pflanzenwelt ein erstaunliches Ausmaß an Intelligenz und Problemlösefähigkeit zu. Diese Forscher sind drauf und dran, die Biologie zu revolutionieren – und auch unsere herkömmliche Sicht auf die Pflanzen, die 98 Prozent der Biomasse unserer Erde ausmachen.

**DIE WISSENSCHAFTLER**, von denen hier die Rede ist, haben einen neuen Forschungszweig begründet: »Neurobiologie der Pflanzen«. Neurobiologie? Natürlich haben Pflanzen kein Nervensystem, dessen ist sich auch die Neurobio-Fraktion bewusst. Doch seit dem 18. Jahrhundert ist nachgewiesen, dass es bei Pflanzen neben den gut erforschten chemischen Botenstoffen auch so genannte elektrische Aktionspotenziale gibt: Sie dienen der internen Informationsübertragung, ähnlich wie in den Nerven von Tieren und Menschen.

Die Gemeinsamkeiten gehen den Neurobiologen zufolge noch viel weiter. »Für uns gibt es zwischen Tier- und Pflanzenreich kaum Unterschiede«, sagt der Zellulärbiologe Frantisek Baluska vom Institut für Zelluläre und Molekulare Biologie der Universität Bonn. Pflanzen können riechen, schmecken, sehen, hören und sprechen. Sie haben vermutlich sogar mehr Sinne als wir Menschen. So »erspüren« Pflanzen ständig mindestens 20 verschiedene Umweltfaktoren, darunter Licht, Bodenstruktur und Schwerkraft. Und sie orientieren sich an elektrischen und magnetischen Feldern der Erde – vergleichbar den Vögeln.

Wie sind die »grünen« Neurobiologen zu diesen Erkenntnissen gekommen? Der elektrische Fluss der Informationsübertragung im »Körper« der Pflanzen lässt sich ähnlich wie bei Mensch und Tier messen und per Elektroenzephalogramm (EEG) darstellen. Dazu dringen die Wissenschaftler mit superfeinen Sonden sogar in einzelne Zellen der Pflanzen ein. Bildgebende Verfahren ermöglichen es darüber hinaus, chemische Prozesse im Inneren zu beobachten: Mit Leuchtmarkern versehene Proteine bewegen sich in der Zelle, reagieren mit anderen Molekülen – und die Forscher schauen zu.

Wie Pflanzen Umweltreize verarbeiten, damit beschäftigt sich die Bonner Forschungsgruppe seit 20 Jahren. »Wir wissen

SPL / AGENTUR FOCUS, ULLSTEIN

**Pflanzen können sehen, sprechen, riechen und hören. Ja, sie haben sogar mehr Sinne als wir Menschen. Sind sie in Wahrheit »verwandelte« Tiere?**



**PFLANZE ODER TIER?** Wenn die Meeresschnecke Pflanzen frisst, baut sie bestimmte Zellen in ihre Haut ein. Mit diesen Chloroplasten kann sie Photosynthese betreiben – und sich wie eine Pflanze von Sonnenlicht »ernähren«

jetzt, dass Pflanzen insbesondere unter der Erde intensiv miteinander kommunizieren«, erklärt Baluska. »Sie reden miteinander und auch mit bestimmten Pilzen.« Zur Kommunikation verwenden sie in Wasser gelöste Botenstoffe, die sie mit den Wurzeln »schmecken« können.

Die jüngste Entdeckung: Über die Wurzeln können Pflanzen auch zwischen ihrer eigenen Art und Fremden unterscheiden.



**WUNDERSAME WENDIGKEIT** Ein Wurzelspross (l.) bewegt sich beim Überwinden von Hindernissen ähnlich vorwärts wie eine Schlange (r.); das Ergebnis hochentwickelter Koordinationsfähigkeit

PATRICK MACCALLISTER, CORBIS

Sie erkennen ihre Verwandten und schonen sie im Kampf um Platz und Nahrung. Wächst nämlich in der Nähe ein Artverwandter, dann bilden beide Pflanzen ihre Wurzeln weniger stark aus, um sich nicht gegenseitig zu schwächen. »Gärtner wissen zwar schon lange, dass manche Pflanzenpaare besser miteinander auskommen als andere«, sagt die Entdeckerin der pflanzlichen »Vetternwirtschaft«, die kanadische Biologin Susan Dudley. »Wie die Wurzelinteraktion aber genau vor sich geht, das beginnen Wissenschaftler erst jetzt zu untersuchen.«

