

Wissen Gentechnik

Öko-Institut: Neues Verständnis über Mechanismen der Genregulation muss in die Risikobewertung einfließen

VON KATJA MOCH, FREIBURG

Ein Gen, ein Protein – so lautete jahrzehntelang das klassische Paradigma der Genetik.

Doch während die Grundlagenforschung längst weiß, dass diese Gleichung zu einfach ist, arbeitet die angewandte Gentechnik immer noch mit dem veralteten Wissen.

Mit unabschätzbaren Risiken, wie ein neues Diskussionspapier herausstellt, das Katja Moch, Gentechnik-Expertin am Öko-Institut, erarbeitet hat.

Sie ist nach einem Herbizid benannt, das alle Pflanzen abtötet, die im Anbau mit ihr konkurrieren könnten: Die Roundup Ready resistente Sojapflanze entstammt dem Labor der Gentechniker. Die Herbizidresistenz der gentechnisch veränderten Sojapflanze, die seit Jahren in den USA und Argentinien in großem Stil angebaut wird, ist nicht das einzige Merkmal, das sie von konventionellen Sorten unterscheidet. Sie ist auch hitzeempfindlicher und kleiner als herkömmliche Sojapflanzen und hat einen geringeren Chlorophyllgehalt. Diese Veränderungen hatten die Gentechniker allerdings nicht vorgesehen. Sie sind unbeabsichtigte Nebeneffekte – und kein Einzelfall.

Dass sich gentechnisch veränderte, so genannte transgene Pflanzen in mehr als den ursprünglich gewollten Merkmalen von ihren Wildtypen unterscheiden können, ist mittlerweile bekannt und eher die Regel, als die Ausnahme. Bei transgenen Sonnenblumen-, Petunien-, Tabak-, Reis- oder Maispflanzen finden sich weitere Beispiele. Doch wie kommt es zu solchen unbeabsichtigten Nebeneffekten und warum werden sie in der Gentechnik hingenommen, solange sie das gewünschte Merkmal der transgenen Pflanzen nicht stören? Und welche Folgen hat das für die Risikobewertung transgener Organismen?

Mechanismen der Genregulation. Diese Fragen berühren das komplexe System der Genregulation. Lange Zeit postulierten Wissenschaftler, dass sämtliche Erbinformationen für den Bauplan eines Organismus durch die Abfolge der Bausteine der DNA und die Gene bestimmt wird. Als klassisches Paradigma der Genetik galt: Ein Gen codiert für ein Protein und erzielt über dieses einen bestimmten Effekt. Doch dieses Bild hat sich mittlerweile relativiert. Längst ist bekannt, dass ein Gen viele verschiedene Funktionen hat und unterschiedliche Eigenschaften beeinflussen kann. Wie anders ließen sich sonst die Unterschiede zwischen der Taufliege *Drosophila melanogaster* und dem Menschen erklären, der gerade mal doppelt so viele Gene besitzt wie das kleine Insekt? Und: Nicht die Gesamtheit der Gene und deren Abfolge alleine ist für die Merkmalsausbildung verantwortlich, sondern auch das Muster, wann, wie und in welcher Zelle Gene aktiviert oder durch molekulare Mechanismen stillgelegt werden. Diese Genregulation findet sowohl auf der Ebene der DNA selbst statt, als auch – wie die jüngere Forschung gezeigt hat – auf einer zweiten Organisationsebene, die auf die DNA einwirkt. Mechanismen der Genregulation auf dieser zweiten Ebene werden in der Wissenschaft unter dem Begriff Epigenetik gefasst. Durch epigenetische Mechanismen können teilweise auch erworbene Eigenschaften vererbt werden. Bisher ging die Wissenschaft davon aus, dass dies nur über Veränderungen im Erbgut selbst möglich ist.

