

Gentechnologie in Landwirtschaft und Ernährung

Eine Schlüsseltechnologie der Zukunft

7. Februar 2005

Nummer 5

6. Jahrgang

dossierpolitik

Gentechnologie in Landwirtschaft und Ernährung: Schlüsseltechnologie der Zukunft

Das Wichtigste in Kürze

Die Gentechnologie wird im Bereich der Pflanzen erst seit etwa 20 Jahren eingesetzt und ist deshalb im Vergleich zur klassischen Pflanzenzüchtung noch eine junge Wissenschaft. Die Anwendung in der Landwirtschaft hat jedoch in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen und eröffnet für die Zukunft neue, heute teilweise noch ungeahnte Perspektiven, vor denen sich die Schweiz nicht verschliessen darf.

Die Zunahme an Bedeutung ist aber auch Grund dafür, dass um die Gentechnologie, speziell im Bereich der Landwirtschaft und Ernährung, eine gesellschaftliche Kontroverse vor allem in Europa entbrannt ist.

Position von economiesuisse

Für die Schweiz, deren Wertschöpfung wesentlich von der Anwendung neuer Ideen und Technologien abhängt, ist eine Absage an eine neue Technologie verantwortungslos. Die Schweiz braucht Innovationen und keine Denkverbote.

Die Abgrenzung zwischen Biotechnologie und Gentechnologie

Die Begriffe Biotechnologie und Gentechnologie werden sehr oft synonym verwendet. Dabei stellt die Gentechnologie nur einen Teilbereich der Biotechnologie dar.

Biotechnologie

Als Biotechnologie wird die Umsetzung von Erkenntnissen aus der Biologie und der Biochemie in technische oder technisch nutzbare Elemente verstanden.

Die Biotechnologie beschäftigt sich mit der Anwendung wissenschaftlicher und technischer Prinzipien zur Produktion biologischer Stoffe. Prinzipiell fallen alle Prozesse zur Herstellung von Produkten durch lebende Organismen oder isolierten Enzymen unter diesen Überbegriff.

Die Wurzeln der Biotechnologie reichen weit zurück. Schon seit Urzeiten hat es der Mensch verstanden, die natürlich-biologischen Fähigkeiten von Kleinstlebewesen wie Bakterien und

Pilzen zur Herstellung von Brot, Käse, Joghurt, Kefir, Wein oder Bier zu nutzen. Die ersten Anwendungen der Biotechnologie durch den Menschen waren vermutlich die Herstellung von Brot und Bier mit Hilfe von Hefe vor etwa 5000 Jahren. Gemeinsam mit weiteren Anwendungen wie dem Kompostieren kann man diese Formen als konventionelle Biotechnologie bezeichnen.

Diesem Bereich kann die moderne Biotechnologie gegenübergestellt werden. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass sie vor allem mit Methoden der Gentechnik und der Molekularbiologie arbeitet und die Biochemie, Mikrobiologie und Ingenieurwissenschaften zusammenwirken.

Gentechnologie

Gentechnologie ist ein Teilgebiet der Molekularbiologie und der Biotechnologie, das sowohl die theoretischen Aspekte (Molekularbiologie) als auch die praktischen Methoden (Gentechnik, Genchirurgie) umfasst, durch die Gene und deren Regulatoren isoliert, analysiert, verändert und wieder in Organismen eingebaut werden. Gentechnologie, wie wir sie heute verstehen, umfasst all jene Techniken und Arbeitsstrategien, bei welchen in gezielter Weise

in das Erbgut und/oder in die biochemischen Steuerungsvorgänge von Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren eingegriffen wird. Insbesondere erforscht die Gentechnologie

„Die ersten Anwendungen der Biotechnologie durch den Menschen waren vermutlich die Herstellung von Brot und Bier mit Hilfe von Hefe vor etwa 5000 Jahren.“

die Methoden zur Isolierung von Genen und zur Herstellung neu kombinierter DNA, vor allem auch über die Art-Grenzen hinweg. Als Ziele werden u.a. Verbesserung von Saatgut und einfacheres Gewinnen von Medikamenten genannt. Zur Gentechnologie gehören damit alle gezielten Veränderungen und Übertragungen von Erbgutmolekülen, aber auch die Strukturabklärungen im Bereich des

Erbguts. Das Jahr 1973 gilt als Geburtsjahr der Gentechnologie. Damals wurde von den Amerikanern Stanley Cohen und Herbert Boyer erstmals ein Bakterium gentechnisch verändert.

Unter Gentechnik versteht man die Anwendung der Forschungsergebnisse der Gentechnologie in grosstechnischem Stil. Gentechnik und Gentechnologie werden aber oft synonym verwendet.

