

# Ein Unkraut macht Karriere



Das mit dem Raps verwandte Wildkraut erweist sich als Glücksgriff: Schon vor vielen Jahren wählten Pflanzengenetiker *Arabidopsis thaliana* als Modellorganismus. Mitte Juli trafen sich 1200 Wissenschaftler zur **15. INTERNATIONALEN ARABIDOPSIS-KONFERENZ** in Berlin, um über neueste Erkenntnisse zu diskutieren und Ergebnisse auszutauschen. Dabei zeigte die Ackerschmalwand einmal mehr ihren beispielhaften Charakter für die Pflanzenforschung.

Rein optisch gesehen, hat *Arabidopsis* wenig zu bieten. In molekular-genetischer Hinsicht ist das allerdings ganz anders: Das Erbgut dieses Unkrauts wurde bereits vor Jahren vollständig entschlüsselt; es ist zehn- bis hundertmal kleiner als das der meisten Kulturpflanzen und deshalb leichter zu überblicken. Mit rund 26 000 Genen besitzt *Arabidopsis thaliana* fast doppelt so viele Gene wie die Taufliege und kaum weniger als der Mensch. Das zeigt, dass die Zahl der Gene alleine kein Indikator für die Vielgestaltigkeit eines Organismus ist. Diese lässt sich eher an der Aktivität der Gene und der Komplexität der Regulation ablesen.

Der Aufbau einer multilateralen Datenbank zur Genexpression zählt deshalb zu den wichtigsten Aufgaben der Arabidopsisforschung.

Über dieses zunächst in Deutschland initiierte und dann auch von anderen Ländern unterstützte „AtGenExpress-Programm“ berichtete Thomas Altmann, Universität Potsdam und Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie in Golm. Im Rahmen des Programms haben die Forscher verschiedene Schnappschüsse vom Geschehen in der Zelle gemacht. Sie sollen zeigen, wie *Arabidopsis* auf Stress oder Schädlingsbefall reagiert – oder was passiert, wenn *Arabidopsis* zu

blühen beginnt. Man erhofft sich davon Rückschlüsse auf die Funktion der einzelnen Gene. Während die Wissenschaftler vor vier Jahren nur neun Prozent der Gene eine Funktion zuordnen konnten, ist das heute bei 20 Prozent der Fall. Und weil sich die Gene im Lauf der Evolution nur wenig verändert haben, wird man von ihrer Aufgabe bei *Arabidopsis* auch auf ihre Aufgabe bei anderen Pflanzen schließen können.

Schwierigkeiten bereitet allerdings, dass *Arabidopsis* große Teile des Genoms während der Evolution verdoppelt hat. Daher gibt es von vielen Genen zwei oder mehrere ähnliche Kopien. Schaltet man eine Kopie aus,

kann sich die Pflanze oftmals mit einer zweiten Kopie behelfen. Viele künstlich erzeugte Mutanten zeigen deshalb keine leicht zu erkennende Veränderung.

Mit dem „AtGenExpress-Programm“ und den anderen Projekten zur funktionalen Genomforschung verfolgen Wissenschaftler wie Mark Stitt vom Max-Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie in Golm noch ein weiteres ehrgeiziges Ziel: den Einstieg in die Systembiologie. Die Systembiologie will die Natur bis in ihre molekularen Details hinein verstehen und nachstellen. Sie führt dabei ganz unterschiedliche Disziplinen zusammen, etwa die Proteomforschung, die Metabolomforschung und die Bioinformatik. Es geht also nicht mehr nur darum, welche Gene welche Proteinfunktionen hervorbringen, sondern darum, wie die Proteine miteinander reagieren, welche Botschaften sie dabei austauschen, welche Stoffwechselprodukte sie erzeugen, wie sie ihre Konzentrationen verändern und welche Dynamik sie bei diesem Auf und Ab an den Tag legen. Im Vordergrund dieser Forschung stehen also nicht mehr die molekularen Details, sondern das ganze „System Pflanze“. Dazu bedarf es jedoch anderer Methoden – und auch auf diesem Gebiet setzt die Arabidopsisforschung neue Akzente.

