

Pflanzenneurobiologie

Der neuronale Wurzelstock

Florianne Koechlin, WOZ 9/1.3.2007

Pflanzen haben weder Gehirn noch Nerven. Es gibt jedoch eine ganze Reihe von Forschungsergebnissen, die durchaus vergleichbare Strukturen nahelegen. Ein Besuch bei zwei Forschern mit aufwieglerischen Ideen.

Wenn Tomaten von Raupen angegriffen werden, bilden sie nicht nur Abwehrstoffe. Mit Duftstoffen warnen sie gleichzeitig ihre Nachbarinnen. Der Duftstoff heisst Methyljasmonat und wird auch für Parfüms verwendet. Maispflanzen senden bei Raupenbefall Duftstoffe aus und locken damit Schlupfwespen an, die die Raupen dezimieren. Pflanzen kommunizieren auf vielerlei Weise miteinander, aber nicht nur das. Sie «erspüren» Schwerkraft, Licht, Feuchtigkeit, Temperatur, Mineralien, Duftstoffe und anderes. Und sie reagieren auf diese Signale: Sie ändern zum Beispiel ihr Wachstum oder die Anzahl der Blätter oder den Zeitpunkt der Blüte. Manche ForscherInnen sind überzeugt, dass Pflanzen ein Erinnerungsvermögen haben und lernen können. Schon seit langem wird vermutet, dass es pflanzliche Strukturen gibt, die ähnliche Funktionen ausüben wie unser Nervensystem. Doch konnte sich das Biologieestablishment nie recht mit diesem Ansatz anfreunden. Vor zwei Jahren nun fassten sich der Zellularbiologe Frantisek Baluska vom Institut für Zelluläre und Molekulare Biologie der Universität Bonn und der Florentiner Elektrophysiologe Stefano Mancuso ein Herz und gründeten die Gesellschaft für Pflanzenneurobiologie, die dafür sorgen will, dass diesem Feld endlich der gebührende Platz auf der Forschungsagenda eingeräumt wird. Neurobiologie? Natürlich haben Pflanzen kein Nervensystem, dessen sind sich die beiden Pioniere durchaus bewusst. Doch ist schon lange bekannt, dass es bei Pflanzen neben den gut erforschten chemischen Botenstoffen auch sogenannte elektrische Aktionspotenziale gibt. Es ist denkbar, dass diese der internen Informationsübertragung dienen, ähnlich wie in den Nerven der Tiere und Menschen.

Wood Wide Web

Frantisek Baluska und Dieter Volkmann leiten je eine Forschungsgruppe am Bonner Institut. Seit zwanzig Jahren untersuchen die beiden, wie Pflanzen auf Umweltsignale reagieren, besonders im Wurzelbereich. «Wir wissen, dass Pflanzen unter der Erde intensiv miteinander kommunizieren», sagt Dieter Volkmann. «Sie reden miteinander und auch mit bestimmten Pilzen. Dieses unterirdische Kommunikationsnetz ist mindestens so gross wie das World Wide Web, es ist ein riesiges dynamisches Netz.» Pflanzen verwenden zur Kommunikation in Wasser gelöste Botenstoffe; mit den Wurzeln können sie diese Stoffe «schmecken» – so funktioniert das Wood Wide Web. «Pflanzen haben vermutlich mehr Sinne, also mehr Sensoren als wir Menschen oder besser: als von Menschen und Tieren bekannt sind», sagt Baluska. «Wurzeln können sich offenbar in Magnetfeldern orientieren wie Vögel. Auch elektrische Felder benutzen sie zur Orientierung.» Volkmann fügt an, er habe vor zwanzig Jahren in einem Interview gesagt, Pflanzen könnten riechen, schmecken, sehen und hören. Das habe einen Riesenaufbruch provoziert. Unterdessen sei vieles bestätigt worden.

Schöner wachsen mit Bach?

Auch hören? Pflanzen, die mit Barockmusik besser wachsen – da gerät man leicht in esoterisches Fahrwasser. Baluska bestätigt: Man müsse da vorsichtig sein. Doch Pflanzen seien empfindlich auf jede Art mechanischer Reize. Unsere Sprache oder Musik seien offenbar stark genug, um die Pflanzenmembranen zu reizen.

