



Arbeitsgruppe Gentechnik im Pomologen-Verein e.V.  
Martina Adams/Hans-Joachim Bannier

# Pomologen-Verein e.V.

## **Sonderheft Gentechnik**

### Inhalt

Gentechnik – eine Definition .....	2
Kleine Zeittafel .....	4
Rechtliche Rahmenbedingungen und falsche Risikoabschätzungen .....	5
Gentechnik bei Gehölzen .....	9
Gentechnik im Obstbau – Freisetzungsversuche .....	12
Gentechnik im Obstbau-ABC .....	16
Gentechnik bei Wein .....	24
Markergene .....	25
Sterilitätsforschung .....	27
Cisgenetik .....	29
Chancen und Risiken der Gentechnik .....	31
Pinwand & Zitate .....	35
Glossar .....	36
Positionspapier des Pomologen-Verein e.V. zu Biodiversität und Gentechnik im Obstbau .....	43
Weiterführende Informationen (Links) .....	57

Pomologen-Verein e.V.  
Bundesgeschäftsstelle  
Dehlenkamp 11  
32756 Detmold  
Telefon  
(0 52 31) 98 07 502  
Telefax  
(0 52 31) 98 07 503  
E-Mail: info@  
pomologen-verein.de

## Gentechnik - eine Definition

Die Gentechnik ist ein Teilgebiet der Biotechnologie. Sie ist eine Methode zur Identifizierung, Charakterisierung, Isolierung, Regulierung, der gezielten Veränderung und Übertragung von Erbgut bei Organismen.

Der Begriff der Gentechnik wie er in diesem Sonderheft verwendet wird, bezeichnet Methoden mittels derer im Labor (In-vitro) in Gewebe- und Zellkulturen **Erbmaterial neu kombiniert** oder ein **gezielter DNA-Transfer** vorgenommen wird.

Dabei werden entweder Gene von Spezies derselben Art wie z.B. Gene von Kulturapfel und Wildapfel (= **Cisgenetik**) oder Gene von Spezies verschiedener Arten z.B. Gene von Erdbeere und Flunder (= **Trans-Genetik**) neu miteinander kombiniert.

Für den Gentransfer verwendet man in Abhängigkeit von der Pflanzenart (oder Tierart) verschiedene Methoden:

Zum einen arbeitet man mit **Vektoren**. Vektoren sind DNA-Moleküle, die den Einbau beliebiger Gene erlauben. Sie dienen dabei als Vehikel, um die fremde DNA in die Zielzellen zu bringen. Sie müssen dabei bestimmte Eigenschaften erfüllen. Der sog. **Vektorvermittelte Gentransfer** wird mit Hilfe von Bakterien oder Viren vorgenommen.

Bei Zweikeimblättrigen Pflanzenarten werden dazu häufig Derivate des sog. Ti-Plasmids aus dem Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* verwendet. Dabei nutzt man die eigentlich unerwünschte Eigenschaft dieses Bakteriums, an den befallenen Pflanzenwurzeln Bakterien-DNA zu übertragen und so Tumore zu erzeugen.

Eine weitere Methode ist der **direkte** oder **vektorlose Gentransfer**. Er erfolgt z.B. über folgende (oft membran-destabilisierende) Verfahren:

- Micro-Injektion (Einbringen von Fremd-DNA in die Zielzellen über Mikro-Pipetten)
- Polyethylenglykol-Methode (Abk.: PEG; DNA-Transfer in pflanzliche Protoplasten durch Vermischung von Spender und Ziel-Protoplasten in einer Suspension)
- Elektroporation (DNA-Transfer in pflanzliche Protoplasten durch Vermischung von Spender und Ziel-Protoplasten in einem elektrischen Feld)
- Mikroprojektilbeschuss (engl.: Gene gun, Partikelkanone; die Zielzellen werden mit Wolfram- oder Goldpartikeln, die mit der Fremd-DNA beschichtet sind, beschossen)
- Macroinjektion (die zu übertragenden DNA wird mittels einer die Zielzelle zerstörenden großen Injektionsnadel ins Gewebe eingeführt, mit dem Ziel, dass die dann im Gewebe befindliche Fremd-DNA von Nachbarzellen aufgenommen wird)

Es gibt noch weitere Methoden des Gentransfers, wie z.B. die

- Pollentransformation (dabei werden die Fremdgene direkt oder mittels des bereits oben genannten Ti-Plasmid-Transfersystems aus dem *Agrobacterium tumefaciens* auf keimende Pollen übertragen und gelangen so direkt in den generativen Zellkern oder über den Pollenschlauch in die Zygote)
- Liposomenfusion

Die Erfolgsrate des Gentransfers ist je nach Verfahren unterschiedlich hoch. Er beträgt zum Teil nur unter 1%.

Daher ist es erforderlich, die erfolgreich transformierten Zellen zu identifizieren bzw. zu selektieren. Aus diesem Grund werden neben der eigentlichen Fremd-DNA meist auch sog. **Marker-** oder **Selektionsgene** mit übertragen. Dies sind z.B. Antibiotikaresistenzgene oder Herbizidresistenzgene. Nach dem erfolgten Gentransfer werden die Zellen einer Antibiotika- oder Herbizidbehandlung ausgesetzt. Bei denjenigen Zellen, die diese Behandlung überleben, war der Gentransfer erfolgreich. Sie müssen jetzt noch zu vollständigen Pflanzen herangezogen werden und können dann weitervermehrt werden.

Eine auf diese Weise neu geschaffene Art bezeichnet man als **gentechnisch veränderten Organismus (GVO)**; der Begriff lautet in englisch: **genetic modified organism (GMO)**. **GVP** ist die Abkürzung für **gentechnisch veränderte Pflanzen**. Wird eine gentechnisch veränderte Art, z.B. gentechnisch veränderte Papaya beschrieben, so kann der Begriff auch als **gv-Papaya** abgekürzt werden.

GVOs sind laut **Gentechnik-Gesetz** Organismen, die genetisches Material enthalten, das in einer Weise verändert worden ist, wie es unter natürlichen Bedingungen nicht vorkommt.

Gentransfer außerhalb der sexuellen Fortpflanzung und unabhängig von bestehenden Artgrenzen nennt man auch **horizontalen Gentransfer** (z.B. Übertragung von Eigenschaften aus Bodenbakterien auf anderen Organismen wie z.B. Pflanzen) - im Gegensatz zum **vertikalen Gentransfer**, der Kreuzung zweier Pflanzen auf sexuellem Wege z.B. auch zur Übertragung von Eigenschaften aus Wildarten in Kulturarten.

### **Die Farbenlehre der Gentechnik**

Die rote Gentechnik beschäftigt sich mit der Medizin / Humanmedizin, darunter die weiße Gentechnik mit der Arzneimittelproduktion.

die graue Gentechnik mit umweltrelevanten Verfahren und

die blaue Gentechnik mit Anwendungen in der Meeresbiologie und Fischzucht.

Die grüne Gentechnik betrifft die Landwirtschaft und die Nahrungsmittelverarbeitung.

Gentechnik-Gegner verwenden statt grüner Gentechnik lieber den Begriff der Agro-Gentechnik.

Literatur: Hans Günter Gassen/Klaus Minol, „Gentechnik“ Spectrum-Verlag Gustav Fischer, 4. Aufl.