Anwendungsgebiete der Gentechnologie

Die Gentechnologie wurde in der Vergangenheit vorwiegend im Rahmen der Grundlagenforschung betrieben. Im Verlauf der Zeit kamen aber immer weitere Arbeitsgebiete und Anwendungsbereiche hinzu. Bio- und Gentechnologie gelten heute als Querschnittstechnologien mit einem äusserst breiten Spektrum unterschiedlicher Anwendungen quer durch die verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen. Insbesondere in der biomedizinischen und pharmazeutischen Forschung gehören gentechnische Methoden heute zum Alltag. In der Produktion von Wirkstoffen und Arzneimitteln kommen gentechnische Verfahren regelmässig zum Zuge. Immer mehr Fuss fasst die Gentechnologie auch in der Landwirtschaft und im Nahrungsmittelsektor. Die Vielfalt zukünftiger gentechnischer Anwendungen lässt sich heute erst in Umrissen erkennen und abschätzen.

Nach den Anwendungsgebieten unterscheidet man die grüne, rote und graue Gentechnik.

Grüne Gentechnik bezeichnet die Anwendung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzüchtung sowie die Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen in der Landwirtschaft.

Demgegenüber versteht man unter **roter Gentechnik** die Anwendung der Gentechnik in der Medizin: bei Diagnostik, Gentherapie und auch bei Entwicklung und Herstellung von Arzneimitteln.

Manchmal ist auch der Begriff **graue** oder **weisse Gentechnik** gebräuchlich: Er umfasst die Herstellung von Enzymen oder Feinchemikalien für industrielle Zwecke mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen.

Im Folgenden wird näher auf die grüne Gentechnologie eingegangen, da deren Anwendungen und Potenzial in der Bevölkerung noch weniger bekannt sind als diejenigen der roten Gentechnologie.

Ziele der Gentechnologie in der Landwirtschaft (grüne Gentechnologie)

Grundsätzlich werden mit der Gentechnologie die genau gleichen Ziele verfolgt wie seit Jahrhunderten bereits mit der klassischen Züchtung:

- Die Suche nach neuen Pflanzensorten, die grössere Erträge liefern (z.B. grössere Früchte),
- nach Pflanzen, die gegen Krankheiten oder Schädlinge resistent sind, oder
- nach Pflanzen, die neue Eigenschaften haben (z.B. neue Inhaltsstoffe).

Mit den neuen Erkenntnissen der Gentechnologie (z.B. Aufklärung der Gensequenzen von Pflanzen) steht nun eine zusätzliche und effizientere Methode zur Verfügung, um die oben genannten Ziele zu erreichen. Im Folgenden wird insbesondere auf einige neue Entwicklungen eingegangen, welche die Pflanzen befähigen, sich selber vor Schädlingen oder Krankheiten zu schützen oder sie gegen bestimmte Unkrautverteilungsmittel unempfindlich machen. Schliesslich sollen einige Beispiele aufzeigen, wie neue Pflanzensorten mit zusätzlichen Eigenschaften eingesetzt werden können.

„Grundsätzlich werden mit der Gentechnologie die genau gleichen Ziele verfolgt wie mit der klassischen Züchtung.“

lich machen. Schliesslich sollen einige Beispiele aufzeigen, wie neue Pflanzensorten mit zusätzlichen Eigenschaften eingesetzt werden können.

Herbizidtoleranz

Die Kontrolle von Unkräutern ist für eine effiziente Landwirtschaft von grosser Bedeutung. Hierfür spielen Spritzmittel (Herbizide) eine wichtige Rolle. Die seit 1980 eingeführten Total-Herbizide weisen eine entschieden bessere Umweltverträglichkeit im Vergleich zu selektiv wirkenden Herbiziden auf. Sie werden rascher abgebaut und besitzen eine kürzere Verweildauer im Boden. Allerdings wirken Total-Herbizide nicht selektiv gegen bestimmte Unkräuter, sondern schädigen auch Kulturpflanzen. Sie sind daher nur begrenzt einsetzbar. Um dies zu umgehen, wurde mit der Züchtung von herbizidtoleranten Kultursorten begonnen, auf konventionellem Weg wie auch mit Mitteln der Gentechnik. Mit Hilfe der Gentechnik können Pflanzen über verschiedene Ansätze vor der Wirkung von Herbiziden geschützt werden, z.B. durch Übertragung von Genen, welche die Pflanze dazu befähigen, ein bestimmtes Herbizid zu tolerieren. So können effizient die unerwünschten Unkräuter beseitigt werden, ohne die herbizidtoleranten Kulturpflanzen zu schädigen

Insektenresistenz

Im Laufe der Evolution haben Pflanzen Abwehrmechanismen gegenüber Insekten erworben. Ziel der Gentechnologie ist es, diese natürlichen Mechanismen zu nutzen oder neue Resistenzen zu finden und sie in anfällige Pflanzen einzubringen.

Der hierbei am häufigsten verwendete Ansatz der Gentechnologie ist die Übertragung von Genen des Bakteriums *Bacillus thuringiensis*, um die Kulturpflanze zur Produktion eines natürlichen Insektizids (Bt-Eiweiss) zu befähigen. Nehmen die Schadinsekten beim Fressen der Pflanze das Bt-Eiweiss auf, so tötet es sie – die gentechnisch veränderten Pflanzen können sich selbst gegen Insektenfrass schützen. Bt-Eiweisse wirken dabei ganz spezifisch nur gegen bestimmte Insektengruppen. Die Gentechnologie nützt hier einen bekannten, natürlicherweise vorkommenden Abwehrmechanismus aus.