In der Grundlagenforschung ist die Existenz dieses zweiten Regulationssystems seit Jahren bekannt, auch wenn nur einzelne Mechanismen bisher verstanden sind. In der angewandten Gentechnik, in der bis jetzt vor allem Nutzpflanzen verändert werden, wird dieses Wissen aber bisher ignoriert. Im Labor und auf dem Feld ist die überholte Ein-Gen-ein-Protein-Hypothese immer noch Grundlage aller gentechnischen Arbeiten. In der Praxis bedeutet das: Unternehmen, die gentechnisch veränderte Pflanzen auf den Markt bringen, nehmen in Kauf, dass diese weit mehr Veränderungen aufweisen können als beabsichtigt. Sie verzichten darauf, nach deren genetischen oder epigenetischen Ursachen zu fragen. Und nicht selten ignorieren sie, dass ungewollte Nebeneffekte Risiken bergen können. Gemäß der Ein-Gen-ein-Protein-Hypothese orientiert sich die Risikobewertung nämlich bisher ausschließlich daran, nur die Wirkung des einen, eingebrachten Gens auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu untersuchen.

Risikobewertung transgener Organismen. Fragwürdig ist nicht nur, dass die neuen Erkenntnisse zur komplexen und dynamischen Genomregulation bisher nicht in die Risikobewertung transgener Lebewesen einfließen. Ein anderes Problem beginnt bereits im Labor. Pflanzen mit augenscheinlich unerwünschten Nebeneffekten oder schlechten Leistungen werden in der Regel schon dort aussortiert. Um zu analysieren, wie diese Nebeneffekte entstehen, fehlt es oft an Zeit oder Geld. In der Folge werden unbeabsichtigte Veränderungen daher nur unzureichend veröffentlicht. Teilweise finden sie überhaupt keine Erwähnung, oder aber sie sind erwähnt, jedoch nicht weiter analysiert. Bei gentechnischen Eingriffen in das Erbgut von Lebewesen muss aber fast immer mit Störungen der bisherigen Genaktivität und Genregulation gerechnet werden, sowohl auf genetischer als auch auf epigenetischer Ebene. So unvorhersehbar diese Störungen sind, so unabschätzbar sind auch die Folgen daraus. Einige bereits bekannte Effekte zeigt die gentechnisch veränderte Roundup Ready resistente Sojapflanze. Wissenschaftler konnten zum Beispiel bestätigen, dass die DNA-Sequenz der Bohne an mehreren Stellen umgeordnet wurde. Bei gentechnischen Eingriffen treten solche Umordnungen häufig auf. Die Wissenschaftler fanden darüber hinaus auch DNA, die sich weder der Sojapflanzen-DNA noch dem Herbizidresistenzgen zuordnen ließ. Der Einbau solcher überflüssiger, so genannter Füll-DNA, wird ebenfalls häufig beobachtet. Zudem lässt sich der Ort, an dem ein neues Gen in die Pflanzen-DNA eingebaut wird, nicht vorherbestimmen. Die Funktion und Regulation eines Gens ist aber unter anderem abhängig von seiner Position im Genom.

Veränderungen. Durch den Einbau eines fremden Gens kann auch das bisherige Muster, nach dem die Pflanzengene abgelesen und reguliert wurden, gestört werden. Eine Pflanze produziert dann möglicherweise andere Inhaltsstoffe oder deren Zusammensetzung ändert sich. In der Folge kann die Pflanze dann stressempfindlicher werden. Die Roundup Ready resistente Sojapflanze ist zum Beispiel hitzeempfindlicher und hat bei Wassermangel ein geringeres Frischgewicht als konventionelle Sorten, sie kann bei Wassermangel also weniger Wasser aufnehmen als ihre Verwandten. Insgesamt scheint die transgene Bohne also empfindlicher gegenüber Umweltstress zu sein.

Als pleiotropen Effekt bezeichnen Genetiker das Phänomen, dass ein Gen mehrere Merkmale in unvorsehbarer Weise ausprägt. Mögliche Folgen sind auch hier Veränderungen im Stoffwechsel oder in Form und Struktur der Pflanze. Ein Beispiel dafür ist der veränderte Hormonhaushalt, der bei transgenen Sojapflanzen beobachtet wird. Der Gehalt verschiedener Phytoestrogene ist bei diesen um bis zu 14 Prozent geringer. Phytoestrogene regulieren das pflanzliche Wachstum. Durch den Einbau eines fremden Gens kann auch der Effekt des Gene Silencing auftreten. Gene Silencing bezeichnet das Abschalten von Fremdgenen, zum Beispiel von Viren oder Transgenen. Gene Silencing scheint eine natürliche Reaktion der Pflanze auf Fremd-DNA zu sein. Inwieweit auch pflanzeigene Gene von Gene Silencing betroffen sein können, ist noch nicht geklärt, obwohl Gene Silencing zu den besser untersuchten, epigenetischen Effekten gehört. Das Interesse daran ist leicht zu erklären, denn ist das eingebrachte Gen betroffen, wird dadurch die kommerzielle Nutzung der transgenen Pflanzen infrage gestellt. Gene Silencing hat unterschiedliche Ursachen, es kann während der pflanzlichen Entwicklung zunehmen und unabhängig über mehrere Generationen auftreten. Umweltfaktoren spielen beim Abschalten von Transgenen offensichtlich eine entscheidende Rolle. So führen starkes Licht und hohe Temperaturen häufig zu deren Stilllegung.