**Kleine Zeittafel**

1953	Watson & Crick entdecken die DNA-Struktur
1973	ein E-Coli-Bakterium ist der erste gentechnisch veränderte Organismus
1983	Erste Übertragung von fremden Erbinformationen (aus Bakterium) in Pflanzen-DNA (mit Agrobacterium tumefaciens)
1986	Erster Freisetzungsversuch von gentechnisch verändertem Material in den USA und in Frankreich (transgener Tabak)
1987	Erfindung der "Gen-Kanone"
1989	Erster Freisetzungsantrag bei Bäumen in Europa (Gv-Pappeln in Belgien)
1990	EU erlässt Freisetzungsrichtlinie (Richtlinie 90/220/EWG)
1990	Deutschland beschließt Gentechnik-Gesetz
1991	Erster Freisetzungsversuch von gentechnisch verändertem Material in Deutschland (Petunien)
1994	"Flavr Savr", die Antimatsch-Tomate kommt in Amerika auf den Markt
1995	Ein bromoxynil-resistenter Tabak der Fa. Seito ist die erste GVO-Pflanze, die in der EU zugelassen wird
1996	Herbizidresistentes Gensoja (GTS 40-3-2 / RoundUp Ready Soja) von Monsanto wird als erste gentechnisch veränderte Nutzpflanze von der EU für den menschlichen Verzehr freigegeben / zugelassen
1996	seit diesem Jahr sind in den USA größere Mengen von Bt-Mais, New Leaf-Kartoffeln, RR-Soja, RR-Raps, Bollgard Baumwolle im Anbau
1996	transgene Papaya mit Virusresistenz erhalten als erste Obstsorte eine Marktzulassung in USA und Kanada (Anbau in Hawaii)
1997	erstmalig wird Mais (Bt 176 Mais ) in Europa zugelassen
1998	Die EU beschließt einen Zulassungs- und Anbau-Stop für GVO in Europa
1998	Die Fa. Nestlé bringt den "Butterfinger" (Snack mit Cornflakes und gv-Mais) auf den dt. Markt
1999	Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Weinreben in Franken und der Pfalz durch IRZ Geilweilerhof (2004 abgebrochen)
2001	EU erlässt neue Richtlinie für Freisetzung und Inverkehrbringen von GVO (Richtlinie 2001/18/EG)
2003	EU-Richtlinie für das Inverkehrbringen von gv-Nahrungsmitteln und gv-Futtermitteln (Verordnung (EG) Nr. 1829/2003)
2003	EU-Richtlinie zu Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von GVO (Verordnung (EG) Nr. 1830/2003)
2003	EU-Verordnung zur Grenzüberschreitenden Verbringung von GVO in Drittländer (Verordnung (EG) Nr. 1946/2003)
2003	EU erlässt Leitlinien zur Entwicklung von Strategien zur Koexistenz von transgenen Kulturen und konventionellen oder ökologischen Kulturen (Empfehlung 2003/556/EG)
2003	Anträge auf Freisetzung gentechnisch veränderter Apfelsorten durch das BAZ in Dresden Pillnitz (von Verbraucherschutzministerium untersagt)
2008	Gesetz zur Änderung des Gentechnik-Gesetzes in Deutschland
2008	Das JKI in Dresden-Pillnitz veranstaltet das erste BioTech-Symposium für Obst

Zusammengestellt von Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Novellierung des Gentechnikgesetzes:

## **Rechtliche Rahmenbedingungen und falsche Risikoabschätzungen**

Die Gentechnik baut auf Kenntnissen aus der Molekularbiologie und der Genetik auf. Sie erforscht und verwendet Methoden zur Isolierung, Charakterisierung, Konservierung, Synthese sowie zur Veränderung genetischen Materials und seiner Übertragung auf andere Organismen. Sie betrifft Bereiche der Grundlagenforschung, der angewandten Forschung, d.h. der Entwicklung von Produkten, sowie deren Einführungen. Die Gentechnologie ermöglicht Anwendungen auch über Artgrenzen hinweg und widerspricht damit den ethischen Grundsätzen großer Teile in unserer Bevölkerung. Wissenschaftler pochen jedoch auf ihre Forschungsfreiheit.

Schon bevor es gelang, auf molekularer Ebene das Genom eines Organismus zu verändern, wurden in der Pflanzenzüchtung zur Erforschung neuer Eigenschaften fast alle Nutzpflanzen, aber auch einige Tiere stark ionisierender Strahlung oder Röntgenstrahlen ausgesetzt. Auch mit mutagenen chemischen Verbindungen (z.B. Colchicin) oder Wärmebehandlung wurde experimentiert. Unter all den genannten Bedingungen, oft auch in Kombination, traten **Mutationen** im **Erbgut** häufiger als unter natürlichen Bedingungen auf. Davon versprach man sich schnellere Züchtungsfortschritte, die anschließenden Selektionsschritte waren jedoch sehr aufwändig und langwierig. Deshalb sann man auf neue Lösungen.

### **Etwas Geschichte**

Die Geburt der Gentechnik erfolgte in den späten Sechziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts. Erster Schritt war die Entwicklung von Methoden für die Trennung einzelner Genabschnitte, die dann gezielt in andere Organismen eingebaut werden sollten. Stanley Cohen und Herbert Boyer haben in San Francisco 1973 erstmals neukombiniertes Erbmateriale in ein Bakterium eingeschleust. Etwa zehn Jahre bastelte man an den gentechnischen Methoden ohne gesetzlich geregelte Sicherheitsvorschriften für diese Arbeiten.

Im Jahre 1978 wurden die ersten Richtlinien zum Schutz vor Gefahren durch in-vitro neu kombinierte Nukleinsäuren in der BRD eingeführt, die verbindliche Gültigkeit für alle staatlichen Forschungseinrichtungen und öffentlich geförderten Projekte im westlichen Deutschland hatten. Alle Arbeiten fanden in ‚Gentechnischen Anlagen‘, das heißt in Laboren, Gewächshäusern und anderen geschlossenen Räumen statt und wurden zunächst nur an Mikroorganismen, bald aber auch an Nutzpflanzen durchgeführt.

### **Erste Freisetzungen von gentechnisch veränderten Organismen im Jahr 1986**

Die ersten Freisetzungen von transgenen Tabakpflanzen fanden bereits 1986 in den USA und in Frankreich statt. Nur vier Jahre später zog Deutschland nach. 1990 erfolgte in Köln beim Max-Planck-Institut die erste Freisetzung von gentechnisch veränderten Petunien.

1990 trat die EU-Richtlinie 90/220/EWG (Freisetzungsrichtlinie) in Kraft. Sie sollte dem Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt bei der absichtlichen Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) innerhalb der

Europäischen Gemeinschaft dienen. 2001 erfolgte eine Novellierung, die nun auch das In-den-Verkehr-bringen (Marktzulassung) regelte (EU-Richtlinie 2001/18/EG).

2003 kamen drei europäische Rechtsverordnungen hinzu: über gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel (Verordnung (EG) Nr.1829/2003); über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung (Verordnung (EG) Nr.1830/2003) sowie über die grenzüberschreitende Verbringung von GVO (Verordnung (EG) Nr.1946/2003).

### **Das deutsche Gentechnikgesetz**

Alle diese EU- Richtlinien und Verordnungen müssen in den einzelnen Mitgliedstaaten in nationales Recht umgewandelt werden. 1990 wurde zeitgleich zu den Freisetzen und dem Inkrafttreten der EU-Richtlinie in Deutschland das Gentechnikgesetz (GenTG) erlassen und damit auf nationaler Ebene ein neuer rechtlicher Rahmen für die Erforschung, Entwicklung, Nutzung und Förderung der wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Gentechnik und damit auch eine klare Position zur Förderung der Gentechnik in der Landwirtschaft geschaffen! Der darin postulierte und geregelte gleichzeitige Schutz von Mensch und Umwelt ist für die Gegner bis heute durch das Gesetz nicht glaubhaft gewährleistet. Der Umfang und die Ausrichtung der begleitenden Risikoforschung stehen im Kreuzfeuer der Kritik.

Das Monitoring (langfristige Risikobetrachtungen) nach einer Marktzulassung wird ebenfalls als in Dauer und Testumfang unzureichend betrachtet. Die sogenannte Koexistenz und damit die gesamte ‚Grüne Gentechnik‘ wird von kritischen Verbrauchern (mindestens 75 Prozent), Umweltschützern und vielen anderen Gruppen per se abgelehnt, doch die Politik treibt diese ‚Zukunftstechnologie‘ weiter voran. Das Gentechnikgesetz orientiert sich deutlich an den Betreiberinteressen gentechnischer Anlagen, der Lebensmittel-, der Pharmazeutischen und der Saatgutindustrie sowie der von der Politik vorgegebenen Zielrichtung in der Forschung. Sie ignoriert die umfangreiche, vielschichtige und differenzierte Kritik, die von Umweltverbänden, Experten und selbst einzelnen Bundesbehörden immer wieder vorgebracht wird.

Seit 1990 wurde das Gentechnikgesetz mehrfach geändert und ergänzt, an Europäisches Recht und Internationale Sicherheitsstandards angepasst. Vorsorge- und Informationspflichten (Standortregister / Gute fachliche Praxis) sowie Haftungsbestimmungen sind zentrale Punkte im Gesetz. Die derzeit gültige Fassung basiert auf dem 3. Gesetz zur Änderung des Gentechnikgesetzes, das im März 2006 verabschiedet wurde. Das Gesetz ist in einzelne Teilabschnitte gegliedert:

- Gentechnik gesetz-Allgemeiner Teil (GentG)
- Gentechnik -Pflanzenerzeugungsverordnung (GenTPflEV)
- Gentechnik -Anhörungsverordnung (GENTAnhV)
- Gentechnik -Aufzeichnungsverordnung (GenTAufzV)
- Gentechnik -Notfallverordnung (GenTNotfV)
- Gentechnik -Verfahrensverordnung (GenTVfV)

## **Kritik aus Brüssel**

Derzeit steht wieder eine Novellierung an. Aus Sicht der EU-Kommission ist das deutsche Gentechnikgesetz als Umsetzung der [EU-Freisetzungsrichtlinie](#) lückenhaft. So steht zu befürchten, dass sie vor dem [Europäischen Gerichtshof](#) gegen die Bundesregierung klagen wird. In der Kritik stehen unzureichende Regelungen zur Unterrichtung der Öffentlichkeit und Sicherheitsmaßnahmen im Umgang und dem Handel mit gentechnisch veränderten Organismen. Vor diesem Hintergrund ist eine weitere Novellierung Teil des Koalitionsvertrages und lange überfällig. Eine neue Gesetzesvorlage passierte daher in der zurückliegenden Sommerpause das Kabinett.