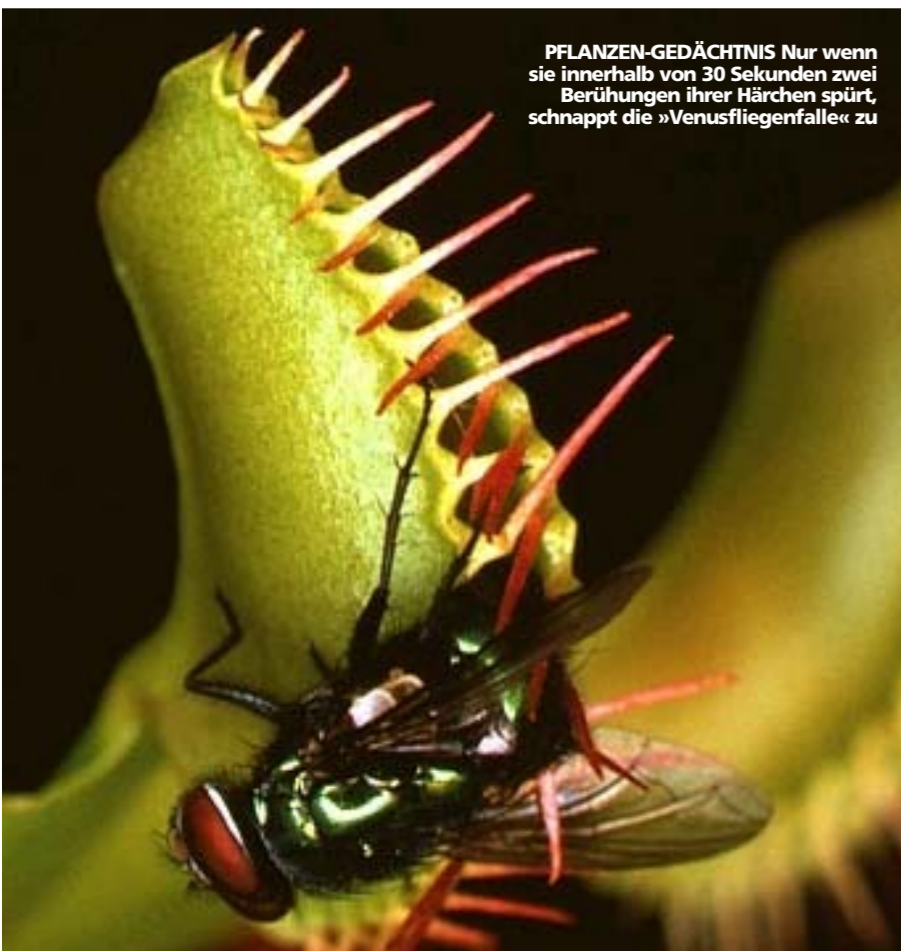
**KLAR IST:** »Wurzeln bilden ein riesiges, dynamisches Kommunikationsnetz«, sagt Baluskas akademischer Mitstreiter, der pensionierte Biologie-Professor Dietmar Volkmann. Und dieses Info-Netz ist mindestens so groß ist wie das World Wide Web. So besitzt z. B. schon eine einzige Roggenpflanze 13 Millionen Wurzelfasern mit einer Gesamtlänge von 600 Kilometern. An jeder davon wachsen Wurzelhärchen: etwa 14 Milliarden, die aneinandergereiht eine Länge von 10600 Kilometern ergeben – die Entfernung von Pol zu Pol. An der

Spitze jeder einzelnen Wurzelfaser entdecken die Bonner Neurobiologen spezialisierte Zellen. »Sie oszillieren ähnlich wie Hirnneuronen in synchronen Phasen«, erklärt Volkmann und scheut sich nicht, davon zu sprechen, dass diese Zellen »gehirnmäßige Funktionen« wahrnehmen. Zusammen bilden sie das »Gehirn« der Pflanze, den »neuronalen Wurzelstock« – gleichsam ein »Wood Wide Web«. Damit es arbeiten kann, sind die einzelnen Zellen des Gehirns durch »pflanzliche Synapsen« miteinander vernetzt – ähnlich wie bei Mensch und Tier.

