

Anthony Trewavas und die Pflanzenintelligenz

Pflanzen lernen, erinnern und planen

Pflanzen sind sensibel, entscheidungsfreudig, lernfähig. Sie erinnern sich an Vergangenes und planen voraus. Pflanzen sind intelligent. Davon ist der Pflanzenforscher Anthony Trewavas überzeugt.

Florianne Koechlin, WoZ 34/28.8.2003

Pflanzen sind intelligent. Das tönt eher unglaublich. Anthony Trewavas, der als Pflanzenforscher an der Universität Edinburgh (GB) lehrt, lässt sich nicht beirren: »Noch bis vor kurzem galt die Pflanze als eine Art Roboter, ein Ding also, das auf ein bestimmtes Signal immer genau gleich reagiert. Heute wissen wir, dass Pflanzen mit ihren ‚Sinnen‘ mindestens 17 verschiedene Umweltvariablen wahrnehmen können. Sie reagieren auf Licht, Töne, Chemikalien, Vibrationen, Schwerkraft, Temperatur und vieles mehr. Sie nehmen diese Informationen auf, ziehen daraus ihre Folgerungen und aktivieren eine komplexe Serie von molekularen Signalwegen«. Die Folge ist, dass sie beispielsweise das Wachstum ändern, oder die Anzahl Blätter oder die Dicke des Stängels.

Pflanzen kennen auch Vermeidungsstrategien: Junge Wurzelspitzen »erspüren« die Nähe von andern Wurzeln und wachsen, um der Konkurrenz auszuweichen, in eine andere Richtung. Wachsende Sprosse können das Verhältnis von rotem und infrarotem Licht genau wahrnehmen. Das von den Blättern der Nachbarpflanze reflektierte Licht benützen, um deren Position zu eruieren. »Der Spross konstruiert ein dreidimensionales Bild. Wachstum und Blattwinkel werden so disponiert, dass der Spross möglichst viel Licht zu gewinnt«, sagt Trewavas. Solche Reaktionen seien nicht prädeterminiert, sie würden von der Pflanze ein flexibles und adaptives Verhalten verlangen. Ein intelligentes Verhalten also.

Wissenschaftliche Skepsis

Was Intelligenz heisst, darüber gibt es viele Definitionen. Trewavas schlägt vor, bei Pflanzen den Intelligenzbegriff des neuseeländischen Psychologen und Philosophen David Stenhouse zu verwenden. Intelligentes Verhalten ist nach Stenhouse »adaptives und variables Verhalten während der Lebenszeit eines Individuums«. »Genau das, was Pflanzen, tun, um in einer in stetem Wandel befindlichen Umgebung ihre Fitness zu maximieren«, sagt Trewavas.

Jürg Stoecklin, Dozent am Botanischen Institut der Universität Basel, findet diese Definition ein wenig banal: »Wenn Pflanzenintelligenz so definiert wird, habe ich nichts dagegen, doch das hat mit Intelligenz, so wie wir das gemeinhin verstehen, wenig zu tun«. Dass Pflanzen sich an sehr unterschiedliche Bedingungen anpassen können, dass sie auf ihre Umwelt sensibel reagieren, das sei nicht neu. Eine Buche auf einer offenen Weide sehe ganz anders aus als eine Buche im Wald, die von Anfang an in einem Wettrennen um Licht steht. Das Suchverhalten von Pflanzen und ihre flexiblen Überlebensstrategien würden auch in Basel seit langem intensiv erforscht.

Ähnlich reagiert Luzius Tamm, Leiter der Fachgruppe Pflanzenkrankheiten am Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) in Frick. »Für mich steht ausser Frage, dass jede mehrjährige Pflanze eine eigene Ausstrahlung hat. Eine Rebenpflanze zum Beispiel unterscheidet sich von ihrer Nachbarin, auch wenn der genetische Hintergrund der gleiche ist. Diese Individualität ist geprägt von der Vorgeschichte der Pflanze. Sie kann sich also ‚erinnern‘. Viele solche ‚memory effects‘ sind inzwischen bekannt«, sagt Tamm. Dies intelligent zu nennen, findet Tamm aber eher romantisch.