Statt in der Novellierung den oben genannten Kritikpunkten mehr Rechnung zu tragen, soll die Forschung vorangetrieben und dabei die Haftung vom Staat übernommen werden, die Genehmigungsverfahren bei wiederholten (bereits einmal genehmigten) Freisetzungen vereinfacht, und die ‚Gute Fachliche Praxis‘ untergraben werden: Laut Vorschlag können ‚nachbarschaftliche Regelungen‘ getroffen werden, die Landwirte, die gentechnisch veränderte Sorten anbauen, von ihren Pflichten zur Koexistenz befreien, wenn bei guten nachbarschaftlichen Beziehungen derartige Absprachen getroffen werden. Auch, wenn keine Auskünfte von benachbarten Landwirten auf Anfragen erbracht werden, können laut Novelle die Koexistenzregeln außer Kraft gesetzt werden.

## **Keine Risikoverlagerung!**

Wesentliche Forderungen, die sich aus der Ausrichtung des Gesetzes und der vorgeschlagenen Änderungen ergeben, sind:

- Die Kontamination muss gestoppt werden:  
Der Anbau und die Freisetzung von transgenen Pflanzen darf die Umwelt sowie die ökologischen Nahrungsketten vom Saatgut bis zum Produkt nicht kontaminieren. Ein besonderer Schutz von ökologisch sensiblen Gebieten, GVO-freien Regionen und Saatgutvermehrungsflächen ist erforderlich, die Aufnahme dieser Flächen in die Regelungen zur Guten Fachlichen Praxis notwendig.
- Die Abstandsregelungen müssen neu festgelegt und artspezifisch mit Hilfe von Expertenrat weiter ausgestaltet werden (Bisher nur bei Mais vorgesehen, auch da nur unzureichend).
- Die Kosten (der Sicherung) der Koexistenz lasten weiterhin auf den Schultern derjenigen, die keine gentechnisch veränderten Pflanzen nutzen.

Die notwendigen Tests in einer Beweislast müssen vorfinanziert werden und werden erst bei einem Schadensausgleich erstattet. Dies betrifft sowohl die Ökolandbauern, wie auch die Imker und die Saatproduzenten. Dieser unhaltbare Zustand muss geändert, die Kosten von den Verursachern getragen werden.

- Das Verursacherprinzip muss auch bei den Haftungsregelungen bei bereits entstandenem Schaden eingeführt werden. Dabei sollten alle entstandenen Schäden erstattet werden. Landwirte, die transgene Sorten anbauen, Forschung

## Rechtliche Rahmenbedingungen

und Industrie dürfen nicht aus der Verantwortung entlassen werden. Jede Verunreinigung von Umwelt, Saatgut und Nahrungskette ist dabei als Schaden zu betrachten.

- Das Standortregister nennt die Flurbezeichnung der GVO-Fläche und basiert nicht auf einer bei Planungen sonst üblichen Verwendung von Kartenmaterial; hinzu kommen unzureichend verankerte Auskunftspflichten gegenüber nicht gewerblichen Betroffenen.
- Ablehnung des ‚Vereinfachten Verfahrens‘ bei Freisetzungen von GVO, der schleichenden Auskreuzung werden sonst Tür und Tor geöffnet; Forderung: Aufnahme aller freigesetzten GVO in das Standortregister unter den oben aufgeführten Bedingungen.
- Verbesserung der Informationen zu den Freisetzungsversuchen; Online-Verfügbarkeit von Daten zum Genehmigungsverfahren und den Stellungnahmen aus den Anhörungsverfahren.

Es bleibt zu hoffen, dass die Forderungen von vielen Seiten aufgegriffen werden.

*Uschi Reinhardt, VEN*

Infokasten:

Eine Möglichkeit, sich aktiv am Protest zu beteiligen:

<http://umweltinstitut.org/gentechnik/allgemeines-gentechnik/gentechnikrecht-483.html>

9682 Zeichen



## Gentechnik bei Gehölzen

Die gentechnische Forschung an Gehölzen findet weitgehend unbeachtet von der Öffentlichkeit statt. Es herrscht das "Schweigen im Walde" wie es das Umweltinstitut München treffend umschreibt. Dabei ist das Ausmaß der Experimente im Bereich der Gehölze beachtlich.

### **Gentechnische Forschung findet statt an**

- Forstgehölzen, (für Wälder, Plantagen, Sonderkulturen), u.a.  
Populus (Pappel), Pinus (Kiefer), Picea (Fichte), Eucalyptus (Eukalyptus), Betula (Birke), Hevea (Kautschuk), Liquidambar (Amberbaum), Larix (Lärche), Ulmus (Ulme), Taxus (Eibe)
- Obstgehölzen, (für Plantagen), u.a.  
Vitis (Wein), Citrus (Zitrusfrüchte), Malus (Apfel), Carica (Melonenbaum, Papaya), Prunus (Pflaume, Zwetsche), Pyrus (Birne), Coffea (Kaffeestrauch), Juglans (Walnuss), Rubus (Strauchbeeren), Cacao (Kakao), Olea (Ölbaum), Castanea (Esskastanie)
- Ziergehölzen, (für Garten, Parks, Zimmerpflanzen):  
Rosa, Rhododendron, Hibiscus

**Die Ziele der Genforschung bei Gehölzen** sind vielfältig.

Wie unter [www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de) zu lesen ist, handelt es sich um "Visionen von maßgeschneiderten bedarfsgerechten Pflanzen".

- schnellere s Wachstum  
(in Deutschland entwickelte, in China bei Aufforstungsprojekten in Monokultur verwendete gv-Pappel. Sie zeigt allerdings Störungen bei der Chlorophyllbildung und es gibt Probleme mit vorher unbedeutenden Schädlingen)
- Steigerung der Biomasseproduktion - mehr Biomasse in kürzerer Zeit  
(z.B. gv-Pappeln oder gv-Eukalyptus zur Nutzung als nachwachsender Rohstoff)
- bessere Holzverwertbarkeit bei der industriellen Produktion  
(es laufen z.B. Experimente mit Bäumen z.B. gv-Pappeln und gv-Eukalyptus mit reduziertem Ligningehalt z.B. für die Papier- und Zellstoffindustrie. Lignin dient der Festigkeit der Holzzellen)
- Bäume für extreme Standorte / mit Toleranz gegenüber abiotischen Faktoren  
z.B. Kältetoleranz (bei gv-Eukalyptus), Trockenheitstoleranz, Salztoleranz, Luftschadstofftoleranz / Ozontoleranz
- Einsatz zur Bodenentgiftung / Entseuchung von kontaminierten Böden / Phytosanierung  
(z.B. Quecksilber-Aufnahme von gv-Pappeln, die nach der Aufnahme des Schwermetalls in speziellen Anlagen verbrannt werden)
- Zeigerpflanzen  
(Farbwechsel bei gv-Pinien nach Bio- / Chemiewaffenangriffen)
- Herbizid-Resistenz  
(z.B. herbizidtolerante gv-Erdbeeren)
- Pilz-Resistenzen  
(z.B. mehlttauresistente gv-Reben)
- Bakterien-Resistenzen  
(z.B. transgene feuerbrandresistente Apfel- oder Birnensorten)
- Virus-Resistenzen  
(z.B. gegen den Ringspot-Virus resistente Papaya. Es gibt aber Probleme mit anderen Schaderregern)
- Insekten-Resistenzen  
(z.B. gv-Kiefern und -Fichten in Kanada)
- Verbesserte Bewurzelung (von Stecklingen)  
(z.B. bei transgenen Apfelunterlagen)

gv = gentechnisch verändert

- Veränderung der Wuchsform (z.B. bei transgenen Ziergehölzen)
- Verkürzung der juvenilen Phase / Veränderung des Blühzeitpunktes (z.B. beim transgenen Apfel)
- Erhöhung des Ertrags (bei gv-Obst)
- Kontrolle bzw. Verzögerung der Fruchtreifung (z.B. durch Änderung des Ethylengehalts bei gv-Äpfeln)
- Verbesserung der Haltbarkeit / Lagerfähigkeit / Druckempfindlichkeit (z.B. bei gv-Himbeeren)
- Vermeidung von Fleckempfindlichkeit
- Verbesserung der Inhaltsstoffe (z.B. bei transgenem Wein)
- Verminderung des Gehaltes an Allergenen (z.B. bei transgenen Äpfeln)
- Veränderung von Blütenfarbe und Blütenhaltbarkeit (bei gentechnisch veränderten Ziergehölzen)
- Erhöhung der Produktion von Duftstoffen (bei gentechnisch veränderten Ziergehölzen)
- Differentielle Expression von Transgenen (Ausbreitung gentechnisch veränderter DNA nur in den gewünschten Pflanzenteilen)
- Erzeugung von Sterilität (z.B. bei transgenen Äpfeln)

