

Ökologische Risiken der Gentechnik am Beispiel transgener Nutzpflanzen - wie wir aus der Sicht der Ökologie damit umgehen können

Klaus Ammann,

1. Einführung

Mit diesem soll aus der Sicht eines Ökologen die Risiko-Frage in der Gentechnologie abgehandelt werden. Der Schwerpunkt liegt darauf, wie neue Wege bei der Behandlung möglicher ökologischer Folgen der Freisetzung beschritten werden können.

Stand der gentechnischen Forschung im Bereich der Landwirtschaft

Gentechnologie wird die "Groß"-Technologie der kommenden Jahrzehnte sein. Es ist der Menschheit nun möglich, das Leben in seinen Erbanlagen direkt und ganz gezielt zu beeinflussen. Die wichtigsten Kulturpflanzen haben schon längst nichts mehr gemein mit den ursprünglichen Elternarten. Die meisten sind bereits durch die klassische Züchtung zu wahren Monstern umgeformt worden, so der Mais, der Weizen und der Kohl. Es ist falsch, den Gegensatz "natürliche Kulturpflanzen" versus "künstliche transgene Kulturpflanzen" zu konstruieren. Dennoch: Der Gentechnologie ist es nun gelungen, Einzelgene zu übertragen, auch über die normalen Kreuzungsbarrieren hinweg.

Gentechnologie ist eigentlich eine "Klein"-Technologie, die nicht von gigantischen Anlagen abhängt, sondern mit (künftig wenigstens) relativ kleinem Aufwand betrieben werden kann. Ihre Auswirkungen jedoch gleichen der einer jeden neuen Großtechnologie. Sie werden tiefgreifend sein und alle betreffen. Sie können, falls unklug angewendet, auf allen Gebieten menschlichen Lebens und im gesamten Ökosystem große und irreparable Schäden verursachen.

Die gentechnologische Forschung auf dem Gebiet der Landwirtschaft ist in vielen Ländern in vollem Gang. Als *Kleintechnologie* läuft sie auch in Ländern an, die über wenig industrielle Kapazität verfügen. Nach dem gegenwärtigen Publikationsstand sind wir von erträumten Durchbrüchen noch weit entfernt: Bisher gelang es ausschließlich, ein paar wenige monogene, nicht aber polygene Eigenschaften erfolgreich zu übertragen. Das schränkt die Möglichkeiten noch entscheidend ein. Gerade in den letzten Jahren ist eine Verflachung der Innovationskurve nicht zu verkennen. Es tauchen immer wieder dieselben gentechnischen Übertragungen auf. Dieses Bild wird sich aber in den nächsten Jahren etwas bereichern.

Dennoch bleiben viele Hürden zu überwinden: Konstanz der eingebauten Gene, Kompatibilität zu den laufenden Zuchtprogrammen auf konventioneller Basis, Sortenprüfung mit Einschluß der Prüfung auf allfällige Allergene, toxikologische und ökologische Verträglichkeit etc.. Diese Hürden sind nicht zu unterschätzen und verlangsamen das Entwicklungstempo bisher in einem Maße, wie es im Optimismus nach den ersten Forschungserfolgen nicht erkannt wurde. Es ist zu hoffen, daß die dabei verschärften Prüfverfahren, soweit begründbar und noch notwendig, auch auf die klassischen Züchtungen ausgedehnt werden. Die Fokussierung allein auf die Risiken der Gentechnologie ist zwar in der Einführungsphase durchaus verständlich. Sie wird aber dort kontraproduktiv, wo die Risikodiskussion von Personen und Instanzen geführt wird, die mit den Risiken der klassischen Züchtung zu wenig vertraut sind. Diese "alten" Risiken sind durchaus vorhanden, auch wenn sie bisher wenig Sensibilität auslösten. Andererseits eignen sich diese Risikovergleiche durchaus, um allzugroße Ängste abzubauen. Sollten sie jedoch dazu verwendet werden, billige Entschuldigungen zu suchen, um unbedacht neue Risiken einzugehen, ist dies fragwürdig.

2. Risikoabschätzung bei der Freisetzung von transgenen Kulturpflanzen

Eingriff in die Evolution

Das Programm des Lebendigen kann mit Hilfe der Gentechnik gezielt verändert werden. Damit greifen wir in einer neuen Weise in die *Evolution* ein. Eine einmal vorgenommene Änderung der Erbanlage wird sich unter Umständen über Generationen fortpflanzen. Sie hat sogar die Chance, über viele Jahrtausende in dem betreffenden Organismus weiter zu existieren. Damit ergibt sich auch die Möglichkeit, in komplexe Systeme in permanenter Weise einzugreifen. Der Eingriff in die Evolution bedeutet in vielen Fällen zwar nicht ein Beschreiten absolut neuer Wege der Genübertragung, bringt aber doch im Endeffekt eine Beschleunigung der Vorgänge. Ob es wirklich unbedenklich ist, die molekulare Uhr (eine über viele Jahrhunderttausende konstant bleibende Mutationsrate) zu verstellen, wird sich erst in sehr langen Zeiträumen herausstellen, die weit über die heutige Expertengeneration hinausreichen. Immerhin gilt es auch hier zu bedenken, daß der Mensch schon seit Jahrhunderten diese Uhr verstellt hat, im Wesentlichen über die drastischen Veränderungen der Umweltbedingungen (VAN DER DAELE & al. 1996, Kap. 7, S.113).

Möglichkeiten des vertikalen Gentransfers

Die über gentechnische Methoden eingebrachten Erbanlagen können über den Pollenweg oder durch Tiere (z. B. Blattläuse) auf andere Pflanzen übertragen werden. Der größte anzunehmende Unfall ließe sich so umschreiben: Neue Unkräuter mit neuen Konkurrenzvorteilen könnten entstehen, die sich in schädlicher Weise neue ökologische Nischen erobern. Beim Windhafer und bei der Unkraut-Zuckerrübe besteht diese Möglichkeit ganz konkret (diese Beispiele werden noch im Detail behandelt, siehe im nächsten Abschnitt).

Durch *horizontalen Gentransfer* könnten künstlich eingebrachte Erbanlagen auch außerhalb der sexuellen Vermehrungszyklen "auf die Wanderschaft gehen", auch außerhalb der Art- und Klassengrenzen der Lebewesen. Hier gilt es jedoch anzumerken, daß zwar erste Experimente darauf hindeuten, aber der letzte Beweis (the smoking gun) noch aussteht. Es ist noch immer schwierig, den natürlichen Anteil am horizontalen Gentransfer richtig einzuschätzen. Nur wenn wir den horizontalen Gentransfer im Kontext der Natur selbst beurteilen können, wird es möglich werden, ein Urteil über die eventuellen Risiken abzugeben, das nicht von Spekulationen ausgeht. Neuere Zusammenfassungen zeigen, daß es nur in künstlichen Systemen unter hohem Selektionsdruck gelang, horizontalen Gentransfer nachzuweisen (SCHLÜTER & al. 1995).

Als weiteres Beispiel seien die noch heute schwierig abschätzbaren Risiken erwähnt, die sich aus der Aussicht ergeben, virus-resistente Kulturpflanzen zu schaffen. Dem Nutzen, den Pestizidgebrauch entscheidend eindämmen zu können, stehen Risiken gegenüber, die es sorgfältig abzuwägen gilt. Konkret geht es z.B. darum, daß neue Rekombinanten von Viren entstehen könnten, sich ihre Krankheitsbilder und auch ihre Wirts-Spezifität verändern könnten, und daß sie z.B. durch Blattläuse von Pflanze zu Pflanze übertragen werden könnten, auch wenn das mit den ursprünglichen Viren nicht geschehen konnte. Es würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen, diese komplexen Fragen genügend differenziert darzustellen. Deshalb sei auf die hier zitierte neueste Literatur verwiesen und abschließend bemerkt, daß führende Molekularbiologen bereits Wege sehen, die hier angedeuteten Risiken entscheidend einzudämmen. Bevor aber die

Risiken selbst nicht genauer erforscht sind und bevor nicht gültige langfristige Versuche in Containments gemacht wurden, sollte von einer grossflächigen Freisetzung Abstand genommen werden. Dies ist umso mehr zu empfehlen, als es auch durchaus möglich ist, daß sich solche Resistenzen als sehr instabil erweisen könnten. (FARINELLI & al. 1996, LECOQ & al. 1993, SCHOELZ & al. 1993, TEPFER 1993).

Es hieße, wichtige Tatsachen zu verschweigen, würde man die obige (der Kürze halber noch unvollständige) ökologische Risikobeurteilung für sich alleine stehen lassen. Es gilt, die folgenden Punkte festzuhalten:

Wir müssen ganz allgemein lernen, *Phänomene* des Genflusses und eigentliche *Risiken*, die daraus entstehen können, erst einmal sauber auseinanderzuhalten. Es ist leider eine Tatsache, daß häufig nur Teilaspekte gewisser Phänomene und Risiken gentechnisch veränderter Kulturpflanzen dargestellt werden. Wir sollten bemüht sein, sowohl die schlechten wie auch die guten Seiten der gentechnischen Manipulation von Kulturpflanzen durchzudenken.

In beiden Lagern von Befürwortern und Gegnern der Gentechnologie mangelt es nicht an Beispielen von einseitig dargestellten Sachverhalten. Es soll hier nur am Rande ein Beispiel erwähnt werden:

Bt-Mais: Befürworter gehen nicht auf die Bt-Eiweiss-Depotproblematik in dichten Böden kalter Klimata ein, erwähnen nur beiläufig das Problem der nicht nachhaltigen Resistenz. Gegner verallgemeinern die Risiken in unstatthaftem Masse, verbreiten unkritisch Unheilsvermutungen wie jene der Phytoöstrogene, die angeblich bei transgenen Sojabohnen in verstärktem Masse produziert würden (was sich nicht nachweisen ließ und überdies ein allgemein verbreitetes Phänomen ist). Ohne hier auf eine detaillierte Gesamtwürdigung aller Aspekte eingehen zu können, gilt es für eine vernünftige holistische Sicht auch, regional zu differenzieren: Während in den USA wohl schon heute die Bilanz für die Masseneinführung von Bt-Mais positiv ist, kann man sich bezüglich der Schweiz (Europa?) fragen, ob dies richtig sei, denn hier haben wir noch Reserven in der Bekämpfung des Maiszünslers: Die biologische Maiszünslerbekämpfung, das Einführen rigoroser Fruchtwechsel, die Mischkulturen sind wichtige Alternativen, die es vorerst auszuschöpfen gilt. Gerade der Fall des Bt-Maises wäre über viele Seiten detailliert zu diskutieren, erst dann könnte ein differenziertes Urteil gefällt werden.

