



FOTO: MPI FÜR CHEMISCHE ÖKOLOGIE

Mit der Entdeckung der Insektenpheromone konnte die Bekämpfung von Schadinsekten revolutioniert werden – ein Glanzlicht der chemischen Ökologie. Die neuesten Erkenntnisse über die komplexen Beziehungen zwischen Pflanzen, Tieren und Mikroben diskutierten rund 300 Wissenschaftler aus mehr als 20 Nationen auf dem 23. Jahreskongress der International Society of Chemical Ecology (ISCE) im Juli in Jena, den das **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR CHEMISCHE ÖKOLOGIE** mitorganisiert hat.

Der stumme Schrei der **Limabohne**

Entspannt auf einer Sommerwiese liegen, dem Surren der Bienen lauschen, eine Raupe beobachten, wie sie gemächlich einen Stängel hinaufkriecht, Blattläuse, die sich bereitwillig von Ameisen betriegen und melken lassen – eine friedvolle Szenerie an einem sanften Hang oberhalb des thüringischen Jena.

Doch was für eine Illusion. Dramen sind es, die sich in Wiese, Wald oder Hecke abspielen, Dramen von Tod und Untergang, Jagd und Verlockung, Angriff und Abwehr. Nur weil dem Menschen die Sinnesorgane dafür fehlen, entgeht uns der tägliche Kampf ums Überleben, der sich zwischen Pflanzen und ihren Widersa-

chern abspielt, den Insekten, Pilzen, Bakterien und Viren.

Lockrufe, Warnrufe, Hilferufe – wir nehmen sie nur selten wahr, weil sie nicht akustisch oder optisch verschlüsselt sind. Wir kennen sie nur als betörenden Duft eines Blumenstraußes oder als das schwere Bouquet einer frisch gemähten Wiese.

Chemische Moleküle, abgegeben in feinsten Konzentrationen, sind das Kommunikationsmittel der Pflanzen. Könnten wir sie sehen – eine Wiese oder ein Stück Wald wären durchzogen von zart wabernden Duftwölkchen und Molekülfahrten. Könnten wir sie hören – das Kampfgeschrei zerstörte jede Sommeridylle. Aber den Menschen fehlt der natürliche Sinn und das Verständnis für die Molekülsprache der Pflanzen.

Unten in der Stadt an der Saale traf sich eine Gruppe von Wissenschaftlern, die diese Sprache versteht, sie entschlüsselt, Molekül für Molekül. Chemische Ökologen sammeln in ihrem Forscherleben Substanzen wie Taxonomen Käfer in ihren Kästen. Jeder neue Stoff, den sie erfolgreich synthetisieren, ist ein Buchstabe mehr im Alphabet der chemischen Kommunikation. Ihre neuesten Ergebnisse präsentierten und diskutierten sie mit ihren Kollegen auf der jährlichen Konferenz der International Society of Chemical Ecology (ISCE). Dass das 23. Treffen in Jena stattfand, der Stadt Ernst Haeckels, des „deutschen Darwin“, der den Begriff Ökologie einführte, war kein Zufall. „Das Max-Planck-Institut für chemische Ökologie feiert zehnjähriges Bestehen in diesem Jahr“, sagt Konferenzorganisator Wilhelm Boland, Direktor der Abteilung für bioorganische Chemie am Jenaer Institut.

Darüber hinaus gilt Jena sogar als eine der Geburtsstätten der chemischen Ökologie und der Erforschung der Abwehrchemie der Pflanzen: Hier untersuchte schon vor 120 Jahren Ernst Stahl, wie Pflanzen auf Schneckenfraß reagieren. Allerdings ging – wie so oft in der Geschichte der Wissenschaft – sein Ansatz verloren, und erst in den 1950er- und 1960er-Jahren waren es Insektenforscher, die den Blick der Chemiker auf die Reaktionen der Pflanzen auf Insektenangriffe lenkten. Seitdem haben sie große Teile des Kommunikationspuzzles entschlüsselt. „Wir haben zum Beispiel gelernt, dass sekundäre Stoffwechselprodukte, die der pflanzliche Organismus nicht di-

rekt zum Überleben benötigt, durchaus eine Funktion haben“, sagt Boland. Mehr als 200 000 solcher sekundären Metaboliten kennen die Wissenschaftler inzwischen.