So werden Bt-Toxine des genannten Bakteriums schon seit mehr als 30 Jahren zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt, indem in der Landwirtschaft das Bakterium selbst, bzw. die von ihm produzierten Toxine auf die Kulturflächen aufgetragen werden. Nachteile dieser direkten Applikation von Bakterium oder Toxin im Vergleich zum gentechnologischen Ansatz stellen die hohen Kosten industrieller Präparate, ihre geringe Stabilität, die eine mehrmalige Wiederholung der Applikation erforderlich macht, und die mangelhafte Breitenwirkung dar.

Virusresistenz

Viruserkrankungen bei Pflanzen stehen wenige geeignete Bekämpfungsmassnahmen gegenüber. Die Bekämpfung von Viren war bislang nur auf indirektem Weg möglich durch eine Verbesserung der Kulturhygiene, Fruchtwechsel, Saatgutbehandlung oder komplette Rodung der Fläche (Weinbau). Chemisch ist nur ein indirekter Pflanzenschutz über das Spritzen gegen virusübertragende Insekten möglich. Über konventionelle Züchtung konnten zwar bei vielen Kulturpflanzen Virusresistenzen eingekreuzt werden, allerdings führen Virusinfektionen immer noch zu erheblichen Ernteverlusten.

Hier bietet die Gentechnik eine echte Alternative zum herkömmlichen Pflanzenschutz, zurzeit hauptsächlich bei den Kulturen Zuckerrübe, Kartoffel und Tomate. Es wird an verschiedenen Ansätzen zur Erzeugung von Virusresistenzen gearbeitet.

Pilzresistenz

Gewisse Pflanzen können sich mit natürlichen Mechanismen gegen Schadorganismen wehren, beispielsweise durch besonders ausgestattete Blattoberflächen und erhöhte Verholzung der Zellwände. Diese Abwehrmechanismen können durch die Schadorganismen selber oder durch Chemikalien, Umweltsituationen usw. ausgelöst werden. Einige Pflanzen besitzen Enzyme, die Bestandteile der Pilzzellwand spalten und somit den Schadorganismus neutralisieren. Andere wiederum sind von Natur aus mit eigenen Fungiziden (= Pilz abtötenden Stoffen) ausgestattet, die nach einer Pilzinfektion synthetisiert werden.

Die grüne Gentechnik macht sich diese natürlichen Abwehrmechanismen zu Nutze. So nimmt sie zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegenüber Pilzbefall unter anderem die Übertragung pflanzlicher Gene vor, die in bestimmten Pflanzenarten vor Pilzbefall schützen. Ein Beispiel hierfür ist die Übertragung von Genen für Enzyme zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Weinreben gegenüber falschem und echtem Mehltau. Des Weiteren wird mit Gentechnik versucht, über die Übertragung bakterieller Gene gegen Pilzbefall eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen zu erreichen.

Produktion gesundheitsfördernder Inhaltsstoffe und „Plant made Pharmaceuticals“

Pflanzen können gentechnisch so verändert werden, dass sie bestimmte Inhaltsstoffe produzieren. Dazu zählt beispielsweise die Produktion von Vitaminen wie der Provitamin A bildende Genreis (so genannter „Golden Rice“). Dieser Reis enthält Provitamin A, das im menschlichen Körper in Vitamin A umgewandelt wird. Die ersten Sorten könnten in wenigen Jahren auf den Markt kommen und Millionen von Menschen in Entwicklungsländern vor der durch Vitamin-A-Mangel bedingten Erblindung bewahren.

In Entwicklung sind auch neue Rapsorten mit einem erhöhten Vitamin-E-Gehalt, denen Mediziner eine positive Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System zuschreiben. Geforscht wird auch an gentechnisch verbesserten Kartoffeln, die bei Menschen den Cholesterinspiegel senken sowie das Darmkrebsrisiko vermindern sollen. In der Pipeline sind ebenfalls transgene Sojabohnen, Raps und Sonnenblumen mit einer optimierten Fettsäurezusammensetzung, die den Blut-Cholesterinspiegel senkt. Forschern am King's College in London ist es bereits gelungen, Tabakpflanzen so zu verändern, dass sie einen Wirkstoff gegen Karies produzieren. Pflanzen sollen derart verändert werden, dass sie zur Krankheitsprophylaxe eingesetzt werden können oder gezielt den Nährstoffmangel in Entwicklungsländern beseitigen helfen (vgl. „Golden Rice“).