Die folgenden Ausführungen sind in diesem Sinn und Geist verfaßt: Aus dieser holistischen Sicht heraus ist es auch schwierig, zu klaren und eindeutigen Aussagen zu kommen. Es sei zusätzlich betont, daß sich das ganze Gebiet der Risikoabschätzung bei gentechnisch veränderten Kulturpflanzen sehr dynamisch weiterentwickelt und daß die folgenden Zeilen nur eine unvollständige Zusammenfassung des gegenwärtigen Wissensstandes sein können:

1. Die Gentechnologen können nicht beliebig neues Leben konstruieren, sondern vorläufig nur kopierend Eigenschaften von einer Art auf die andere übertragen - falls die Eigenschaften überhaupt übertragbar sind. Noch ist es bei höheren Pflanzen nicht einmal gelungen, Erbanlagen gezielt einzubringen. Immer noch geschieht dies meist mit einer Art Schrotschuß-Präzision der Wolfram-Kügelchen-Pistole. An diesen Wolframkügelchen haften die genau ausgeschnittenen Teile einer bestimmten Erbanlage, die man in die Kulturpflanze einbringen will. Üblicherweise werden dann jene Individuen mit Hilfe eines weiteren Begleitgens ausgelesen, das gegen bestimmte Antibiotika eine Resistenz verursacht. Bei erfolgreichem Einbau sind die

Zellkulturen resistent gegen bestimmte Antibiotika und können als ausgelesenes transgenes Material so behandelt werden, daß wieder beblätterte Kulturpflanzen daraus entstehen. Es ist keineswegs so, daß wir nun die Instrumente in der Hand haben, die uns befähigen, neue Arten oder gar beliebig und in hohem Tempo Monstrositäten zu schaffen. Bis wir dies bewerkstelligen können, muß noch ein weiter Weg zurückgelegt werden. Noch sind wir sehr weit von einem strukturellen Verständnis der Erbanlagen entfernt; und nur dieses ganzheitliche Verständnis könnte uns die Möglichkeiten eröffnen, neues Leben zu konstruieren (EIGEN 1988, p.153ff).

In diesem Zusammenhang wäre es wichtig zu erwähnen, daß die Suche nach weniger bedenklichen Marker- und Selektionsgenen weitergehen sollte. Denn es ist, besonders bei einer Massenanwendung solcherart markierter transgener Kulturpflanzen durchaus möglich, daß Antibiotika-Resistenzen den Weg in das Genom von Bakterien finden könnten. Auch macht man sich bereits ernsthaft Gedanken, diese Antibiotika-Selektions-Gene wieder aus den transgenen Pflanzen zu entfernen (BRYANT & al.1992). Im Falle des Bt-Maises muß auch erwähnt werden, daß die Ampicillin-Resistenz (eine in der Natur weit verbreitete Resistenz) sich in der Pflanze nicht voll ausbildet und somit unwirksam bleibt.

2. Neue Erbeigenschaften wurden früher mit vielfältigen "*klassischen*" Methoden in andere Arten übertragen, sei es durch konventionelle Mutations-Züchtung, über die mühsame und oft verlustreiche Kreuzung oder mit effizienteren neueren Methoden, so z.B. der Protoplasten-Fusion. Bei dieser reinen Reagenzglas-Methode werden die Wände der Zellen so schonend entfernt (verdaut), daß der weiche flüssige Zellinhalt lebendig bleibt. Die so erzeugten im Wasser schwebenden kugeligen "Protoplasten" können untereinander besser hybridisiert werden. Damit können seit vielen Jahren ungeahnte Grenzen der Kreuzung überwunden werden. Merkwürdigerweise hat sich dagegen kaum Widerstand geregt. Eine differenzierte Diskussion der konventionellen Zucht und den neuen gentechnischen Methoden in Bezug auf wilde und kultivierte Pflanzen in evolutionärem Zusammenhang liefert RAAMSDONK (1993). Er kommt zum Schluß, daß Mutation, Hybridisierung, Polyploidisierung (Vermehrung der Chromosomensätze), Selektion und genetische Drift in natürlicher Evolution und in der vom Menschen geförderten Zucht von Kulturpflanzen parallel vorkommen. Als einzige durch den Menschen eingeführte Neuerung sieht er das "Gentaxi", die Transformation, bei dem Fremdgene via Bakterien oder Wolfrankügelchen in Kulturpflanzen eingeschleust werden. Der Weg für Fremd-Allele über Tiere (Bsp. Blattläuse) besteht auch in der Natur seit sehr langer Zeit. Die sog. klassische Züchtung hat auch mit künstlich erzeugten Mutationen bereits wirksam in das Erbgut unserer Kulturpflanzen eingegriffen. Freisetzungen waren an der Tagesordnung und nie hinterfragt.
3. Die einmal eingeführten Erbanlagen können durch *Rückkreuzungs-Prozesse* oder auch sonstwie instabil werden. Es ist keineswegs gesagt, daß sie für immer in der betreffenden neu eingekreuzten Artengruppe weiterexistieren. Es ist sogar, nach dem bisherigen Wissensstand anzunehmen, daß Gene, die in Wildarten übergehen, nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen (z.B. definitiver Konkurrenzvorteil auch unter natürlichen Bedingungen) stabil bleiben (Berechnung von Modell-Herbizid-Resistenzen- Voraussagen siehe HARRISON 1993, MAXWELL & al. 1990, 1994). Erste experimentelle Hinweise zeigen, daß im Falle des transgenen Rapses nichttransgene Kultursorten bisher einen leichten Konkurrenzvorteil ausspielen, der

ein Ausbreiten der transgenen Pflanzen verhindert (CRAWLEY & al. 1993). Die harten, auf populationsbiologischen Überlegungen aufbauenden Beweise für diese an sich beruhigende These liefert CRAWLEY aber nicht, denn die durchschnittliche Vermehrungsrate, die im Vergleich zwischen den transgenen und unveränderten Populationen als einziges Kriterium verwendet wurden, genügt nicht: Zusätzlich ist immer mit langfristigen (Auslese ?) - Prozessen zu rechnen, die eine Auswilderung von kleinen Gründer-Populationen noch nach vielen Jahrzehnten entscheidend beschleunigen können (SUKOPP & al. 1993).

Neuerdings haben MIKKELSEN & al. (1996) nachgewiesen, daß beim Raps ein Herbizidresistenz codierendes Transgen bereits in der ersten Generation unter Feldbedingungen in eine nahe Verwandte Wildart (*Brassica rapa* subsp. *campestris*) einkreuzen kann. Diese Wildart ist allerdings so stark an Ackerbausysteme gebunden, daß diese Genintrogression, auch nach der Meinung der dänischen Autoren, keineswegs zu einem großen Wettbewerbsvorteil führen wird. Sie halten jedoch fest, daß in diesem Falle Risiko und Nutzen sorgfältig gegeneinander abgewogen werden müssen und fordern ein detailliertes Langzeit-Monitoring. Prospektive Horrorszenarien eines neuen sehr aggressiven Super-Unkrautes treffen nicht zu.

4. Ein Vergleich mit den *invasiven Unkräutern* in urbanen Räumen lohnt sich bei dieser Risikoabschätzung gewiß. Es werden jährlich sicher hunderte wenn nicht tausende von fremden Genomen in Form von Gehölzen, Wildkräutern, Mikroben, höheren und niederen Tieren nach Europa eingeführt. Viele davon überleben und können, oft erst nach Jahrzehnten der Anpassung, echt invasiv werden. Es findet also, leider nur von Wenigen mit Sorge betrachtet, eine schleichende, aber täglich ablaufende Invasion durch exotische Erbanlagen in allen Ländern der ganzen Welt statt, deren Dynamik und Folgen für das Ökosystem noch zuwenig bekannt sind. Auch wenn sicherlich die prinzipiellen Unterschiede zwischen der Gen-Übertragung über Artgrenzen hinweg und der Einkreuzung ganzer Allel-Pakete nicht zu übersehen sind, ist doch die Chance für die Einführung einer Reihe von invasiven Unkräutern ganz real und im Endresultat möglicher Gen-Introgression auch mit dem oben beschriebenen ökologischen GAU zu vergleichen. Im Regelfall dürfte es sich auch zeigen, daß die Einpflanzung von Einzelgenen nicht zu invasivem Verhalten führen wird, beruhen doch die erfolgreichen Unkrauteigenschaften auf einer ganzen Reihe von (noch meist unbekanntem) Genen, dies wird uns am "*exotic species model*" täglich vorgeführt (SUKOPP & al. 1993).
5. Noch kann man *keine negative Auswirkung* der ca. 1800 Freisetzungsversuche mit transgenen Kulturpflanzen nachweisen, obschon angemerkt werden muß, daß die wenigsten Begleitstudien der Freisetzungsversuche wissenschaftlich hieb- und stichfest sind (WRUBEL 1992). Vor allem fehlt diesen Studien meist der Langzeitcharakter. Andererseits gilt es gleich anzumerken, daß in China seit vielen Jahren transgene Kulturpflanzen in riesigen Flächen angebaut werden ohne negative Nebenwirkungen.

3. Einige Gedanken zur Sicherheitsforschung bei genetisch veränderten Kulturpflanzen

Genetisch veränderte Kulturpflanzen stellen nach den obigen Ausführungen nicht per se und allein ein großes Problem dar.