DIE VIELFALT SEKUNDÄRER STOFFWECHSELPRODUKTE

Während primäre Stoffwechselprodukte, wie Aminosäuren und Zucker, grundlegende Überlebensfunktionen erfüllen, nutzen sekundäre Stoffwechselprodukte eher indirekt dem Überleben: So setzen Pflanzen sie etwa als Farb- und Duftstoffe in Blüten und Früchten ein, um Bestäuber

heruntergeregt. Das alles können Wissenschaftler inzwischen sehr gut nachvollziehen. Nur was in den ersten Sekunden bis Minuten passiert, wenn eine Raupe ihre ersten Bissen aus einem Blatt reißt, das lag lange Zeit im Dunkeln. Massimo Maffei von der Universität Turin und Wilhelm Boland haben Licht in dieses frühe Zeitfenster gebracht. Vorerst wichtigste Entdeckung: Die Fraßtacke einer Raupe verändert das elektrische Potenzial der betroffenen und angrenzenden Zellen derart, dass die daraus resultierende Depolarisationswelle sich innerhalb von Minuten



FOTO: NORBERT MICHAKE

An die 100 Vorträge wurden auf dem 23. Jahreskongress der International Society of Chemical Ecology in Jena gehalten. Das Themenspektrum reichte von pflanzlicher Verteidigung, Interaktion mit Mikroben bis hin zu Evolution und Adaptation.

oder die Samen verbreitende Tiere anzulocken. Sie bilden aber auch einen großen Teil der pflanzlichen Abwehrkräfte, entweder als Botenstoffe wie die Pflanzenhormone Jasmonsäure und Acetylsäure oder als Abwehrsubstanzen wie die Senfölglykoside, die Terpene oder die Tannine.

Bis eine Pflanze ihre Abwehr aktiviert hat, vergeht einige Zeit: Substanzen werden synthetisiert, Enzyme auf den Weg geschickt, Gene für deren Produktion herauf- und

alarmierend über das gesamte Blatt ausbreitet. „Jetzt müssen wir noch die Verbindung zu den zeitlich darauffolgenden Signalkaskaden herausfinden“, sagt Maffei.

Um diese und andere Reaktionen der Pflanzen auf Angriffe durch Fraßfeinde kontrolliert zu untersuchen, setzen Boland und seine Kollegen auf einen mechanischen Helfer – MecWorm, eine Art Stanzroboter: „Damit können wir erstmals kontinuierlich und über lange Zeit Fraßverletzungen nachstel-



Die Poster-Sitzungen boten hinreichend Raum für angeregte Diskussionen.

len und vor allem getrennt untersuchen, welchen Einfluss der Speichel des Fraßfeindes und welchen die reine mechanische Beschädigung hat“, sagt Boland.

Erste Genanalysen an der Acker-schmalwand zeigen, dass durch den Speichel tatsächlich Tausende voll-kommen anderer Gene in der Pflanze herauf- oder herunterreguliert werden als durch die reine Fraßverletzung. „Und zwar nicht nur im verletzten Blatt, sondern auch in weit entfernten Bereichen der Pflanze“, so Boland. Ein Beleg dafür, dass es im Speichel Signalstoffe gibt, die für die Reizweiterleitung von der geschädigten Stelle in andere Pflanzenteile verantwortlich sind.

„Wir wissen inzwischen, dass im Speichel Substanzen existieren, die in Zellmembranen Kanal-bildend sind“, erklärt der Max-Planck-Forscher. Kanäle in Zellmembranen sind die Tore für zum Beispiel Kalzium- oder Chlorid-Ionen, mit denen unter anderem das elektrische Potenzial an den Membranen aufgebaut wird und dann von Zelle zu Zelle wandert. Auch Massimo Maffei's Untersuchungen des elektrochemischen Potenzials in den ersten Sekunden nach Befall weisen auf entscheidende Stoffe im Speichel der Pflanzenfresser hin: „Die Depolarisation fällt bei dem rein mechanischen Schaden durch MecWorm

viel schwächer aus als bei einem echten Herbivor“, sagt Maffei.

