

Die Grüne Gentechnik

Mit freundlicher Genehmigung von Thomas Schuster

Über und Einblicke

Kaum ein Thema wird nun schon seit Jahren so kontrovers und hitzig diskutiert, wie die Grüne Gentechnik. Die eine Seite sieht hier unbeherrschbare Monsterunkräuter, einen Kahlschlag in der Artenvielfalt und Gefahr für Leib und Leben. Das andere Lager verspricht, die häufigen Hungersnöte in allen möglichen Weltteilen seien dann Geschichte, Agrarchemikalien könnten in großem Umfang eingespart werden und überhaupt sei das die einzige Antwort auf die drohende Klimaerwärmung.

Dem Verbraucher wird immer wieder von verschiedenen Seiten eingeredet, nur "gentechnikfreie" Lebensmittel seien gesund. Im Umkehrschluss würde dies bedeuten, dass gentechnisch veränderte Produkte krank machen.

Auch von der Politik kommen konträre Aussagen, je nachdem welche Gruppe sich äußert. Nach Aussagen der Gentechnik-Konzerne erfährt der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen global und auch in der EU einen rasanten Aufschwung. Weltweit sollen derzeit 90 Millionen ha mit gentechnisch bearbeiteten Pflanzen bestellt sein. Das ist deutlich mehr als die doppelte Gesamtfläche Deutschlands. Die Flächensteigerungen betragen angeblich jährlich 20 %. Auf der anderen Seite stehen aber auch völlig gegensätzliche Zahlen im Raum. So gaben die Konzerne an, im Jahre 2003 wurde in Südafrika auf hunderttausend Hektar insektenresistente Baumwolle angebaut. Die europäische Industrievereinigung "Agricultural Biotechnology" geht im gleichen Jahr jedoch nur von einem Anbau von 5000 ha aus. Unbestritten ist, dass manche Länder wie Indonesien oder der indische Bundesstaat Andra Pradesh den Anbau dieser Baumwolle nach katastrophalen Ergebnissen wieder verboten haben.

Im Gespräch mit dem Verbraucher kommt meistens Ratlosigkeit zum Ausdruck. Ein Wissen über diese Technologie, über Chancen und Gefahren ist nur in den seltensten Fällen vorhanden. Diese Serie versucht deshalb etwas Licht in die Angelegenheiten zu bringen.

Worum geht es?

Die Grüne Gentechnologie ist Pflanzenzüchtung. Pflanzenzüchtung findet seit der Steinzeit (ca. 10000 Jahre vor unserer Zeitrechnung) statt. Ackerbau und Viehzucht ermöglichten zu dieser Zeit den Wechsel vom Sammler und Jäger zum sesshaften Bauern. Für eine sich ständig vergrößernde Menschenmenge war natürlich auch eine verlässliche Nahrungsgrundlage nötig. Diese schuf eine stetige Verbesserung der Getreidesorten Emmer und Einkorn. Über Jahrtausende wurde dabei ausschließlich Auslesezüchtung betrieben. Mit dieser Methode werden immer nur die besten und ertragreichsten Einzelpflanzen zur Vermehrung benutzt, sodass sich die Erntemenge ständig erhöhte.

Eine drastische Beschleunigung fand in der Züchtung statt, als die Funktionen der Zelle entschlüsselt wurden. Nun war bekannt, dass sich in jeder Zelle, ob tierisch oder pflanzlich, der gesamte Bauplan des Organismus befindet. Dieser Bauplan ist eine lange Kette aus Eiweißmolekülen, DNS oder DNA genannt. Aus Platzgründen ist diese Kette spiralg eingedreht. Die Gene sind die einzelnen Abschnitte auf dieser Kette.

Jedes Gen erzeugt ein ganz spezielles Eiweiß, auch Protein genannt. Aus diesen Proteinen formt sich das Lebewesen. So bilden Strukturproteine Haare und Nägel. Je nach Proteinart unterscheiden sich dann die Haare in Farbe, Dicke, Form usw. Weiterhin gibt es Transportproteine wie das Hämoglobin oder Rezeptorproteine wie die Lichtzellen im Auge.

Beim Wachsen eines Organismus wird die DNS für jede Zelle originalgetreu kopiert, und so Gestalt und Eigenschaften des Lebewesens gesteuert.

Wird nun dieser Plan in der Urzelle des Organismus verändert, so verändert sich das Erscheinungsbild des daraus entstehenden Geschöpfes. Die moderne, aber noch nicht gentechnische Züchtung macht von diesem Wissen regen Gebrauch. So werden Pflanzen beispielsweise radioaktiv bestrahlt oder aggressiven Chemikalien ausgesetzt. Dadurch wird das Erbgut neu kombiniert, da die Gene verändert werden. Die Nachkommen dieser Pflanzen werden nun in großer Zahl angebaut und einer genauen Prüfung unterzogen. Durch die Gen-Umschichtungen sind viele Pflanzen nicht mehr lebensfähig oder haben gravierende Nachteile erlitten.

Durch Zufall kann jedoch auch eine Veränderung eintreten, die eine erwünschte Eigenschaft hervorbringt. Das könnte eine andere Blütenfarbe, ein höherer Ertrag, eine Resistenz gegen Krankheiten oder irgendeine andere Eigenschaft sein. Eine weitere Züchtungsmethode ist das gezielte Einkreuzen. Dabei wird beispielsweise eine Sorte mit hohem Ertrag aber ohne Widerstandskraft gegen eine Krankheit mit einer widerstandsfähigen aber ertragschwachen Sorte gekreuzt. Als Nachkommen erhofft sich der Züchter eine widerstandsfähige Sorte mit hohem Ertrag. Das Züchtungsergebnis hängt bei diesen Methoden sehr stark vom Zufall ab. Zudem dauert es oft viele Jahre, bis sich der Erfolg einstellt. Auch kann die Artengrenze so nicht überwunden werden, das heißt, eine Kreuzung Blumenkohl mit Sonnenblume ist unmöglich.

Die Methoden der Erbgutveränderung kommen auch natürlicherweise vor und sind seit Jahrmillionen in die Evolution miteingebunden. Deshalb ist hier ein zelleigenes Reparatursystem vorhanden, das sehr unvorteilhafte Genstrukturierungen entweder repariert oder die Zelle absterben lässt.

