

Florianne Koechlin
Blauen-Institut
4142 Münchenstein

fkoechlin@blauen-institut.ch

Vier Interviews zum Thema Moderne Konzepte in der Biologie zum Wesen von Pflanzen und ihrer Unterscheidung von Tieren

*Erstellt im Auftrag der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im
Ausserhumanbereich (EKAH)*

Interview-Partner:

Prof. Dr. **Bernhard Schmid**, Leiter des Instituts für Umweltwissenschaften, Universität Zürich

Prof. Dr. **Thomas Boller**, Botanisches Institut Basel, u.a. Koordinator des Integrierten Projektes
Biodiversität SPP Umwelt

Prof. Dr. **Ted Turlings**, Laboratoire d'écologie et d'entomologie, Institut de Zoologie, Université
Neuchâtel

Prof. Dr. **Fred Meins**, Friedrich Miescher Institut (FMI), Basel

August 2004

Einleitung

Bernhard Schmid und Thomas Boller fragte ich nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten von Pflanzen und Tieren sowie nach „Wahrnehmungsfähigkeiten“ von Pflanzen.

Ted Turlings Forschungsgebiet sind pflanzliche Abwehrmöglichkeiten gegen Frassinsekten. Ich fragte ihn nach seinem konkreten Forschungsprojekt.

Fred Meins ist Experte in Epigenetik (Regulation und Expression von Genen) bei Pflanzen. Ich fragte ihn nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten von Pflanzen und Tieren auf molekularer Ebene.

Doppelspurigkeiten liessen sich nicht immer vermeiden. Ich habe sie zum Teil auch absichtlich beibehalten, um die Direktheit des Gesprächs zu wahren. Besonderen Wert legte ich auf erläuternde Beispiele. Zur besseren Lesbarkeit werden Beispiele und Direktzitate kursiv hervor gehoben.

1. Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren

- Pflanzen haben eine offene Organisation; sie sind modular aufgebaut. Das offene modulare Wachstum und die Wiederholung von Teilen steht im Unterschied zu Tieren, die ein abgeschlossenes Wachstum haben. Pflanzen haben einen verzweigten Bauplan.
- Pflanzen tendieren zu einer möglichst grossen Oberfläche, damit sie ihre Ressourcen (Licht und CO₂ durch die Blätter; Nährstoffe und Wasser durch die Wurzeln) aufnehmen können. Tiere hingegen haben eine innere Oberflächenvergrösserung. Weil ihre äussere Form kompakt ist, haben sie Möglichkeit, sich fort zu bewegen.
- Tiere brauchen – auch wegen ihrer geschlossenen Form – ein zentrales Koordinationssystem, also das Nervensystem. *„Pflanzen sind Lebewesen ohne kognitives Verhalten; Pflanzen können viele Reize aufnehmen, aber es gibt nichts, was dem Nervensystem entspricht, auch wenn es gewisse Reizleitungen gibt.“*
- Tiere haben eine gewisse Individualität, eine gewisse Unabhängigkeit. Bei Pflanzen ist das anders. Wenn man bei einer Pflanze einen Teil wegnimmt, dann wächst sie trotzdem weiter.
- Pflanzliche Zellen sind totipotent; Tierzellen sind viel stärker spezialisiert. Wenn Tierzellen einmal differenziert sind, ist eine Rückkehr in den totipotenten Zustand kaum möglich. *„Also gut, man lernt jetzt immer mehr, wie man Zellen wieder zurückführen kann; die Grenzen scheinen immer mehr zu verwackeln.“*

Inwieweit ist der Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren heute noch gerechtfertigt? *„Eigentlich fast mehr als früher; man merkt doch, dass sie seit 1, 6 Milliarden Jahren auseinander sind. Der Unterschied ist ein grundsätzlicher.“*

2. Reaktionsmöglichkeiten von Pflanzen auf ihre Umwelt

„Auch Tiere haben Reizabläufe, die programmiert sind. Andererseits können Pflanzen plastisch reagieren.“

Beispiel: Wenn eine Pflanze im Boden Stickstoff finden muss, dann wächst ihre Wurzel im Boden herum, wenn sie auf eine Stelle mit erhöhter Stickstoffkonzentration stösst, dann verzweigt sich die Wurzel dort stärker. Sie zeigt plastisches Verhalten durch Wachstum.