GVO-Gehölze bergen erhebliche - auch von vielen Wissenschaftlern festgestellte - **Probleme und Risiken**

- Es besteht i.d.R. eine hohe räumliche Nähe zu verwandten Kultur- und Wildpflanzen
- Es besteht eine erhebliche Auskreuzungsgefahr  
Pollen oder Samen verschiedener Baumarten wurden von Forschern in bis zu 3000 km Entfernung von ihrer Ursprungsquelle gefunden, Bäume produzieren oft riesige Mengen an Samen – Pappeln beispielsweise bis zu 50 Millionen pro Jahr. Daher liegt ein verstärkter Focus der Forschung auf der Erzielung von sterilen Pflanzen bzw. der Entwicklung von Unfruchtbarkeitsstrategien
- Gehölze sind sehr langlebig (z.T. weit mehr als 100 Jahre)
- Es besteht das Problem der Genstabilität (bzw. Instabilität)

### **Aktueller Stand**

1989 fand die erste Freisetzung von gentechnisch veränderten Gehölzen statt.

Weltweit wurden und werden diverse Freisetzungsversuche vorgenommen, z.B. in Kanada, Brasilien, Chile, Neuseeland, China, Südafrika.

Wie im Bereich der Agro-Gentechnik in der Landwirtschaft sind die USA auch bei der Forschung an gentechnisch veränderten Gehölzen führend. Seit 1987 fanden dort über 230 GVO- Experimente an Bäumen statt.

In Europa fanden seit 1992 53 Freisetzungen bei Bäumen statt. Und zwar bei Pappel (10), Apfel (9), Pflaume (4), Eukalyptus (4), Birke (3), Kirsche (3), Orange (3), Fichte (2), Kiefer (2), Olive (2), Paradiesapfel (2), Birne (1), Zitrone (1). Außerdem bei weiteren Gehölzen Wein (6), Kiwi (3), Himbeere (1).

In Deutschland gab es Freisetzungsversuche bei Pappeln und Wein.

Gv-Gehölze sind in den USA und China zugelassen.

In den USA werden vorwiegend auf Hawaii transgene Papaya kommerziell angebaut.

In China sind in Deutschland entwickelte gv-Pappeln zugelassen. Seit 2004 sollen mehr als 1,4 Mio. angepflanzt worden sein. Dazu ein interessanter Größenvergleich: 200 Mio. Hektar Plantagenholz entsprechen der gesamten Weltweizenanbaufläche.

In den USA ist für die gentechnisch veränderte Pflaumensorte „HoneySweet“ die Zulassung beantragt.

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quellen:

[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de), Untersuchungen des Forschungsverbunds Gehölze 2001-2005,  
[www.umweltinstitut.org](http://www.umweltinstitut.org),  
[www.transgen.de](http://www.transgen.de)

## Gentechnik im Obstbau – Freisetzungsversuche

Weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit hat in den letzten Jahren die Gentechnik auch bei der Forschung und Züchtung neuer Obstsorten Einzug gehalten.

Weltweit wird diesbezüglich an nahezu allen Obstarten geforscht – von Ackerbeere, Apfel, Ananas, Aprikose, Banane, Birne, Bitterorange, Blaubeere, Dattelpflaume, Erdbeere, Esskastanie, Grapefruit, Himbeere, Kirsche, Kiwi, Mango, Melone, Moosbeere, Olive, Orange, Papaya, Pampelmuse, Pflaume, Strauchbeeren, Walnuss, Wein bis Zitrone.

Bei den Recherchen fällt auf, dass die Namen der bisher maßgeblich an der Entwicklung von GVO-Pflanzen beteiligten Konzerne – allen voran Monsanto – im Bereich des Obstes nicht erscheinen.

Europa- und weltweit gab und gibt es längst Hunderte von **Freisetzungsversuchen** mit gentechnisch veränderten Obstarten: u.a. bei Pflaumen in Spanien und Tschechien, bei Birnen in der Schweiz, bei Erdbeeren in Italien und Spanien, bei Himbeeren und Kirschen in Italien, bei Wein in Südafrika und Australien, bei Zitrusfrüchten in Argentinien und Brasilien. Die meisten Freisetzungsversuche im Obstbau finden in den USA statt.

Kommerziell angebaut und im Handel befinden sich derzeit nur **gentechnisch veränderte Papayas** (Baumelonen), für die es seit 1996 eine Marktzulassung als Lebensmittel in den USA und Kanada gibt. Die Sorten "SunUp" und "Rainbow" sind resistent gegen den Ringspot-Virus. Der Anbau der transgenen Papayas erfolgt in Hawaii (USA). Bereits im Jahr 2000 standen dort auf mehr als 50% der Anbaufläche gv-Papaya. Papayas sind auch eine wichtige Exportfrucht. Der Export erfolgt u.a. nach Japan. Auch in Deutschland sind die Früchte 2004 aufgetaucht. In einigen asiatischen Ländern wird ebenfalls eine Zulassung transgener Papaya erwartet. In China soll bereits 2007 der Anbau erfolgt sein.

In den USA läuft derzeit das Zulassungsverfahren für eine **transgene virusresistente Pflaumensorte**. Die Sorte "HoneySweet" wurde im Rahmen eines AFRS-Programms zur genetischen Verbesserung von Obstkulturen von einem US-amerikanisch-europäischen Forscher-Verbund unter Federführung des Landwirtschaftlichen Forschungs-Service (AFRS) entwickelt und soll scharkaresistent sein. "HoneySweet" enthält ein Antibiotika-Resistenzgen und soll auch als Zuchtgrundlage für Resistenzzüchtung genutzt werden.

Bei den anderen Obstarten wird geforscht und freigesetzt aber in naher Zukunft keine kommerzielle Nutzung erwartet.

Aktuelle Situation am Beispiel ausgewählter Obstsorten:

### Apfel

Im Jahr 2003 gab es einen Antrag des Instituts für Obstzüchtung Dresden-Pillnitz auf Freisetzung gentechnisch veränderter Apfelsorten, die vom Ministerium für Verbraucherschutz und Landwirtschaft (unter Ministerin Künast) nicht genehmigt wurden.

Am Institut für Obstzüchtung waren 65 gv-Apfelbäume in 14 Linien (davon 3 instabil) gezüchtet worden. Damals verwendete Gene:

- nptII-Gen zur Resistenz gegen das Antibiotikum Kanamycin
- gusA-Gen zur Bildung eines blauen Indigo-Farbstoffes
- Diverse Resistenzgene gegen Viren und Bakterien
- Lysozym-Gen T4L (des Bakteriophagen T4)
- dpo-Gen des Bakteriophagen Ea1h

Zurzeit laufen sogenannte „Käfigversuche“ (Saran-Haus) mit gentechnisch veränderten Äpfeln in Pillnitz und bei Bad Lauchstädt nahe Halle/S.

Die Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Institut für Obstzüchtung in Dresden untersucht z.B. mögliche Auswirkungen transgener Apfelpflanzen auf Mikroorganismen und Ansätze zur Verhinderung einer Auskreuzung durch Gene Silencing.

An der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) der Schweiz in Zürich forschen Wissenschaftler am Einbau von Apfel-Resistenzgenen in anerkannte Marktsorten. Durch diese cisgene Veränderung soll z.B. die Sorte Gala schorfresistent werden. Auch in den Niederlanden, am Agrarforschungszentrum Plant Research International (PRI), arbeiten Biologen an der cisgenen Veränderung von Apfelsorten zur Erzielung von Apfelschorf-Resistenz. In der Schweiz rechnet man mit den ersten Freisetzungsversuchen im Herbst 2009.