«Pflanzen nehmen die Frequenzen der Töne wahr, sie hören eine Bach-Sonate aber kaum als Musik. Gut möglich, dass solche Frequenzen Einfluss auf das Wachstum haben. Obwohl das viele Wissenschaftler immer noch nicht gern hören.» Volkmann nennt ein ähnliches Beispiel: Als vor rund zwanzig Jahren einige Forscher behaupteten, Pflanzen reagierten auf Streicheln, galt das als abwegig. Sie streichelten Sonnenblumenkeimlinge jeden Tag ein paar Mal und beobachteten, dass sie dickere Stängel bildeten und kleiner wuchsen. Heute wisse man, dass die Berührungen gewisse Gene aktivierten. Sie heißen Touch-Genes, also Berührungsgene. Sind die Touch-Genes erst einmal aktiviert, ändert sich das Wachstum der Pflanze; die Stängel werden dicker. Und das ohne Esoterik, sagt Volkmann. Die Neurobiologie von Tier und Mensch umfasst drei Bereiche: Sinneszellen, Nervenzellen und Gehirn. Wer sich den Finger verbrennt, zieht ihn sofort zurück. Die Sinneszellen an der Fingerkuppe registrieren die plötzliche Hitze und wandeln die Information in elektrische Aktionspotenziale um. Nervenzellen leiten diese in Sekundenbruchteilen ins Gehirn. Die Antworten des Gehirns sind einerseits der Befehl an die Muskelzellen, den Finger zurückzuziehen, andererseits die Schmerzempfindung. Das Nervensystem ermöglicht blitzschnelle Reaktionen. Bei Pflanzen seien in den letzten Jahren viele analoge Mechanismen gefunden worden, sagt Frantisek Baluska. Doch es ist unbestritten: Nerven haben sie keine. Wie reicht die Pflanze elektrische Aktionspotenziale weiter? Baluska erklärt: «Im Stängel und in den Wurzeln einer Pflanze stehen die Zellen röhrenförmig und geordnet übereinander. Sie sind stabil, und sie verlaufen immer in eine Richtung, von oben nach unten oder von links nach rechts. Das ist nicht so ein Durcheinander wie in tierischem oder menschlichem Gewebe. Darüber hat man bisher nicht viel nachgedacht.» Die Pflanzenneurologen vermuten, dass die Aktionspotenziale diesen Röhren, den Zellreihen, entlang geleitet werden. Elektrophysiologische Messungen von Stefano Mancuso und anderen hätten dies bestätigt. Zudem, ergänzt Volkmann, seien in den letzten Jahren viele Moleküle bei Pflanzen entdeckt worden, die unseren Neurotransmittern ähneln. Das sind chemische Moleküle, die die Signalübermittlung zwischen einer Nervenzelle und ihren Nachbarinnen – einer weiteren Nervenzelle, einer Sinnes- oder Muskelzelle – regeln. Fast alle bekannten Neurotransmitter hat man laut Volkmann auch in Pflanzen gefunden. Pflanzen produzieren zudem viele Substanzen, die Nervenzellen direkt beeinflussen können – wir kennen sie als Drogen wie Cannabis, Nikotin, Coffein. Susan Murch vom Institut für Ethnobotanik in Kalaheo (USA) schreibt, man habe lange Zeit geglaubt, diese chemischen Moleküle dienten der Pflanze vor allem zur Abwehr von Schädlingen. Neuere Untersuchungen indessen legen nahe, dass sie auch für die Regulierung wichtiger Prozesse innerhalb der Pflanze eine Rolle spielen. Ein Gehirn sucht man bei Pflanzen natürlich vergebens: «Das brauchen sie auch nicht», sagt Baluska. «Sie haben einen diffusen Kommandobereich, der Reize von aussen wahrnimmt, darauf reagiert und sich immer wieder auf Neues einstellt. Wir glauben, dass Bereiche nahe den Wurzelspitzen dabei eine wichtige Rolle spielen. In der Wurzelspitze selber befinden sich viele Sinneszellen. Doch gleich anschliessend folgt eine Zone, deren Zellen sich weder teilen noch strecken – das ist ungewöhnlich. Diese Zellen aber sind elektrophysiologisch besonders aktiv.»