Dennoch: Bei der Herstellung genetisch veränderter Kulturpflanzen müssen wir in jedem Falle mit größter Vorsicht zu Werke gehen. Dabei müssen wir genaue Prüfverfahren entwickeln, die den durch Pollenflug verursachten Genfluss verfolgen und dabei zwischen dem Phänomen des Genflusses und einem eigentlichen Risiko zu unterscheiden vermögen. Die eigentlichen Risiken für die komplexen Ökosysteme sind aber nur sehr schwierig abschätzbar, es braucht dazu Versuche in geschlossenen und offenen Systemen, die mit einem wissenschaftlich vertretbaren Monitoring verfolgt werden. Ökosysteme weisen derart komplexe Wirkungsgefüge auf, daß jede Modellierung zwar lehrreich sein kann, um Prozess-Wege herauszufinden, Zusammenhänge abzuschätzen, dennoch bleibt sie Stückwerk und läßt nur in seltenen Fällen eine Prognose oder eine echte Kausal-Analyse zu. Jedenfalls sollte man in der Sicherheitsforschung bei Kulturpflanzen ihren Stellenwert nicht überschätzen.

Gut geplante Experimente, bei denen harmlose, nichtstabile Spuren-Erbanlagen (Tracer-Gene) auf ihrem Weg ins Ökosystem verfolgt werden können, stehen dabei im Vordergrund (BRYANT & al. 1992). Auch ist es sicher richtig, Modellvorstellungen der genetischen Isolation, des Genflusses zu entwickeln, wobei vor allem jene Modelle interessieren, die Gegebenheiten der komplexen Ökosysteme möglichst optimal erfassen können. Räumliche Statistik, ein jüngerer Kind des Computerzeitalters, kann hier weiterhelfen.

Dennoch: Damit ist nicht alles getan, denn erst wenn die "end-of-the-pipe"-Situation wirklich durchgespielt wird, können wir uns ein wissenschaftlich vertretbares Urteil erlauben. Alle Experimente, seien sie noch so geschickt angelegt, leiden an künstlichen Bedingungen, an eingeschränkter Faktoren-Auswahl, was besonders auch für die Modellrechnungen gilt. Es ist also notwendig, bei der Risikoabschätzung unter realen Bedingungen zu arbeiten (vgl. auch RAYBOULD & al. 1994). Wir müssen besser Bescheid wissen über die realen Kreuzungsraten, die in einer bestimmten Gegend unter der jeweiligen Kulturpflanze mit ihren verwandten Wildarten herrschen. Dies geschieht in der Schweiz in einem neuen Projekt zur Sicherheitsforschung des Schwerpunktprogrammes Biotechnologie (SPP Biotechnologie, Modul 5b des Nationalfonds, AMMANN & al. 1994). Allerdings wird nicht mit gentechnisch veränderten Kulturpflanzen gearbeitet, sondern in einer ersten Phase wird sich auf den zu erwartenden Genfluss zwischen ca. 20 Kulturpflanzen und ihren verwandten Wildarten konzentriert (AMMANN & al. 1996).

Schon jetzt ist deutlich absehbar, dass es im Genfluß sehr grosse Unterschiede gibt: Während er beim Mais in Europa sicher null ist, kann er bei der Luzerne sehr hohe Raten erreichen. Die Luzerne ist eine wichtigen Futterpflanze, die in den nächsten Jahren sicher Objekt gentechnischer Versuche sein wird. Hier müssen wir in wenigen Generationen mit einer Übertragung eventueller eingebauter Erbanlagen auf die verwandten Wildarten wie den Sichelklee und andere rechnen. Große Vorsicht ist hier geboten, bis wir sicher wissen, ob nicht neue, unter ungünstigen Umständen sehr konkurrenzkräftige Unkräuter produziert werden. Allerdings muß hier auch gesagt werden, daß die Kreuzungs-Schwärme dieser Luzernen-Populationen seit Jahrzehnten massiv von fremden Erbanlagen beeinflusst werden. So dürfte ein wesentlicher Anteil der schweizerischen Luzernen-Pflanzen aus den Beständen von wenigen Saatgut-Grossproduzenten stammen, die mit Luzernen-Rassen arbeiten, die wir genauer ins Auge fassen sollten. Bisher ist aber auf diesem Gebiet nur wenig geschehen. Nach unseren eigenen Exkursionserfahrungen steht bereits jetzt der seltene Sichelklee unter

massivem genetischem Druck. Auch wenn es beispielsweise in der Schweiz recht gut gelingt, die Magerwiesen und Trockenstandorte des Sichelklee zu schützen, so wird dieser doch durch den stetig zunehmenden Hybridisierungsdruck durch die weit verbreiteten Kultur-Luzernen stark zurückgedrängt. Diese Hypothese gälte es dringend zu prüfen.

Die Auskreuzung einer Herbizidresistenz von Kulturraps auf Wildraps ist nachgewiesen. Gerade im Falle des Rapses sind bereits viele Feldexperimente durchgeführt worden: In keinem einzigen Falle hat sich eine eindeutig negative Wirkung auf das jeweilige Ökosystem gezeigt, auch nicht in jenem, in dem das Fremdgen im Wildraps nachgewiesen wurde.

In *jedem Falle* ist es deshalb notwendig, vorsichtig zu agieren und Mutwilligkeiten tunlichst zu vermeiden, hier zwei Beispiele: In dem ersten Fall ist die Mutwilligkeit bereits geschehen, die Freisetzung allerdings bisher verhindert, im zweiten Falle stehen wir wohl kurz davor.

Herbizidtoleranzen

Herbizidtoleranzen sind ökologisch in vielen Fällen wenig sinnvoll, besonders dort, wo frühzeitig mit dem Auskreuzen solcher Transgene in nahe verwandte Wildarten zu rechnen ist: So z.B. beim Hafer, dessen wilder Verwandter, der Windhafer, bereits jetzt ein ernst zu nehmendes Unkraut darstellt. Obschon die Fachwelt davor ausdrücklich warnte, wurden diese Versuche in den USA dennoch kürzlich bedenkenlos durchgeführt (SOMERS & al. 1992). Dies gilt es in Zukunft unbedingt zu vermeiden. Immerhin wurde diese transgene Hafersorte nie freigesetzt, ein Auskreuzen wurde somit nicht festgestellt. (BRYANT & al. 1992, GRESSEL & al. 1983, 1994, GRESSEL 1993, HOYLE 1993).

Dennoch muß gesagt sein, daß es unter bestimmten Bedingungen (z.B. sicherer Ausschluß der obigen ungünstigen Bedingungen, Schwierigkeiten mit den ökologisch meist sinnvolleren Mischkulturen) trotzdem sinnvoll sein könnte, solche Resistenzen dort einzubringen, wo der Einsatz neuer, abbaubarer Herbizide dadurch möglich wird. Ein solcher Fall liegt bei der Roundup Ready Sojabohne vor, deren Einsatz in den USA in großem Stile zu erheblichen Einsparungen von schwierig abbaubaren Herbiziden geführt hat und auch zu einer schonenderen Bodenbearbeitung beiträgt. Aus ökologischer Sicht muß eingeschränkt werden, daß eine Gentechnologie, die noch auf Jahrzehnte hinaus die Monokulturen solcher Nutzpflanzen festnagelt, abzulehnen ist.

Genetisch veränderte Zuckerrüben, ein Fall nicht ohne Risiko.

Die Zuckerrübe wurde bereits genetisch verändert: Es wurde ihr eine Resistenz-Erbanlage gegen das Herbizid BASTA eingebaut. Nach BOUDRY & al. (1993) besteht die ernstzunehmende Möglichkeit, daß ein neues herbizidresistentes Unkraut entstehen könnte, das den Agronomen neue Sorgen bereiten würde. Bereits ohne Zutun der Gentechnologie sind in den letzten Jahren Unkrautrüben durch die Bestäubung blühender Zuckerrüben mit dem Pollen von wilden Rübenarten (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) entstanden. Die Unkraut-Rüben unterscheiden sich von den Zuckerrüben durch vorverschobene Keim- und Blühperiode, verhalten sich dadurch wie Einjährige und haben besonders in den ökologisch gestörten offenen Flächen der landwirtschaftlichen Produktionsgebiete einen Selektionsvorteil. Kommt nun noch eine gentechnisch eingebaute Herbizidresistenz dazu, wird die Sache brenzlich (DALE 1992, GRANER & al. 1993). Es gilt hier jedenfalls, sorgfältig Nutzen und Risiken gegeneinander abzuwägen, um dann das Richtige zu tun.

Die Beispiele lassen sich zwar momentan noch nicht beliebig vermehren, doch wird dies bei der rasant ansteigenden Zahl von Freisetzungen durchaus der Fall sein. Vorsicht ist also am Platze. Wer heute noch behauptet, es gäbe keine ernstzunehmende, konkret bezeichnete *Möglichkeiten* von negativen Effekten gibt, liegt bereits falsch.