Es sieht fast so aus, als ob der Angreifer mit Substanzen im Speichel die Pflanze dabei unterstützt, dass sie Alarm geben kann. Ob ein Insekt oder eine Raupe etwas davon hat? „Das kann man nie ganz ausschließen, denn wir dürfen nicht vergessen: Pflanze und Herbivor stehen in einem ständigen Wettrüsten auf allen Ebenen. Und da sollte man erwarten, dass das Insekt die Pflanze zu seinen Gunsten manipuliert, auf welche Weise auch immer“, erklärt Boland. Untersuchungen zeigen immer wieder, dass die Feinde der Pflanzen auch Gegenstrategien entwickelt haben, um die pflanzliche Verteidigung auszuhebeln. So geben sie mit dem Speichel Enzymhemmer in die Wunde, um die Abwehrsubstanzen zu neutralisieren.

Manche Pflanzen gehen dem Wettrüsten allerdings elegant aus dem Weg – wie Erbse, Bohne oder Ulme. Sie versuchen ihren Gegner so früh wie möglich zu schlagen und warten nicht erst, bis ein Insekt angefliegen oder eine Raupe den Stängel hinaufgekrochen kommt, um zum ersten Bissen anzusetzen. Ihre Strategie lautet: Merze die Brut so früh aus wie möglich. Und das kann man wörtlich nehmen. „Diese Pflanzen versuchen, sich schon der Eier zu entledigen, da-

mit sich erst gar keine Fraßfeinde entwickeln“, sagt Monika Hilker, Professorin am Institut für Biologie der Freien Universität Berlin.

Dabei gibt es für die Pflanzen zwei Wege: Bohnen-, Reis- und Kartoffelpflanzen etwa bilden neues Gewebe oder produzieren giftige Substanzen, um die Eier der Schädlinge regelrecht abzustößeln. Ulmen, Kiefern oder auch Rosenkohl rufen mit Duftstoffen parasitoide Wespen zu Hilfe. Sie vernichten den Blattparasiten, indem sie seine Eier als lebende Brutkästen für ihren Nachwuchs nutzen.

Die Arbeit anderen zu überlassen ist eine Verteidigungsvariante, auf die auch Pflanzen setzen, die erst durch die Attacke ausgewachsener Fraßfeinde in Alarmbereitschaft gesetzt werden – so wie die Limabohne, ein Rankengewächs aus Lateinamerika, dem sich auch Wilhelm Bolands Arbeitsgruppe widmet. Die Bohnenranke lockt mit einem „süßen Hilferuf“ quasi Abwehrtruppen herbei, wenn sie von Blattläusen oder Käfern angegriffen wird. Das Anknabbern der Blätter löst in der Pflanze nämlich eine Nektarproduktion aus: Aus kleinen extrafloralen Nektarien in den Blattachsen perlen dann winzige, schimmernde Nektartropfen hervor. Ihr süßer Duft lockt Ameisen an, die sich der Angreifer annehmen und die süße Kalorienbombe als Belohnung aufsaugen.

INFORMATION AUF DEM LUFTWEG

Die Limabohne lockt aber nicht nur fremde Hilfe an, sondern warnt über Duftstoffe auch Nachbarpflanzen, die somit einem Angriff zuvorkommen können, indem sie ebenfalls Nektartropfen produzieren. Diese Beobachtung stellt Biologen allerdings vor ein generelles Problem: „Warum warnt eine Pflanze den Nachbarn, mit dem sie ja um Ressourcen konkurriert?“, fragt Martin Heil, Professor an der Universität Duisburg-Essen, der in einem gemeinsamen Projekt mit Wilhelm Boland die Limabohne erforscht hat. Die Lösung: Die Nachbarpflanze ist gar

nicht der eigentliche Empfänger. Es sind weitere Blätter der eigenen Zweige, die eine angeknabberte Limabohne mit den Duftstoffen auf den Angriff vorbereitet. „Die Nachbarzweige auf diese Weise über den Angriff zu informieren, ist viel schneller, als ein Signal durch die Pflanze zu schicken“, erläutert Heil.

Das Warnsignal müsste vom ange-fressenen Blatt zum Zweig laufen, hinunter zum Hauptstamm und von dort den Nachbarzweig hinauf: „Da kommen schnell ein paar Meter zusammen“, so der Ökologe. Dabei ist das benachbarte Blatt nur wenige Zentimeter entfernt – Luftlinie ist auch bei Limabohnen die kürzeste Verbindung. Eine solche Abkürzung konnte sich die Evolution nicht entgehen lassen. Die Nachbarpflanzen sind nur ungewollte Nutznießer dieser duftenden Warnung.