Die Gentechnik wird auch genutzt, um Pflanzen mit industriell nutzbaren Rohstoffen anzureichern wie bei der in ihrer Stärkezusammensetzung geänderten Kartoffel (Kleister, Papierindustrie, Seifen usw.) oder dem gentechnisch veränderten Raps zur Produktion von vielfach ungesättigten Fettsäuren (Wachsherstellung).

Die Produktion von pharmazeutisch verwertbaren Stoffen (z.B. Impfstoffen, Antikörpern, Enzymen und anderen Pharmazeutika) in der Pflanze, das so genannte „Molecular Pharming“ oder auch „Plant made Pharmaceuticals“ genannt, ist ein weiterer nennenswerter Bereich. Bei der Impfstoffherstellung wird unterschieden, ob der spätere Impfstoff direkt über den Verzehr der transgenen Pflanze appliziert wird oder er aus der Pflanze isoliert und weiter-

verarbeitet werden soll. Erste Versuche beschäftigen sich mit der Herstellung von Impfstoffen gegen z.B. Hepatitis-B-Virus, Cholera-Virus, Tollwut-Virus.

Verbesserte Haltbarkeit

Weitere Ansätze der grünen Biotechnologie beschäftigen sich mit der Haltbarkeit von Früchten wie der Verzögerung des Reifeprozesses, wie z.B. mit einer Banane, die langsamer reift, weniger braune Flecken bekommt und so einige Tage länger genießbar bleibt.

Nutzen und Vorteile der Gentechnologie in der Landwirtschaft

Beitrag für eine nachhaltige Landwirtschaft: Geringere Verwendung von Agrochemikalien – Reduzierung der Bodenbelastung – Entlastung der Umwelt

Eines der vordringlichsten Ziele der landwirtschaftlichen Entwicklung ist es, die Produktion nachhaltig zu gestalten. Dies beinhaltet u.a. die sorgfältige Behandlung der Böden, den nachhaltigen Umgang mit Wasser sowie den verantwortungsvollen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln.

Die Gentechnologie kann dazu einen grossen Beitrag leisten. Beispielsweise ermöglicht der Anbau von herbizidtoleranten Pflanzen einen anderen Umgang mit Herbiziden.

Die mit Hilfe der Gentechnik entwickelten herbizidtoleranten Pflanzen können so einen Beitrag zur Reduzierung der Bodenbelastung leisten: Zu einem frühen Zeitpunkt im Jahr, wenn die Kulturpflanzen noch klein sind, bilden Ackerkräuter eine bodenbedeckende Schicht. Diese schützt den Boden vor Erosion durch Wind und Regen. Zusätzlich kann sich eine Mikrofauna entwickeln. Später im Jahr übernimmt die Kulturpflanze diese Aufgaben. Durch den Einsatz von herbizidtoleranten Kulturpflanzen können nun die Ackerkräuter selektiver und in späteren Entwicklungsstadien mittels Spritzungen entfernt werden. Dadurch wird auf Dauer das Wasserhaltevermögen des Bodens gewährleistet und die Mikrofauna erhalten. Diese Anwendung ist besonders wichtig für Länder, die sehr fruchtbare Böden besitzen und aufgrund dessen eine extensive Unkrautbekämpfung vornehmen müssen.

Insektenresistente Pflanzen können den Einsatz von Insektiziden reduzieren. Beispiele hierfür gibt es u.a. in den USA und China. So wurde in den USA die Verwendung von Insektiziden von 1995 bis 1998 durch den Anbau insektenresistenter Baumwolle um 1000 Tonnen vermindert, und in China sank die Anzahl der Spritzungen für die gentech-

nisch veränderte Baumwolle auf ein- bis zweimal pro Jahr im Gegensatz zu der konventionellen Baumwolle, die im gleichen Zeitraum bis zu 20-mal mit Insektiziden behandelt werden musste.¹ Pilzresistente Kulturpflanzen tragen ebenfalls zu einem geringeren Einsatz von chemischen Substanzen bei.

Die Reduzierung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln dank der grünen Gentechnologie führt auch zu einem reduzierten Energieaufwand durch die geringeren Transport- und Ausbringungskosten.

Insgesamt ist folglich mit Hilfe der Gentechnologie ein ökologischer und nachhaltiger Anbau zu erwarten.

Abbau von Schadstoffen im Boden

Dank gentechnisch veränderter Pflanzen können auch Schadstoffe im Boden oder im Wasser analysiert und später auch abgebaut werden. So enthält beispielsweise das Trinkwasser in Indien und Bangladesch eine hohe Konzentration an Arsen, die weit über dem von der Weltgesundheitsorganisation festgelegten Grenzwert liegt. Gentechnisch veränderte Pflanzen können diese Schadstoffe dem Boden über ihre Wurzeln entziehen. Das Robert-Koch-Institut arbeitet z.B. an Pappeln, die Schwermetalle aus dem Boden aufnehmen.

Beitrag zur weltweiten Ernährung

Die Ernährung der Menschheit, insbesondere in den Gebieten der Entwicklungsländer, ist eine sehr komplexe Fragestellung. Es ist aber nicht umstritten, dass die landwirtschaftliche Produktion von genügend gesunden und günstigen Nahrungsmitteln eine unabdingbare Voraussetzung ist für die Ernährung.