Züchtung mit Gentechnik

Eine Züchtung mit dieser Methode ist nur möglich, wenn bekannt ist, welches Gen im Erbgut für welche Eigenschaft verantwortlich ist. Das Genom oder Erbgut ist schon für viele Pflanzen erforscht und kartiert. Nun wird ein Gen für eine bestimmte Eigenschaft aus einem Erbgutstrang herausgeschnitten und in einen anderen eingefügt. Damit wird auch die gewünschte Eigenschaft übertragen.

Züchtungserfolge gelingen hier also relativ schnell und Zuchtziele können präzise geplant werden. Auch wird das Erbgut weniger gestört als bei radioaktiver oder chemischer Behandlung. Dort erfolgt ja ebenfalls ein gentechnischer Eingriff, aber völlig planlos und zufällig. Was genau mit den Genen geschieht, wie sie verändert werden und was daraus entsteht, wird bei der herkömmlichen Züchtung nicht erforscht. "Bei der Gentechnik hingegen ist genau bekannt, welches Erbgutteil verändert wird. Dadurch sind auch die Auswirkungen im Stoffwechsel besser überprüfbar", so eine Aussage im Internet-Forum von Gentechnik-Firmen. Diese Darstellung lässt sich jedoch auch in einem etwas anderem Licht betrachten: Die Übertragung der Gene erfolgt in Wirklichkeit im Schrotschussverfahren. Niemand weiß, wo genau diese Gene angelagert werden und wie das restliche Erbgut gestört wird. So kann es passieren, dass die Gene falsch herum eingefügt oder in andere Gene integriert werden. Diese funktionieren dann nicht mehr oder sie bilden völlig neue Stoffe. Das Unheilvolle ist, dass solche Fehlfunktionen manchmal erst mit großer zeitlicher Verzögerung stattfinden.

Unbestritten ist, dass mit der Veränderung des Erbgutes eine Abweichung des Stoffwechsels einhergeht. Welche Veränderungen aber genau geschehen und welche Proteine nun erzeugt werden, ist jedoch nicht einmal annäherungsweise erforscht. Denn wer kann wissen, ob ein Protein nicht nach Jahren Krebs auslöst, wenn es bis jetzt noch überhaupt nicht bekannt war? Die Aussage, dass hier keine ernste Gefahren für die Gesundheit drohen können lässt sich allein durch die Behauptungen der Gentechnik-Firmen jedenfalls nicht entkräften. Dass diese Sorgen nicht ganz unbegründet sind, zeigt ein Drama aus den USA. Als Auslöser wird das freiverkäufliche Nahrungsergänzungsmittel L-Tryptophan angesehen. Empfohlen wurde es von Ärzten bei Schlafstörungen, Stress und Depression. 1998 stellte der Hersteller Showa Denko die Produktion von L-Tryptophan auf gentechnisch veränderte Bakterienstämme um, so dass die Ausbeute drastisch erhöht werden konnte. Ab diesem Zeitpunkt erkrankten viele Menschen nach der Einnahme dieses Nahrungsergänzungsmittels. Die Folge waren schwerste Leiden und Todesfälle. Da diese Stoffe bisher unbekannt waren, gab es logischerweise auch keine Hinweise auf ihre Gefährlichkeit. Letztlich zahlte die Herstellerfirma über 2 Milliarden Dollar Entschädigung an die mehr als 2000 Opfer. Wäre die Vergiftung schleichend, über Jahre passiert, hätte das sehr lange niemand bemerkt und die Zahl der Opfer wäre weitaus größer gewesen.

Für die Ungenauigkeit des Verfahrens spricht auch die Tatsache, dass Berliner Wissenschaftler vor kurzem Gensequenzen in einer transgenen Sojasorte entdeckten, die versehentlich dort hineinkopiert wurden. Was diese Genstücke während der 10 Jahre, in denen das Soja angebaut und verzehrt wurde, möglicherweise angerichtet haben, ist völlig unbekannt.

Was die Gentechnik für viele Menschen suspekt macht, ist die Tatsache, dass nun ganz gezielt und relativ leicht die Artenbarriere überschritten wird. So könnte zum Beispiel das Gen, das bestimmte Bakterien in der Dunkelheit leuchten lässt, isoliert und in eine Pflanze eingebaut werden. Diese Pflanze würde dann nachts leuchten. In der Tat liegt hier möglicherweise ein großes Problemfeld verborgen. Denn entgegen früherer Auffassung kann ein Gen nicht nur ein einziges, bestimmtes Protein herstellen, sondern eine ganze Anzahl verschiedener produzieren. Die Gefahr liegt nun darin, dass der Organismus das eingeführte Fremdgen möglicherweise nicht exakt "lesen" kann und dabei versehentlich Proteine entstehen, deren Auswirkungen niemand vorhersieht. Aus diesem Grund brachen australische Wissenschaftler einen Versuch ab. Sie pflanzten einer Erbse ein spezielles Gen aus der Bohne ein. Dies erzeugt ein Protein, das der Erbsenkäfer nicht verdauen kann. Folglich wird die Erbse vom Käfer gemieden. Bei Fütterungsversuchen an Mäusen stellte sich dann heraus, dass diese ernsthaft erkrankten, wenn sie mit dem Protein aus der Erbse gefüttert wurden. Das an und für sich gleiche Protein aus der Bohne führte dagegen nicht zu Schäden.

Der Grund hierfür könnte sein, dass bei gentechnischen Verfahren die zelleigene Genreparatur nicht funktioniert und fehlerhafte Gensequenzen nicht als solche erkannt werden.

In der Pflanzenzüchtung wird der Artensprung beispielsweise bei der Insektenresistenz von Mais, Baumwolle oder der Unempfindlichkeit von Raps gegenüber Unkrautvernichtungsmitteln genutzt.

Im Folgenden wird über den Nutzen berichtet, den sich die Züchter von der Gentechnik erhoffen.