## PFLANZEN HABEN KEINE BEINE

Bei der Konferenz kamen zudem einige pflanzenphysiologische Details zur Sprache. Pflanzen sind sesshafte Lebewesen. Sie leben und sterben, wo sie aufgekeimt sind. Sie können sich widrigen Umständen nicht durch Flucht entziehen und brauchen deshalb ein exzellentes Frühwarnsystem, um ihre Anpassung vorbereiten zu können. Sie müssen sich also zuverlässige Informationen darüber verschaffen, was in ihrer Umgebung vor sich geht. Sie müssen wissen, ob Nährstoffe knapp geworden sind, ob der Boden mit Salz oder Schwermetallen belastet ist oder ob sie die Hauptachse oder Sei-

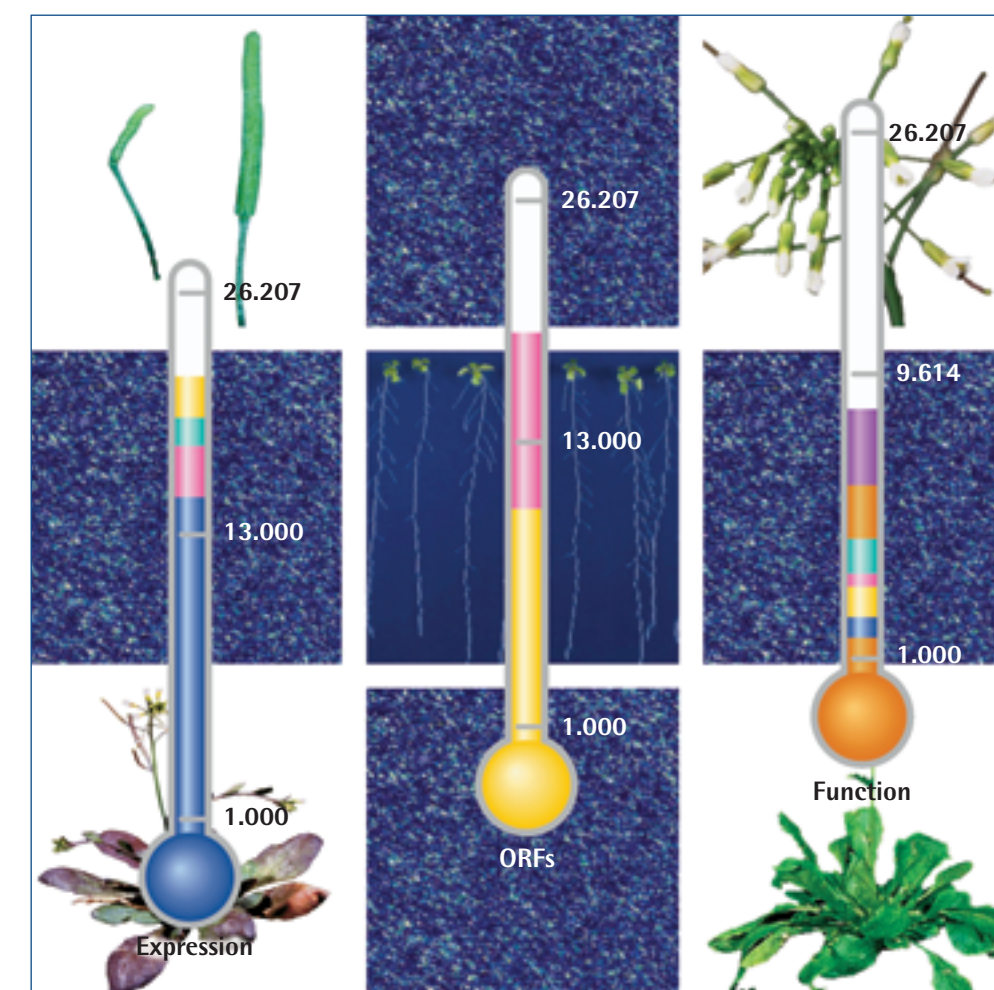
entriebe verloren haben. Sie brauchen auch Informationen darüber, ob sich Schädlinge auf ihren Blättern niedergelassen haben oder ob die Sonneneinstrahlung das normale Maß überstiegen hat.