**Freisetzungsversuche bei Äpfeln**

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
<p>NL / 4 B / 2 S / 2 D / 1</p> <p>1998-07</p>	<p>46</p> <p><u>1991-08</u></p>	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilzresistenz</li> <li>• Bakterienresistenz</li> <li>• veränderte Bewurzelung</li> <li>• veränderte Blütenbildung / Zeitpunkt</li> <li>• veränderte Ethylenproduktion (Reife)</li> <li>• veränderter Polyphenolgehalt (<u>Allergie</u>)</li> <li>• Sterilität (männliche (Pollen)Sterilität, Parthenokarpie)</li> <li>• Selbstfruchtbarkeit (Samenaufzucht statt Veredelung)</li> </ul> <p>Geforscht wird u.a. auch an Insektenresistenz z.B. gegen Apfelwickler, es erfolgte aber noch keine Freisetzung</p>

**Freisetzungsversuche bei Birnen**

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
<p>S / 1</p> <p>2004</p>	<p>5</p> <p>1999-01</p>	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewurzelung</li> <li>• Bakterienresistenz</li> <li>• Reifeverzögerung</li> </ul>

### Freisetzungsversuche bei Kirschen

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
I / 3 1998		Kanada 96-98	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veränderte Wurzelbildung</li> <li>• Fruchtqualität</li> </ul>

### Freisetzungsversuche bei Pflaumen

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
E CZ RO 4 2006-07	7 1992-07 <u>Zulassung beantragt</u>	Kanada Argent. Neuseel. Australien Indien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virusresistenz</li> <li>• Pilzresistenz</li> <li>• Nematodenresistenz</li> <li>• Reifeverzögerung (bekanntestes Beispiel bei Gemüse "Flavr Savr", die Anti-Matsch-Tomate)</li> </ul>

### Freisetzungsversuche bei Erdbeeren

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
I / 4 E / 2 GB / 1 1995-03	40 1994-01	Kanada Japan Argent.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insektenresistenz</li> <li>• Pilzresistenz</li> <li>• Bewurzelung</li> <li>• Reifeverzögerung</li> <li>• Herbizidtoleranz</li> <li>• Blühzeitpunkt</li> </ul>

### Freisetzungsversuche bei Walnuss

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
---	14 1989-07	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewurzelung (flach statt Pfahl)</li> <li>• Blütenbildung (effektivere Ernte)</li> <li>• Insektenresistenz</li> <li>• Pilzresistenz</li> <li>• Virusresistenz</li> <li>• Bakterienresistenz</li> </ul>

### Wein

Von 1999 bis 2005 erfolgte ein Freisetzungsversuch mittels Gerstengenen veränderter pilzresistenter Weinreben der Sorten Dornfelder, Seyval Blanc und Riesling in Franken und der Pfalz durch das Institut für Rebenzüchtung (IRZ) Geilweilerhof. Der auf 10 Jahre angelegte Versuch wurde vorzeitig abgebrochen, weil die züchterischen Ziele des Versuchs nicht erreicht wurden. Es wurde kein Vorteil der gv-Reben gegenüber der konventionellen Kontrollgruppe festgestellt. Parallel wurden Auskreuzungsversuche durchgeführt, dabei wurden erste Hinweise auf Auskreuzung gefunden. (Siehe dazu auch den Artikel "Gentechnik im Weinbau").

### Freisetzungsversuche bei Wein

Europa / Anzahl Zeitraum	USA Anzahl Zeitraum	Sonst Anzahl Zeitraum	Forschungsziele
F / 4 I / 1  1994-04  D / 1 (1999-05)	53  1995-08	<u>Kanada</u> Südafrika Australien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pilzresistenz</u> (<u>Mehltau, Grauschimmel</u>)</li> <li>• Virusresistenz (Reisigkrankheit)</li> <li>• Fruchtgröße</li> <li>• <u>Kältetoleranz</u></li> <li>• Bakterienresistenz</li> <li>• Zuckergehalt, Farbe, Größe (zur Ertragsteigerung)</li> </ul>

Hinweis: Die Unterstreichungen / farbigen Markierungen (nur im Dateiformat) in den Tabellen zur Freisetzung ermöglichen eine Zuordnung von Zuchtzielen zu den einzelnen Ländern.  
 Abkürzungen in der ersten Spalte = Länderkennzeichen

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quellen:

www.transgen.de/features;

www.biosicherheit.de,

Rheinischer Merkur vom 24.7.2008, „Gene ohne Monsterallüren“

**Die allgemeinen Ziele der Gentechnik im Obstbau**

- Erzeugung von Krankheits- + Schädlingsresistenten Sorten
  - Virusresistenz (z.B. Scharka)
  - Bakterienresistenz (z.B. Feuerbrand)
  - Pilzresistenz (z.B. Schorf)
- Veränderte Fruchteigenschaften (Farbe, Geschmack, Zuckergehalt, Haltbarkeit)
- Fruchtertrag / Ertragssteigerung
- Verkürzung der juvenilen Phase
- Veränderung des Blühzeitpunktes
- Beschleunigung der Reifung
- Herbizidresistenz
- Wurzelbildung (für Stecklingsvermehrung)
- Kältetoleranz
- Differentielle Expression von Transgenen (nur in den gewünschten Pflanzenteilen)
- Entwicklung steriler Pflanzen / Sterilitätsforschung (Pollensterilität, Parthenokarpie, Terminator-Technik, Selbstfruchtbarkeit)

Obstart	Forschungs-Ziele	Erläuterungen
Ackerbeere (Rubus)	Krankheits-Resistenz	Laborversuche zur Erzeugung von Virus-Resistenz
Apfel (Malus)	Krankheits-Resistenz	Versuche in Pillnitz (D) zur Erzeugung diverser Resistenzen gegen Schaderreger wie Feuerbrand, Apfelschorf, Apfelmehltau Verwendet wurden 8 Gene in 170 Linien. 2003 beantragte Freisetzungsversuche wurden durch das Künst-Ministerium untersagt Derzeit werden Versuche im Gewächshaus weitergeführt
	Schorfresistenz durch Cis-Genetic	Henk Schouten (Biologe, NL) arbeitet an cisgenen Apfelbäumen mit Schorfresistenz
	Schorfresistenz durch Cis-Genetic	An der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) der Schweiz in Zürich forschen Wissenschaftler am Einbau von Apfel-Resistenzgenen in anerkannte Marktsorten, z.B. "Gala"
	Schädlings-Resistenz	Experimente mit Bt-Toxinen
	Blühverfrühung	Versuche zur Blühverfrühung mittels Einbau von Birkenpollen
	"Apfel light"	Abhaya Dandekar von der Uni Kalifornien produzierte einen gentechnisch veränderten Apfel, der nur noch knapp die Hälfte des ursprünglichen Kaloriengehaltes hat (30 statt 55 kcal). Die Umwandlung des kalorienarmen (apeleigenen) Süßstoffs Sorbit in die kalorienreichere Fructose wird verhindert
	Wurzelbildung bei Apfelunterlage	Experimente zur Verbesserung der Wurzelfähigkeit bei M 26 durch Transformation mit einem Gen des pflanzenpathogenen Bakteriums <i>Abrobacterium rhizogenes</i> .
Ananas (Ananas)	Krankheits-Resistenz	Experimente zur Virusresistenz, Pilzresistenz, Nematodenresistenz Freisetzungsversuche in Australien (6) + USA (6)
Aprikose, Marille (Prunus)	Krankheits-Resistenz	Experimente zur Virusresistenz (Pflaumenpockenvirus) in Österreich wurden virusresistente Aprikosen (Scharkaresistenz) unter Freilandbedingungen getestet ("Saranhaus")
Banane (Musa)	Krankheits-Resistenz, Reifeigenschaften	Experimente zu Pilzresistenz, Virusresistenz, Nematodenresistenz, Reifeigenschaften Freisetzungsversuche in USA (3), Israel (1) Gewächshausversuche in Uganda
Baummelone	⇒ Papaya	
Birne (Pyrus)	Diverse	Experimente zur Reifeverzögerung, Bakterienresistenz, Bewurzelung Freisetzungsversuche in EU (1, Schweden), USA (5)
Blaubeeren (Vaccinium)	Herbizidtoleranz	Freisetzungsversuche in USA (3)