Der Nutzen der Grünen Gentechnik

An die derzeitige Landwirtschaft werden weltweit zahlreiche, hohe Ansprüche gestellt. Gefordert sind hohe Hektarerträge und Ertragssicherheit, auch bei wechselnden Klimafaktoren. In weniger gut entwickelten

Ländern müssen Nahrungspflanzen auf schlechten Böden, auch mit wenig Wasser und Dünger gedeihen. Pflanzenschutzmittel sollen so weit wie möglich reduziert werden, im Idealfall sind die Pflanzen resistent gegen Krankheiten und Schädlinge. Auch die Inhaltsstoffe der Pflanzen sind von Interesse. Gefragt sind Sorten mit hoher Vitaminproduktion, oder sie sollen ungesättigte Fettsäuren produzieren. In allen diesen Bereichen spielt die Gentechnik eine Schlüsselrolle. Gentechnisch bearbeitet werden derzeit alle Kulturpflanzen, die weltweit großflächig im Anbau sind, wie Mais, Reis oder Baumwolle. Auch unter den Gemüsepflanzen wird von der Aubergine bis zur Zwiebel in allen Bereichen geforscht und gezüchtet. Transgenes Gemüse wird in der EU aber noch nicht angebaut.

Insektentoleranz

Seit über 30 Jahren werden Präparate von *Bacillus thuringiensis* (Bt) gegen Schmetterlingsraupen eingesetzt. Diese Bakterienart bildet bei ihrer Vermehrung ein nur für Raupen giftiges Eiweiß. Nehmen diese es auf, gehen sie schnell zugrunde. Wird die Fähigkeit, dieses Eiweiß zu bilden, in die Kulturpflanze eingebaut, ist sie gegen Schadraupen geschützt. Dieses Prinzip wird inzwischen relativ häufig angewendet. Der Vorteil für den Landwirt liegt darin, dass er gegen diese Schädlinge keine Insektizide mehr ausbringen muss und dadurch Geld spart. Überdies wird die Umwelt nicht belastet. Das Eiweiß schützt die Baumwolle gegen den Baumwollkapselwurm und den Mais gegen den Maiszünsler. Auf chinesischen Baumwollfeldern gelang es anfänglich, die Anzahl der Spritzungen von 20 auf 2 zu reduzieren. Im Jahre 2005 wurden in den USA auf mehr als 50 % der Maisfläche transgene Bt-Sorten angebaut. Die Anbaufläche in der EU betrug im Jahr 2005 etwa 50000 ha in Spanien und 1000 ha Versuchsanbau in Deutschland.

Nach neuesten Erkenntnissen werden diese transformierten Gene im Verdauungstrakt der Tiere jedoch nicht vollständig abgebaut und finden sich teilweise im Blut und den inneren Organen wieder. Was dies bedeutet, ist noch völlig ungeklärt. Ebenso ungeklärt ist, was die Bt-Proteine, die die Maiswurzeln erzeugen, im Boden bewirken. Da die Bt-Proteine während der gesamten Lebenszeit der Pflanze vorhanden sind, üben sie einen starken Selektionsdruck auf die Schädlinge aus. Daraufhin wird der Schädling resistent gegen das Eiweiß. Eine Schweizer Studie errechnete, dass der Baumwollkapselwurm nach ca. 40 Generationen unempfindlich gegen das Bt-Protein sein wird. Das entspricht einem Zeitraum von 10 Jahren.

Herbizidresistenz

Unkrautvernichter weisen eine sehr unterschiedliche Umweltverträglichkeit auf. So ist das Totalherbizid mit dem Wirkstoff Glyphosat relativ umweltschonend bei einem gleichzeitig hervorragenden Wirkungsgrad. Als Totalherbizid tötet es aber auch alle Kulturpflanzen ab. In Raps und Sojabohne wurde deshalb ein Gen eingeschleust, das sie unempfindlich gegen diesen Wirkstoff macht. Aufgrund der guten Wirksamkeit des Unkrautmittels können so mehrere Spritzungen eingespart werden.

In den USA beträgt die Anbaufläche von Gensoja 85 %, in Argentinien bereits 98 % und in Brasilien 25 %. Die EU führt aus diesen drei Ländern jährlich ca. 40 Mio. Tonnen Soja ein. Seit 1996 liegt in der EU die Genehmigung vor, transgenes Soja zu Futter- und Lebensmitteln zu verarbeiten. Es kann also davon ausgegangen werden, dass der Großteil der konventionell erzeugten Milch- und Fleischprodukte mit transgenem Futter erzeugt wurde.

In den USA entwickelten sich nach der Einführung herbizidresistenter Sorten auf riesigen Flächen massive Resistenzprobleme. Da das preisgünstige und ehemals effektive Glyphosat nicht mehr wirkt, müssen die Bauern nun wieder teurere Mittel in mehreren Spritzgängen aufwenden. Eine Rückkehr zu alten Sorten ist

vor allem bei Raps wirkungslos, da transgene Samen noch viele Jahre im Boden liegen und jedes Jahr ein Teil auskeimt und wächst. Zudem bleiben die Probleme nicht auf die Flächen begrenzt, auf denen die Genpflanzen kultiviert wurden. Die anfängliche Begeisterung der amerikanischen Landwirte ist inzwischen einer großen Ernüchterung gewichen. Nach ebenfalls verheerenden Erfahrungen versuchen kanadische Bauern jetzt, den Anbau von Gengetreide mit allen Mitteln zu verhindern.

Virus- und Bakterienresistenz

Viren sind Krankheitserreger, die sehr große Schäden in Pflanzenbeständen anrichten können. Nicht selten ist ein Totalausfall zu verzeichnen. Eine direkte Bekämpfung ist nicht möglich. Intensive Züchtungsarbeit findet derzeit bei Zuckerrüben, Kartoffeln und Tomaten statt. Als Beispiel für eine Bakterienkrankheit sei hier die Banane genannt. Seit 2001 breitet sich in Uganda die Banana Bacterial Wilt (BBW) mit hoher Geschwindigkeit aus. Durch diese Krankheit werden die Früchte ungenießbar und: die Pflanzen sterben rasch ab. Die Plantagen, werden vollständig vernichtet. Eine direkte Bekämpfung ist nicht möglich. In Uganda sind aber 65 % der Menschen von der Banane als Grundnahrungsmittel abhängig. Zudem sind die 1,5 Millionen Hektar Land, auf denen Bananen produziert werden, ein bedeutender Wirtschaftsfaktor. Die Regierung des Landes versucht nun, das Problem auf biotechnologische Weise zu lösen, indem eine Resistenz in eine Bananensorte eingebaut werden soll. Ob solche Lösungen aber realisiert werden können, steht bisher allerdings in den Sternen.