Da Pflanzen weder ein Nervensystem noch einen Blutkreislauf für die Weiterleitung der Signale besitzen, haben sie das „Long distance signaling“ entwickelt. Welche Botenstoffe daran beteiligt sind, erläuterte bei der Berliner Konferenz Ottoline Leyser von der University of York in England. In den vergangenen Monaten als äußerst wichtig entpuppt haben sich unter anderem Pflanzenhormone wie Auxin und Kinetin, Peptide oder die so genannten MikroRNAs, die zu einer Gruppe von kleinen Ribonukleinsäuren zählen. Sie werden von speziellen Enzymen (den „Dicer“) aus

größeren, zu einem Doppelstrang zusammengelagerten Vorstufen herausgeschnitten. MikroRNAs gehen aus zelleigenen Ribonukleinsäuren hervor, siRNAs oder Interferenz-RNAs stammen zumeist von Ribonukleinsäuren ab, die sich unrechtmäßigen Zugang zur Zelle verschafft haben. Nach dem Zurechtschneiden suchen diese kurzen Ribonukleinsäuren ihre komplementären Sequenzen auf. Die Pflanze kann dadurch die Menge an zelleigenen Boten-Ribonukleinsäuren regulieren oder sich vor eindringenden Viren schützen.

Bemerkenswert ist bei den Pflanzen auch ihre ungeheure Vielfalt bei einem sehr ähnlichen Karyotyp, also ähnlicher Chromosenausstattung. Blickt man allein auf die Familie der Nachtschattengewächse, so trifft man auf so unterschiedliche

Studienobjekt mit vielen Facetten: Die Ackerschmalwand beschäftigt Genetiker weltweit. Im „Arabidopsis thaliana Functional Genomics Project“ (hier der Titel des Jahresberichts) haben sie sich zusammengeschlossen.



## VERNETZTE FORSCHUNG

*Arabidopsis thaliana* ist nicht nur ein Modell für alle Samenpflanzen, sondern auch ein Musterbeispiel für multilaterale Zusammenarbeit und vernetzte Forschung. Zur Arabidopsis-Gemeinde zählen inzwischen 13 000 Wissenschaftler, 1200 davon trafen sich zur 15. Internationalen Arabidopsis-Konferenz, die seit fast 30 Jahren erstmals wieder in Berlin stattfand. Der Kontakt ist eng, die Daten werden zügig ausgetauscht und in öffentliche Datenbanken eingestellt. Wie reibungslos die Zusammenarbeit funktioniert, zeigt sich am „AtGenExpress-Programm“. Initiiert wurde es in Deutschland, als Teil des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten „Arabidopsis Functional Genomics Program“. Inzwischen stellen britische, amerikanische und japanische Forschergruppen ihre Datensätze dafür zur Verfügung. Auch bei der Entschlüsselung der Genfunktionen ist die Kooperation ungewöhnlich eng. Das von der National Science Foundation in den Vereinigten Staaten geförderte „2010 Project“ und das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte „Arabidopsis Functional Genomic Network“ arbeiten Hand in Hand. Dass sich diese Vernetzung lohnt, zeigt der Erfolg. *Arabidopsis* – ein Modell, das Schule machen sollte.



Angeregte Gespräche unter Fachleuten gab es genug auf der Arabidopsis-Konferenz in Berlin.

Pflanzen wie Tomaten, Paprika, Auberginen, Kartoffeln oder Petunien. Einige dieser Pflanzen sind Nutzpflanzen, andere erfreuen nur das Auge. Wie Steven Tanksley von der Cornell University in Ithaca/USA erläuterte, müssen sich diese Variationen während der Evolution extrem langsam entwickelt haben. Bei großen Veränderungen bestünde die Gefahr, dass die Pflanze daran zu Grunde geht. Wie Tanksley weiter ausführte, können diese Variationen auf zwei verschiedenen Mechanismen beruhen: auf einer Änderung der Genfunktion oder auf einer Änderung der Genregulation, wobei die letzte Möglichkeit als die wahrscheinlichere gilt.

Wichtige Erkenntnisse haben die Forscher auch bei der Gestaltbildung sowie bei der Resistenz gegenüber Schädlingen erzielt. Eine eindrucksvolle

Präsentation zur Gestaltbildung gab Enrico Coen vom John Innes Centre im englischen Norwich. Coen zeigte, dass Pflanzen Formen und Muster nie unabhängig voneinander bilden, sondern stets im Verbund.