Da weltweit die landwirtschaftliche Nutzfläche ohne massive technologische sowie organisatorische Fortschritte (z.B. Bewässerung) kaum wesentlich vergrößert werden kann, die zu ernährende

„Mit Hilfe der Gentechnologie ist ein ökologischer und nachhaltiger Anbau zu erwarten.“

Weltbevölkerung aber stetig zunimmt, müssen zur Versorgung die Hektarerträge weiterhin deutlich gesteigert werden. Hier bietet die grüne Gentechnik neue Möglichkeiten. Sie wird traditionelle Anbaumethoden zwar nicht ersetzen, kann diese aber wesentlich ergänzen und erweitern.

Grüne Gentechnologie als Hoffnungsträger der Medizin

Sowohl der Anbau gesundheitsfördernder Pflanzen (z.B. Provitamin-A-reicher „Golden Rice“) als auch die Produktion von Wirkstoffen mit Hilfe gentechnisch veränderter

¹ www.gruene-biotechnologie.de/inhalte/biotech_info410.html

Pflanzen (PMP = Molecular Pharming) sind für die Zukunft der Medizin vielversprechend. Der Bedarf an therapeutisch wirksamen Proteinen (z.B. Enzyme, Hormone, Antikörper) wird in den nächsten Jahren weltweit stark ansteigen, da immer mehr neue Therapeutika dieser Klasse angehören. Traditionell wurden diese Proteine aus Organismen extrahiert, die sie natürlicherweise produzieren, wobei die oft beschränkte Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials die Produktion beschränkte. Durch rekombinante Expression in Mikroorganismen oder Zellkulturen können die gewünschten Proteine oft in grösseren Mengen produziert werden. Allerdings sind diese Produktionsverfahren teuer und aufwändig. Das „Molecular Pharming“ soll eine kostengünstige Herstellung von pharmazeutischen Wirkstoffen und anderen wertvollen Eiweissen im grossen Massstab ermöglichen. Beispiele sind Antikörper, Impfstoffe, Enzyme und andere Pharmazeutika. Zusätzlich zu den ökonomischen Vorzügen werden Vorteile bei der Arzneimittelsicherheit gegenüber der rekombinanten Produktion in Mikroorganismen oder Zellkulturen angeführt (z.B. Abwesenheit von Resten/Fragmenten tierischer Proteine und Viren).

Höhere Qualität der Lebensmittel

Mittels Gentechnologie können Lebensmitteln zusätzliche Eigenschaften übertragen werden, die ihre Qualität erhöhen, z.B. eine verbesserte Lagerfähigkeit, geschmacksverbessernde Aspekte oder gesundheitsfördernde Eigenschaften (z.B. Vitamine).

Ein Beispiel für eine transgene Pflanze mit verbesserter Haltbarkeit ist eine neue Bananensorte, die gegenwärtig entwickelt wird. Bei ihr werden die weiteren Reifeprozesse nach der Ernte hinausgezögert. Dadurch kann diese Banane länger gelagert werden, bevor sie braune Flecken bekommt und schliesslich ungeniessbar wird.

Eine Verbesserung der Lagerfähigkeit ist insbesondere in Ländern mit geringer technischer Ausstattung wichtig. Sie soll die Pflanze möglichst lange gesund erhalten, da schwache und verletzte Pflanzen ein Ziel von Sekundärfunktionen beispielsweise durch Pilze sind. Diese bilden wiederum Toxine, die gesundheitsschädigend wirken.

Der in seinem Vitamin-A-Gehalt verbesserte „Golden Rice“, der an der ETH Zürich entwickelt wurde, stellt ein Beispiel für die Ausstattung von Lebensmitteln mit gesundheitsfördernden Eigenschaften dar. Vitamin-A-Mangel ist in den Ländern,

die sich überwiegend von Reis ernähren, ein grosses Problem. Gerade bei Kleinkindern, die überwiegend von Reis ernährt werden, kommt es zu Mangelercheinungen wie erhöhte Infektionsanfälligkeit, Nachtblindheit, in schwe-

ren Fällen bis hin zur Erblindung und Wachstumsstörungen. Konventionelle Züchtungen waren nicht in der Lage, dem Reiskorn die Fähigkeit zur Speicherung von Vitamin A zu verleihen.

Nachwachsende Rohstoffe: reineres Ausgangsprodukt und umweltfreundlichere Gewinnung

Nachwachsende Rohstoffe sind organische Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die ganz oder in Teilen als Rohstoffe für die Industrie oder als Energieträger genutzt werden. Im Gegensatz zu fossilen Rohstoffen erneuern sie sich jährlich oder in überschaubaren Zeiträumen. Beispiele für nachwachsende Rohstoffe sind z.B. Stärke, Öle und Fette.