Inhaltsstoffe und Qualitätssteigerungen

Pflanzen können gentechnisch so verändert werden, dass sie neue Inhaltsstoffe produzieren. Ein Beispiel dafür ist der Reis, der von Natur aus kaum Vitamin A enthält. Ein Vitamin-A-Mangel führt bei Menschen, deren Ernährung von Reis abhängt, jedoch zu schwerwiegenden Beeinträchtigungen des Immunsystems. Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass jährlich 1 Million Kinder an Infektionskrankheiten sterben, da sie durch Vitamin-A-Mangel geschwächt waren. Bei einer weiteren Million Kinder führt dieser Mangel jedes Jahr zu völliger Blindheit. Deshalb wurde ein Reiskorn entwickelt, das in der Lage ist, Vitamin A und Eisen zu erzeugen. Aufgrund seiner gelben Farbe wird diese Sorte "Golden Rice" genannt. Erste Freilandversuche fanden 2004 in Louisiana/USA statt. Dieser Reis soll nun in Lokalsorten eingekreuzt und das Saatgut kostenlos an Kleinbauern verteilt werden.

Kritiker bemängeln jedoch, dass ein zwei Jahre altes Kind täglich sieben Pfund von diesem Reis essen müsste, um genügend Vitamin A aufzunehmen. Zudem ist durch keine einzige Studie geklärt, ob der menschliche Organismus dieses Vitamin überhaupt aus dem Reis aufnehmen kann. Und überhaupt wäre es viel sinnvoller, grüne Pflanzen anzubauen, da im grünen Farbstoff reichlich Vitamin A vorhanden sei.

Golden Rice wurde in erster Linie entwickelt, um das schlechte Bild der Gentechnik-Industrie aufzupolieren, es ist ein reines Propagandaprodukt, so das New York Times Magazine. Dafür spricht auch, dass der ursprünglich so hoch gepriesene Golden Rice klammheimlich in der Versenkung verschwand und plötzlich von Golden Rice 2 die Rede ist. Marktreif ist der aber noch lange nicht.

In der Schweiz und in England wurden Reispflanzen entwickelt, die resistent gegen verschiedene Pilze und Viren sein sollen. In China stehen einige Sorten kurz vor der Zulassung, die gegen den Reisstängelbohrer immun sind, aus Kanada kommen zwei herbizidresistente Sorten.

Bereits zugelassen sind zwei transgene Reissorten, die Lactoferrin und Lysozym erzeugen. Ersteres ist ein Konservierungsstoff, das Zweite ein Enzym, das unter anderem in der Weinherstellung benötigt wird. Eine

Verwendung als Lebensmittel ist bei solchen Sorten nicht erlaubt, sie dienen ausschließlich zur Erzeugung dieser Substanzen.

Intensiv geforscht wird auch mit Reispflanzen, die auf versalzten Böden wachsen können und mit weniger Wasser auskommen. Ihnen wurde ein Gen der auf Salzböden wachsenden Pflanze Suaeda salsa eingebaut. Japanische Wissenschaftler arbeiten an hypoallergenen Reissorten. Bei ihnen wird das allergieauslösende Protein AS-Albumin unterdrückt. Bei weiteren Reislinien wurde der Proteingehalt geändert, um den Reis für Sake-Brauereien attraktiver zu machen.

Diese Zusammenstellung gibt einen Überblick über die vielfältigen Anwendungsbereiche der Gentechnologie. Sie ist jedoch keinesfalls vollständig. So gibt es auch noch verzögerte Fruchtreifen, bessere Haltbarkeit, besserer Geschmack, männliche Sterilität, veränderte Blütenfarbe, feuerbrandresistente Apfelunterlagen usw. Insgesamt nimmt die Anzahl der gentechnisch bearbeiteten Pflanzen sehr schnell zu. Wirklich angebaut werden jedoch nur Soja, Raps, Mais und Baumwolle mit Herbizid- und Insektenresistenz. Die Wunderpflanzen, die uns die Industrie seit Jahren verspricht, stehen anscheinend noch in weiter Ferne.

Mögliche Gefahren der grünen Gentechnologie

Die Wissenschaftler der Grünen Gentechnik versichern uns, die angewendeten Methoden und erzeugten Sorten seien sicher. Alle Auswirkungen sind bis ins letzte Detail geprüft und jegliche Unwägbarkeit berechnet. Doch bis Tschernobyl wurde auch die Kernenergie als sicher bezeichnet. Und vor 40 Jahren nahmen Schwangere das damals als besonders sicher gepriesene Contergan, mit den schrecklichen, bis heute reichenden Folgen. Auch manche Pflanzenschutzmittel waren sicher, bis sie plötzlich mit einem Anwendungsverbot belegt wurden wie das Atrazin, Lindan, Lebaycid oder Brestan. Daher ist es durchaus sinnvoll, den einen oder anderen Punkt kritisch zu hinterfragen.

Auskreuzende Gene

Transgener Pollen wird über Insekten und Wind verbreitet. Gelangt transgener Rapspollen auf ein konventionelles Feld, ist dieses verunreinigt und kann nicht mehr als gentechnikfrei oder biologisch erzeugt verkauft werden. Die Haftungsfragen sind hier sehr kompliziert und noch lange nicht gelöst. Das Zentrum für Umweltforschung an der Universität Bremen hat daher ein Computermodell entwickelt, das die Ausbreitung von transgenem Mais simuliert. Die Erkenntnis daraus ist, dass sich transgene Sorten schleichend aber massiv ausbreiten. Nach Aussage der Bremer Forscher wären nach 10 Jahren bereits zwei Drittel der konventionellen Rapsäcker mit gentechnisch veränderten Sorten durchsetzt. Die Ausbreitung erfolgt dabei über verwilderte Rapspflanzen, die allerorts zu finden sind.

Weiterhin warnen die Biologen, dass dieser Raps dann zum Super-Unkraut werden könnte, da er gegen das Totalherbizid Roundup unempfindlich ist. Dergleichen ist aus Kanada ,schon bekannt. Hier wird mit drei herbizidresistenten Sorten gearbeitet, die nach einigen Jahren überall zu finden sind, aber von kaum einem Unkrautvernichtungsmittel mehr erfasst werden. Diese Problematik zeigte sich auch sehr schnell im deutschen Versuchsanbau: Im Anbaujahr war das Unkraut mittels einer Roundup-Behandlung kein Thema. In den Folgejahren keimte aber aus ausgefallenen Samen immer wieder Raps, Durchwuchs genannt. Der Durchwuchs ist aber resistent gegen Roundup. Da Rapssamen bis zu 10 Jahren keimfähig bleibt, hat der Landwirt auch ein Problem, wenn er in späteren Jahren wieder eine konventionelle Sorte anbauen möchte.