SIGNALE BESTIMMEN  
DAS WACHSTUM

Der Grund: Die Zellen sind fest miteinander verknüpft, und Zellverbände verformen sich, sobald einzelne Zellen schneller wachsen als andere. Wird eine quadratische Fläche, die aus einer Zelllage besteht, zum Beispiel nur in eine Richtung erweitert, so wird die Seite, die nicht mitwächst, automatisch in Falten geworfen. Form und Muster einer Pflanze werden demnach vor allem von drei Größen bestimmt: der Wachstumsrate (also der Zeit zwischen zwei Zellteilungen), der Anisotropie (bevorzugte Achse des Wachstums) und der Wachstumsrichtung (Winkel, den die Zellen bei ihrer Teilung im Hinblick auf ein gedachtes Koordinatensystem einnehmen). Die gebildete Form ergibt sich dann aus diesen drei Größen.

Welche Gene hinter dieser Musterbildung stecken und wie sie über neue Anforderungen bei der Gestaltbildung informiert werden, wissen die Forscher noch nicht. Fest steht nur, dass diese Wachstumsprozesse durch mobile Signale bestimmt werden, die sich in den Wachstumszonen wie Vektoren aufbauen und den einzelnen Regionen eine gewisse Identität verleihen. Die chemische Natur dieser Signale ist zumeist offen. Vermutlich spielen die MikroRNAs auch hier eine große Rolle, wie Detlef Weigel vom Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen berichtete: Er hat eine MikroRNA identifiziert, die bei *Arabidopsis* eine übermäßige Zellteilung in den Blättern verhindert; die Blätter würden sich ansonsten verziehen, statt flach zu bleiben. Auch dieses Beispiel von der Konferenz in Berlin zeigt, dass *Arabidopsis* ein Schrittmacher für die gesamte Pflanzenforschung ist.

HILDEGARD KAULEN



**MAXPLANCKFORSCHUNG:** Die in Berlin vorgestellten Ergebnisse haben auch Auswirkungen auf die molekulare Pflanzenzüchtung. Derweil sind Ihre Versuchsfelder mit gentechnisch veränderten Kartoffeln komplett zerstört worden. Dabei hatte es nicht an einer offenen Informationspolitik gefehlt. Wieso jetzt diese Aktion?

**MARK STITT:** Die Zerstörung unseres Freilandversuchs in den frühen Morgenstunden des 22. Juni hat uns selbst überrascht, aber sie kam nicht ganz unerwartet. Freisetzungsvorhaben mit gentechnisch veränderten Kartoffeln laufen am Institut seit 1996. Abgesehen von symbolischen Zerstörungen in den Jahren 1996 und 1997, die unsere Arbeit nicht gravierend behinderten, hatten wir bisher keine Probleme. Die diesjährige Aktion ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Grüne Gentechnik wegen der Novelle des Gentechnik-Gesetzes wieder in aller Munde ist. Gerade deshalb haben wir in diesem Jahr eine umfassende Informationspolitik gestartet, inklusive Web-Site und täglichen Feldführungen. Daran wird sich auch in Zukunft nichts ändern. Wir setzen auch weiterhin auf eine offene und sachliche Diskussion und leisten unseren Beitrag zur Aufklärung der Öffentlichkeit. Nicht weil man das von uns verlangt, sondern weil wir vom Nutzen überzeugt sind. Allerdings muss klar sein, dass eine Feldzerstörung kein probates Mittel für eine sachliche Auseinandersetzung ist.

**MPF:** Sie sprachen von der Novelle des Gentechnik-Gesetzes. Ihre Arbeit wird durch den Gesetzentwurf, der jetzt allerdings vom Bundesrat an

## „Gesetz soll Grüne Gentechnik verhindern“

Die Grüne Gentechnik ist derzeit wieder einmal Gegenstand von hitzigen Debatten in Politik und Medien. MAXPLANCKFORSCHUNG sprach darüber mit **MARK STITT**, dem Geschäftsführenden Direktor des **MAX-PLANCK-INSTITUTS FÜR MOLEKULARE PFLANZENPHYSIOLOGIE** in Golm.

den Vermittlungsausschuss weitergeleitet worden ist, sicher nicht einfacher. Welche Nachbesserungen sind aus Ihrer Sicht notwendig?