4. Nachhaltigkeit der Resistenz, Resistenz-Management

Eine wohlbegründete, *präventiv wirkende* Vorsicht sollte aus der Sicht des Ökologen auch dort gelten, wo (wenigstens in Europa) kein Genfluss zu erwarten ist, wie z.B. beim Mais. Es können hier andersartige Probleme auftauchen:

Beim Mais hat man eine Resistenz gegen den Maiszünsler eingebaut, einem gefürchteten Raupen-Schädling, der jährlich große Schäden verursacht. Man hat dies durch einen Trick erreicht, indem man dem Mais die Fähigkeit in die Erbanlagen einbaute, ein für den Maiszünsler giftiges Eiweiß zu produzieren. Dieses wurde zwar bisher als Sprühmittel ebenfalls bei der Bekämpfung verwendet, wirkte aber nie so perfekt wie das eingebaute Gift es tun wird. Die Folge wird sein, daß sich in sehr kurzer Zeit von schätzungsweise wenigen Jahren eine Resistenz des Maiszünslers herausbilden wird, die dieses Gifteiweiß unwirksam machen wird. Es gilt also, auch bei Resistenz-Einbau die Langzeit-Folgen auf das Ackerbau-System genauestens mitzuverfolgen. Die Produzenten von transgenem Bt-Mais sind bereits daran, für die kommenden Jahre der Massen-Auspflanzung diesem Problem der verfrühten Resistenzbildung von Schädlingspopulationen zu begegnen: Es werden Refugialpflanzungen von nicht-transgenem Mais geplant, die es den bisher nichtresistenten Maiszünsler-Populationen erlauben würde, während langer Zeit zu überleben. Das Problem der Züchtung nachhaltiger Resistenz ist nicht neu, es wird auch in der klassischen Kulturpflanzen-Züchtung seit vielen Jahren sehr ernst genommen (LAMBERTI & al. 1983). Um ein verfrühtes Einbrechen der Bt-Resistenz weiter zu verhindern, werden Mehrfach-Resistenzen entwickelt. Damit wird in der Gentechnik die gleiche Strategie angewendet, wie dies jene Bauern tun, die seit Jahrzehnten das Bt-Eiweiß als biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel einsetzen, in dem gleich mehrere Bt-Gensequenzen enthalten sind, die ihrerseits mehrere verschiedene Bt-Eiweiße produzieren. Der Vorwurf, mit dem gentechnischen Einbau des Bt-Eiweißes würde die jahrzehntelang erfolgreiche Sprühung der Biobauern mit demselben Stoff rasch unwirksam werden, kann also nicht zutreffen, denn die Sprüh-Mischung der Biobauern enthält ja bereits mehrere verschiedene Bt-Eiweiße. Dies ist auch einer der Gründe, warum in dieser langen Anwendungszeit nur sporadisch resistente Schädlinge aufgetreten sind.

Auch bei konventionell gezüchteten Kulturpflanzen ist es schon mehrfach zu Resistenzdurchbrüchen gekommen. Das wird bei den gentechnisch gezüchteten Resistenzen kaum anders sein, immerhin wissen die Züchter in Zukunft genauer, was sie tun und können entsprechende Gegenmaßnahmen präziser planen.

5. Monokulturen und wie die Gentechnologie mithelfen könnte, sie zu überwinden

Das Problem ist und bleibt die Monokultur. Eine nachhaltigere Resistenz wird erst dann erreicht werden können, wenn z.B. integrierter Landbau mit gezielten Fruchtwechseln, mit sinnvoller biologischer Schädlingsbekämpfung, mit Mischkulturen verstärkt eingeführt wird. Dieser verbesserte Landbau sollte *kombiniert* werden mit einer Gentechnologie, die zu massiver Einsparung von Pestiziden führt und somit auch einen Beitrag zur Erhaltung der so wichtigen pflanzlichen und tierischen Nützlinge leisten kann.

6. Zusätzliche Diskussionsfelder bei der Einführung von transgenen Nutzpflanzen

Damit öffnet sich das Diskussionsfeld bereits Richtung sozio-agrarisches System, das es dringend mitzuberücksichtigen gilt (LEISINGER 1991, THEISEN 1991, ALTMANN & al. 1992).

Es würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, auf den Nord-Süd-Konflikt einzugehen, auch die Patentierungsfrage soll hier weggelassen werden. Da die Gentechnologie keine eigentliche Großtechnologie ist, sondern vom (zukünftig) relativ geringen Aufwand her betrachtet eine Kleintechnologie, wird die anfängliche Monopolbildung bereits in den nächsten Jahren durchbrochen werden. Die Problematik ist jedoch genau im Auge zu behalten.

Kehren wir zurück zu der Frage der naturwissenschaftlich feststellbaren Risiken: Das wissenschaftlich Beurteilen der spezifischen Risiken im Zusammenhang mit transgenen Kulturpflanzen setzt interdisziplinäres Vorgehen voraus, letztlich braucht es dazu eine umfangreiche Ressort-Forschung, die eng mit einer breiten Grundlagenforschung verknüpft ist (ALTMANN & al. 1992, KEELER & al. 1991, KJELLSON & al. 1994).

Es sollte in Zukunft möglich werden, das Soll-Wissen mit dem instrumentellen Wissen zu verbinden. Dies würde allerdings voraussetzen, daß Gentechnologen mit mehr Verstand und Zielgerichtetheit ihre Forschungen vorantreiben. Damit entsteht ein Zielkonflikt zur reinen und absolut notwendigen Grundlagenforschung entsteht: Nur in richtungsloser und der Kreativität freien Lauf lassenden Forschung werden auch in Zukunft bahnbrechende Entdeckungen gelingen.

7. Einige prospektive Gedanken zur Gentechnologie

Aus obigen Gedankengängen und Fakten folgt, daß wir die Hände keineswegs resignierend in den Schoss legen sollen, um zukünftig auf dieses hoffnungsvolle Instrument der Pflanzenzüchtung zu verzichten. Erstens scheint das bei der kaum zu bremsenden menschlichen Forschungs-Neugier nicht realisierbar zu sein und zweitens auch ziemlich ahistorisch und bilderstürmerisch. Dennoch:

Es *muss* uns ganz einfach gelingen, das Gute vom Schlechten zu trennen. Es braucht dazu ein voll ausgewachsenes Technology Assessment (= Umweltverträglichkeits- und Sozialverträglichkeits-Prüfung), das fachlich korrekt und mit Sinn für die sozioökonomischen Folgen betrieben wird. Fundamentalistische Rundschnügel in beiden Diskurs-Richtungen sind nicht vertretbar, es muss von *Fall zu Fall* sorgfältig entschieden werden. Das Leben ist zu vielfältig, als daß unbedachte Generalisierungen in der Risiko-Beurteilung anwendbar sind. Diese TA sollte auch vor Vorurteilen keinen Halt machen: Es ist z.B. nicht einzusehen, *weshalb naturnahe Landwirtschaft und Gentechnologie nicht zusammengehen könnten*. Die Anwendung der Gentechnologie in der Schaffung neuer Kultursorten muß aber nicht notwendigerweise in neuen Monopolen, in noch extremeren Monokulturen enden. Eine ökologischere Ausrichtung der bisherigen Bemühungen der Gentechnologie in der Landwirtschaft wäre dazu eine wichtige Voraussetzung. Es hilft uns wenig, über den gegenwärtig noch schwachen Stand der Ökologie in der Gentechnologie zu jammern. Es gilt, konkrete Vorschläge einzubringen und dort Einfluß geltend machen, wo er auch wirksam werden kann. Das Verständnis für die ökologischen Belange ist im Wachsen begriffen. Denn auch die grössten potentiellen Hersteller von genetisch veränderten Kulturpflanzen sind an einer nachhaltigen Entwicklung ohne grössere Pannen ernsthaft interessiert (AMMANN & al. 1993).

Zu den relevanten Forschungsbemühungen gehören aus der Sicht der Ökologie

Strategien zur Vermeidung von Pestiziden und schwierig abzubauenen Herbiziden. Resistente Sorten sollten so geschaffen sein, daß die eingebaute Resistenz nicht allzu perfekt wirkt, denn dies wäre zutiefst unökologisch: Perfekte Resistenz ruft innerhalb weniger Jahre nach resistenten Schädlingen, die jahrelangen Zuchtbemühungen (gentechnisch oder nicht) wären dann bald zunichte gemacht.

Leider ist es nun so, daß viele der wertvollen Eigenschaften, die es aus der Sicht der Ökologie in die Kulturpflanzen hineinzubringen gälte, sich aus mehreren Genen aufbauen. In der molekularen Züchtungsforschung ist man noch nicht so weit, solche "polygenen" Eigenschaften mit Erfolg einzubauen. Dies mag mit der noch sehr reduzierten Kenntnis zusammenhängen, die wir bisher über die strukturellen Zusammenhänge der Gene haben. Wünschenswerte Eigenschaften wie Kälteresistenz, Trockenresistenz u.ä. werden wir aber erst dann erfolgreich einbauen können, wenn wir polygene Eigenschaften besser auf der molekulargenetischen Ebene verstehen. Dennoch ist das ökologische Potential der Gentechnologie, was die zukünftige Entwicklung angeht, insgesamt als groß einzuschätzen.

Eine weitere sehr sinnvolle Forderung an die zukünftige Entwicklung transgener Nutzpflanzen wäre, daß sie auf die regionalen Unterschiede in der Agrartechnik Rücksicht nimmt: So führt die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich in Zusammenarbeit mit dem internationalen Reisforschungsinstitut ein Entwicklungsprojekt für transgene Reissorten durch. Es geht hierbei nicht um die Entwicklung einer neuen Super-Reissorte, die durch eine der großen Saatgutproduzenten weltweit vermarktet und monopolisiert werden soll, sondern um die Entwicklung transgener Landsorten, die z.B. den philippinischen Reisbauern zum Einkreuzen kostenlos überlassen werden.

8. Wege der Risikobehandlung und der Risikobewältigung.

Wie wir oben gesehen haben, sind die Risiken des vertikalen Genflusses von Kulturpflanze zu Kulturpflanze sehr verschiedenartig zu beurteilen. Ganz allgemein ist klar, daß je nach Standpunkt alle Risiken unterschiedlich betrachtet werden. Dies können wir sehr schön am Beispiel der Antimatsch-Tomate erkennen.

Die Gegner einer Markteinführung von solchen Tomaten können zu Recht feststellen, daß der Konsument nicht mehr wisse, *wie alt* diese Tomaten im Augenblick des Konsums seien. Man könnte mit ebensolchem Recht sagen, daß bei den nicht-transgenen Tomaten nicht ersichtlich ist, *wie jung* sie zum selben Zeitpunkt sind. Abgesehen davon scheinen die Antimatsch-Tomaten ein großer Marktrenner in den USA zu sein, obschon sich durch ihre Weichheit bei der Grossverteilung technische Probleme ergeben. Ob sie allerdings zu den wichtigsten und notwendigsten Züchtungen gehört, sei hier bezweifelt.