Im Kampf ums Überleben spielen flüchtige Substanzen nicht nur über, sondern auch unter der Erdoberfläche eine Rolle. Sie kommen auch dort den Pflanzen zugute, stammen aber von jemand anderem, wie Birgit Piechulla, Biochemikerin von der Universität Rostock, erstmals aufdeckte. Einzeller geben einen noch weitgehend unbekanntem Cocktail aus Duftstoffen in den Erdboden ab und verbessern damit die Wachstumsbedingungen für die Pflanze. „Die flüchtigen Substanzen wirken wie Antibiotika“, sagt Piechulla. „Da zwischen den Bodenpartikeln genug Platz ist, können sie sich dort besser verbreiten als etwa in einer Flüssigkeit.“

In mehreren Versuchsreihen testeten die Wissenschaftler Molekülcocktails unterschiedlicher Boden bewohnender Bakterien wie *Stenotrophomonas maltophilia* oder *Bacillus subtilis* an verschiedenen Pilzen.

Bei einigen Pilzen verhinderten die Duftbomben das Wachstum nahezu vollständig, andere Pilze wurden allerdings kaum oder gar nicht beeinträchtigt. „Wir wissen jetzt, dass die Bakterien einen negativen Effekt auf im Boden vorkommende Pilze haben können“, sagt Birgit Piechulla. Möglicherweise wirken einige Substanzen

im bakteriellen Duftcocktail aber sogar wachstumsfördernd auf die Pflanzen. Denn als Piechulla die Wurzeln von *Arabidopsis* unter sterilen Bedingungen ohne Pilzbewuchs mit dem Bakterienparfüm begaste, wuchsen sie besser als ohne Duftbehandlung.

Auch hier stellt sich, wie schon bei der Limabohne, die Frage: Was haben Bakterien davon, wenn sie die für die Pflanze so vorteilhaften Duftstoffe produzieren? In einem ökologischen System gibt es ja viele verschiedene Organismen, die nicht nur miteinander kommunizieren, sondern sich auch gegenseitig in Schach halten müssen. Vielleicht hemmen die Düfte Konkurrenten. Als denkbare Gegner kommen Organismen wie Viren, Bakterien, Nematoden, Pilze – aber natürlich auch Pflanzen – infrage.

BAKTERIEN ALS GIFTPRODUZENTEN

Doch Bakterien können dem Grünzeug, sogar im Verbund mit Pilzen, auch den Garaus bereiten. Dabei gehen sie so geschickt vor, dass sie gar nicht als der eigentliche Killer erkannt werden. Beispiel: der mikroskopisch kleine Pilz *Rhizopus microsporus*. Er befällt die Wurzeln junger Reispflanzen und ist deshalb ein weltweit gefürchteter Erntefeind. Der Pilz sondert ein Gift namens Rhizoxin ab, das zur Reiskeimlingsfäule führt. Der Angriffsmechanismus des Giftes ist bestens bekannt: „Das Toxin hemmt die Zellteilung, indem es gezielt an das Eiweiß beta-Tubulin bindet und so die Mitose verhindert“, erklärt Christian Hertweck vom Hans-Knöll-Institut in Jena, der den eigentlichen Giftproduzenten aufspürte. Denn es ist gar nicht der Pilz, sondern ein Bakterium der Gattung *Burkholderia*, das den Pilz bewohnt und in seinem Schutz das Rhizoxin herstellt, wie Hertweck und seine Kollegin Laila Partida-Martinez zweifelsfrei nachweisen konnten.

Die Forscher wussten, dass eine Polyketid-Synthase, ein Enzym für die Herstellung eines Polyketids, notwendig ist, um das Gift zu produzieren (Polyketide sind eine der



Orientierungssuche im Vorlesungsmarathon.

größten Naturstoffklassen). Als sie das Pilzgenom nach den entsprechenden Genen absuchten, fanden sie zur eigenen Überraschung keine. Stattdessen brachte sie die alte Vermutung, dass Bakterien die eigentlichen Produzenten vieler Pilzgifte sein könnten, auf die richtige Spur. „Uns gelang es tatsächlich als Erste, das Bakterium zu isolieren, zu kultivieren und das Toxin zu produzieren“, sagt Hertweck.