Denken an der Wurzel

Frantisek Baluska zeigt auf dem Bildschirm eine Maispflanze mit ihrem riesigen Wurzelwerk: Tausende kleiner Wurzelspitzen bilden ein undurchdringliches Netz, viel voluminöser, viel breiter und grösser als der Maisstängel über der Erde. Jeder einzelne der dünnen Wurzelzweige habe eine solche Zone, die wahrscheinlich gehirnähnliche Funktionen wahrnehme, sagt Volkmann. Alle zusammen bildeten – er scheut vor dem Begriff nicht zurück – das «Gehirn» der Pflanze. «Dafür spricht auch, dass das ganze System von sich weiss, wie gross es ist, ob es genügend Wasser hat, in welcher Umgebung es lebt.» Baluska und Volkmann räumen ein, dass sie erst mit Hypothesen arbeiteten – und mit gewagten noch dazu. Noch sei vieles nicht erhärtet. Wie reagieren die KollegInnen? «Natürlich gibt es viele Gegner», sagt Dieter Volkmann. «Sie sagen, Pflanzen haben keine Nerven, also soll man nicht von Neurobiologie sprechen. Wir erwähnen dann, dass Forscher vor rund achtzig Jahren in Pflanzen das Hormon Auxin entdeckten. Es hiess gleich, das könne nicht möglich sein, Hormone gebe es nicht bei Pflanzen, aber bald fand man noch andere. Sie wurden Phytohormone genannt – Pflanzenhormone also –, und dieser Ausdruck hat sich etabliert. Inzwischen fand man viele Hormone, die bei Tieren wie bei Pflanzen vorkommen.» Frantisek Baluska ergänzt: «Bisher gab es in der Pflanzenphysiologie kaum elektrophysiologische Untersuchungen. Pflanzen mit Nerven – das war suspekt. Niemand wollte ein Gebiet finanzieren, dem im Entferntesten der Ruch des Esoterischen anhaftete. Erst in den letzten Jahren begann sich dies zögerlich zu ändern. Es ist schwer, solche Dogmen und Denkblockaden aufzuweichen. Für die Forschung bedeutete dies zehn bis zwanzig Jahre Stillstand.»

Überfällige Entwicklung

Die neuen Erkenntnisse und Thesen bedeuten eine Abkehr von der immer noch weit verbreiteten Vorstellung, Pflanzen seien eine Art Roboter, die stur einem eingebauten genetischen Programm folgen und auf den gleichen Reiz immer gleich reagieren. Viele ForscherInnen geben heute zu, dass dieses mechanistische Bild zu kurz greift. Doch die meisten gehen nach wie vor nicht so weit, Pflanzen nervenähnliche Strukturen zuzugestehen. Zwei Kongresse hat die Gesellschaft für Pflanzenneurobiologie schon veranstaltet, seit kurzem erscheint auch eine wissenschaftliche Zeitschrift zum Thema. Bei der Namenwahl zeigte sich allerdings, wie umstritten der Begriff «Neurobiologie» ist. Eigentlich sollte das Blatt «Plant Neurobiology» heissen, doch nach Diskussionen unter den KongressteilnehmerInnen einigte man sich auf den weniger verfänglichen Namen «Plant Signaling and Behavior». Die Forschung, sagt Baluska, habe in den letzten Jahren derart viele neue Erkenntnisse gebracht, dass sie mit der konventionellen Denkweise nicht mehr hätten bewältigt werden können. Eine Plattform für die Erforschung von Kommunikations- und Informationsnetzwerken sei überfällig gewesen. Nötig seien neue, interdisziplinäre und holistische Forschungsansätze, ein enges Zusammengehen von Zellbiologie, Elektrophysiologie und Ökologie. Und wie steht es mit der unsanft ausgerissenen Karotte – empfinden Pflanzen Schmerzen? «Das wissen wir nicht», sagt Baluska. «Sie nehmen aber wahr, wenn sie ein Problem haben.» Wenn man ein brennendes Streichholz unter ein Mimosenblatt halte, würden die Blätter auch in zwanzig Zentimeter Entfernung noch ausschlagen. Sie reagierten blitzartig. «Ob sie dabei leiden, ist uns nicht bekannt. Natürlich höre ich keinen Schmerzensschrei, doch die Pflanze reagiert heftig.» Und Volkmann ergänzt nachdenklich: «Pflanzen haben Hormone und Proteine, die bei Menschen bei der Auslösung von Schmerzen eine Rolle spielen.» Zum Glück fallen Äpfel zumeist ins weiche Gras.