Die Quintessenz obiger Ausführungen in Bezug auf die ökologischen Risiken der Gentechnologie lautet: Es existiert kaum ein gemeinsamer Nenner mit Sicherheits-Richtlinien, der über die ganze Problematik hinweg gelten kann. Vielmehr müssen wir den - zugegebenermassen - viel mühsameren Weg der Entscheidung im Einzelnen suchen. Dies gilt genauso im Falle der Risiken, die zukünftige aus transgenen Kulturpflanzen hergestellte Nahrungsmittel in sich bergen könnten.

Eine Bewertung der Gentechnologie und ihrem Restrisiko kann folglich nur im konkreten Fall vorgenommen werden.

Dies wurde in einem *Schwerpunkts-Forschungsprogramm des Schweizerischen Nationalfonds getan*. (AMMANN & al 1996). Die zusammenfassende Grafik zu den ersten Resultaten sei hier wiedergegeben:

9. Beispiel: Risiko-Abschätzung des vertikalen Genflusses bezüglich der Schweiz

Die folgenden Schritte führten zu einer neuartigen Risikoabschätzung bezüglich des Genflusses von zukünftigen transgenen Nutzpflanzen in der Schweiz!

Es wurde dabei bewusst ausgegangen von nicht-transgenen Nutzpflanzen und ihren wilden Verwandten, um den *natürlichen* Genfluss herauszufinden. Mit dieser End-of-the-Pipe-Strategie kann wertvolle Information gesammelt werden über den zu erwartenden Genfluss, die mit punktuellen Experimenten mit echten transgenen Nutzpflanzen nicht beigebracht werden kann. Deshalb scheint es uns notwendig, den Fehler in Kauf zu nehmen, dass die Wirkung der Transgene vernachlässigt wird in einer ersten Stufe der Risikoabschätzung. Es ist selbstverständlich, dass die darauf folgenden Abklärungen mit transgenen Nutzpflanzen durchgeführt werden müssen, falls die erste Risikoabschätzung ohne Transgene dies zulassen.

Es wurde daher die Idee von RUUD VAN DER MEIJDEN und FRIETEMA DE VRIES aufgenommen (FRIETEMA-DE VRIES & al. 1994), dreifache Risiko-Codes zu kombinieren:

Risiko-Codes in einer Kurz-Tabelle

Dp: Hybridisierung und Pollenverbreitungs-Code

- Dp0: Keine wilden Verwandten in der Schweiz
- Dp1: Keine wilden Kreuzungspartner in der Schweiz
- Dp2: Keine Kreuzungen mit wilden Verwandten in der Schweiz gefunden
- Dp3: Gelegentliche Kreuzungen mit wilden Verwandten, aber keine Rückkreuzungen
- Dp4: Natur-Kreuzungen vorhanden, fertil und Rückkreuzungen gelegentlich gefunden
- Dp5: Natur-Kreuzungen häufig, fertil und Rückkreuzungen häufig

Dd: Samenverbreitungs-Code

- Dd0: Keine Chance: Samen steril oder schlecht ausgebildet
- Dd1: Selten, nur unter sehr günstigen, aussergewöhnlichen Bedingungen
- Dd2: Möglich unter günstigen Bedingungen
- Dd3: Möglich, wird aber normalerweise mit verschiedenen Methoden unterdrückt
- Dd4: Erfolgreich, normalerweise unter Kulturbedingungen
- Dd5: Samenverbreitung sehr häufig und erfolgreich und ist weit verbreitet

Df: Häufigkeits-Code

- Df0: Wilde Verwandte oder verwilderte Populationen in der Schweiz unbekannt
- Df1: Wilde Verwandte extrem selten und verwilderte Populationen nicht vorhanden
- Df2: Wilde Verwandte sehr selten und verwilderte Populationen sporadisch vorhanden
- Df3: Wilde Verwandte u./od. verwilderte Pop. in der Schweiz nicht häufig und lokal
- Df4: Wilde Verwandte u./od. verwilderte Pop. in der Schweiz nicht häufig aber verbreitet
- Df5: Wilde Verwandte u./od. verwilderte Pop. in der Schweiz häufig und verbreitet

Risiko-Codes für die wichtigsten Kulturpflanzen in der Schweiz

Df Häufigkeit . Genfluss	Dd Samenverbreitung /	Dp Vermehrung. Vertikaler
---------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

lateinischer Name	deutscher Name	Risiko-Code Df.Dd.Dp	Risiko-Kategorie kombiniert siehe Graphik nächste Seite
Festuca arundinacea	Rohr-Schwingel	5.5.5	Erheblich und verbreitet
Festuca pratensis	Wiesen-Schwingel	5.5.5	Erheblich und verbreitet
Lolium multiflorum	Italienisches Raygras	5.5.5	Erheblich und verbreitet
Lolium perenne	Englisches Raygras	5.5.5	Erheblich und verbreitet
Medicago sativa	Luzerne	5.4.5	Erheblich und verbreitet
Lactuca sativa	Salat	2.5.5	Erheblich aber lokal
Daucus carota sativus	Möhre	4.2.4	Erheblich aber lokal
Brassica napus	Raps	2.5.3	Niedrig und lokal
Brassica rapa	Rübsen	2.4.3	Niedrig und lokal
Raphanus sativus	Radishesen	3.3.3	Niedrig und lokal
Cichorium intybus	Zichorie	4.3.3	Niedrig und lokal
Secale cereale	Roggen	4.3.2	Minimal
Cichorium endivia	Endivie	2.2.3	Minimal
Brassica oleracea	Kohl	3.3.3	Minimal
Trifolium pratense	Rotklee	5.3.1	Null
Trifolium repens	Weissklee	5.3.1	Null
Beta vulgaris	Zuckerrübe	1.2.1	Null
Solanum tuberosum	Kartoffel	5.1.0	Null
Lycopersicon esculentum	Tomate	0.1.0	Null
Triticum aestivum	Weizen	4.2.2	Null
Hordeum vulgare	Gerste	4.2.2	Null
Zea mays	Mais	4.0.0	Null
(Glycine max)	(Soyabohne)	(0.1.1)	(Null)

1 Keine Wirkungen

- Keine verwandten Arten oder keine kreuzungskompatiblen Verwandten der Nutzpflanze in der Region existierend. Freisetzungsversuche sind möglich ohne Einschlußverfahren und ohne Monitoring
- Gewisse Transgene müssen getestet werden in mittelfristigen Experimenten auf ihre sekundären Effekte auf die Ökosysteme.
- Es ist das Ziel, nachhaltige Resistenzen zu fördern, dazu braucht es ein Langzeit-Monitoring.

2. Minimale Wirkung

- Keine Vorkommen von Kreuzungen bekannt zwischen Nutzpflanze und wilden Verwandten in der Schweiz.
- Freisetzungen möglich nach einer gründlichen Abklärung der biogeographischen Verhältnisse.
- Kurzzeitversuche sollten in geschlossenen Systemen durchgeführt werden, bevor größere Feldversuche unternommen werden.
- Gewisse Transgene müssen in mittelfristigen Beobachtungsversuchen in geschlossenen Systemen untersucht werden hinsichtlich ihrer sekundären Wirkung auf Ökosysteme (Resistenzgene z.B.)

3. Niedrige und lokale Wirkungen

- Es ist vertikaler Genfluss zwischen wilden oder verwilderten Arten und der Nutzpflanze auch außerhalb der Ackersysteme festgestellt worden.
- Experimente sollten zuerst in geschlossenen Systemen durchgeführt werden, dann erst in kleinen, sehr gut beobachteten Feldversuchen.
- Dies kann nur geschehen, wenn bekannt ist, daß die verwendeten Transgene der Nutzpflanze keine höhere Konkurrenzkraft verleihen, wie z.B. Herbizidtoleranz. Alle Transgene sollten sorgfältig getestet werden in geschlossenen Systemen.

4. Substanzielle, aber lokale Wirkung

- Der vertikale Genfluß ist hoch und substanziell, aber lokal kontrollierbar.
- Feldversuche sollten in dichten geschlossenen Systemen erfolgen. Eine genaue Studie von Fall zu Fall muß die potentiellen Langzeiteffekte der Transgene auf die Ökosysteme bestimmen, bevor irgendwelche Freisetzungen erfolgen können.
- In einem Langzeit-Monitoring muß die Wirkung der Transgene auf die Konkurrenzkraft der transgenen Nutzpflanze bestimmt werden.
- Riskante Transgene müssen vermieden werden.

5. Substanzielle und weit verbreitete Wirkung

- Vertikaler Genfluß ist hoch und weit verbreitet und ist nicht kontrollierbar durch irgendwelche Maßnahmen.
- Es sind keine Freisetzungsversuche möglich in dieser Kategorie.

- Mittelfristige Beobachtungsversuche in strikt geschlossenen Systemen notwendig, um die Effekte der Transgene auf die Konkurrenzkraft der transgenen Nutzpflanze zu bestimmen.
- Es wird empfohlen, mit weniger riskanten Sorten zu arbeiten, oder solche zu entwickeln mit Sterilitäts-Barrieren, die eine Auskreuzung verhindern.

		Kreuzung					
Häufigkeit	Samenver.	0	1	2	3	4	5
0	0						
	1	Tomaten					
	2	Tabak					
	3	Soja					
	4						
	5						
1	0						
	1						
	2		Rüben				
	3						
	4						
	5						
2	0						
	1						
	2				Endivien		
	3						
	4				Rübsen		
	5				Raps		Lattich
3	0						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
4	0	Mais					
	1			Gerste			
	2			Weizen		Karotte	
	3			Roggen	Zichorie		
	4						
	5						
5	0						
	1	Kartoffel					
	2						
	3		Klee				
	4						Luzerne
	5						Gräser

Somit wird für die Situation in der Schweiz klar, daß mit der Luzerne und den Wildgräsern äußerst vorsichtig umgegangen werden sollte, falls Transgene eingebaut werden sollten.

Es ist jedoch nicht einzusehen, daß Mais u.a. (siehe obige Grafik) ein Problem hinsichtlich ihres vertikalen Genflusses darstellen sollten.