Dass Pflanzen ein plastisches und nicht determiniertes Verhalten an den Tag legen, ist für Stoecklin und Tamm unbestritten, nach anfänglicher Skepsis können schliesslich beide der Idee, dies »intelligent« zu nennen, etwas abgewinnen. »Vielleicht ist das angesichts der vorherrschenden Denkweise nicht ungeschickt«, meinte Stoecklin. Und erläuternd Tamm: »Das Problem ist, dass Genetiker und Genetikerinnen häufig in linearen Denkweisen verankert und mit komplexen Systemen nicht vertraut sind. Wenn da der Begriff Intelligenz weiterhilft und eine Debatte über die Komplexität von Pflanzen und ihrem Verhalten in Ökosystemen provoziert, umso besser«.

Die Quendelseide

Die auch in der Schweiz wachsende Quendelseide (*Cuscuta*) ist Trewavas' bevorzugtes Beispiel zur Demonstration von Pflanzenintelligenz. Diese, auch in der Schweiz wachsende Schlingpflanze schmarrt von anderen Pflanzen und geht dabei sehr wählerisch und berechnend vor (vgl. www.langusch.de). Wenn sie eine potentielle Wirtspflanze mit ihren Saugnäpfchen das erste Mal berührt, tut sie es nur, um zu erkunden, ob und wie ergiebig die Wirtspflanze ist. Verläuft die Erkundung negativ, sucht die Quendelseide weiter, ist das Resultat positiv, windet sie sich um die Wirtspflanze, bildet Sprosse, dringt mit diesen in die Pflanze ein und schmarrt von ihren Nährstoffen und vom Wasser.

Dabei kann die Quendelseide die zu erwartenden Ausbeute offensichtlich genau abschätzen. Von der Prognose hängt ab, wie viele Windungen die Quendelseide um den Wirt legt, denn je mehr Windungen desto mehr Sprosse, um an die Nährstoffe herankommen. Ist die Wirtspflanze aber schwach, dann bedeuten zu viele Sprosse einen Energieverlust. Die Quendelseide wägt Aufwand und Ausbeute – und dies ist das erstaunlichste – etwa vier Tage im Voraus ab, denn solange braucht sie, um nach dem ersten Kontakt zur Nährstoffquelle zu gelangen.

Pflanzenintelligenz also, doch wie ist so etwas überhaupt möglich, wo ist das Gehirn der Pflanze? Viel sei auf diesem Gebiet noch nicht bekannt, meint Trewavas. Bekannt sei, dass die internen Signal- und Kommunikationswege von Pflanzen und Tieren in Vielem sehr ähnlich sind. Pflanzen benutzen elektrische Potenziale, um über Zellmembranen elektrische Signale von einem Ort zum andern zu senden, ähnlich wie es Nervenzellen von Tieren oder Menschen tun. »Auch Menschen gebrauchen elektrische Aktionspotenziale, um Botschaften – zum Beispiel ‚Schmerz‘ – weiterzuleiten. Vergleichbar damit, können Strompotenziale auch der Pflanze ‚Verletzung‘ signalisieren«, sagt Trewavas. Viele chemische Botenstoffe zur Zellkommunikation sind die gleichen wie bei Tieren und Menschen. Auch Pflanzen verwenden eine Vielzahl von Ionen, Hormonen, Proteinen als chemische Botenstoffe (vgl. WoZ, Nr. 7/03).

Trewavas führt den Vergleich weiter: Auch für Lernvorgänge und für Gedächtnisleistungen seien die molekularen Grundlagen von Pflanze und Tier sehr ähnlich. Wenn Tiere vor Gefahr zurückzuschrecken, erhöht sich in Sekundenbruchteilen Geschwindigkeit und Menge der elektrischen Signale. Dies löst eine Kaskade weiterer Reaktionen aus, und das Tier weicht zurück. Eine stete Gefahr führt zu ständig erhöhter elektrischer Spannung, und auf diese Art ‚lernt‘ das Tier erhöhte Alarmbereitschaft.

Wenn eine Pflanze Wassermangel spürt, veranlassen die genau gleichen elektrischen Signale in gleichen Kommunikationskanälen die Pflanze dazu, ihren Wasserhaushalt einzuschränken und zum Beispiel ihre Spaltöffnungen in den Blättern zu schliessen, so dass möglichst wenig Wasser verdunstet. Hält der Wassermangel an, bildet die Pflanze mit der Zeit weniger Blätter und mehr Wurzeln. »Auch eine Pflanze lernt. Sie lernt durch Versuch und Irrtum, wann genug Veränderung erreicht ist, um Stress und Verletzung zu minimieren«, sagt Trewavas.