Die Pflanzen werden dann immer vom Durchwuchsraps bestäubt. Eine Studie der britischen Regierung aus dem Jahre 2005 geht sogar von einer "Verseuchung" der Fläche über 15 Jahren nach dem Anbau transgener Rapsarten aus. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, dass Raps Gene auch auf verwandte Arten übergehen. Diese Gene finden sich dann im Rettich und in Rukola.

Eine andere Frage stellt sich bei der Verrottung der Pflanzen. Sie zerfallen dann in kleinste Bestandteile und die modifizierten Gene werden frei. Diese Gene könnten dann in Mikroorganismen eingebaut werden. Die Bakterien sind ja für einen Gentransfer ausgestattet. Ob daraus eine Gefahr erwachsen kann, ist allerdings unklar. Hier muss jedoch bedacht werden, dass nicht nur Unkrautresistenz-Gene übertragen werden, deren Gefahrenpotential möglicherweise berechenbar ist. Doch die Industrie arbeitet mit transgenen Organismen, die Medikamente gegen Tollwut, Cholera oder Maul und Klauenseuche produzieren. Es ist völlig offen, welche Folgen ein Auskreuzen dieser Gene haben könnte.

In diesem Zusammenhang darf der Artikel "In vivo studies on possible health consequences of genetically modified food and feed" aus Nutrition and Health zitiert werden. Hier heißt es (frei übersetzt): "Es wird zwar viel geschrieben, aber erhärtete, wissenschaftlich nachprüfbare Daten über die Ungefährlichkeit von genveränderten Nahrungsmitteln gibt es so gut wie nicht".

Unbestreitbar ist, dass die Gentechnologie eine bisher neue Risikoqualität in sich birgt. Diese liegt darin, dass die Risikoquelle lebt, sich selbst vermehren und sich auf andere Organismen übertragen kann. Diese Vorgänge können jahrelang unbemerkt bleiben.

Zudem sterben viele gut angepasste Lokalsorten aus, weil nur noch Hochzuchtsorten angeboten würden. Gerade die Landwirte anderer Länder könnten sich dieses teure Saatgut nur mit Mühe leisten und gerieten so in Abhängigkeit von Agrarkonzernen. Besonders in der Kritik steht dabei die Terminator-Technologie. Durch dieses Verfahren wird die Ernte steril. Ein Teil des geernteten Produktes, beispielsweise Weizen, kann also nicht aufgehoben und im nächsten Jahr als Saatgut verwendet werden. Damit ist der Landwirt gezwungen, jedes Jahr neues Saatgut zu kaufen. Er verliert einen Teil seiner Unabhängigkeit.

Letztere Argumente mögen alle ihre Berechtigung haben. Allerdings bestand diese Problematik schon lange vor der Einführung der Gentechnik und ist keinesfalls neu. So stehen bei einem namhaften deutschen Gemüsesaatgutproduzent beispielsweise 20 Tomatenhybridsorten nur drei samenfesten Tomaten gegenüber. Aus Hybriden gewonnenes Saatgut eignet sich aber nicht zum Nachbau, da der Aufwuchs nicht den Eltern gleicht, sondern sich völlig uneinheitlich und ertragsschwach darstellt. Mit Gentechnik hat dies aber nichts zu tun.

Ausreichende Sicherheit?

Die Theorie der Gentechnik ging lange Zeit davon aus, dass ein Gen nur ein Protein erzeugen kann. Bei einer Genübertragung erzeugt das Gen das gewünschte Eiweiß an seinem neuen Ort. Mit der Zeit stellte sich aber heraus, dass ein Gen sehr wohl verschiedene Eiweiße herstellen kann. Als besonders auffälliges Beispiel sei hier ein Fruchtfliegen-Gen genannt, das über 38000 verschiedene Proteine hervorbringen kann. Diese Tatsache stellt die Gentechnik vor ein großes Problem. Denn was passiert, wenn die Kartoffel das Fremdgen gegen die Braunfäule irgendwann einmal nicht mehr richtig lesen kann? Sie wird möglicherweise ein Protein mit völlig anderen Eigenschaften produzieren.

Die Folgen zeigt die StarLink-Katastrophe, die sich in den USA im Jahre 2000 zutrug. Dabei gelangte die gentechnisch veränderte Maissorte 'StarLink', die eigentlich nur als Futtermittel zugelassen war, versehentlich in Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr. Ein verändertes Protein erwies sich dabei als

hochgradig allergieauslösend. Die Reaktionen, die es bewirken konnte, reichten von Hautausschlägen bis zu lebensbedrohendem Schock. Vor solch einem Hintergrund erscheint auch die Gefahr des Auskreuzens in einem ganz anderen Licht.

Da nun solche Gefährdungen nicht auszuschließen sind, verspricht uns die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) bestmöglichen Schutz. Dieser soll unter anderem durch folgende Verfahren erreicht werden: Zum einen durch die Substantielle Äquivalenz. Dabei wird die konventionelle Ausgangssorte mit der gentechnischen Sorte bezüglich Inhaltsstoffen wie Eiweißgehalt, Aschegehalt, Aminosäuren usw. verglichen. Wenn die Inhaltsstoffe statistisch gleich sind, schließt die Behörde ein Risiko aus. Risikoexperten fechten diese Prüfung jedoch heftig an. Denn schon kleinste Veränderungen am Proteinaufbau können seine Wirkung vollkommen verändern und beispielsweise eine allergische Reaktion auslösen. Doch über Proteinveränderungen sagt diese Untersuchung nichts aus.