Es ist leicht, in Bezug auf die Möglichkeiten von Restrisiken genetisch veränderter Nahrung verallgemeinernde Statements abzugeben. Damit lassen sich Ängste schüren: Es könnten neue Allergien entstehen. Die Frage nach der Resistenzbildung bei eingebauten Pestiziden, die Frage nach der Abbaubarkeit von Herbiziden, die bei neuen herbizidresistenten Kulturpflanzen angewendet werden könnten, sind gründlich und langfristig abzuklären. Dasselbe gilt von neu eingebauten Genen, die Eiweiße erzeugen, die unter ungünstigen Umständen zu Depot-Problemen im Boden führen könnten. Diese Risiken werden auch bei konventionellen Zuchtmethoden in Kauf genommen respektive nicht ernsthaft geprüft. Dies muss man auch bei gentechnisch hergestellten Kulturpflanzen fordern. (*- der letzte Satz macht keinen Sinn?*)

10. Bisherige Sortenprüfungsverfahren, Forderung nach Kennzeichnungspflicht

In der Schweiz (und wohl in fast jedem anderen europäischen Land) dürfen wir uns zu einem guten Teil auf die Sortenprüfungs-Verfahren verlassen, die in jedem Falle angewendet werden *müssen*, gleichgültig, ob die neue Sorte nun mit neuen oder alten Methoden gefunden wurde. Es ist denkbar, daß je nach dem Charakter und der Art des eingebauten Gens diese Sortenprüfungs-Verfahren noch spezifiziert werden sollten. So gesehen besteht kein Grund, gentechnisch produzierte Nahrungsmittel pauschal abzulehnen, es bleibt allerdings dem Urteil der Konsumenten überlassen, wo er seine Grenze ziehen will.

Dies kann nur dann geschehen, wenn wenigstens für die direkt gentechnisch hergestellten Nahrungsmittel eine Bezeichnungspflicht eingeführt wird. Fraglich erscheint sie bei stark veränderten Nahrungsmitteln wie z.B. Ketchup aus transgenen Tomaten und noch fragwürdiger wird sie dort, wo gentechnisch hergestellte Zusätze (z.B. Enzyme u.ä.) im Herstellungsprozess verwendet wurden, die dann teilweise sogar wieder herausgenommen werden (können). Gerade in der heiklen Kennzeichnungsfrage sollte man immer von einer strikten Nachweisbarkeit ausgehen. Es bleibt aber anzumerken, daß die heute gängigen Nachweismethoden derart empfindlich reagieren, daß sogar winzigste Spuren unabsichtlich zugemischter transgener Materialien entdeckt werden können. So stellt sich ernsthaft die Frage nach Grenzwerten (siehe unten bei der Diskussion der Sojabohnen-Problematik).

Es ließe sich auch das seit langem übliche Verfahren einer positiven Kennzeichnung anwenden: Reformprodukte werden als pestizidfrei hergestellt bezeichnet, Bisher gilt als selbstverständlich, daß sie auch frei von jeglicher Gentechnik sind. Dies könnte sich in Zukunft ändern: Wenn es sich - diese Prognose sei hier gewagt - einmal gezeigt hat, daß Gentech-Nahrungsmittel genauso sicher sind wie gentech-freie, dann wäre es auch interessant zu wissen, ob sie pestizidfrei und/oder bodenschonend hergestellt wurden, ob z.B. weniger Dünger verwendet werden mußte, oder ob sie gar qualitativ bezüglich der Nährstoffe klare Verbesserungen aufweisen. Man sollte es der Marktregulation überlassen, ob und wo die KonsumentInnen ihre Grenze abstecken wollen. Sie kann durchaus, je nach persönlicher Einstellung, auch dort gezogen werden, wo es um bloße Luxus-Erscheinungen genetischer Manipulation geht, oder wo die Prinzipien des fairen Handels verletzt werden. Die Grenzziehung kann also in verschiedenen Richtungen erfolgen, die momentan von extremen KonsumentInnen-organisationen verlangte

absolute Gentech-Freiheit scheint dem Autor keineswegs der Weisheit letzter Schluß zu sein. Vielmehr könnte es sich bald einmal herausstellen, daß damit vom Gesetzgeber in apodiktischer Weise eine letztlich nicht für alle einsehbare und damit falsche Grenzziehung gefordert wird.

In der Schweiz gilt seit 1995 ein sehr striktes Lebensmittelgesetz, was die Vorprüfung bezüglich Gentechnologie anbetrifft: Als einziges Land bisher verlangt die Schweiz eine Analyse aller Rohmaterialien, die zu Fertigprodukten verarbeitet werden. Dies führt dazu, daß ein sehr großer Anteil an Fertigprodukten mit dem Etikett GVO gekennzeichnet werden muß: Denn sehr viele dieser Produkte enthalten in Zukunft Lecithin der transgenen Sojabohne. Es wird auch schwierig sein, bei dem hohen Genauigkeitsgrad der Testmethoden, reine Ladungen von nicht-transgenen Bohnen zu importieren. Daran ist im November 1996 die American Soybean Assotiation gescheitert und später auch mehrere Versuche von Greenpeace initiiertes Importbemühungen. Für den Schweizer Markt wäre es deshalb vernünftig, auf das Angebot von Greenpeace einzugehen, auch eine "Reinheit" der Importladung von ca. 99,x % noch als gentechfrei zu erklären (pers. Mitt. BENEDIKT HAERLIN, Greenpeace Deutschland). Wichtig erscheint jedenfalls, daß für die Schweiz nicht nur die gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung in vernünftigem Masse durchgeführt wird, sondern daß es auch gelingt, einen guten Importanteil an nicht-transgenen Bohnen zu sichern. Hier hat die Firma Monsanto, die als lizenzgebende Entwicklungsfirma großen Einfluß auf Produzenten und Importeure hat, noch zuwenig aktiv mitgeholfen, die Situation, die am besten mit "etikettierter Zwangsverfütterung" umschrieben werden kann, zu entspannen. Die jetzige Lage führt zu absurden Situationen: Die Toblerone, die noch Spuren von Lecithin aus transgenen Sojabohnen enthielt, mußte vom Schweizer Markt gezogen werden, obschon der Gehalt an transgenem Material verschwindend klein ist: Wird einer dieser Schokoladeriegel mit der bloßen Hand weitergegeben, reicht man dem Empfänger mit Sicherheit mehr Fremdgene (notabene solche von den Händen) weiter, als er Transgene enthält.

11. Neue Diskurs-Ethik, mögliche Lösungsansätze

Wenn es uns gelingen soll, von der *high tech* über die *safe tech* zur *soft tech* vorzustoßen, müssen wir ohne Verzug neue Lösungsansätze suchen.

Ein gewisses Mißtrauen gegenüber ethischen Allgemeinplätzen ist durchaus berechtigt, denn auch die Risiken lassen sich, wie wir gesehen haben, nicht über einen Leisten schlagen. Anstelle von angstmachenden oder angstverneinenden verallgemeinernden Risikostatements braucht es das Eingehen auf neue *Planungs- und Umsetzungs-Methodiken der zweiten Generation*, wie sie die Planungs-Wissenschaft (design of science) seit langem bereitstellt und die von einigen neuen Grundsätzen ausgehen sollten (RITTEL 1992). Ein prozesshaftes, argumentatives und schrittweises Vorgehen kann dann erfolgreich sein, wenn es von einer Umschreibung des Problemes, vom Arbeiten in realen Kontexten ausgeht, an dem sich alle Betroffenen beteiligen können und in dem ohne gegenseitige vorschnelle Diskriminierung die Rollen und Interessen offengelegt werden dürfen.

Es ist auch notwendig, sich von einer Überschätzung des Expertentums zu verabschieden. Vielmehr sollten sich auch die Forschenden bemühen, lebensweltliches Wissen der Laien respektieren zu lernen, das auch das Soziale mit Wertungen enthält: Man kann dies etwas überspitzt auch "Symmetrie der Ignoranz" zwischen Laien und Experten nennen, denn wie oft ist es vorgekommen, dass sich Experten *oder* auch Laien geirrt haben!

Experten sollten wissen, daß POPPER, einer der wichtigen Wissenschafts-Theoretiker, sich kritisch zum wissenschaftlichen Wissen geäußert hat: Es sei eine der wichtigsten Eigenschaften dieses Wissens, daß es *revidierbar* sei: Erkenntnisfortschritt könne nur durch Fehlerelimination stattfinden, er sei kein sich wiederholender oder kumulativer Vorgang (POPPER 1994, S.149).

Diesem wissenschaftlichen Vorgehen sollten aber andererseits auch Laien einen gewissen Respekt zeugen. Dies können sie vor allem dann mit weniger Mißtrauen und Widerstand tun, wenn sie selbst auch von den Experten ernst genommen werden, die ihre eigenen Erkenntnisgrenzen realisieren. Dennoch muß hier festgestellt werden, daß in der Schweiz sich ein geradezu wissenschaftsfeindliches Klima entwickelt, in dem man den Experten mit verhärtetem Misstrauen entgegentritt und ihnen keine Glaubwürdigkeit mehr zuspricht.

Ein Beispiel soll hier dazwischengeschoben werden: Mit einer Unverfrorenheit sondergleichen werden die Argumente aller großen Agrarexperten unter den Tisch gewischt, daß auch die Gentechnologie ihren Beitrag zum Welthungerproblem leisten kann, wenn sie vernünftig angewendet wird. Die Expertenmeinungen gehen von einem Beitrag von 10-20% aus, den die Gentechnologie im Rahmen der neuen nachhaltigen grünen Revolution leisten kann. Angesichts des Bevölkerungswachstums sind wir geradezu verpflichtet, die Nahrungsmittelproduktion wesentlich zu steigern. Es sind alle Beiträge erwünscht, vom biologischen Landbau und dem vermehrten Respektieren lokaler Produktionsstrukturen, soweit sie effizient sind, bis hin zum vernünftigen Einsatz der Gentechnologie. Wäre es nicht geradezu unethisch und zynisch, diesen Beitrag aus fundamentalistischen Überlegungen heraus zu verweigern ?