„Tiere können dank ihrem kognitiven System flexibel reagieren. Pflanzen tun dies mit ihrer biochemischen, physiologischen, morphologischen, architektonischen Plastizität. Diese phänotypische Plastizität zeichnet Pflanzen gegenüber Tieren aus. Das ist eigentlich das spezielle Merkmal der Pflanzen. Für die Ressourcenaufnahme ist dies extrem wichtig, weil Pflanzen nicht irgendwo hin laufen können und ihre Nahrung nicht in kompakten Portionen aufnehmen. Pflanzen nehmen ihre Nahrung diffus auf, darum müssen sie ständig wachsen und ihre grosse Oberfläche optimal platzieren, um möglichst viel Licht und Wasser aufnehmen zu können. Wenn Sie jetzt in den Wald hinausgehen, dann können Sie beobachten, wie die äussersten Blätter einer Pflanze sich fast nie überlappen.“

„Eine Pflanze kann sich flexibel an ihre Umwelt anpassen durch Mechanismen, die eine sinnvolle Reaktion ermöglichen. Diese Strategien sind teilweise in der Anlage vorhanden (z.B. Verzweigungsmuster). Dann gibt es aber auch wirkliche Plastizität, welche eine optimale Anpassung ermöglicht.“

„Man kann sagen, Pflanzen sind auf eine Art viel flexibler als Tiere; sie müssen besser auf die lokale Umwelt reagieren können, weil sie ihr nicht entfliehen können. Pflanzen sind deshalb plastischer auf physiologischer Ebene und vom Wachstum her. Ein Tier kann nicht einfach statt einer Antenne ein Bein wachsen lassen, eine Pflanze kann entsprechende Dinge tun. Ein Wasserhahnenfuss zB bildet im Wasser ein geschlitztes Blatt und über dem Wasser ein ganzrandiges Blatt.“

Kommunizieren Pflanzen?

„Generell finde ich: Bei Begriffen wie Kommunikation, Erinnerung, Lernen, Wahlfreiheit, Intelligenz, Individualität ist grosse Vorsicht geboten.“

„Diese Forschung nimmt zu. Diejenigen, die von Tieren mehr wissen, sagen vielleicht: Bei Pflanzen sind dies mehr passive Mechanismen, die evoluiert sind. Pflanzen sind vielleicht so evoluiert, dass sie z.B. bei Anwesenheit von Äthylen eine bestimmte Reaktion zeigen, die in verschiedener Stresslage nützlich sein kann. Bei Tieren sei dies anders, da spiele das Nervensystem eine Rolle. Aber es ist einfach ein anderes System, um Umweltinformationen zu verarbeiten und angemessen zu reagieren.“

Beispiel: Ich hatte einmal eine Zitronengeranie. Wenn ich sie lange nicht gegossen hatte, dann roch sie viel mehr als üblich. Das ist vermutlich eine ähnliche Stressreaktion, die die Pflanze auch bei Berührung zeigte. Bei Pflanzen sagt man einfach, es sei eine Stressreaktion. Tiere, die schreien, haben ebenfalls eine Stressreaktion, die aber mit einem anderen Mechanismus abläuft.

Haben Pflanzen ein Gedächtnis/Erinnerung?

Beispiel: Wenn eine Pflanze unter guten Bedingungen angezogen wird, dann sind auch die Samen besser versorgt. Nachkommen aus diesen Samen haben einen Vorteil gegenüber Nachkommen einer Pflanze, die unter schlechten Bedingungen aufgewachsen sind.

Es gibt Situationen, bei denen man davon ausgehen muss, dass die Unterschiede nicht nur auf unterschiedlichen Ressourcen beruhen. Solche „carry over effects“ können sehr langfristig sein.

Sind Pflanzen Individuen?