Obstart	Forschungs-Ziele	Erläuterungen
Bitterorange	⇒ Zitrusfrüchte	
Cranberry	⇒ Moosbeere	
Dattelpflaume (Kaki)	Diverse	Experimente zu Insektenresistenz, Pilzresistenz, Virusresistenz, Nematodenresistenz, Kältetoleranz, Trockentoleranz Freisetzungsversuche in USA (4, 1999)
Erdbeere (Fragaria)	Diverse	Experimente zu Herbizidtoleranz (Glyphosat-Resistenz), Insektenresistenz, Pilzresistenz, Blütezeitpunkt, Wurzelbildung Freisetzungsversuche in EU (7 = 4xItalien, 1998-2003, 2x Spanien, 1998, 1x England, 1995), in USA (4), CA (2) Japan (1), Argentinien (1)
	Kälte-Resistenz	Experimente mit Flundergenen
	Lagerfähigkeit	Herabsetzung der Aktivität des Enzyms Pektin-Lyase durch Antisense-Technik ergaben eine mind. 4 Tage bessere Haltbarkeit, allerdings geringere Erträge
Esskastanie (Castanea)	Diverse	Experimente zu Pilzresistenz (Mehltau-Resistenz), Herbizidresistenz, Freisetzungsversuche in USA (6, 2003-2007)
Grapefruit	⇒ Zitrusfrüchte	
Himbeere (Rubus)	Diverse	Experimente zu Pilzresistenz, Virusresistenz, Reifeverzögerung Freisetzungsversuche in EU (1xItalien, 2000-2004, Reifeverz.) und USA (12),
	"Anti-Matsch"	Experimente der Fa. Agritope zur Erzielung besserer Haltbarkeit beim Transport
Kaki	⇒ Dattelpflaume	
Kirsche (Prunus)	Diverse	Experimente zu Wurzelbildung, Herbizidtoleranz, Fruchtqualität Freisetzungsversuche in Italien (3x Wurzel), CA (2x Fruchtqualität)
Kiwi	Diverse	Experimente zu Mehltau-Resistenz, Wurzelbildung Freisetzungsversuche in Italien (3)
Mango	Diverse	Experimente zu Reifeverzögerung, Pilzresistenz, Bakterienresistenz, Insektenresistenz, Lagereigenschaften, Produktionseigenschaften (Aroma), Wurzelbildung
Melone	Diverse	Experimente zu Virusresistenz, Reifeverzögerung, Blütezeitpunkt, männlicher Sterilität Freisetzungsversuche in EU (10 = 1x Italien, Reife, 4x Frankreich, Virus, 5x Spanien) und USA (133)
Moosbeere (Vaccinium)	Virusresistenz	Laborexperimente
Olive (Olea)	Pilzresistenz, Wurzelbildung	Experimente und Freisetzungsversuche in Italien (2)
Orange	⇒ Zitrusfrüchte	
Pampelmuse	Insekten-Resistenz	Experimente in den USA
Papaya, Baummelone (Carica)	Diverse	Virusresistenz gegen PRSV, auch Pilzresistenz, Bakterienresistenz, Insektenresistenz Freisetzungsversuche in USA (25) <b>Zulassung</b> der transgenen Sorten "SunUp", "Rainbow" seit 1997 in den USA (2 = 1x Anbau, 1x Lebensmittel) und CA ((als Lebensmittel) Anbau in Hawaii (im Jahr 2000 schon 50% der Anbaufläche mit gv-Papaya) Export u.a. nach Japan weitere Forschung u.a. in China, Philippinen
Pflaume (Prunus)	Diverse	Experimente zu Reifeverzögerung, Virusresistenz, Pilzresistenz Freisetzungsversuche in EU (3, Virus), USA (4, <b>Zulassung angemeldet</b> ), Spanien, Tschechien, Rumänien (4, 2006-2013)
	Scharka-Resistenz	Freisetzungsversuche in USA, Rumänien, Spanien, Polen Die erzielte Resistenz wurde bereits innerhalb weniger Jahre wieder gebrochen!
	Scharka-Resistenz	Für die Scharkaresistente Sorte HoneySweet läuft in den USA das Zulassungsverfahren
Strauchbeeren		Experimente im Versuchsstadium
Walnuß (Juglans)	Diverse	Experimente zu Insektenresistenz, Wurzelbildung, Blütezeitpunkt, Resistenzen gegen Nematoden, Bakterien, Viren, Pilze Freisetzungsversuche in USA (12, zuletzt 2000-2006)

Obstart	Forschungs-Ziele	Erläuterungen
Wein (Vini)	Diverse	Experimente zu Pilzresistenz (Echter + Falscher Mehltau, Grauschimmel), Virusresistenz (Reisigkrankheit), Bakterienresistenz, Kältetoleranz (Frostschutz), Zucker, Farbe, Größe, Kernlosigkeit Freisetzungsversuche in EU (6 = 1x Frankreich, Colmar/Elsass, (Reisigkrankheit) 1x <b>D</b> , Pfalz + Franken, 1999-2005 (abgebrochen), 1x Italien (Fruchtgröße), 4x Frankreich (Virus), England + Frankreich (Grauschimmel, Mehltau, z.B. bei Rushin + Chardonnay) außerdem in den USA (43), CA (7, z.B. Kälteresistenz), Südafrika (1), Australien (2)
	Pilzresistenz	Versuche in Pfalz + Franken, <b>D</b> 1999 auf 20 Jahre angemeldet bzw. für 10 Jahre genehmigt - 2005 abgebrochen Übertragung von Pathogen-Genen aus der Gerste Eine erhöhte Pilzresistenz wurde nicht erzielt. Es fanden sich Hinweise auf Auskreuzungen.
	Bakterien-Resistenz	Pierce-Krankheit ( <i>Xylella fastidiosa</i> , Hauptschadensorganismus in den USA) wird durch Zikadenart ( <i>Homalodisca coagulata</i> ) übertragen. Bakterien halten sich in der Wasserleitbahn auf. Experimente mit dem umstrittenen ⇒ Ceropin-Gen der Seidenraupe, das in alle Pflanzenteile exprimiert, also dann auch in den Früchten zu finden ist.
Enzyme zur Weinbereitung		Experimente mit gv-modifizierbaren Enzymen (Pektinasen, Glucanasen, Cellulasen, Hemicellulasen, Laccase) für den Einsatz bei der Weinherstellung
Weinhefen	Verkürzung der Gärzeiten, Verbesserte Gärleistung, Farb- + Aromastabilität	Versuche der Uni von British Columbia (USA) zur Konstruktion von Hefen, die die im Traubensaft enthaltene Säure Malat zu Ethanol bzw. zur milderen Milchsäure umwandeln; der produzierte Wein wird somit süßer. Die übertragenen Gene stammen aus einer anderen Hefeart <i>Schizosaccharmyces pombe</i> .
		Die gv-Hefe ML01 ist in den USA zugelassen und wird kommerziell vertrieben. Sie enthält ein Gen aus Milchsäurebakterium, kann dadurch die im Gärverlauf entstehende (saure) Apfelsäure in (mildere) Milchsäure umwandeln und soll auch den Histamingehalt senken.
		In Kanada ist eine gv-Hefe zugelassen und in USA als sicher eingestuft, die bei der Rotweinherstellung nur noch reduziert Harnstoff abgibt, der mit Ethanol zu Ethylcarbamat (krebserregend) reagiert und damit den Gehalt dieses Stoffes im Wein reduziert.
		Versuche der Stellenbosch-Universität in Südafrika zur Erzeugung mehrerer Hefestämme mit folgenden Eigenschaften: Filter-blockierend, Polysaccharid-abbauend, antimikrobielle Substanzen produzierend, geschmacksverstärkende Ester bildend, aroma-freisetzende Enzyme bildend, roten Traubenfarbstoff besser freisetzend.
Zitrone	Blühzeitpunkt	Verkürzung der juvenilen Phase durch Einbau eines den Blühzeitpunkt bestimmenden Genes der <i>Ackerschmalwand</i> . Die Bäume blühten bereits im 1. Jahr nach der Keimung ⇒ Zitrusfrüchte
Zitrus-Früchte (Citrus)	Diverse	Experimente zu Insektenresistenz, Pilzresistenz, Virusresistenz, Bakterienresistenz, Freisetzungsversuche in EU (4 = 1x Spanien, Orange x Bitterorange, 2007, 2x Spanien, Orange, 1996, 1x Italien, Zitrone, 2004); sowie in GUS (1), Argentinien (1), Mexiko (1), USA (9x Grapefruit, 1999+2006, 1x Orange 2001), Brasilien (1x Orange), Argentinien (1x Orange)

Abkürzungen / Erläuterungen

GVO = Genetisch veränderter Organismus

gv = gentechnisch verändert

FV = Freisetzungsversuche

E, CA, D, USA, F, etc. = Länder-Kennzeichen für Spanien, Kanada, Deutschland, Vereinigte Staaten von Amerika, Frankreich, etc.