Wechselspiel mit der Umwelt.

Wenngleich jede einzelne der hier beschriebenen Veränderungen in Form, Struktur oder Stoffwechsel für sich alleine betrachtet noch nicht unbedingt ein Risiko darstellt, so steigt diese Gefahr in der Summe und im Wechselspiel mit der Umwelt. Alarmierend sind beispielsweise Untersuchungen zur Lebensmittelsicherheit. So wiesen Leberzellen von Mäusen, die mit transgenem Soja verschiedener Linien gefüttert wurden, unregelmäßig geformte Zellkerne und eine höhere Anzahl von Zellkernporen auf. Dies lässt auf eine erhöhte Stoffwechselrate und einen erhöhten Molekültransport schließen.

Die Bandbreite an unbeabsichtigten Nebeneffekten der transgenen Roundup Ready resistenten Sojapflanze zeigt in aller Deutlichkeit, dass sich auch die Gentechnik von der klassischen Doktrin der Genetik verabschieden muss. Sie braucht ein neues Systemparadigma, das nicht nur Gene in Betracht zieht, sondern auch die Zellen, die Umwelt und das dynamische Netzwerk der Genomregulation. Wie so oft vollzieht sich auch hier der Wissenstransfer von der Grundlagenforschung in die praktische Anwendung viel zu langsam.

Für die Praxis muss dringend gefordert werden, dass das Risiko von transgenen Pflanzen, die bereits in der EU zugelassen sind, neu bewertet wird und dabei auch unbeabsichtigte Nebeneffekte berücksichtigt werden. Das neue Verständnis über Merkmalsausbildung und Stabilität von Transgenen muss zudem in die Risikobewertung mit einfließen. Dabei muss auch das ständig wachsende Wissen über die noch nicht im Detail verstandenen epigenetischen Mechanismen sofort berücksichtigt werden.



Gentechnisch verändertes Soja aus Brasilien.

Foto: epd

Fachbegriffe: DNA, Desoxyribonucleic Acid, ist die Bezeichnung für den chemischen Aufbau der Erbinformation. DNA ist aus so genannten Nucleotiden aufgebaut, die sich aus jeweils einem Zucker, einer Phosphorsäure und einer Base zusammensetzen. Diese Bausteine formieren sich zu einem großen, schraubig aufgewundenem Molekül, der Doppelhelix, die aus zwei Nucleotidsträngen besteht. Ein **Gen** ist ein bestimmter DNA-Abschnitt, der die Grundinformationen zur Herstellung eines Proteins enthält. Die Gesamtheit der DNA im Zellkern wird als **Genom** bezeichnet.

ÜBER DIE AUTORIN



KATJA MOCH geboren 1972, studierte Biologie an der Universität Mainz und verfasste ihre Diplomarbeit am Institut für biologischen Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt in Darmstadt. Seit 2003 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsbereich Biodiversität, Ernährung und Landwirtschaft am Öko-Institut in Freiburg. Im Rahmen ihrer Arbeit erstellte sie auch im Auftrag von Greenpeace Deutschland das Diskussionspapier „Das überholte Paradigma der Gentechnik“.

Klicken statt Tippen: Den Link finden Sie unter www.bwHEUTE.de

Diskussionspapier: Das überholte Paradigma der Gentechnik: www.oeko.de/dokum.php?setlan=&vers=&id=235

Informationen zum Ökoinstitut: www.oeko.de

Zur Erklärung von Fachbegriffen: www.biosicherheit.de/lexikon