Eine Pflanze ist eigentlich eine Population von kleineren Einheiten, welche im Wachstum wiederholt werden, vielleicht vergleichbar mit einer Ameisenkolonie. Das heisst auch: ein einzelnes Blatt ist fast mehr ein Individuum als die ganze Pflanze. Eigentlich gibt es eine abgestufte Individualität auf verschiedenen Stufen, von der Zelle über das Blatt bis zum Baum. Eine Gruppe von Bäumen, die zusammensteht, passen sich gegenseitig in der Form an – das ist auch wieder eine Art Individualität.

Gibt es eine gesamthafte Koordination?

Pflanzen haben ein System – wie das funktioniert, weiss man bisher noch nicht – mit welchem sie verhindern können, dass irgendwelche egoistischen Teile alles andere überwachsen. Also gibt es Gesamtkoordination, auch wenn diese nicht sehr ausgeprägt ist.

Beispiel: Wenn eine Einzelpflanze in schlechtem Boden wächst, dann muss sie mehr Wurzeln machen, damit sie das, was es hat, besser erwischen kann. Wenn aber Pflanzen verbunden sind, eine Primär-Erdbeere mit einem Ausläufertrieb zum Beispiel, und die eine Pflanze erhält gutes Licht und die andere ist in gutem Boden, dann spezialisiert sich die erste auf das Licht und macht trotz schlechtem Boden wenig Wurzeln und umgekehrt. Also eine Arbeitsteilung innerhalb der Pflanzen – da muss es einen Austausch geben, eine Art Koordination.

Haben Pflanzen eine Wahlfreiheit?

„Ich glaube nicht. Sie zeigen flexibles Verhalten, aber das ist nicht Wahlfreiheit.“

Beispiel: Eine Pflanze legt zuerst einmal so viele Blütenstände an, wie dies auf Grund der Umweltbedingungen opportun erscheint, aber sie weiss zu Beginn noch nicht, ob sie nachher von unten her genügend Ressourcen hat, es könnte ja sein, dass die Bedingungen schlecht werden, und dann müsste sie ihre Strategie ändern.

„Sie hat also eine gewisse Plastizität; es ist nicht alles deterministisch vorprogrammiert, aber das ist nicht Wahlfreiheit. Das ist eher Zufall.“

„Bei der Pflanze gibt es Situationen, die nicht deterministisch sind, und dann sagt man, es sei Zufall.“

3. Zur Würde der Pflanze

„Der Nachteil der Pflanze ist auch: Je mehr man sieht, dass eine Pflanze etwas anderes ist als ein Tier, desto weniger Chance hat sie, ethisch als eigenständiges Wesen wahrgenommen zu werden, denn man gesteht denen, welche dem Menschen am ähnlichsten sind, am ehesten Ethik zu.“

„Für mich ist klar, dass eine Pflanze auch Würde hat, und zur Würde gehört, dass sie ihre entsprechenden Lebensäußerungen zeigen kann.“

„Mir ist also vor allem wichtig, dass Populationen in ihrer Existenz nicht gefährdet werden dürfen, Darum möchte ich den Würdebegriff auch auf Arten, Unterarten und Varietäten fokussieren. Sie müssen erhalten werden, ob sie nun Menschen einen Nutzen bringen oder nicht. Beim Einzelindividuum (sofern man es denn definieren kann) sehe ich keine solch ultimativen ethischen Forderungen, obwohl natürlich ein alter Baum mit Geschichte und vielleicht noch kultureller Bedeutung sicher auch nicht einfach ohne ethische Bedenken gefällt werden kann.“

Prof. Dr. Thomas Boller, Botanisches Institut, Universität Basel (12.5.2004)

1. Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren

- Pflanzen sind autotroph ; sie sind Nahrung für den ganzen heterotrophen Bereich. Tiere sind immer Konsumenten. *„Das könnte bedeuten, dass es zum Sinn der Pflanze gehört, gefressen zu werden, und beim Tier gehört es zum Sinn des Tieres, dass es Pflanzen frisst.“*
- Pflanzen haben eine offene Bauweise, wo jeder einzelne Teil wie ein Modul des Ganzen ist. Eine Pflanze ist weniger ein Individuum als ein Dividuum. Pflanzen kann man immer wieder schneiden, bei Tieren geht das nicht.
- Ein Tier wächst nach einem bestimmten Bauplan, der geschlossen ist, immer mehr zu einem Individuum heran. Die Pflanze wächst und wächst, Meristeme teilen sich, fächern sich auf. Eine Pflanze braucht nicht ein einziges spezielles Blatt, sondern 1000e, 10'000e, 100'000e.
- Zellen haben eine grosse Autonomie. Im Grossen und Ganzen ist bei den Pflanzen die Individualität auf der Ebene von einzelnen Organen und Teilen viel grösser als bei Tieren. *Beispiel: Wenn man eine Pflanze mit Licht bestrahlt und dabei einen Teil eines Blattes abdeckt, dann bildet nur genau der im Licht bestrahlte Teil Stärke, der abgedeckte Teil nicht.*
- Hinsichtlich Komplexität gibt es auf molekularer und zellulärer Ebene keinen grundsätzlichen Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren. Auf der nächst höheren Ebene des Gesamtorganismus kommt der grosse Unterschied: Höhere Tiere haben ein Nervensystem, Pflanzen haben das nicht. Darum haben Pflanzen viel weniger Möglichkeiten für eine gesamthafte Koordination.
- *„Bei den Tieren, die uns Menschen ähnlicher sind, können wir gefühlsmässig eine Art Bewusstsein spüren; bei den Pflanzen gibt es keinen solchen gefühlsmässigen Zugang, weil Pflanzen kein Nervensystem, keine Sinnesorgane haben wie wir.“*
- Pflanzen finden das, was sie zum Leben brauchen, überall und verdünnt, diffus (Licht, Nährstoffe im Boden); Tiere ernähren sich von konzentrierten Nahrungsquellen und brauchen Beweglichkeit.
- Pflanzen sind ganz generell totipotent: Jeder Teil, und sogar eine einzelne Zelle, haben die Fähigkeit, zu einer ganzen Pflanze zu regenerieren. Das ist bei Tieren nicht so, darum gibt es

beim Klonen solche Probleme. Nicht so bei Pflanzen: Die kann man z.B. mit Stecklingen klonieren.

2. Reaktionsmöglichkeiten von Pflanzen auf ihre Umwelt

Kommunizieren Pflanzen?

„Das können Pflanzen, aber natürlich nicht in der komplexen Form, wie dies Tiere tun. Bei Pflanzen geht es vor allem um Schädlingsabwehr, um Warnung anderer Pflanzen, und mit den Wurzeln können Signale auch über die Pilze der Mycorrhiza weitergeleitet werden. So kann ein ‚Ammenbaum‘ einen Sämling über die pilzliche Mycorrhiza-Verbindung ernähren. Diese Forschung zeigt ganz neue Kommunikationsformen auf.“

Die Signalübertragung innerhalb der Pflanze ist auf zellulärer Ebene sehr ähnlich wie bei Tieren. Aber Pflanzen haben kein neuronales Netzwerk. Pflanzen haben nicht – oder nur in ganz seltenen Fällen – die Möglichkeit, Signale gezielt weiterzuleiten. Generell werden die Reize in diffuser Form weiter gegeben, nicht gezielt.

Haben Pflanzen ein Gedächtnis?

„Da, und bei allen weiteren solchen Begriffen, kommt ein bisschen Semantik hinein, wie man umgangssprachlich und mit gesundem Menschenverstand mit solchen Begriffen umgeht. Da bin ich skeptisch. Also, ein Gedächtnis oder Erinnerungsvermögen im üblichen Sinn existiert nach meiner Auffassung bei Pflanzen nicht, aber sie haben die Möglichkeit, Information in irgend einer Form zu speichern.“

Beispiel: Bohnenpflanzen heben die Blätter am Tag nach oben und senken sie in der Nacht nach unten. Diese Bewegung läuft viele Tage weiter, auch wenn die Pflanzen dauernd im Dunkel oder dauernd am Licht gehalten werden. Es scheint, als würden sie sich an den Tageslauf erinnern, aber dies hat nichts mit Erinnerungsvermögen und Bewusstsein zu tun, wie wir es von uns kennen.