Die in diesem komplexen Problemumfeld angesprochene *Planungsmethodik der zweiten Generation* muß auch das Soziale mit einbeziehen. Sie kann auch sichtbar machen, daß es keine einfachen Lösungen von sogenannten "verzwickten Problemen" ("wicked problems") geben kann, um die es sich in vielen Fällen der Risikobehandlung bei der Gentechnologie handelt. Denn es sollen die Folgen gentechnologischer Eingriffe in einem unübersichtlichen Bezugssystem komplexen ökologischen, ökonomischen und sozialen Verhältnissen abgeschätzt werden.

So gesehen kann es nur um den steten Versuch gehen, diese Schwierigkeiten immer wieder von neuem anzugehen mit wachem Sinn für das Erkennen alter Vorurteile und für die neuen Lösungen, wie das schon ein wichtiger europäischer Denker sich zu eigen machte:

BENEDICTUS DE SPINOZA (1632-1677):

"Ich habe mich unablässig bemüht, das menschliche Handeln weder zu verspotten, zu beklagen, noch zu verachten, sondern es zu verstehen."

Dieses *Verstehen-Wollen* sollte auch bei der Bewältigung der Anfangsschwierigkeiten in der Gentechnologie im Vordergrund bleiben. Es gibt guten Grund, hier Hoffnung zu schöpfen, besonders wenn man dem menschlichen Wesen noch Chancen einräumt, wenigstens partiell die Natur kohärent und wirklichkeitsgetreu zu erkennen. VOLLMER (1987) legt in seiner Evolutionären Erkenntnistheorie gute Grundlagen für eine solches Menschen- und Weltbild, das uns wenigstens die Hoffnung läßt, dass wir, - die wir uns längst selbst aus der biologischen Evolution entlassen haben - ohne kulturelle Rückfälle in *prä-logisches* Denken mit verständigem *und* fortschrittlichem Handeln in die nächsten Jahrtausende retten können. Nur so werden wir die Chance packen können, die

so notwendige *trans-logische Spiritualität* zu entwickeln, die wir heute so schmerzlich vermissen.

In diesen Zeiten eines allgemein grassierenden Kulturpessimismus sollten wir jene optimistisch-pragmatischen Worte von HANS MOHR beherzigen, die er bereits 1981 niedergeschrieben hat (MOHR 1981):

“Die moderne Wissenschaft und die aus ihr entstandene Technologie ist enorm leistungsfähig. Eine Wissenschaft, die den Flug zum Mond und die in-vitro-Synthese eines Genes planen und technisch ausführen kann, kann auch Ökosysteme regenerieren, atmosphärischen Stickstoff fixieren und genügend Energie produzieren, falls man ihr nicht aus Angst oder Dummheit in den Arm fällt und den Mut nimmt. Nostalgisch-vornehme Resignation und ideologisch verkürzte Fehleinschätzungen der Realität wirken hier gleichermassen lähmend.”

Dies gilt besonders auch für die politische Situation in der Schweiz: Ein Referendum, das im Frühling 1998 zur Abstimmung kommt, fordert drei klare Verbote: Freisetzen transgener Organismen, die Herstellung von transgenen Tieren und auch die Patentierung von Lebewesen. Es versteht sich nach den obigen Ausführungen von selbst, daß es aus der Sicht des Verfassers unklug wäre, bei allem Respekt vor den oben beschriebenen Risiken der neuen Technologie, solche strikten Verbote in die Verfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft auf immer festzuschreiben.

Literatur

- ALTMANN, M. und AMMANN, K. 1992: Gentechnologie im gesellschaftlichen Spannungsfeld: Züchtung transgener Kulturpflanzen. *Gaia* 1, No.4, p. 204-213.
- AMMANN, D. 1994: Gentechnologie und Nahrungsmittel. Publikation der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz, 1-106.
- AMMANN, K. (Text), BRAUN, R. (Kasten) 1993: Gentechnologie und naturnahe Landwirtschaft. *Die Grüne* Nr.49, 3.12.1993, p.20-24.
- AMMANN, K. 1994: Die ökologischen Risiken der Gentechnologie und wie wir damit umgehen können. In *Ethik und Strahlenschutz*, Seminar des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. und der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz, Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz, p.16-26.
- AMMANN, K., FELBER, F., KELLER, J., JACOT, Y., KÜPFER, PH., RUFENER, PH., und SAVOVA, D. 1994: Dynamic biogeography and natural hybridization of selected weedy species in Switzerland. Symposium "Gene Transfer: Are Wild Species in Danger?", Le Louverain, Switzerland, 9 November 1994. *Environmental Documentation* No.12, Organisms. Federal Office of Environment, Forests and Landscape (FOEFL).
- AMMANN, K., JACOT, Y. und RUFENER, P. 1996: Field release of transgenic crops in Switzerland, an ecological risk assessment of vertical gene flow. In: ELISABETH SCHULTE und OTHMAR KÄPPELI (Hrs.) *Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft ?* Schwerpunktprogramm Biotechnologie, Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung, Fachstelle BATS. S. 193-252. Gutachten BATS, Fachstelle für Biosicherheit und Abschätzung von Technikfolgen des Schwerpunktprogrammes Biotechnologie, Basel, S. 101 - 157.
- Siehe auch Internet <http://www.europider.ch/BATS/data/english/k3titel.htm>
- BOUDRY, P., MÖRCHEN, M., SAUMITOU-LAPRADE, P., VERNET, PH., und VAN DIJK, H. 1993: The origin and evolution of weed beets: consequences for the breeding and release of herbicide-resistant transgenic sugar beets. *Theor. Appl. Genet.* Vol. **87**, p.471-478.
- BRYANT, J. und LEATHER, S. 1992: Removal of deletable marker genes from transgenic plants: needless sophistication or social necessity ? *TIBTECH* **10(8)**, p.274-275.
- CRAWLEY, M. J., HAILS, R. S., KOHN, D. und BUXTON, J. 1993: Ecology of transgenic oilseed rape in natural habitats. *Nature* Vol 363, No. **6430**, 17 June, p.620-623. See also comments of Peter Kareiva in same Vol. p. 580.
- DAELE VAN DER, W., PÜHLER, A. und SUKOPP, H.: *Grüne Gentechnik im Widerstreit. Modell einer partizipativen Technikfolgenabschätzung zum Einsatz transgener herbizidresistenter Pflanzen.* VCH Weinheim
- DALE, PH. 1992: Spread of Engineered Genes to Wild Relatives. *Plant Physiol.* Vol. **100**, p.13-15.
- EIGEN, M. 1988: *Perspektiven der Wissenschaft. Jenseits von Ideologien und Wunschdenken.* DVA, 288 S.
- FARINELLI, L. und MALNOË, P. 1996: Heterologous encapsidation and recombination in transgenic plants containing viral sequences. In: ELISABETH SCHULTE und OTHMAR KÄPPELI (Hrs.) *Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft ?* Schwerpunktprogramm Biotechnologie, Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung, Fachstelle BATS. S. 193-252.
- FRIETEMA-DE VRIES, F.T., VAN DER MEIDJEN, R. und BRADENBURG W.A. 1994. Botanical files on lettuce (*Lactuca sativa* L.) for gene flow between wild and cultivated let-

- tuce (*Lactuca sativa* L. Including *L. Serriola* L., Compositae) and the generalized implications for risk assessment on Genetically Modified Plants. *Gorteria*, suppl. 2.
- FRITZSCHE, A.F. 1986: Wie sicher leben wir ? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft. Verlag TÜV Rheinland, 1-614.
- GRANER, A. und WENZEL, G. 1993: Chancen und Risiken der Grünen Gentechnik. *Pflanzenschutz-Praxis* 4, p.20-22.
- GRESSEL, J., REGEV, Y., MALKIN, S. and KLEIFELD, Y. 1983. Characterization of an s-triazine-resistant biotype of *Brachypodium distachyon*. *Weed Sci.* **32**: p.450-456.
- GRESSEL, J. 1993 Management of herbicide -resistant weeds in crop production. In : *International Crop Science I.*, Crop Science Society of America , 677S, Madison, USA.
- GRESSEL, J. und KLEIFELD, Y. 1994. Can wild species become problem weeds because of herbicide resistance? *Brachypodium distachyon*: a case study. *Crop protection*, **13** (8): p.563-566.
- HOYLE, R. 1993: Herbicide-resistant crops are no conspiracy *BIO/TECHNOLOGY* Vol. 11, July, p. 783-784.
- JASIENIUK, M. und MAXWELL, B.D 1994: Population genetics and the evolution of herbicide resistance in weeds. *Phytoprotection* **75** (Suppl.) p.25-35. (Proc. Herbicide Resistance Workshop - Edmonton 1993).
- KEELER, K. und TURNER, CH 1991: Management of Transgenic Plants in the Environment. In: *Risk Assessment in Genetic Engineering*, LEVIN M. and H.STRAUSS, eds.), p.189-218, Mc Graw Hill.
- KJELLSON, G. und SIMONSEN, V. 1994. Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants I. Competition, Establishment and Ecosystem Effects. Birkhäuser Basel, 1-214.
- LAMBERTI, F., WALLER, J.M. und VAN DER GRAFF, N.A. 1982: Durable Resistance in Crops. Plenum Press New York and London, p.1-454.
- LECOQ, H. , RAVILONANDRO, WIPF-SCHEIBEL, M C., MONSION, M., RACCAH, B. und DUNEZ, J. 1993: Aphid Transmission of a Non-Aphid-Transmissible Strain of Zucchini Yellow Mosaic Potyvirus from Transgenic Plants Expressing the Capsid Protein of Plum Pox Potyvirus. *Research Notes in Molecular Plant-Microbe Interactions (MPMI)* Vol. **6**, No. 3, p. 403-406.
- LEISINGER, K. 1991: *Gentechnik für die Dritte Welt ?* Birkhäuser Verlag, 1-174.
- MAXWELL, B.D., ROUSH, M.L. und RADOSEVICH, S.R. 1990: Predicting the Evolution and Dynamics of Herbicide Resistance in Weed Populations. *Weed Technology* **4**: p.2-13.
- MOHR, H. 1981: *Biologische Erkenntnis*. Teubner Studienbücher Biologie, 1-222.
- MIKKELSEN, T.R., LANDBO, L. und JOERGENSEN, R.B. 1996. Interspecific flow of transgenes in field experiments. In : *Workshop on Brassica napus*, Book of abstracts, 20-23 march 1995, Helsingor, Denmark, L8.
- PAPAZOV, ? AMMANN, B. und Ammann, K. 1993: *Wissenschaft und Menschsein*. Festschrift Zoller, *Dissertationes Botanicae* Bd. **196**, p.1-18.
- POPPER, K. 1994: *Objektive Erkenntnis, ein evolutionärer Entwurf*. Campe Paperback.
- RAAMSDONK, L.W.D. 1993: Wild and cultivated plants: the parallelism between evolution and domestication. *Evolutionary Trends in Plants* Vol. **7**(2), p.73-84.
- RAYBOULD, A. und GRAY, A. 1994: Will hybrids of genetically modified crops invade natural communities ? *TREE* Vol. **9**(3), March 1994, p.85-88.
- RITTEL, H. 1992: *Planen, Entwerfen, Design - Ausgewählte Schriften zu Theorie und Methodik* (REUTER W. Hrsg.). Kohlhammer, Stuttgart.
- SCHLÜTER, K. und POTRYKUS, I. 1995: Horizontaler Gentransfer von transgenen Pflanzen zu Mikroorganismen (Bakterien und Pilzen) und seine ökologische Relevanz. Gutachten BATS, Fachstelle für Biosicherheit und Abschätzung von Technikfolgen des