Im nächsten Schritt folgt eine Futtermittelnutzungsstudie. Diese dient alleine dazu, festzustellen, ob die Tiere bei diesem Futter auch genügend zunehmen. Um Langzeitrisiken auf zukünftige Generationen zu erfassen, führt die EFSA einen 90-Tage-Test bei Ratten durch. Kritiker bemängeln diesen als völlig unzureichend. In 90 Tagen können relevante Daten nicht erforscht werden. In der Tat sind zur Risikoabschätzung von Pflanzenschutzmitteln 720-Tage-Tests vorgesehen. Dieser Zeitraum ist nötig, um bei den Nagern Langzeitrisiken wie Krebs oder Erbgutveränderungen aufzudecken. Ein weiterer Kritikpunkt ist die Tatsache, dass nur ausgewachsene Tiere im Test stehen. Einen ausgewachsenen Organismus in 90 Tagen zu ruinieren ist ziemlich schwer. Bei einem heranwachsenden Tier könnte man Organveränderungen bedeutend sicherer diagnostizieren.

Bei einer Gesamtbetrachtung der Risiken zeigt sich, dass beim Anbau transgener Sorten ein Auskreuzen der Gene und eine längerfristige, wenn nicht dauerhafte Vermischung mit konventionell erzeugten Pflanzen zu erwarten ist. So ist Saharandunst schwerer als Pollen und fliegt doch tausende Kilometer bis nach Deutschland. Kanadische Rapszüchter fordern deshalb 100 km Abstand von Genraps. Ein Erbfaktor, der die Blütenfarbe ändert, mag möglicherweise unproblematisch sein. Ob das auch für ein Gen zutrifft, das einen Impfstoff erzeugt, bleibt dahingestellt. Eine Koexistenz, also ein gemeinsames Dasein von konventionellen und gentechnischen Sorten, scheint nach dem jetzigen Wissensstand jedenfalls nicht möglich. Das bedeutet aber auch: Der Verbraucher verliert seine Wahlfreiheit. Ob wir wollen oder nicht, transgenes Material wird dann in allen Lebensmitteln zu finden sein. Bei der Diskussion muss ein Gesichtspunkt immer vor Augen sein: Ein entwichenes Gen kann nie mehr eingefangen werden. Besonders schnell auskreuzen werden Gene bei Pflanzen, die natürlicherweise bei uns leben.

Die Grüne Gentechnik – Resistenz und Schmettlinge

Bei jeder Diskussion um gentechnisch veränderte Pflanzen tauchen unweigerlich zwei Schreckgespenster auf: Das eine ist eine Untersuchung über den Monarchfalter, dessen Raupe im Gentechnik-Mais nicht überlebt. Damit soll der Beweis geführt werden, dass Grüne Gentechnik zu einer Artenreduzierung führt. Die andere Befürchtung fußt auf der Tatsache, dass die Gentechnik Gene als Markierungsstoffe nutzt, die resistent gegen Antibiotika sind. Kritiker behaupten nun, Menschen könnten ebenfalls resistent gegen Antibiotika werden, wenn sie Pflanzen mit diesen Genen zu sich nehmen. Der Beitrag stellt diese zwei Themen vor und versucht sie kritisch zu bewerten.

Der Monarchfalter

Gewisse transgene Maissorten erzeugen Eiweiße, die giftig für Schmetterlingsraupen sind. Diese Eiweiße stammen von *Bacillus thuringiensis*, daher rührt die Bezeichnung Bt-Mais. Mit Bt-Mais werden die Raupen des Maiszünslers bekämpft, die im Maisstängel fressen. In der Studie, die schon 1999 veröffentlicht wurde, ist die Wirkung von transgenen Maispollen auf die Raupen des Monarchfalters beschrieben. Dabei wurde der Maispollen dick auf Seidenpflanzen (*Asclepias*) aufgetragen. Die Monarchfalterraupen fraßen nun die Seidenpflanzen, da sie ihr natürliches Futter darstellen. Mit den Seidenpflanzen nahmen sie den Maispollen auf, der ein für Raupen giftiges Eiweiß enthält. Wie nicht anders zu erwarten, bekam ihnen das nicht besonders gut und 40% der Raupen starben. Die Schlussfolgerungen der Studie, die inzwischen zu einem handfesten Politikum wurde, sind nun: Bt-Mais tötet Schmetterlingsraupen und senkt damit die Artenvielfalt im Maisacker.

Die Studie wurde schon kurz nach ihrem Erscheinen aufs heftigste kritisiert. So wurde bemängelt, dass der Monarchfalter gar nicht im Maisfeld lebt und die Seidenpflanzen bestenfalls neben einem Maisfeld wachsen. Die Pollenmenge würde hier nie und nimmer ausreichen, um die Raupen zu beeinträchtigen, da ein relevanter Pollenflug nach spätestens 5 Metern endet. Zudem leben die Raupen des Monarchfalters im Juni, der Mais kommt aber erst Ende Juli zum Blühen.

Bei näherer Betrachtung dieser Argumente drängt sich jedoch der Verdacht auf, dass hier nur gestritten wird, weil es das Papier geduldig erträgt. Denn eine Tatsache wird von niemandem bestritten: Ein Bt-Maisfeld ist völlig artenarm. Das liegt aber nicht an der Gentechnik, sondern am Mais an sich. Dieser stellt eine Agrarwüste dar, die als Lebensraum für viele Arten nicht mehr tauglich ist. Ein weiterer Einwand ist ebenfalls noch zu berücksichtigen. Lebte denn die Raupe des Monarchfalters oder eines anderen Schmetterlings im Maisfeld und würde auf den Bt-Mais verzichtet, so müssten Insektizide gegen den Maiszünsler ausgebracht werden. Das wäre nicht nur das Ende der Schmetterlingsraupe, mit ihr würden auch die erwachsenen Falter sterben.

Antibiotikumresistenz

Ein ganz anderes Thema ist die Gefährdung durch Antibiotikumresistenz-Marker. Was ist darunter zu verstehen? Bei der Gentechnik werden Informationen vom Erbgut eines Organismus auf das Erbgut eines anderen Organismus übertragen. Das zu übertragende Erbgutschnipsel wird nun mit einer Antibiotikumresistenz gekoppelt. Um zu prüfen, ob die Genübertragung auch wirklich stattgefunden hat, werden die jungen Pflänzchen auf einen Nährboden mit Antibiotika gesetzt. Nur die mit dem übertragenem Erbgut und der Antibiotikumresistenz überleben, alle anderen sterben ab.