Haben Pflanzen ein Immunsystem?

Bei Tieren unterscheidet man 2 Formen von Immunität: die "acquired immunity" und die "innate immunity". Acquired immunity gibt es nur bei Tieren; da werden die Gene für die Codierung von Antikörpern für jedes Individuum aus Immunglobulin-Genteilen neu, separat und unabhängig gemischt. Deshalb haben 2 Individuen nie die gleichen Antikörper. Die zweite Form von Immunität, die angeborene, innate immunity ist bei Pflanzen jedoch überraschend ähnlich wie bei Tieren. Das ist das Abwehrsystem, welches angeboren und unveränderlich ist und welches darauf beruht, dass Tiere und Pflanzen Mikroorganismen über spezifische Determinanten erkennen können. Das wurde erst in den letzten 3, 4 Jahren entdeckt. *„Unsere Gruppe hat entdeckt, dass Pflanzen das Flagellin von Bakterien erkennen können, später haben das Forschende diese Erkennungsmöglichkeit auch bei Tieren und Menschen entdeckt. Wir sehen nun plötzlich die Parallelität; man kann also vom Immunsystem der Pflanzen reden und langsam die Anführungszeichen verschwinden lassen.“*

Zur phänotypischen Plastizität von Pflanzen

Plastizität nennt man die Fähigkeit von Organismen, sich unterschiedlichen Umweltbedingungen anzupassen, so dass ihre "Fitness" (Überlebens-Chance, Fortpflanzung) optimiert wird. Bei Tieren ist insbesondere das Verhalten plastisch, viel weniger die Form und Gestalt. Pflanzen haben dagegen die Möglichkeit, vom Grundbauplan her, in Bezug auf Wachstum und Entwicklung plastisch zu reagieren.

Haben Pflanzen eine Gesamtkoordination?

FK: Ein Lindenbaum hat immer die gleiche Form, die einem Lindenblatt gleicht. Ich kann ihn schneiden und er erlangt wieder diese Form. Also muss es doch eine Art Gesamtkoordination geben?

TB: Das stimmt nur dann einigermaßen, wenn man sie ganz allein und ohne Nachbarn wachsen lässt. Wenn die Linde aber am Waldrand steht, dann wächst sie nur nach aussen in der Form einer Linde, nach innen nicht mehr. Den Baum als Ganzes würden Sie kaum mehr als Linde erkennen. Das Besondere an der phänotypischen Plastizität der Pflanzen ist, dass es keinen "vorgegebenen Bauplan" gibt, sondern dass die Pflanzen je nach Umweltbedingungen in ganz unterschiedlicher Form und Gestalt wachsen können."

Haben Pflanzen Wahlfreiheit?

TB: „Das finde ich eine gesuchte Sache, ebenso wie die Intelligenz, das kommt ganz typisch aus der menschlichen Psychologie und Philosophie.“

FK: „Ich meine da ziemlich banal, dass eine Kuh die Wahl hat, links oder rechts fressen zu gehen, oder dass eine Pflanze nicht determiniert immer die gleiche Verhaltensweise zeigt auf den gleichen Umweltreiz“.

TB: „Für unser Gefühl setzt die Wahlfreiheit ein Bewusstsein voraus, wo ich sagen kann: Ich gehe nach links oder nach rechts. Dass es das bei Pflanzen auch gibt, kann man nicht ausschliessen, aber wir haben keinen Zugang dazu, darum ist es nutzlos, darüber zu spekulieren.“

3. Zur Würde der Pflanze

„Die Diskussion hier dreht sich vor allem um Nutzpflanzen und –tiere. Aus meiner Sicht sollte ein hauptsächlich ethischer Wert gesetzt werden bei der ungestörten Natur. Die hat einen andern Stellenwert als Nutztiere und -pflanzen.“

„Wenn ich eine Pflanze schneide, dann kann ich als Physiologe messen, dass sie reagiert. Oder ich kann es riechen. Aber ich kann deswegen nicht sagen, dass sie leidet, dass dies sozusagen ein Angstschrei ist; wir haben keinen Zugang zu dieser Form von Leiden, falls es diese gibt. Bei Tieren haben wir diesen Zugang, weil Tiere uns ähnlicher sind. Darum können wir bei Tieren auch eher von Würde reden als bei Pflanzen.“