Mit Hilfe der Gentechnik können solche Rohstoffe viel umweltfreundlicher gewonnen werden, indem im Vergleich zur herkömmlichen Gewinnung weniger Schadstoffe entstehen und der Wasser- und Energieverbrauch reduziert wird. Zudem kann gentechnisch auch der Gehalt an Rohstoff beim Rohstofflieferanten erhöht und somit ein reineres Ausgangsprodukt für die Industrie geschaffen werden. Auch ist der Anbau von Pflanzen möglich, die neben ihrem klassischen Ernteprodukt einen Stoff (Polyhydroxyfettsäure) produzieren, der als Rohstoff für biologisch abbaubare Verpackungen verwendet werden kann. Der Vorteil solcher Biopolymere ist, dass sie aus erneuerbaren Ressourcen gewonnen werden und biologisch abbaubar sind, womit die durch herkömmliche Kunststoffe verursachte Umweltbelastung reduziert werden kann.

Die Argumente der Kritiker der grünen Gentechnologie

Bei jeder neuen Technologie müssen neben ihrem Nutzen und ihren Leistungen auch mögliche Risiken abgeschätzt werden. Die Warnungen der Gegner der Gentechnologie bedürfen einer kritischen Würdigung.

Kontrolle der multinationalen Konzerne über die Kleinbauern

Nach Ansicht der Gentechnikritiker besteht die Gefahr, dass Konzerne, die gentechnisch veränderte Pflanzen patentieren,

die neuen Sorten bestimmen und dementsprechend auch den Markt kontrollieren könnten.

Vorerst ist festzuhalten, dass die Mehrzahl der bisher auf dem Markt existierenden neuen gentechnisch veränderten Saatgutsorten für die Industrieländer entwickelt worden sind. Ein Verkauf derartiger Pflanzen in die Entwicklungsländer ist vorerst gar nicht möglich.

„Gentechnologie kann Lebensmitteln verbesserte Lagerfähigkeit und gesundheitsfördernde Eigenschaften bringen.“

Darüber hinaus haben die grossen Saatgutfirmen so genannte Technologietransfer-Grundsätze entwickelt, wonach neue Technologien an arme Landwirte in den Entwicklungsländern ohne zusätzliche Kosten für die neue Technologie abgegeben werden.

Ein Beispiel dafür ist auch die Forschung an dem mit Vitamin A angereicherten Reis („Golden Rice“) der ETH in Zürich. Die ETH arbeitet mit dem IRRI (International Rice Research Institute) an dem Reisprojekt zur nachhaltigen Sicherung der Ernährung in den Entwicklungsländern. Die grossen Konzerne haben auf die Patente verzichtet. Somit kann nach Abschluss der Forschungsarbeiten die Reissorte ohne zusätzliche Kosten an die Bauern in den Entwicklungsländern abgegeben werden.

Auskreuzen von Genen

Theoretisch könnte der Transfer von Genen auf Mitglieder einer verwandten Art (vertikaler Gentransfer) oder einer nicht verwandten Art (horizontaler Gentransfer) stattfinden. Eines der mittlerweile klassischen Horrorszenarien ist die Vorstellung des Super-Unkrauts, welches über Pollenflug Gene der gentechnisch modifizierten Pflanze übernimmt. Versuche mit Raps zeigten, dass es zu einer Auskreuzung kommen kann.

Das Risiko einer Auskreuzung muss aber aus mehreren Gründen relativiert werden: So besitzen bestimmte Pflanzen in Gebieten, wo sie angebaut werden, keine natürlich vorkommenden Wildtypen. Eine Auskreuzung im direkten Sinn ist dadurch erschwert. Ein Beispiel hierfür wäre in Europa die Maispflanze oder die Kartoffel. Andere Pflanzen wie Raps, Luzerne oder Zuckerrübe könnten aufgrund von vorhandenen verwandten Formen auskreuzen. Findet ein Gentransfer statt, so hat die Pflanze aber nur eine Überlebenschance, wenn das übertragene Gen ihr einen Selektionsvorteil verschafft.

In der herkömmlichen Züchtung wurden zudem schon immer Fremdgene über Kreuzung in Pflanzen eingebracht. Die entscheidende Frage ist deshalb nicht, ob ein Gentransfer stattfindet oder nicht, sondern inwieweit die transgenen Kulturpflanzen eine Bedrohung für das Ökosystem darstellen.

Für die Risikoanalyse ist deshalb zu klären, welcher Art das eingebrachte Gen ist. Handelt es sich hierbei um Resistenzen oder um qualitätsverbessernde Gene, und mit welchen Markern sind diese gekoppelt, Antibiotika- oder Nicht-Antibiotika-Marker (siehe Antibiotikaresistenz)? Ein weiterer Punkt ist die Frage, was mit den gentechnisch modifizierten Pflanzen nach dem Verrotten passiert. Mikroorganismen zersetzen die pflanzlichen Bestandteile und tragen somit zu einem Freiwerden der modifizierten Gene bei. Resistenzgene treten allerdings bei Mikroorganismen ohnehin natürlicherweise auf. Viele der eingesetzten Re-

sistenzgene stammen ursprünglich von Mikroorganismen. Es würden also im Falle einer theoretischen Aufnahme von Resistenzgenen aus der Pflanze in einen Mikroorganismus diese Gene zurücktransferiert werden. Sehr viel wahrscheinlicher bzw. natürlicher ist die Übertragung von Genen zwischen Bakterien, da sie eigens für einen solchen Transfer ausgestattet sind.