Wie erstaunlich lernfähig dieses Netzwerk ist, ergab ein Versuch, bei dem die Wurzeln einer jungen Pflanze einer niedrig konzentrierten Salzlösung ausgesetzt wurden. Diese Tortur führte dazu, dass die Pflanze später sogar in höheren Salzkonzentrationen überleben konnte, die normalerweise tödlich für sie sind. Die Erfahrung der Wurzel wurde also auf die ganze Pflanze übertragen: Sie lernte, sich an die salzige Umgebung anzupassen.

Dass Pflanzen gewissermaßen mitdenken und aus ihren Erfahrungen lernen, zeigt sich auch an jungen Bäumen: Gießt man sie über einige Zeit in immer gleichen Abstän-

**PFLANZEN-GEDÄCHTNIS** Nur wenn sie innerhalb von 30 Sekunden zwei Berührungen ihrer Härchen spürt, schnappt die »Venusfliegenfalle« zu



den, prägen sie sich diesen Rhythmus ein; lässt man dann eine Wässerung ausfallen, bekommen sie dennoch einen Wachstumsschub – als wären sie gegossen worden. Erst wenn der Nährstoffnachschub mehrmals nacheinander ausbleibt, merken sie, dass der Rhythmus unterbrochen ist, und senken ihren Energieaufwand für weiteres Wachstum.

Die Fähigkeit, künftige Entwicklungen vorherzuahnen, zeigt sich auch in der Art und Weise, wie die oberirdischen Teile einer Pflanze auf einen Konkurrenten reagieren, der ihnen das Sonnenlicht »wegnehmen« will: Die von der Nachbarpflanze auf sie selbst reflektierten Strahlen liefern ihr die Informationen über die Position und die Wachstumsrichtung des Nachbarn. Und prompt ändert sie ihre eigene Wachstumsrichtung – noch bevor sie tatsächlich beschattet wird!

**DIE »PARASITÄRE** Kleeseide« ist ebenfalls ein Meister der Vorausplanung. Sie ernährt sich von anderen Wirtspflanzen – und möchte natürlich vorher wissen, ob sich der Aufwand lohnt und der Wirt genug »hergibt«. Um das zu erkunden, berührt sie ihr Opfer erst einmal mit ihren Saugnäpfchen. »Von der Einschätzung hängt ab, wie viele Windungen die Kleeseide um den Wirt legt«, schreibt der Zellbiologe Anthony Trewavas von der University of Edinburgh. »Denn je mehr Windungen, desto mehr Sprosse, um an die Nährstoffe heranzukommen. Ist die Wirtspflanze aber schwach, dann bedeuten zu viele Sprosse einen Energieverlust.« Ob die Kleeseide tatsächlich »zuschlägt«, hängt davon ab, wie sie ihre Versorgung während der nächsten vier Tage einschätzt – wäre sie nicht gesichert, würde die Kleeseide eingehen.

»Eine solche vorausschauende Planung verlangt ein flexibles Verhalten«, so Trewavas. »Das setzt Lernfähigkeit und Erinnerungsvermögen voraus. Und es erfordert Intelligenz.« Intelligenz? Ein schillernder Begriff. Er stammt aus dem lateinischen »inter-legere« – »wählen zwischen« verschiedenen Optionen. Aber eine allgemeingültige Definition von dem, was Intelligenz ist, gibt es bis heute nicht. In der Biologie wird sie häufig als »adaptives und variables Verhalten während der Lebenszeit eines Individuums« definiert. Genau dies lässt sich bei Pflanzen beobachten, meint Trewavas: Pflanzen sind adaptiv, also anpassungs-



**TEAMWORK** Wie die Passionsblume bieten viele Pflanzen den Ameisen speziell für sie produzierten Nektar an. Als Gegenleistung wehren die Tiere Schädlinge ab.

fähig, und sie können ihr Verhalten ändern. Sie versuchen, aus einer gegebenen Situation das Beste für Wachstum und Fortpflanzung herauszuholen. Und da gilt es eben auch für Pflanzen, genau abzuwägen: Wo befinden sich die meisten Nährstoffe? Wie stark ist die Konkurrenz? Wird es sich lohnen, neue Sprosse auszutreiben?