„Es gibt ganz grundsätzliche Unterschiede zwischen Pflanze und Tier. Es sind zwei radikal unterschiedliche Lebensformen, welche man je für sich definieren muss und wo man nicht von der einen auf die andere schliessen kann.“

Prof. Dr. Ted Turlings, Institut de Zoologie, Université Neuchâtel (2.6.2004)

1. Das Beispiel vom Dreieck Mais - Raupe - Wespe

Ted Turlings untersucht mit seiner Gruppe das flexible Dreiecksverhältnis zwischen Mais, Raupe und Schlupfwespe:

Wenn Raupen der Gattung *Spodoptera exigua* Hübner Maispflanzen befallen und an den Blättern zu fressen beginnen, kommen bald auch natürliche Feinde dieser Raupen angefliegen: In diesem Falle Wespen der Art *Cotesia marginiventris*, die die Raupen parasitieren. Sie legen ihre Eier in die Raupen hinein und führen so mit der Zeit zu deren Tod.

Mit einem Messer verletzte Blätter produzieren nur ein schwaches Signal, von Raupen angefressene Blätter hingegen üben eine hohe Anziehungskraft auf Wespenweibchen aus. Sobald eine Maispflanze von Raupen attackiert wird, produziert sie ein Duftstoffgemisch aus Indol und Terpenoiden, das die Schlupfwespen anlockt. Wie aber erkennt die Maispflanze, dass eine Raupe angegriffen hat? Am Speichel der Raupe. Turlings Gruppe fand im Speichel einen bestimmten Stoff (den sie Volicitin nannten), an dem die Pflanze die Raupe erkennt. Sie „schmeckt“ das Volicitin und beginnt sofort mit der Produktion ihrer Duftstoffe, und diese locken die Wespenweibchen an, die ihrerseits die Fressraupen langsam abtöten – ein flexibles Dreieck.

Können Pflanzen „entscheiden“, welche Duftstoffe sie produzieren sollen?

„Es gibt Studien, die das nahe legen; viel ist noch nicht bekannt.“

Beispiel Tabakpflanzen: Es gibt eine Raupe, die das Toxin der Tabakpflanze (Nikotin) entgiften kann, so dass ihr diese Pflanzenabwehr nichts antun kann. Wenn diese Raupe die Tabakpflanze befällt, ist die in solchen Fällen normale Nikotinproduktion reduziert. Die Pflanze produziert statt dessen mehr flüchtige Stoffe zum Anlocken von Feinden der Raupe. Die vorläufige Schlussfolgerung: Pflanzen können feststellen, welches Insekt sie gerade befällt; sie wählen zwischen direkter und indirekter Abwehr. Dass also die Pflanze irgendwie weiss, dass Nikotin gegen diese Raupen nicht funktioniert und daher der indirekte Weg bessere Chancen hat. „Wissen“ ist hier in einem evolutionären Sinn gemeint. Hier gibt es also eine Spezifität in der Antwort der Pflanzen.

Die parasitischen Schlupfwespen reagieren auch flexibel; sie haben zu Beginn eine angeborene Antwort (innate response) auf bestimmte Chemikalien. Doch während ihres ganzen Lebens können sie dazu lernen, mehr spezifische Signale lernen. Wenn die Wespen aus ihren Kokon kommen, wissen sie nicht, wo der beste Ort für Raupen ist. Ihre angeborene Antwort führt sie zu bestimmten verletzten Pflanzen, wenn sie dann Raupen begegnen, dann „lernen“ sie dieses Signal. Wespen können da sehr flexibel sein und neuartige Düfte mit Raupen assoziieren. Im Labor wurden Wespen zum Beispiel auf Schokoladenduft trainiert.

2. Reaktionsmöglichkeiten von Pflanzen auf ihre Umwelt

Können Pflanzen lernen?