⇒ = siehe unter

Farberläuterung (nur im Dateiformat)

Grün = Kernobst

Lila = Steinobst

Blau = Wein

Rot = Beerenobst

Gelb = Rest

Quellen:

- Vortrag von Steffi Ober, Gentechnik-Referentin des NABU, bei der Klausurtagung des PV 2007, NAH, Wetzlar
- Öko-Institut Gentechnik-Nachrichten Spezial 9/10 "Transgene Pflanzen im Obst- + Weinbau" vom Oktober 2002
- [www.biosicherheit.de/de/lexikon/94.pilzresistenz.html](http://www.biosicherheit.de/de/lexikon/94.pilzresistenz.html) vom 02.12.07
- Streuobststrundbrief des NABU-BFA Streuobst 01/2007, S. 22
- Biotech Consult (Internetinformationen zu GVO bei Gehölzen von Anfang 2008
- [www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features) vom 23.02.08
- [www.transgen.de](http://www.transgen.de) vom 19.04.08
- [www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features) vom 18.04.08
- [www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features) Stand: August 2007
- [www.transgen.de](http://www.transgen.de) vom 02.12.07 "Gentechnik: Insektenresistenz - Mit den Waffen von Bakterien gegen Fraßinsekten"
- Ergebnisse des AFRS Genetic Improvement of Fruit Crops Program (Scharkaresistenz - HoneySweet)
- Forschungsreport 1/2006 von Hanke/Flachowski "Welche Risiken..."

**Die allgemeinen Ziele der Gentechnik im Obstbau**

- Erzeugung von Krankheits- + Schädlingsresistenten Sorten
  - Virusresistenz (z.B. Scharka)
  - Bakterienresistenz (z.B. Feuerbrand)
  - Pilzresistenz (z.B. Schorf)
- Veränderte Fruchteigenschaften (Farbe, Geschmack, Zuckergehalt, Haltbarkeit)
- Fruchtertrag / Ertragssteigerung
- Verkürzung der juvenilen Phase
- Veränderung des Blühzeitpunktes
- Beschleunigung der Reifung
- Herbizidresistenz
- Wurzelbildung (für Stecklingsvermehrung)
- Kältetoleranz
- Differentielle Expression von Transgenen (nur in den gewünschten Pflanzenteilen)
- Entwicklung steriler Pflanzen / Sterilitätsforschung (Pollensterilität, Parthenokarpie, Terminator-Technik, Selbstfruchtbarkeit)

Obstart	Forschungs-Ziele	Erläuterungen
Ackerbeere (Rubus)	Krankheits-Resistenz	Laborversuche zur Erzeugung von Virus-Resistenz
Apfel (Malus)	Krankheits-Resistenz	Versuche in Pillnitz (D) zur Erzeugung diverser Resistenzen gegen Schaderreger wie Feuerbrand, Apfelschorf, Apfelmehltau Verwendet wurden 8 Gene in 170 Linien. 2003 beantragte Freisetzungsversuche wurden durch das Künst-Ministerium untersagt Derzeit werden Versuche im Gewächshaus weitergeführt
	Schorfresistenz durch Cis-Genetic	Henk Schouten (Biologe, NL) arbeitet an cisgenen Apfelbäumen mit Schorfresistenz
	Schorfresistenz durch Cis-Genetic	An der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) der Schweiz in Zürich forschen Wissenschaftler am Einbau von Apfel-Resistenzgenen in anerkannte Marktsorten, z.B. "Gala"
	Schädlings-Resistenz	Experimente mit Bt-Toxinen
	Blühverfrüfung	Versuche zur Blühverfrüfung mittels Einbau von Birkenpollen
	"Apfel light"	Abhaya Dandekar von der Uni Kalifornien produzierte einen gentechnisch veränderten Apfel, der nur noch knapp die Hälfte des ursprünglichen Kaloriengehaltes hat (30 statt 55 kcal). Die Umwandlung des kalorienarmen (apefeigenen) Süßstoffs Sorbit in die kalorienreichere Fructose wird verhindert
	Wurzelbildung bei Apfelunterlage	Experimente zur Verbesserung der Wurzelfähigkeit bei M 26 durch Transformation mit einem Gen des pflanzenpathogenen Bakteriums <i>Abrobacterium rhizogenes</i> .
Ananas (Ananas)	Krankheits-Resistenz	Experimente zur Virusresistenz, Pilzresistenz, Nematodenresistenz Freisetzungsversuche in Australien (6) + USA (6)
Aprikose, Marille (Prunus)	Krankheits-Resistenz	Experimente zur Virusresistenz (Pflaumenpockenvirus) in Österreich wurden virusresistente Aprikosen (Scharkaresistenz) unter Freilandbedingungen getestet ("Saranhaus")
Banane (Musa)	Krankheits-Resistenz, Reifeigenschaften	Experimente zu Pilzresistenz, Virusresistenz, Nematodenresistenz, Reifeigenschaften Freisetzungsversuche in USA (3), Israel (1) Gewächshausversuche in Uganda
Baummelone	⇒ Papaya	
Birne (Pyrus)	Diverse	Experimente zur Reifeverzögerung, Bakterienresistenz, Bewurzelung Freisetzungsversuche in EU (1, Schweden), USA (5)
Blaubeeren (Vaccinium)	Herbizidtoleranz	Freisetzungsversuche in USA (3)

Obstart	Forschungs-Ziele	Erläuterungen
Bitterorange	⇒ Zitrusfrüchte	
Cranberry	⇒ Moosbeere	
Dattelpflaume (Kaki)	Diverse	Experimente zu Insektenresistenz, Pilzresistenz, Virusresistenz, Nematodenresistenz, Kältetoleranz, Trockentoleranz Freisetzungsversuche in USA (4, 1999)
Erdbeere (Fragaria)	Diverse	Experimente zu Herbizidtoleranz (Glyphosat-Resistenz), Insektenresistenz, Pilzresistenz, Blütezeitpunkt, Wurzelbildung Freisetzungsversuche in EU (7 = 4xItalien, 1998-2003, 2x Spanien, 1998, 1x England, 1995), in USA (4), CA (2) Japan (1), Argentinien (1)
	Kälte-Resistenz	Experimente mit Flundergenen
	Lagerfähigkeit	Herabsetzung der Aktivität des Enzyms Pektin-Lyase durch Antisense-Technik ergaben eine mind. 4 Tage bessere Haltbarkeit, allerdings geringere Erträge
Esskastanie (Castanea)	Diverse	Experimente zu Pilzresistenz (Mehltau-Resistenz), Herbizidresistenz, Freisetzungsversuche in USA (6, 2003-2007)
Grapefruit	⇒ Zitrusfrüchte	
Himbeere (Rubus)	Diverse	Experimente zu Pilzresistenz, Virusresistenz, Reifeverzögerung Freisetzungsversuche in EU (1xItalien, 2000-2004, Reifeverz.) und USA (12),
	"Anti-Matsch"	Experimente der Fa. Agritope zur Erzielung besserer Haltbarkeit beim Transport
Kaki	⇒ Dattelpflaume	
Kirsche (Prunus)	Diverse	Experimente zu Wurzelbildung, Herbizidtoleranz, Fruchtqualität Freisetzungsversuche in Italien (3x Wurzel), CA (2x Fruchtqualität)
Kiwi	Diverse	Experimente zu Mehltau-Resistenz, Wurzelbildung Freisetzungsversuche in Italien (3)
Mango	Diverse	Experimente zu Reifeverzögerung, Pilzresistenz, Bakterienresistenz, Insektenresistenz, Lagereigenschaften, Produktionseigenschaften (Aroma), Wurzelbildung
Melone	Diverse	Experimente zu Virusresistenz, Reifeverzögerung, Blütezeitpunkt, männlicher Sterilität Freisetzungsversuche in EU (10 = 1x Italien, Reife, 4x Frankreich, Virus, 5x Spanien) und USA (133)
Moosbeere (Vaccinium)	Virusresistenz	Laborexperimente
Olive (Olea)	Pilzresistenz, Wurzelbildung	Experimente und Freisetzungsversuche in Italien (2)
Orange	⇒ Zitrusfrüchte	
Pampelmuse	Insekten-Resistenz	Experimente in den USA
Papaya, Baummelone (Carica)	Diverse	Virusresistenz gegen PRSV, auch Pilzresistenz, Bakterienresistenz, Insektenresistenz Freisetzungsversuche in USA (25) <b>Zulassung</b> der transgenen Sorten "SunUp", "Rainbow" seit 1997 in den USA (2 = 1x Anbau, 1x Lebensmittel) und CA ((als Lebensmittel) Anbau in Hawaii (im Jahr 2000 schon 50% der Anbaufläche mit gv-Papaya) Export u.a. nach Japan weitere Forschung u.a. in China, Philippinen
Pflaume (Prunus)	Diverse	Experimente zu Reifeverzögerung, Virusresistenz, Pilzresistenz Freisetzungsversuche in EU (3, Virus), USA (4, <b>Zulassung angemeldet</b> ), Spanien, Tschechien, Rumänien (4, 2006-2013)
	Scharka-Resistenz	Freisetzungsversuche in USA, Rumänien, Spanien, Polen Die erzielte Resistenz wurde bereits innerhalb weniger Jahre wieder gebrochen!
	Scharka-Resistenz	Für die Scharkaresistente Sorte HoneySweet läuft in den USA das Zulassungsverfahren
Strauchbeeren		Experimente im Versuchsstadium
Walnuß (Juglans)	Diverse	Experimente zu Insektenresistenz, Wurzelbildung, Blütezeitpunkt, Resistenzen gegen Nematoden, Bakterien, Viren, Pilze Freisetzungsversuche in USA (12, zuletzt 2000-2006)