»Selbst Bakterien wird eine basale Form von Intelligenz zugesprochen, und mehrzellige Pflanzen können all das, was Einzeller können, in deutlich komplexerer Form«, sagt Trewavas. Sind Pflanzen womöglich so intelligent wie niedere Tiere? Ist eine Pflanze ein »verwandtes« Tier, wie der Biologe Raoul Francé schon 1924 schrieb? Ge-

meinsamkeiten sind durchaus vorhanden. Zum Beispiel besteht eine erstaunliche Ähnlichkeit zwischen der Hohlkonstruktion des Grashalms und dem Rückgrat der Wirbeltiere; zwischen den Wasserleitbahnen in den Pflanzen und den Blutbahnen der Tiere; zwischen den Chloroplasten der Pflanzen, die das Sonnenlicht absorbieren, und den Stäbchenzellen in der Netzhaut des Wirbeltierauges; zwischen dem grünen Pflanzenfarbstoff Chlorophyll und dem Blutfarbstoff Hämoglobin: Beide Bausteine sind fast identisch. Auch bei der Abwehr von Krankheitskeimen zeigen sich Übereinstimmungen: Bei höheren Tieren besteht das Immunsystem aus zwei Komplexen,

dem erworbenen und dem angeborenen Immunsystem. Pflanzen haben immerhin ein angeborenes Immunsystem.

**EINE VERBLÜFFENDE** Ähnlichkeit mit Tieren zeigt sich auch bei den internen Signal- und Kommunikationswegen. Wenn man ein brennendes Streichholz unter ein Mimosenblatt hält, dann schlagen selbst die Blätter in zwanzig Zentimeter Entfernung noch aus. Die elektrischen Signalleitungen führen zur blitzschnellen Reaktion, durchaus vergleichbar mit den Signalen in Nervenfasern von Tieren. Sogar die Geschwindigkeit der Signalübertragung (bis zu 20 Zentimeter pro Sekunde) ist vergleichbar: Schneller leiten auch die Nerven niederer Tiere nicht.

Ob die Mimose wohl leidet, wenn man sie ansengt? »Das ist uns nicht bekannt«, sagt Forscher Volkmann. »Doch Pflanzen haben Hormone und Proteine, die bei Menschen beim Auslösen von Schmerzen eine Rolle spielen.« Dürfen wir jetzt keinen Salat mehr essen, keine Bäume mehr fällen, keine Blumen mehr pflücken? »Alle Tiere fressen Pflanzen, direkt oder indirekt. Ohne Pflanzen gäbe es weder Tiere noch Menschen«, sagt Biologe Boller. »Es könnte die ethische Aufgabe der Pflanze sein, gefressen zu werden.«

Dass die grünen Neuroforscher den Pflanzen ähnliche Fähigkeiten zuschreiben wie den Tieren, treibt Vertreter der etablierten Wissenschaftsgemeinde auf die Palme. Zwar müssen auch traditionelle Biologen einräumen, dass es Hinweise auf pflanzliche Substanzen gibt, die wie Neurotransmitter wirken. »Aber es gibt bei Pflanzen keine mit Tieren vergleichbaren Strukturen auf der Ebene der Zellen, der Gewebe oder Organe«, wettern 30 Wissenschaftler im Fachblatt »Trends in Plant Biology«. Sie fürchten, dass mit der Pflanzenneurobiologie die Wissenschaft der Biologie ins Fahrwasser der Esoterik gerate.

Fällt dann, woran laut Emnid-Umfrage fast die Hälfte der Deutschen glaubt, auch unter Esoterik-Verdacht: dass Pflanzen bes-

## Esoteriker glauben: Pflanzen wachsen besser, wenn man sie streichelt. Jetzt entdeckten Biologen »Berührungs-Gene«

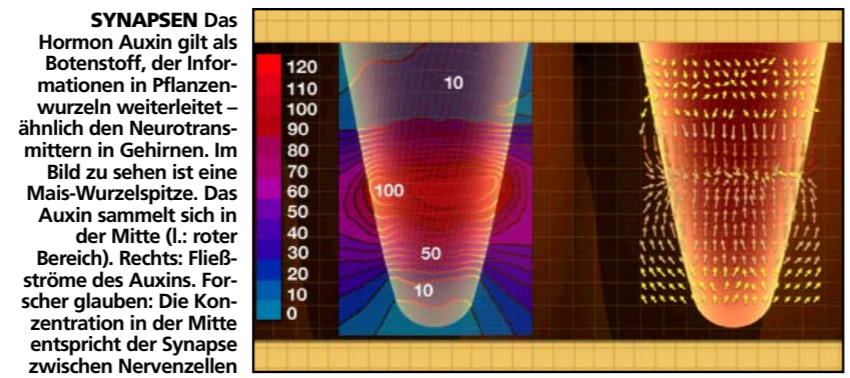
ser wachsen, wenn man mit ihnen Gespräche führt oder sie mit Barockmusik beschallt? Liebe statt Dünger? »Da muss man vorsichtig sein«, räumt auch der grüne Neurobiologe Baluska ein. Andererseits besteht kein Zweifel daran, dass Pflanzen empfindlich auf jede Art mechanischer Reize reagieren: Unsere Sprache oder Musik sind stark genug, um Pflanzenmembranen zu reizen. »Pflanzen nehmen die Frequenzen der Töne wahr, sie hören eine Bach-Sonate jedoch kaum als Musik«, sagt Baluska. »Gut möglich aber, dass solche Frequenzen Einfluss auf das Wachstum haben. Obwohl das viele Wissenschaftler nicht gern hören.«