„Ich habe Mühe mit Begriffen wie Lernen, Wahlfreiheit oder Intelligenz. Ich versuche, möglichst genau zu beschreiben und jeglichen Jargon, auch den wissenschaftlichen, zu vermeiden. Pflanzen schreien nicht nach Hilfe, und Insekten kommen nicht, um Pflanzen zu beschützen.“

„Ich würde das nicht Lernen nennen, was Pflanzen machen, aber sie sind flexibel.“

Drei Beispiele von phänotypischer Plastizität

Wenn Pflanzen in der Jugend einer Infektion ausgesetzt werden, dann zeigen sie nachher bei einer Neuinfektion eine stärkere Abwehr. Ähnlich wie eine Aktivimpfung, obwohl es nicht die gleichen Mechanismen sind.

Phänotypische Plastizität kann auch vererbt werden: Wenn eine Mutterpflanze von Raupen attackiert wird, kann sich dies auch auf die Nachkommen auswirken. Diese können sich später besser wehren. Höchstwahrscheinlich werden durch die Raupenattacke gewisse Gene aktiviert, die sonst bei den Nachkommen nicht aktiv wären. (Untersuchungen von Anurag Agrawal bei Wildem Rettich)

Duftstoffe zur Abwehr werden sowohl bei Tieren wie auch bei Pflanzen gefunden. Viele Tiere (va viele Insekten) gebrauchen Toxine zur Abwehr. Die können aber meist nicht induziert werden (sondern sind von Anfang an da). Das macht bei Tieren Sinn, denn diese müssen schnell reagieren können. „Doch die induzierte Abwehr bei Pflanzen ist auf eine Art noch raffinierter. Sie mobilisiert ihre Abwehr nur, wenn sie attackiert wird.“

3. Pflanzen wehren sich

An der Universität Neuchâtel wird untersucht, wie sich Pflanzen gegen Insekten, Raupen, Bakterien und weitere Pathogene verteidigen. Pflanzen haben dazu sehr viele verschiedene Optionen:

- Sie können Antibiotika und chemische Toxine gegen Pathogene produzieren
- Sie können Phytoalexine produzieren
- Sie können flüchtige Substanzen produzieren, die Feinde der Herbivoren, zB Schlupfwespen, Florfliegen oder Ameisen, herbeilocken.
- Sie können Dorne und Stacheln produzieren. Einige Pflanzen, zB Akazien, können zwischen sehr starker physischer Abwehr oder schwacher Abwehr auswählen. Wenn sie erkennen (perceive), dass das Risiko eines Angriffs gross ist, bilden sie längere und härtere Dornen. Einige Arten von Akazien bilden lange, hohle Dornen, in denen dann Ameisen leben. Diese verteidigen die Pflanze.
- Sie können extrafloralen Nektar bilden. Normalerweise produzieren Pflanzen Nektar in den Blüten, so werden bestäubende Insekten angezogen. Verschiedene Pflanzenarten bilden auch in andern Strukturen Nektar, um Feinde von Herbivoren anzuziehen. Dies kennt man bei Akazien, bei Baumwolle und mehreren Bohnenarten. Damit werden Ameisen, Schlupfwespen oder weitere Nützlinge angezogen.
- Nekrosis: Um die Infektionsstelle lässt die Pflanze ihre Zellen absterben, so dass sich das Pathogen nicht ausbreiten kann. Das kann bei Pilzkrankheiten passieren, oder wenn Insekten Eier in die Pflanzen ablegen.

Prof. Dr. Fred Meins, FMI Basel (17.6.2004)

Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren auf der molekularen Ebene

Gibt es Unterschiede auf genetischer Ebene?

„Ich glaube nicht. Auf der genetischen Ebene funktioniert alles ziemlich gleich.“

In der wissenschaftlichen Literatur wird manchmal erwähnt, dass Pflanzen grössere Genome haben als Tiere. Das stimmt nicht generell; es gibt auch Tiere mit extrem grossen Genomen, zum Beispiel einige Salamanderarten. Diese können mit Pflanzen verglichen werden. Ganz allgemein stimmt es hingegen, dass Pflanzen grössere Genome haben als Tiere, das ist aber nur ein gradueller Unterschied, kein grundsätzlicher.