Modifizierte Gene in der Nahrungskette und Allergien

Eine andere Befürchtung ist das Einbringen von modifizierten Genen in die Nahrungskette, deren Produkte vom Abwehrsystem als körperfremd anerkannt werden und deshalb zu Allergien führen.

Mit der Nahrung, auch mit Bionahrung, wird aber immer „Fremd“-DNA aufgenommen. Zudem gehen die Produkte der veränderten Gene nicht immer in die Nahrungskette ein. Lebensmittel gentechnischen Ursprungs werden intensiv auf ein mögliches Allergierisiko getestet, im Gegensatz zu Nahrungsmitteln aus herkömmlichen Quellen, wie beispielsweise exotische Früchte.

Die Gentechnik könnte in diesem Bereich auch einen positiven Beitrag leisten: Allergene könnten inaktiviert oder entfernt werden. Dies wurde beispielsweise bei einer Reissorte erreicht, die ein Eiweiss enthält, auf das ein gewisser Anteil der japanischen Bevölkerung allergisch reagiert.

Verlust der Artenvielfalt?

Von Gegnern der Gentechnologie wird behauptet, dass es durch die Freisetzung von gentechnisch modifizierten Pflanzen zu einer Abnahme der Artenvielfalt kommt. Nach dem heutigen Wissensstand gibt es aber keinen seriösen Hinweis hierfür. Eher das Gegenteil scheint der Fall zu sein. So lässt die Gentechnik neue Pflanzenvarietäten (z.B. Mais, der sich selber von einem Insekt schützt) entstehen. Zudem darf man sich von der Gentechnik durch die Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge eine Verminderung der Abholzung von Wäldern zur Bereitstellung von mehr Anbaufläche erhoffen und somit eine positive Wirkung auf die Biodiversität erwarten. Die Genteckritiker vergessen zudem, dass die Gentechnologie den Einsatz von Pestiziden und Herbiziden vermindert, von denen ein negativer Einfluss auf die Biodiversität ausgeht.

Antibiotikaresistenzen

Antibiotikaresistenzgene werden als Marker zur Unterscheidung transgener Pflanzen von nicht transformierten Pflanzen verwendet. Diese Resistenzgene bergen aber auch gewisse Gefahren, da Mikroorganismen (z.B. Bodenbakterien) von Natur aus die Möglichkeit besitzen, Gene auszutauschen. Antibiotikaresistenzen könnten auf diesem Weg ebenfalls übertragen und neue resistente Mikro-

organismen erzeugt werden.

Eine Studie von Bennett et al.² zeigte allerdings, dass die Wahrscheinlichkeit einer Aufnahme der in Pflanzen transformierten Gene durch Mikroorganismen extrem gering ist. Dennoch ist eine gründliche und vorausschauende Risikobegleitforschung unbedingt nötig. Unabhängig von diesen Untersuchungen wird die Verwendung von alternativen Markern getestet.

Schädlingsresistenzen

Es ist bekannt, dass sich bei Insekten innerhalb eines gewissen Zeitraums Resistenzen gegenüber Insektiziden entwickeln können. Daher besteht auch die Möglichkeit, dass sie Resistenzen gegen die Abwehrmechanismen der gentechnisch veränderten Pflanzen entwickeln. Dies wurde bisher bei in der Natur angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen noch nicht beobachtet. Die Wissenschaft sieht jedoch diese Problematik und versucht entsprechende Gegenmassnahmen zu entwickeln. Ein Ansatz ist das Schaffen von Refugien von nicht transgenen Kulturpflanzen. Das bedeutet, der Landwirt ist bei einer Anpflanzung von transgenen Kulturpflanzen verpflichtet, einen bestimmten Anteil der Flächen mit der entsprechenden nicht transgenen Kulturpflanze anzubauen. Auf diese Weise bestehen Ausweichflächen für den Schädling.

Zudem wird durch Kombination von Resistenzeigenschaften versucht, dem Schädling die Entwicklung von Resistenzen zu erschweren.

Unbeabsichtigte Kontamination der Nahrungskette mit pharmazeutischen Wirkstoffen

Ein kritisches Thema beim Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen zur Produktion medizinischer Wirkstoffe (Plant made Pharmaceuticals) ist die Möglichkeit der unerwünschten Ausbreitung der neuen genetischen Eigenschaften in die Umwelt. Dies kann sowohl durch ungenügende Sorgfalt (Vermischung von Saatgut, Durchwuchs nach Ende der Anbauperiode) als auch durch Gentransfer (Pollenflug) zu benachbarten Pflanzen geschehen. Besonders problematisch ist dabei eine mögliche Kontamination von zu Ernährungszwecken angebauten Pflanzen, wodurch Wirkstoffe unerkannt in die Nahrungskette gelangen könnten.