Für unwissenschaftlich wurde lange Zeit auch die Behauptung gehalten: Pflanzen wachsen besser, wenn man sie streichelt. »Heute weiß man, dass Berührungen Pflanzen-Gene aktivieren«, sagt Volkmann. »Sie heißen Touch-Genes, also Berührungs-gene.« Sind sie erst einmal aktiviert, ändert sich das Wachstum der Pflanze: Die Stengel werden dicker. Ganz ohne Esoterik.

Die grundsätzliche Frage aber bleibt: Kann es Wahrnehmung ohne Sinnesorgane

geben, Geist ohne komplexes Gehirn? Wenn die Pflanzenneurobiologen von »pflanzlichen Synapsen« und einem »Wurzelstock-Gehirn« reden, dann mögen etablierte Wissenschaftler zu Recht fürchten, dass ein ganzes Fach in Misskredit gebracht wird, weil Begriffe aus der Neurobiologie der Tiere auf Pflanzen übertragen werden. Aber die alten Begriffe reichen einfach nicht mehr aus, um all die neuen Entdeckungen zu beschreiben. »Wir brauchen neue interdisziplinäre und ganzheitliche Forschungsansätze«, sagt Baluska. »Zellbiologie, Elektrophysiologie und Ökologie müssen enger zusammenarbeiten.« Nur so besteht überhaupt eine Chance, das Geheimnis pflanzlicher Intelligenz zu lüften, das schon vor zweieinhalbtausend Jahren den Philosophen Aristoteles umgetrieben hat. Er schrieb zwar eine durch bewusstes Erkenntnisvermögen definierte Seelentätigkeit allein uns Menschen zu – aber auch in den Pflanzen sah er eine vegetative Seele wirken. »Wenn man die Seele als das bezeichnet, was dem Wesen seine lebende Form verleiht, dann hatte Aristoteles vielleicht doch die richtige Idee«, meint der Philosoph Andreas Weber. »Seele beginnt gleichzeitig mit dem Leben.« Pflanzen sind lebendig. Mithin haben sie auch irgendeine Art von Bewusstsein, weil die Zellen, aus denen sie bestehen, es haben.

Unter den Pflanzen befinden sich die ältesten und größten Lebewesen der Erde. Und obwohl sie an ihren Standort gefesselt sind, haben sie es geschafft, sich weltweit auszubreiten. Pflanzen reagieren auf Einflüsse und Gefahren. Was aber nehmen sie von ihrer Umgebung wahr? Gibt es womöglich ein pflanzliches »Weltbild«? Der Pflanzenforschung steht eine aufregende Zeit bevor – vielleicht sogar ein Paradigmenwechsel in unserer Sicht auf die Natur. Und damit letztlich auf uns selbst. ◀◀



**SYNAPSEN** Das Hormon Auxin gilt als Botenstoff, der Informationen in Pflanzenwurzeln weiterleitet – ähnlich den Neurotransmittern in Gehirnen. Im Bild zu sehen ist eine Mais-Wurzelspitze. Das Auxin sammelt sich in der Mitte (l.: roter Bereich). Rechts: Fließströme des Auxins. Forscher glauben: Die Konzentration in der Mitte entspricht der Synapse zwischen Nervenzellen

PATRICK MACALLISTER

CORBIS

## WEBWEISER

Infos zu Neurobiologie der Pflanzen:  
<http://ds9.botanik.uni-bonn.de/>

Infos zu Biosemiotik:  
<http://www.biosemiotics2006.org/>

Fachbuch über Pflanzen-Neurobiologie:  
**Communication in Plants**. (Baluska, Mancuso, Volkmann) Springer-Verlag