Der Grund für die grossen Genome liegt nicht auf der genetischen Ebene: Wir wissen seit langem, dass sich die Grösse des Zellkerns und der Zelle proportional zueinander verhalten: Je grösser der Zellkern, desto grösser die Zelle. Die Zellkerngrösse wiederum hängt von der Grösse der DNA ab. In der Pflanzenzüchtung wird dies oft angewendet; eine Vervielfachung der Chromosomensätze (Poliploidisierung) führt zu grösseren Pflanzen, z.B. bei Melonen oder Bananen.

Gibt es Unterschiede auf epigenetischer Ebene? Ich habe gelesen, dass Pflanzen mehr Transposons, mehr repetitive Sequenzen, mehr Transkriptionsfaktoren haben. Stimmt das?

„Da bin ich mir nicht sicher. Was ich aber sicher weiss: Transposons wurden zuerst bei Pflanzen entdeckt. Transposons wurden deshalb bei Pflanzen schon viel längere Zeit erforscht als bei Tieren. Und Geschichte hat immer eine grosse Auswirkung auf das Wissen. So wissen wir schon lange, dass es im Mais sehr viele Transposons hat, dort wurden sie auch zum ersten Mal entdeckt. Bis vor kurzem war man deshalb der Ansicht, dass Transposons vor allem in Pflanzen vorkommen. In den letzten paar Jahren kam man aber darauf, dass auch ca. 50 Prozent des menschlichen Genoms aus Transposons besteht. Das ist ähnlich wie beim Mais.“

Transposons können Pflanzenzellen vergrößern. In manchen Pflanzen sind die Transposons recht aktiv, in andern hingegen nicht. Auch beim Menschen sind die meisten Transposons stillgelegt.

„Lange Zeit wurden die repetitiven Regionen der DNA, in denen viele Transposons sind, als „junk DNA“ bezeichnet. Doch neuere Studien deuten darauf hin, dass diese „stillgelegten“ Transposons kleine RNA-Moleküle bilden, zumindest in Arabidopsis. Wir vermuten, dass dieses RNA-silencing System die Transposons regulieren und stillhalten kann.“

Also gibt keine grossen Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren?

„Genau. Was aber sicher auch stimmt: Pflanzen sind flexibler in ihrem Genom und sie sind plastischer in ihrer Entwicklung. Doch das ist ein quantitativer Unterschied, nicht ein fundamentaler.“

Es gibt auf dieser Ebene einen fundamentalen Unterschied zwischen einer Maispflanze und einem Menschen, und das ist die Keimbahn:

Bei einer typischen Pflanze bilden die Embryozellen eine neue Pflanze. Diese entwickelt sich, und zu einer bestimmten Zeit transformiert sich ein Teil des Meristems. Das ist eine epigenetische Veränderung. Es verändert seine Form und beginnt, Teile der Blüte auszubilden. Ganz am Schluss dieses Prozesses werden die Gewebe gebildet, die Ei- und Spermazellen bilden. Das bedeutet: *„Die Meristemzellen, aus denen später die Ei- und Spermazellen entstehen, haben während ihrer Entwicklung alle Umwelteinflüsse der Mutterpflanze miterlebt.“*

Bei Menschen ist das anders: Während der Mann während seines ganzen Lebens Spermazellen bildet, geschieht die Bildung der Eizellen bei der Frau schon im Babyalter. Sämtliche Eizellen sind dann bereits ausgebildet. *„Das bedeutet: Es kann von der individuellen Frau keine genetischen Einwirkungen auf die Eizellen geben. Denn es ist für eine Mutation schwer, diese sehr seltenen Eizellen zu treffen. Bei Pflanzen hingegen gibt es enorm viele Zellteilungen vor der Ausbildung der Gameten, und da sind Änderungen leichter möglich.“*

„Das bedeutet: Bei Pflanzen gibt es innerhalb einer individuellen Pflanze die Möglichkeit einer genetischen Evolution. Das ist ein fundamentaler Unterschied zum Menschen, wo das nicht möglich ist. Bei andern Tieren, zB bei einigen Invertebraten, gibt es diese Möglichkeit auch.“