Schwerpunktprogrammes Biotechnologie, 1-39.

SCHOELZ, J.E. and WINTERMANTEL, W. M. 1993: Expansion of Viral Host Range through Complementation and Recombination in Transgenic Plants. The Plant Cell Vol. 5, p.1669-1679, Nov.

SOMERS, D.A., RINES, H.W., GU, W., KAEPLER, H.F. und BUSHNELL, W.R.(University of Minnesota, University of St.Paul, MN, USA) 1992: Transgenic plants in cultivated oat (*Avena sativa* L.). Abstracts of the first international Crop Science Congress, p. 61, Iowa State University Ames, U.S.A.

SUKOPP, U. und SUKOPP, H. 1993: Das Modell der Einführung und Einbürgerung nicht einheimischer Arten - Ein Beitrag zur Diskussion über die Freisetzung gentechnisch veränderter Arten. Gaia 2, No. 5, p.267-288.

TEPFER, M. 1993: Viral Genes and Transgenic Plants. What are the potential environmental risks ?

THEISEN, H. 1991: Bio- und Gentechnologie - Eine politische Herausforderung. Kohlhammer 1-193.

VOLLMER, G. Evolutionäre Erkenntnistheorie, 4. Aufl. S.Hirzel Verlag Stuttgart, 1-222.

WILBER, K. 1986: Die drei Augen der Erkenntnis, Koesel, München, p.10.

WRUBEL, R.P., KRIMSKY, S. und WETZLER, R.E. 1992: Field Testing Transgenic Plants. an analysis of the US Department of Agriculture's environmental assessments.

BioScience Vol. 42, No.4, p.280-288.

Exkurs: Das Märchen von der durchgebrochenen Baumwoll-Bt-Resistenz 1996:

Behauptung: "Auf fast einer Million Hektaren wurde 1996 die gentechnisch veränderte Baumwollsorte "Bollgard" erstmals angebaut. Nach Ankündigung der Herstellerfirma Mon-santo sollte sie gegen den cotton bollworm resistent sein. Doch bereits im ersten Sommer wurden mehrere tausend Hektaren mit eben diesem Schädling befallen... Die Bauern gingen wieder dazu über, die angeblich resistente Pflanze mit Insektiziden einzunebeln." (Zahlreiche Meldungen in der Schweizer Tagespresse im Oktober 1996, unkritisch übernommen von der Gen-Schutz-Zeitung Nr. 7, Januar 1997, S. 3).

Sachlage: Die Behauptung, die Baumwollsorte "Bollgard" (mit gentechnisch eingebautem Bt-Gen) habe nicht gehalten, was sie versprach, und die Bauern hätten wieder zur Giftspritze greifen müssen, entspricht nicht den Tatsachen. Die Fakten sprechen für sich:

Der Ablauf der Ereignisse

- 1996 wurde die Baumwollsorte "Bollgard" auf 7'300 km² (1.8 Millionen acres), das entspricht annähernd 13% der gesamten Baumwoll-Anbaufläche in den USA - von mehr als 5'700 Baumwollfarmern angepflanzt.
- Bereits Mitte Juli 1996 hat die Herstellerfirma Monsanto alle Käufer und Verkäufer der Baumwollsorte Bollgard gewarnt, daß in diesem Jahr eine ungewöhnlich hohe Zahl an Eigelegen des Baumwoll-Schädlings "Bollworm" festgestellt wurde, daß somit ein sehr hoher Befall zu erwarten war. Es wurde in dieser Pressemitteilung auch festgehalten, daß unter ungünstigen Umständen auch auf zusätzliche Spritzungen mit einem Pestizid nicht vollständig verzichtet werden könne.

- 60% der 5'700 Baumwollfarmer konnten trotz diesem hohen Befall vollständig auf den Einsatz von Pestiziden gegen die Schädlinge "tobacco budworm", "bollworm" und "pink bollworm" verzichten.
- Die übrigen 40% mußten ihre Felder aufgrund des ungewöhnlich starken Befalls mit dem "bollworm" einmal spritzen.
- Im Vergleich dazu mußten herkömmliche Baumwollfelder ohne die Bt-Resistenz mindestens vier- oder fünf-, manchmal sogar sechsmal mit Insektiziden bespritzt werden.

Ökologischer Vergleich: Massives Einsparen von Pestiziden

- Mit dem Anbau der Baumwollsorte "Bollgard" auf einer Fläche von 7'300 km² konnte im Vergleich zu herkömmlicher Baumwolle 1 Million Liter (1/4 million gallons) Insektizide eingespart werden.

Ökonomischer Vergleich: Mehrertrag 7%,

- Die Baumwollfarmer berichteten von einem durchschnittlich 7%-igen Mehrertrag beim Einsatz der Baumwollsorte "Bollgard" im Vergleich zur besten herkömmlichen, in der Umgebung erhältlichen Baumwollsorte.

Befragung der Baumwollfarmer positiv

- Nach der Ernte 1996 war die große Mehrheit der befragten Baumwollfarmer mit dem Resultat entweder "sehr zufrieden" oder "zufrieden". Nur 2% beabsichtigten, im kommenden Jahr wieder herkömmliche Baumwollsorten anzubauen.

Hintergrunds-Information:

Die Bollworms 1996 nicht Bt-resistent, könnten es aber in einigen Jahren werden

- Im Sommer 1996 wurde der höchste je beobachtete Befallsdruck mit dem "bollworm" verzeichnet. Dieser war sogar größer als der in den Feldversuchen künstlich geschaffene, maximale Befallsdruck.
- Gegen das Bt-Eiweiss resistente Schädlinge wurden keine registriert. Dies wurde an über 200 Proben von unabhängigen Ökologie-Forschungsinstituten mit gründlich durchgeführten Tests festgestellt.
- In den Pollen der Baumwollsorte "Bollgard" wird das Bt-Eiweiss nur in sehr geringen Mengen produziert. Sie reicht nicht aus, um die "bollworm"-Larve zu töten. Dies ist eine mögliche Erklärung, warum ein Teil der Schädlinge überleben: Frißt eine Larve in einem frühen Stadium ihrer Entwicklung nur von den Pollen, besteht die Chance, daß sie zu einer Größe heranwächst, bei der ihr auch große Bt-Mengen, wie sie in den übrigen Pflanzenteilen vorkommen, nichts mehr anhaben können.
- Es könnte aber durchaus sein, daß die Schädlinge es innert 5-10 Jahren lernen, sich genetisch so anzupassen, daß sie gegen das Bt-Eiweiss der Bollgard-Pflanze resistent werden. Dies hat man aus entsprechenden Experimenten schließen können, die zeigen, daß innerhalb von 15 bis 20 Generationen gewisse Schädlinge eine Bt-Resistenz entwickeln können.

Altes und neues Resistenzmanagement

- Dem wird in Zukunft begegnet werden durch das Etablieren von Refugial- Populationen, um einen verfrühten Aufbau von resistenten Schädlingspopulationen

zu verhindern. Auch wird der Einbau von Mehrfach-Resistenzen geplant, Entwicklungsarbeiten dazu sind im Gange.

- Damit wird in der Gentechnik die gleiche Strategie angewendet, wie dies jene Bauern tun, die seit Jahrzehnten das Bt-Eiweiss als biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel einsetzen, in dem gleich mehrere Bt-Gensequenzen enthalten sind, die ihrerseits mehrere verschiedene Bt-Eiweisse produzieren.
- Der Vorwurf, mit dem gentechnischen Einbau des Bt-Eiweisses würde die jahrzehntelang erfolgreiche Sprühung der Biobauern mit demselben Stoff rasch unwirksam gemacht, kann also nicht zutreffen, denn die Sprüh-Mischung der Biobauern enthält ja bereits mehrere verschiedene Bt-Eiweisse. Dies ist auch einer der Gründe, weshalb in dieser langen Anwendungszeit nur sporadisch resistente Schädlinge aufgetreten sind.
- Auch bei konventionell gezüchteten Kulturpflanzen ist es schon mehrfach zu Resistenzdurchbrüchen gekommen. Das wird bei den gentechnisch gezüchteten Resistenzen kaum anders sein, immerhin wissen die Züchter in Zukunft genauer, was sie tun und können entsprechende Gegenmassnahmen präziser planen.