Mikroorganismen besitzen von Natur aus die Möglichkeit, Gene auszutauschen. Gegner der Gentechnik argumentieren, die Antibiotikumresistenz könnte so ihren Weg in die Darmbakterien des Menschen finden. Die Folge wären Resistenzen gegen Kanamycin und Ampicillin. Kanamycin wird in der Humanmedizin im Allgemeinen aber nicht mehr eingesetzt, Ampicillin wird nur in Verbindung mit Lactamase-Hemmern verwendet, die die Wirkung des Resistenz-Gens aufheben. Zudem sind diese Resistenz-Gene in der Natur ohnehin schon sehr weit verbreitet. Beim Verzehr von rohem Obst oder Gemüse werden ständig antibiotikaresistente Keime aufgenommen, ohne dass bisher negative Auswirkungen bekannt geworden wären.

Abbau der Gene umstritten

Der wirklich dicke Hund liegt jedoch ein Stück tiefer vergraben. Denn entgegen allen Beteuerungen der Gen-Industrie beweisen neueste Studien, dass Stücke der synthetischen Gene sehr wohl in den Körper gelangen. Sie wurden im Blut, Leber, Milz und Nieren von Schweinen nachgewiesen. Welche Rolle die Nahrungs-Gene im Stoffwechselprozess des Menschen spielen, ist noch völlig unklar. Die Forscher gehen aber davon aus, dass diese genetischen Informationen für den Organismus wichtig sein müssen, sonst würden sie abgebaut und ausgeschieden. Bezug nehmend auf eine israelische Studie aus dem Jahre 2004 gilt es als gesichert, dass zwischen den Genen aus der Nahrung und dem Immunsystem ein Zusammenhang besteht. Ohne Kenntnis dieser Mechanismen ist jedoch eine Risikoabschätzung von genveränderten Lebensmitteln nicht möglich. Die Zulassungsbehörden gehen aber weiterhin davon aus, dass Nahrungs-Gene im Verdauungstrakt vollständig abgebaut werden. In der derzeit üblichen Risikoabschätzung von gentechnisch veränderten Organismen wird eine Wirkung auf das Immunsystem nicht in Betracht gezogen oder gar geprüft. Vor diesem Hintergrund drängt sich der Verdacht auf, dass nach dem Motto verfahren wird: Was ich nicht weiß, macht mich nicht heiß.

Zu denken gibt auch der Fall des hessischen Bauern Gottfried Glöckner. Diesem starben innerhalb von drei Jahren alle 70 Kühe, als er seine Fütterung vollständig auf Bt-Mais umstellte. Im Futter konnten nach Laboranalysen keine bakteriellen oder pilzlichen Verunreinigungen festgestellt werden. Dagegen war das Gift gegen den Maiszünsler, das im Darm angeblich in Sekundenschnelle abgebaut wird, im Blut, in den Lymphknoten und selbst im Kot der Tiere nachzuweisen.

Noch beunruhigender sind die Ergebnisse der Forscherin Irina Ermakova von der Russischen Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 2005. Diese fütterte weibliche Ratten zwei Wochen vor der Empfängnis, während der Empfängnis und dem Stillen mit gentechnisch verändertem Soja (GV-Soja). Nach drei Wochen waren 55,6 % der Jungratten gestorben. Von den Jungtieren ohne GV-Soja starben aber nur 6,8 beziehungsweise 9 %. Zudem waren 36 % der GV-Soja Jungtiere extrem schwach.

Daneben existieren aber noch eine ganze Reihe weitere Unwägbarkeiten, über die jedoch bereits berichtet wurde.

Die Zukunft der Grünen Gentechnik

Gentechnik im praktischen Einsatz

Im Rahmen der Roten Gentechnik vollzog sich in den letzten 15 Jahren eine dramatische Entwicklung. Die Rote Gentechnik beschreibt gentechnische Verfahren, die zur Linderung menschlicher Leiden eingesetzt werden. So befinden sich zurzeit mehrere Hundert gentechnisch hergestellte Arzneimittel in der Erprobung. Bereits seit dem Jahre 1982 ist Insulin im Handel, das von gentechnisch veränderten Bakterien erzeugt wird. Auch das Interferon, das bei Immunschwäche Anwendung findet, ist ein transgenes Produkt. In der Öffentlichkeit wird die Rote Gentechnik akzeptiert, hat der Mensch doch einen direkten Nutzen davon. Die Technik vollzieht sich zudem in geschlossenen Kreisläufen und ist somit sicherheitstechnisch beherrschbar.

Auch auf anderen Gebieten ist diese Technologie schon sehr weit fortgeschritten. So werden für die Käseherstellung weltweit jährlich 56 Tonnen Lab benötigt. Traditionell wird dies aus Kälbermägen gewonnen. Allerdings sind die 70 Millionen Kälbermägen, die dafür gebraucht würden, nicht verfügbar. Ein

Großteil des Labes wird daher von gentechnisch veränderten Mikroorganismen erzeugt. Die Zulassung für dessen Einsatz wurde in Deutschland bereits 1997 erteilt. Auch Brot- und Backwaren kommen nicht mehr ohne transgene Enzyme aus. So sorgen Amylasen für Volumen und Lockerheit, Proteasen für bessere Maschinengängigkeit des Teiges und Pentosanasen für eine verbesserte Krustenstabilität. Auch Zitronensäure, die vielen Lebensmitteln und Getränken zugesetzt wird, kann über transgene Schimmelpilze hergestellt worden sein.

Eine Kennzeichnungspflicht besteht für die Produkte allesamt nicht, da ja die gentechnisch bearbeiteten Mikroorganismen nicht mehr im Produkt vorhanden sind und auch nicht verzehrt werden. Eine Kennzeichnung ist nur erforderlich, wenn im Produkt nachweisbar mehr als 1 % transgenes Material vorliegt

Sicherheit gewährleistet?

Große Mengen an genveränderten Pflanzen oder Verarbeitungsprodukten sind in Futtermitteln vorhanden. Hier wird der nötige Eiweißgehalt sehr oft mit Sojabohnen erzielt. Von diesen importiert die EU jährlich 40 Millionen Tonnen. Da in den Anbauländern zum Großteil transgene Sojasorten angebaut werden, ist folglich in der Importware ein mehr oder weniger großer transgener Anteil zu erwarten. Viele konventionell erzeugte Fleisch- oder Milchprodukte sind deshalb mit Gensoja in Berührung gekommen.