Wie für eine Symbiose typisch, haben Pilz und Bakterium beide etwas von der tödlichen Kumpanei, weil sie ihre Nährstoffe aus der absterbenden Reis-pflanze beziehen. Der Pilz ist dabei so abhängig vom Bakterium, dass er sich ohne dieses gar nicht mehr fortpflanzen kann. „Wenn wir das Bakterium entfernen, bildet der Pilz keine Sporen mehr aus“, so Hertweck. Ob man jetzt die Reiskeimlingsfäule besser in den Griff bekommt, müsse sich aber erst noch zeigen: „Man kann nicht Antibiotika gegen das Bakterium auf den Feldern versprühen.“

Da die Wissenschaftler jetzt aber die eigentliche Giftfabrik, das Bakterium, kennen, lässt sich das Wissen vielleicht nutzen, um wirkungsvollere Varianten von Rhizoxin als Tumorgift zu entwickeln, denn: Dass das Gift die Zellteilung auch bei Krebstumoren verhindert, ist schon länger bekannt und hat immer wieder auch das Interesse von Krebsforschern geweckt. Zu einem durchschlagenden Erfolg ist es dabei aber bisher nicht gekommen. Das wäre vielleicht ein neues Glanzlicht der chemischen Ökologie. MARCUS ANHÄUSER

„Pflanzen wurden die meiste Zeit unterschätzt“

Seit vielen Jahren wissen die Forscher, dass der Angriff von Fraßschädlingen Abwehrreaktionen bei der Pflanze auslöst, die durch chemische Signalkaskaden innerhalb des Organismus übermittelt werden. Völlig im Dunkeln blieben dabei aber lange Zeit die durch einen solchen Angriff früh ausgelösten Ereignisse in der Pflanze. **MASSIMO MAFFEI** von der **UNIVERSITÄT TURIN** und **WILHELM BOLAND** vom **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR CHEMISCHE ÖKOLOGIE** in Jena sind Pioniere bei der Erforschung dieser ersten Momente einer Insekten-Pflanzen-Interaktion. **MAXPLANCKFORSCHUNG** hat die beiden Wissenschaftler am Rande der Jahrestagung der Internationalen Gesellschaft für Chemische Ökologie befragt.

MAXPLANCKFORSCHUNG: Wissenschaftler können inzwischen ganz gut nachvollziehen, was bei einem Angriff durch ein Insekt innerhalb einer Pflanze abläuft. Nur ganz am Anfang, in den ersten Sekunden und Minuten, war lange Zeit nicht klar, was passiert. Warum wurde das bisher übersehen?

WILHELM BOLAND: Es arbeitete niemand an diesen Fragen. Es ging bis vor fünf, sechs Jahren vor allem um Pflanzenhormone, die ja erst viel später nach einem Angriff entstehen – wie interagieren sie mit anderen Substanzen und wie kontrollieren sie die Abwehr. Und natürlich ging es um das Messen von sekundären Stoffwechselprodukten, von denen man ja früher dachte, sie hätten überhaupt keine Funktion. Heute weiß man, wie wichtig sie für die Abwehr der Pflanze sind. Erforscht wurde das mit den in der Biologie und Chemie etablierten Methoden wie Microarrays oder anderen molekularbiologischen Techniken. Damit kann jeder arbeiten. Aber: Mit den „early events“, also den Reaktionen der Pflanze in den ersten Sekunden bis etwa 20, 30 Minuten eines Insektenangriffs, ist das völlig anders. Das benötigt eine Menge Chemie und physikalisches Verständnis, vor allem für elektrochemische Methoden. Die aber können nur einige sehr spezialisierte Labore in der Welt durchführen – unter anderem eben wir hier in Jena oder in Turin.

MPF: Was passiert denn in dieser frühen Phase, wenn zum Beispiel eine Raupe die ersten Stücke aus einem Blatt reißt?

MASSIMO MAFFEI: Es gibt verschiedene Substanzen, die in unterschiedlichen Zeitfenstern agieren, jede Substanz hat ihr eigenes Timing. Als Erstes gibt es die Interaktion des Insekts mit der Zellmembran, das beeinträchtigt die Balance der Ionen, die sich auf beiden Seiten der Membran befinden. Eine Membrane hält durch Ionenpumpen aktiv einen Unterschied zwischen den Ionen der Innen- und der Au-

ßenseite einer Zelle aufrecht. Eine Seite ist negativer geladen als die andere, das nennen wir das Membranpotenzial. Dieser Unterschied zwischen außen und innen muss konstant bleiben, weil er das Gleichgewicht der lebenden Zelle darstellt. Einflüsse von außen können dieses Gleichgewicht verschieben oder völlig zerstören. Das sind die ersten frühen Signale, mit der die Zelle wahrnimmt, dass außerhalb etwas passiert.