**STITT:** Grundsätzlich begrüße ich ein Gesetz, das die Koexistenz zwischen ökologischer Landwirtschaft und dem Anbau von gentechnisch verändertem Saatgut regelt. Eine solche Koexistenz wird ja auch von der EU gefördert. Allerdings dient der neue Gesetzesentwurf diesem Anliegen nicht. Man gewinnt den Eindruck, dass er die Grüne Gentechnik verhindern soll. Nehmen wir nur das Beispiel der Haftung. Fliegen Pollen von einem Feld mit gentechnisch veränderten Pflanzen auf das Feld eines Ökobauern und kann dieser seine Ernte daraufhin nicht mehr als gentechnikfrei vermarkten, muss der Bauer, der das gentechnisch veränderte Saatgut angebaut hat, dafür haften. Ist der Pollenflug nicht genau zuzuordnen, müssen alle Bauern aus der Umgebung, die gentechnisch verändertes Saatgut angebaut haben, haften. Eine solche Regelung ist absurd.

**MPF:** Was halten sie von dem geplanten Standortregister, in dem alle Anbauflächen genau aufgelistet werden sollen?

**STITT:** Gegen ein Standortregister habe ich nichts Grundsätzliches einzuwenden. Ich bin für eine sachliche Auseinandersetzung mit klaren Spielregeln, an die sich dann aber auch alle zu halten haben. Allerdings darf das Register kein Wegweiser für Feldzerstörungen sein.

**MPF:** Wir haben gerade über Haftung gesprochen. Wer haftet eigentlich für ein zerstörtes Versuchsfeld?

**STITT:** Eine gute Frage! Weil die Personen, die das Feld zerstört haben, anonym sind – niemand. Da sieht man das Paradoxe an dieser Auseinandersetzung. Es wird mit zweierlei Maß gemessen.

**MPF:** Die Sicherheitsforschung zeigt seit zehn Jahren immer wieder das Gleiche: Von gentechnisch veränderten Pflanzen geht kein höheres Risiko aus als von herkömmlichen Züchtungen. Fakt ist auch, dass die Entwicklungsländer dringend bessere Pflanzen brauchen. Welche Argumente können die Gegner der Grünen Gentechnik eigentlich noch überzeugen?

**STITT:** Ein zentraler Kritikpunkt in Bezug auf die Entwicklungsländer ist ja, dass die Grüne Gentechnik nur den Interessen der multinationalen Konzerne dient und die Menschen dort in neue Abhängigkeiten zwingt. Das stimmt aber so nicht. Die Grüne Gentechnik kann in jedem Land entwickelt und angewendet werden, auch in der Dritten Welt – und zwar in selbstständiger Weise. Viele Länder tun dies ja auch schon, etwa die Philippinen oder China. Ich sehe unsere Aufgabe zunehmend in der Unterstützung solcher Bemühungen. Ich denke, wir werden in Zukunft keine Produkte exportieren, sondern Kenntnisse und Kooperationen.

**MPF:** Wie soll das genau aussehen?

**STITT:** Ich glaube, dass solche Kooperationen unter drei Bedingungen funktionieren werden. Erstens: Alle wissenschaftlichen Daten müssen in einer frei zugänglichen Datenbank hinterlegt werden. Bei *Arabidopsis* funktioniert das hervorragend. Jetzt



Völlig verwüstet: Das Versuchsfeld mit gentechnisch veränderten Kartoffeln des Golmer Max-Planck-Instituts.

kann man natürlich sagen: Wer interessiert sich schon für ein Unkraut? Das stimmt zwar, aber ich glaube, dass dies auch bei Weizen, Reis und den anderen wichtigen Kulturpflanzen funktionieren wird. Zweitens: Wir müssen die ausländischen Wissenschaftler sorgfältig ausbilden. Und drittens: Wir müssen genau zuhören, was sie über ihre Pflanzen, Anbausysteme und Bedürfnisse zu sagen haben. Diese Informationen müssen wir im gegenseitigen Interesse nutzen.

**MPF:** Wie wird es mit der Grünen Gentechnik hier zu Lande weitergehen?

**STITT:** Bleibt das Gentechnik-Gesetz wie es ist, werden wir auf vieles verzichten müssen. Nicht nur bei der Nahrung, sondern auch bei den nachwachsenden Rohstoffen. Den Nutzen aus den Erkenntnissen der Grundlagenforschung werden andere ziehen. Neue Entwicklungen und die dazu nötigen Investitionen werden nicht mehr in Deutschland getätigt werden. Statt selbst neue Produkte marktreif zu machen, werden wir sie bald teuer einkaufen müssen. Darüber hat man sich bei uns bisher wenig Gedanken gemacht.

INTERVIEW: HILDEGARD KAULEN



www.  
Weitere  
Informationen  
erhalten Sie unter:  
www.mpimp-  
golm.mpg.de