Eine Beschränkung der Produktion der Plant made Pharmaceuticals auf nicht als Lebensmittel verwendeten Pflanzenarten, wie z.B. Tabak, wie sie von manchen Seiten

der Lebensmittelindustrie favorisiert wird, ist technisch nicht immer möglich. Zudem sind die Wirkstoffausbeuten aus Ackerpflanzen (z.B. Mais, Kartoffeln) oft wesentlich höher, so dass sich hier auch ein ökonomischer Konflikt ergibt.

In den USA, wo sich bereits verschiedene Plant made Pharmaceuticals in klinischen Versuchen befinden, wird dieser Gefahr mit sehr strengen Regeln u.a. zur räumlichen Trennung der Anbauggebiete von für die Nahrungskette und von für die Medikamentenproduktion bestimmten Pflanzen begegnet. In der Schweiz existieren bisher keine Genehmigungen zur Freisetzung gentechnisch modifizierter Pflanzen für die Produktion von medizinischen Wirkstoffen.

² Bennett, P.M./Livesey, C.T./Nathwani, D. et al: „An assessment of the risks associated with the use of antibiotic resistance genes in genetically modified plants: report of the Working Party of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy“, Journal of Antimicrobial Chemotherapy, Advance Access, 28.1.2004, S. 1–14.

Kommentar

Aus den vorangehenden Darstellungen geht hervor, dass die Gentechnologie im Bereich der Landwirtschaft und damit letztlich auch in der Ernährung eine grosse Rolle spielt und dies noch vermehrt tun wird. Erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind künftig kaum mehr ohne die Erkennt-

nisse aus der Gentechnik denkbar. Die Schweiz ist gut situiert und verfügt über weltweit führende Forschungslabors an Hochschulen und Universitäten. Sie muss deshalb ein technologie- und wirtschaftsfreundliches Klima schaffen und die Gentechnologie fördern. Sonst verliert der Denkplatz und damit auch der Werkplatz Schweiz seine Attraktivität. Es ist zu erwarten, dass die Gentechnologie der Schweiz in Zukunft noch ungeahnte Perspektiven eröffnen wird. Die Schweiz sollte sich für viel versprechende zukünftige Entwicklungen auf diesem Gebiet und das damit verbundene wirtschaftliche Potenzial die Türen offen halten.

Für die Gentechkritiker geht die Gentechnologie im Bereich der Pflanzen zu weit und sie fordern immer wieder Verbote. Jüngstes Beispiel ist die Volksinitiative „für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft“, die ein fünfjähriges Moratorium für die Einfuhr und das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten vermehrungsfähigen Pflanzen, Pflanzenteilen und Saatgut, die für die landwirtschaftliche, gartenbauliche oder forstwirtschaftliche Anwendung in der Umwelt bestimmt sind, fordert. Verbote haben die Menschheit noch nie weiter gebracht. Gefragt sind Rahmenbedingungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit neuen Technologien wie z.B. mit der Gentechnik. Diese sind seit Anfang 2004 mit dem Inkrafttreten des neuen Gentechnikgesetzes, eines der weltweit strengsten Gentechnikgesetze, vorhanden. Das Gentechnikgesetz garantiert eine verantwortungsvolle Anwendung der Gentechnologie in der Landwirtschaft und der Ernährung. Es schützt Mensch, Tier und Umwelt um-

fassend vor allfälligen Missbräuchen der Gentechnologie. Dieser Meinung ist auch der Bundesrat, der die Initiative den eidgenössischen Räten ohne Gegenvorschlag zur Ablehnung empfiehlt (siehe Botschaft über die Volksinitiative „für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft“ vom 18. August 2004). Laut Bundesrat bringt die Initiative

„Erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind künftig kaum mehr ohne die Erkenntnisse der Gentechnik denkbar.“

keine zusätzliche Sicherheit, schadet jedoch dem Forschungsstandort Schweiz und belastet die Aussenhandelsbeziehungen. Allenfalls

müssten gar Klagen wegen Verletzung von Staatsverträgen in Kauf genommen werden.

economiesuisse teilt die Ansicht des Bundesrats. Ein Moratorium käme einem Stillstand in einer Schlüsseltechnologie gleich. Ein Stillstand wäre mehr als eine technologiefeindliche Einschränkung des Forschungsplatzes Schweiz. In einem solchen Umfeld würden Forschungsinvestitionen hochgradig gefährdet. Für ein Land, dessen Wertschöpfung wesentlich von der Anwendung neuer Ideen und Technologien abhängt, ist eine Absage an eine neue Technologie verantwortungslos. Wir brauchen Innovationen und keine Denkverbote.

MS

Rückfragen:

rudolf.walser@economiesuisse.ch