BOLAND: Und es ist das Erste, was man mit unseren Methoden messen kann: Wenn ein Gewebe zerstört wird, kommt es in den ersten Sekunden zu einer Depolarisation der Membran.

MAFFEI: Genau. Zunächst aber nur an der Bissstelle. Die Depolarisation ist so stark, dass sie Aktionspotenziale in den Zellen auslöst. Von der Bissstelle aus breitet sich dann eine elektrische Welle über das ganze Blatt aus mit einer Geschwindigkeit von etwa einem Zentimeter pro Minute. Sekunden nach der Depolarisation strömen massiv Kalzium-Ionen in die Zelle. Noch etwas später bildet sich verstärkt Wasserstoffperoxid, was eine bekannte Reaktion ist, wenn Pflanzen von Herbivoren angegriffen werden. Erst nach etwa zehn bis zwanzig Minuten registriert man eine Veränderung in der Konzentration von Pflanzenhormonen wie Jasmon- oder Salicylsäure. Und nach etwa einer Stunde gibt es dann auch die ersten Veränderungen in der Genregulation und in der Konzentration sekundärer Stoffwechselprodukte, die dann als Abwehrstoffe eingesetzt werden.

MPF: Welche Rolle spielen denn Substanzen wie Kalzium bei einem Insektenangriff?

MAFFEI: Diese Substanzen sind in die Signalübertragung eingebunden. Das ist vergleichbar mit dem, was hier bei unserem Interview passiert: Es gibt eine Art Mikrofon, welches das Signal aufnimmt, und etwas, was es dann verstärkt. Hier haben wir jetzt den Rekorder, der das Verstärken übernimmt. Bei der Pflanze ist das die Zelle. Man braucht

etwas, um das Signal zu verstärken und dann weiterzutragen. Kalzium ist an der Weiterleitung des Signals beteiligt.

MPF: Wie hängen denn diese frühen Ereignisse und die spätere Signalkaskade, die letztlich zu der Abwehrreaktion führt, zusammen?

BOLAND: Das ist eine der entscheidenden Fragen, auf die wir bisher noch keine Antwort haben: Es gibt Vermutungen, vor allem für die Rolle des Kalziums, aber keine letztendlichen Belege. Wir wissen aber, dass viele der Enzyme, die mit der Herstellung der Pflanzenhormone zusammenhängen, durch Kalzium-Ionen aktiviert werden, etwa Phospholipasen. Das heißt: Wenn es zu einem massiven Anstieg von Kalzium-Ionen in der Zelle kommt, dann könnte dies die Phospholipasen aktivieren – und schließlich die gesamte Kaskade hinunter bis zum Phytohormon Jasmonsäure ablaufen. Das ist bisher noch nicht gezeigt worden, es ist aber eine logische Sequenz, die sinnvoll ist. Einfach ausgedrückt lautet die entscheidende Frage: Wie wird aus einer elektrischen Welle ein bedeutungsvolles physiologisches Signal?

MPF: Sind Ihre elektrophysiologischen Messungen eigentlich vergleichbar mit denen an Tierzellen?

MAFFEI: Technisch gesehen gibt es da keinen Unterschied. Bei Pflanzen erschwert allerdings die Zellwand die Arbeit. Auch das Ziel ist dasselbe: Wir wollen die Ladungsverteilung auf beiden Seiten der Zellmembran messen. Wenn positive Ionen, etwa Kalzium, in die Zelle einströmen, entsteht eine Depolarisation; wenn sie verstärkt ausströmen, eine Hyperpolarisation. Entsprechend sorgen negative Ionen wie Chlorid für die umgekehrten Reaktionen. Bei Pflanzen und Tieren wird das Membranpotenzial aktiv aufrechterhalten, auf jeweils etwas andere Art und Weise. Wie weit da die Gemeinsamkeiten gehen, kann man nur schwer sagen. Man sollte den Vergleich nicht überbeanspruchen, Pflanze und Tier sind in der Evolution nun doch schon seit ein paar Hundert Millionen Jahren voneinander getrennt.