Demokratisches Konglomerat

Doch wo ist der Ort des Lernens? Wo werden die Signale entschlüsselt, verrechnet und kombiniert, wo werden gute Antworten daraus gemacht, wo ist das Gehirn? Trewavas meint: »Die Antwort heisst höchstwahrscheinlich: Das Gehirn ist im ganzen Organismus. Die Pflanze als Ganzes ist das Gehirn. Das macht den Unterschied zwischen Pflanze und Tier aus«. Pflanzen sollte man sich vorstellen als eine Art »offenes Konglomerat«, das demokratisch organisiert ist. Entscheidungen werden auf Zellebene, wahrscheinlich an den Membranen des Zellplasmas, getroffen, wo sich viele Signalstoffe dicht gedrängt befinden. Es ist ein wachsendes und sich verzweigendes Netzwerk von sich teilendem Zellgewebe (Meristem), das effizient nach lokalem Licht, Mineralien und Wasser sucht, in einer Umgebung, die in stetem Wandel begriffen ist. Tiere hingegen sind autokratisch und hierarchisch organisiert; sie werden vom Nervensystem und vom Gehirn kontrolliert.

Ein weiterer Unterschied ist die Geschwindigkeit. »Wir bewerten Intelligenz immer durch Aktionen. Was wir tun und was wir sagen – daran wird Intelligenz bemessen. Doch Pflanzen sind stumm, und sie sind verwurzelt; sie erscheinen deshalb nicht als »clever«. »Vielleicht ist das der Fehler«, sagt Anthony Trewavas, »dass Intelligenz immer in Bezug zu Schnelligkeit gesetzt wird. Das ist bei Tieren sinnvoll: Tiere müssen fliehen, rennen; sie sind auf schnelle Reaktionen angewiesen. Pflanzen nicht, sie sind sesshaft. Es kann Tage, auch Wochen dauern, bis sich flexibles Verhalten manifestiert. Die Quendelseide braucht vier Tage vom ersten Kontakt mit der Wirtspflanze bis zur Ausbeute. Ist sie deswegen nicht intelligent?«

Leben: Komplex und dynamisch

In den letzten 20 Jahren hat sich die Einsicht, dass Pflanzen keine reflexartig reagierenden Maschinen sind, in der Wissenschaftszunft etabliert. Viele ForscherInnen beschäftigen sich heute mit "Pflanzenkommunikation" oder dem "Suchverhalten von Pflanzen".

Dies ist eine dramatische Änderung der Sichtweise und sie ist wesentlich auf grundlegende Erkenntnisse der Molekularbiologie und auf technische Entwicklungen zurückzuführen.

1. Die Molekularbiologie: Um 1980 haben PflanzenforscherInnen entdeckt, dass sich an der Oberfläche von Pflanzenzellen so genannte Rezeptoren befinden. Solche spielen bei der internen Kommunikation von Tieren eine Schlüsselrolle. Kommunizieren Pflanzen also auch? Die Tür zur Kommunikationsforschung bei Pflanzen war aufgestossen.

2. Bildgebende Verfahren: Mit molekularen Bildgebungsverfahren ist es heute möglich, Lebend-Bilder aus intakten Zellen zu liefern und damit dynamische Prozesse in den Zellen quasi als Film zugänglich zu machen. So kann beobachtet werden, wie mit fluoreszierender Markern versehene Proteine sich in der Zelle über eine Zeitspanne hinweg bewegen und mit anderen Molekülen interagieren. Das ist neu: Bisher war es nur möglich, tote Objekte in hoher Auflösung zu sehen. Solche statischen Bilder zeigen aber nur einen kleinen Teil der Realität. Mit dem Sichtbarmachen der vierten Dimension – der Zeit – sind erste Vorstellungen darüber möglich, wie die hochdynamischen Regelnetzwerke einer Zelle von ihrer Umgebung und der Umwelt beeinflusst werden, und wie eine Zelle mit ihrer Umgebung kommuniziert.

3. Die Computersimulation: Zelluläre Automaten – Computersimulationen mit riesigen Datenmengen auf der Basis , mathematischer Systeme, die sich selber entwickeln – ermöglichen neue Einsichten. Bisher verfuhr die Molekularbiologie reduktionistisch: Ein System wird durch die Reduktion auf seine Teile (z. B. die Gene) analysiert – down to bottom. Die neuen mathematischen Systeme gehen den umgekehrten Weg: von oben nach unten.

Zusammen ergeben diese drei wissenschaftlichen Errungenschaften fundamental neue Einsichten in die Komplexität und Dynamik des Lebens. Dass Pflanzen ,intelligent'und flexibel handeln können, ist eine solche Einsicht.