Um die Sicherheit der hier angebauten oder eingeführten gentechnisch veränderten Lebensmittel zu gewährleisten, sind diese Produkte zulassungspflichtig. Die Zulassung wird nur erteilt, wenn genügend wissenschaftliche Daten vorhanden sind, um die Sicherheit des Produktes zu bewerten. Das veränderte Lebensmittel muss so sicher sein, wie ein vergleichbares, konventionelles Produkt. Die gesetzliche Grundlage dieser Prüfungen und Zulassungen ist die EU-Verordnung für gentechnisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel. Viele Forscher und Wissenschaftler hegen allerdings Zweifel an den hehren Versprechungen der Ungefährlichkeit. Auch muten die Methoden der Industrie zuweilen befremdlich an, um die Ungefährlichkeit ihrer Produkte zu beweisen. So wurde der 'StarLink'-Mais viermal länger als üblich erhitzt, um zu beweisen, dass eine Erhitzung alle allergenen Proteine zerstört hat. Die dramatischen Folgen sind bekannt. Über 10 Millionen Packungen Lebensmittel wurden zurückgerufen, als sich herausstellte dass Menschen hochallergisch auf diesen Mais reagieren können. In einem anderen Fall wurde die Milch 120-mal länger pasteurisiert als üblich. Damit sollte bewiesen werden, dass ein gentechnisch verändertes Hormon nicht mehr in der Milch vorhanden sei. In einem weiteren Beispiel wurde ein Verdauungsenzym 1250fach stärker überdosiert als international üblich. Damit gelang der Nachweis, dass das insektentötende Protein, das vom Bt-Gen produziert, im Darm aufgespaltet wird und damit ungefährlich ist.

Weltweiter Anbau transgener Pflanzen nimmt stark zu

Weltweit wurden im Jahre 2005 angeblich bereits 90 Millionen Hektar transgener Pflanzen angebaut. Die wirkliche Anbaufläche dürfte aber weitaus geringer sein. Die Hauptkulturen sind dabei Baumwolle, Mais, Raps und Sojabohnen. Die Gründe des Anbaus liegen darin, dass manche Länder immense Umweltprobleme haben. So wurde die chinesische Baumwolle bis zu 20-mal mit Insektiziden behandelt, was unangenehme Auswirkungen für die Umwelt mit sich brachte.

Einen Vorteil versprechen sich die Anbauer gentechnisch veränderter Pflanzen durch geringere Produktionskosten. Es ist jedoch mehr als fraglich, ob diese wirklich eintreten. So wird bereits von Insekten berichtet, die gegen die Genpflanzen resistent sind. In den USA und Kanada sind bereits wichtige Unkräuter

gegen Herbizide resistent. Zu einer regelrechten Plage wurde Raps. Hier kreuzten sich Sorten, die ursprünglich gegen verschiedene einzelne Herbizide resistent waren. Dadurch waren sie resistent gegen alle Herbizide. Nun breitet sich der Raps aus und bedroht andere Kulturpflanzen.

Nach einer Studie der britischen Soil Association beträgt der Schaden, den gentechnisch veränderte Pflanzen in den letzten Jahren in den USA angerichtet haben, mehr als 12 Milliarden Euro. Die Gründe sind Rückrufaktionen, Verkaufsausfälle, Kontaminationen und anderes mehr. Allein die Nahrungverschmutzung durch den 'StarLink'-Mais schlug mit mehr als 1 Milliarde US-Dollar zu Buche.

Kann der Verbraucher entscheiden?

Die Linie unserer Verwaltung und Regierung ist deutlich pro Gentechnik bei maximalen Sicherheitsstandards. So sagte der Präsident des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, Albert Göttle, bei einer Fachtagung in Augsburg im November 2005: "Sicherheit muss Vorrang haben, damit die Grüne Gentechnik ohne nachteilige Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit bleibt." Aus dem Umweltministerium wird verlautbart; dass durch die Gentechnik große Vorteile für den Standort Deutschland entstünden und unsere Staatsregierung befürwortet eine "verantwortungsvolle Nutzung" dieser Technologie. Bleibt der europäische Verbraucher. Bisher lehnen 70 % der Konsumenten gentechnisch veränderte Lebensmittel ab. Es ist aber sehr leicht, etwas abzulehnen, was man noch gar nicht hat. Liegt erst mal die preiswerte genmodifizierte vollreif geerntete Tomate, der extraweiße Blumenkohl, die Orange mit der doppelten Menge Vitamin C oder der Apfel mit dem eingebauten Protein gegen Karies im Ladenregal - greift er dann begeistert zu? Oder kauft er weiterhin konventionelle Produkte, die aber keinen "Zusatznutzen" haben?

Auffallend ist, dass es sehr viele Informationen Pro Gentechnik gibt. Diese sind aber alle mehr oder weniger gleichförmig, bis hin zu gleichen Formulierungen. Auffallend ist auch ein Mangel an leicht zugänglichen kritischen Hinweisen. Es gibt sie aber. In Hülle und Fülle. Und sobald diese miteinbezogen werden, erscheinen sämtliche befürwortende Aussagen in einem ganz anderen Licht.

Stellvertretend sei hier die Problematik mit dem "Golden Rice" dargelegt. Übrigens: Konventioneller Reis hat schon genügend Vitamin A. Allerdings in der Schale. Das Problem tritt also nur auf, weil das Schälchen nach europäischem Vorbild eingeführt wurde.

Große Bedeutung für die Gentechnologie wird eine noch junge Forschungsrichtung, die Epigenetik erlangen. Epigenetik bedeutet eigentlich das "Über der Genetik Stehende". Führende Wissenschaftler sind sich einig, dass ein Organismus nicht nur aufgrund der Lage seiner Gene funktioniert, sondern durch ein hochkomplexes Zusammenspiel von Umwelteinflüssen und Genaufbau. Durch die Entstehung eines neuen Weltbildes auf Grundlage der Epigenetik wird den Wissenschaftlern und auch den Verbrauchern zunehmend bewusst, dass die Gentechnik als Züchtungsmethode ungeeignet ist. Auf grundsätzlichen biologischen Tatsachen beruhend steckt die Gentechnik in einer Sackgasse und es wird ihr nicht gelingen, ihre Versprechen wahrzumachen.

Insgesamt gibt es viel mehr Fragen als Antworten und es ist jeder gut beraten, sich eigene Gedanken zu machen und nicht alles zu glauben, was geduldiges Papier ihm anträgt.