MPF: Aber es gibt doch Forscher, die meinen, dass die Unterschiede in der Signalverarbeitung und Wahrnehmung zwischen Tieren und Pflanzen gar nicht so groß sind, wie wir immer glauben. Der Begriff der Pflanzenneurobiologie ist ja inzwischen durch alle Zeitungen gegangen. Was halten Sie davon?

BOLAND: Die Wahrheit liegt wie so oft dazwischen. Der Begriff Pflanzenneurobiologie hat genau das gebracht, was er sollte: nämlich den Blick der Menschen auf eine spezielle Art der Interaktion von Pflanzen mit ihrer Umgebung richten. Der Begriff beinhaltet kurz und bündig das gesamte Verarbeitungssystem von der Signalwahrnehmung bis hin zur Signalantwort. Wegen dieser Analogie haben die Beteiligten es als „Plant Neurobiology“



WILHELM BOLAND

bezeichnet. Es war gut, diesen Begriff zu benutzen – er hat seinen Zweck, Aufmerksamkeit zu erreichen, erfüllt. Aber jetzt nach drei, vier Jahren sollte man zu einem präziseren Begriff zurückkehren.

MPF: Welcher könnte das sein?

BOLAND: Das ist das Problem! Wir können eigentlich nur mit ein paar Sätzen umschreiben, was es bedeutet. Das macht auch den Charme des Begriffs „Plant Neurobiology“ aus. Jeder weiß, was gemeint ist. Was wir meinen, ist nichts anderes als eine sehr

umfassende Beschreibung von „ein Signal aufnehmen, das Signal verarbeiten, auf das Signal antworten“.

MAFFEI: Interessanterweise gab es dieselbe Debatte auch bei der Pflanzenphysiologie am Ende des 19. Jahrhunderts. Auch damals hieß es: Das gibt es doch nicht, eine Physiologie der Pflanzen, das gibt es nur bei Tieren. Aber inzwischen ist die Pflanzenphysiologie völlig etabliert.

BOLAND: Auch bei den Pflanzenhormonen gab es diese Debatte. Heute nennt man sie Phytohormone. Und keiner regt sich mehr darüber auf.

MPF: Aber gehen einige Vertreter nicht zu weit, wenn sie Begriffe wie Intelligenz oder Gehirn im Zusammenhang mit Pflanzen verwenden?

MAFFEI: Aus meiner Sicht tun sie das, um mit einem Vorurteil aufzuräumen: dass nur Menschen und Tiere in der Lage sind, Signale und Reize zu interpretieren und darauf zu antworten, während Pflanzen inaktiv und statisch sind. Und eine Methode, um mit Vorurteilen aufzuräumen, ist ja eine bestimmte Wahl der Worte: wenn man etwa bei Pflanzen von einer Art Selbstbewusstsein spricht, weil die Wurzeln eigene und von einer anderen Pflanze stammende Wurzeln unterscheiden können. Das ist natürlich nicht mit dem menschlichen Selbstbewusstsein vergleichbar. Aber die Zellen nehmen doch wahr: Das sind Wurzeln der anderen Pflanze und nicht der eigenen.

BOLAND: Es ist auch ein Weg, um zu zeigen, dass Pflanzen die meiste Zeit unterschätzt wurden. Man kann eine Pflanze als ein komplexes Verarbeitungssystem betrachten, genau wie ein Tier, mit vielen Sensoren und vielen Antwortelementen. Die Pflanze bekommt zu jeder Zeit mit, was in den entfernt liegenden Wurzeln oder den Blättern passiert. Wenn ein Teil gestört wird, wird das irgendwie wahrgenommen, und dieser Teil interagiert dann mit den anderen Teilen. Wenn zum Beispiel die Wurzeln Schaden nehmen, so kann das dazu führen, dass die Blätter Duftstoffe aussenden, die dann von Parasiten oder wem auch immer bemerkt werden. Die Pflanze lebt in einem gewaltigen Interaktionsraum, über und unter der Erde, erfüllt von chemischen Stoffen, die unzählige Informationen liefern. Sie ist einer Vielzahl von Interaktionen ausgesetzt. Und deshalb muss sie auch zu jeder Zeit wissen, was um sie herum passiert.

INTERVIEW: MARCUS ANHÄUSER



MASSIMO MAFFEI

FOTO: NORBERT MICHALKE

FOTO: NORBERT MICHALKE