Obstart	Forschungs-Ziele	Erläuterungen
Wein (Vini)	Diverse	Experimente zu Pilzresistenz (Echter + Falscher Mehltau, Grauschimmel), Virusresistenz (Reisigkrankheit), Bakterienresistenz, Kältetoleranz (Frostschutz), Zucker, Farbe, Größe, Kernlosigkeit Freisetzungsversuche in EU (6 = 1x Frankreich, Colmar/Elsass, (Reisigkrankheit) 1x <b>D</b> , Pfalz + Franken, 1999-2005 (abgebrochen), 1x Italien (Fruchtgröße), 4x Frankreich (Virus), England + Frankreich (Grauschimmel, Mehltau, z.B. bei Rushin + Chardonnay) außerdem in den USA (43), CA (7, z.B. Kälteresistenz), Südafrika (1), Australien (2)
	Pilzresistenz	Versuche in Pfalz + Franken, <b>D</b> 1999 auf 20 Jahre angemeldet bzw. für 10 Jahre genehmigt - 2005 abgebrochen Übertragung von Pathogen-Genen aus der Gerste Eine erhöhte Pilzresistenz wurde nicht erzielt. Es fanden sich Hinweise auf Auskreuzungen.
	Bakterien-Resistenz	Pierce-Krankheit ( <i>Xylella fastidiosa</i> , Hauptschadensorganismus in den USA) wird durch Zikadenart ( <i>Homalodisca coagulata</i> ) übertragen. Bakterien halten sich in der Wasserleitbahn auf. Experimente mit dem umstrittenen ⇒ Ceropin-Gen der Seidenraupe, das in alle Pflanzenteile exprimiert, also dann auch in den Früchten zu finden ist.
Enzyme zur Weinbereitung		Experimente mit gv-modifizierbaren Enzymen (Pektinasen, Glucanasen, Cellulasen, Hemicellulasen, Laccase) für den Einsatz bei der Weinherstellung
Weinhefen	Verkürzung der Gärzeiten, Verbesserte Gärleistung, Farb- + Aromastabilität	Versuche der Uni von British Columbia (USA) zur Konstruktion von Hefen, die die im Traubensaft enthaltene Säure Malat zu Ethanol bzw. zur milderen Milchsäure umwandeln; der produzierte Wein wird somit süßer. Die übertragenen Gene stammen aus einer anderen Hefeart <i>Schizosaccharmyces pombe</i> .
		Die gv-Hefe ML01 ist in den USA zugelassen und wird kommerziell vertrieben. Sie enthält ein Gen aus Milchsäurebakterium, kann dadurch die im Gärverlauf entstehende (saure) Apfelsäure in (mildere) Milchsäure umwandeln und soll auch den Histamingehalt senken.
		In Kanada ist eine gv-Hefe zugelassen und in USA als sicher eingestuft, die bei der Rotweinherstellung nur noch reduziert Harnstoff abgibt, der mit Ethanol zu Ethylcarbamat (krebserregend) reagiert und damit den Gehalt dieses Stoffes im Wein reduziert.
		Versuche der Stellenbosch-Universität in Südafrika zur Erzeugung mehrerer Hefestämme mit folgenden Eigenschaften: Filter-blockierend, Polysaccharid-abbauend, antimikrobielle Substanzen produzierend, geschmacksverstärkende Ester bildend, aroma-freisetzende Enzyme bildend, roten Traubenfarbstoff besser freisetzend.
Zitrone	Blühzeitpunkt	Verkürzung der juvenilen Phase durch Einbau eines den Blühzeitpunkt bestimmenden Genes der <i>Ackerschmalwand</i> . Die Bäume blühten bereits im 1. Jahr nach der Keimung ⇒ Zitrusfrüchte
Zitrus-Früchte (Citrus)	Diverse	Experimente zu Insektenresistenz, Pilzresistenz, Virusresistenz, Bakterienresistenz, Freisetzungsversuche in EU (4 = 1x Spanien, Orange x Bitterorange, 2007, 2x Spanien, Orange, 1996, 1x Italien, Zitrone, 2004); sowie in GUS (1), Argentinien (1), Mexiko (1), USA (9x Grapefruit, 1999+2006, 1x Orange 2001), Brasilien (1x Orange), Argentinien (1x Orange)

Abkürzungen / Erläuterungen

GVO = Genetisch veränderter Organismus

gv = gentechnisch verändert

FV = Freisetzungsversuche

E, CA, D, USA, F, etc. = Länder-Kennzeichen für Spanien, Kanada, Deutschland, Vereinigte Staaten von Amerika, Frankreich, etc.

⇒ = siehe unter

Farberläuterung (nur im Dateiformat)

Grün = Kernobst

Lila = Steinobst

Blau = Wein

Rot = Beerenobst

Gelb = Rest

Quellen:

- Vortrag von Steffi Ober, Gentechnik-Referentin des NABU, bei der Klausurtagung des PV 2007, NAH, Wetzlar
- Öko-Institut Gentechnik-Nachrichten Spezial 9/10 "Transgene Pflanzen im Obst- + Weinbau" vom Oktober 2002
- [www.biosicherheit.de/de/lexikon/94.pilzresistenz.html](http://www.biosicherheit.de/de/lexikon/94.pilzresistenz.html) vom 02.12.07
- Streuobststrundbrief des NABU-BFA Streuobst 01/2007, S. 22
- Biotech Consult (Internetinformationen zu GVO bei Gehölzen von Anfang 2008
- [www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features) vom 23.02.08
- [www.transgen.de](http://www.transgen.de) vom 19.04.08
- [www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features) vom 18.04.08
- [www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features) Stand: August 2007
- [www.transgen.de](http://www.transgen.de) vom 02.12.07 "Gentechnik: Insektenresistenz - Mit den Waffen von Bakterien gegen Fraßinsekten"
- Ergebnisse des AFRS Genetic Improvement of Fruit Crops Program (Scharkaresistenz - HoneySweet)
- Forschungsreport 1/2006 von Hanke/Flachowski "Welche Risiken..."

## Gentechnik bei Wein

Weltweit arbeiten Institute und Arbeitsgruppen daran, traditionelle Rebsorten mittels Gentechnik weiterzuentwickeln.

Führend sind dabei Institute in Frankreich, den USA, Kanada und Australien, weiterhin gibt es Arbeitsgruppen u.a. in Israel, Japan, Spanien, Südafrika, Italien und Deutschland.

Die Forscher verfolgen dabei unter anderem die folgenden Ziele:

- Resistenz gegen Rebenkrankheiten, z.B. pathogene Pilze, Viren
- Erhöhung der Kältetoleranz (um Weinbau auch in kälteren Regionen zu ermöglichen)

Freisetzungsversuche bei gv-Wein laufen seit 1995.

Eine Zulassung für gv-Rebsorten besteht weltweit derzeit nicht, allerdings gibt es in USA und Kanada Zulassungen für transgene Hefen zur Weinbereitung.

### Freisetzungsversuch mit pilzresistenten Reben in Deutschland

In Deutschland begann 1999 ein auf 10 Jahre angelegter Freisetzungsversuch mit gentechnisch veränderten Weinreben. Diese wurden unter der Leitung von Prof. Reinhard Töpfer am Institut für Rebenzüchtung (IRZ) Geilweilerhof in Siebeldingen entwickelt.

Um eine erhöhte Resistenz gegen Pilzkrankheiten wie Mehltau oder Grauschimmel zu erreichen, wurden in die Versuchspflanzen der Rebsorten Riesling und Seyval Blanc verschiedene Gene aus Gerste und zwar *Chitinase* und ein *Ribosomen-inhibierendes Protein* (RIP) übertragen. Diese lösen, in die Reben eingeschleust, die Bildung eines Enzyms aus, welches die Zellwände der Pilze abbaut bzw. sie greifen in den Stoffwechsel der Pilze ein, um z.B. die Bildung bestimmter Proteine zu blockieren und führen so letztendlich zum Absterben des Schaderregers.

In die Sorte Dornfelder wurde zu Selektionszwecken  *$\beta$ -Glucuronidase* (GUS) aus Kolibakterien eingeschleust, was eine Blaufärbung bewirkt.

Im Juli 1999 wurden vom IRZ in Zusammenarbeit mit der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau in Würzburg in der Pfalz bei Siebeldingen 100 und in Franken in der Nähe von Würzburg 78 gentechnisch veränderte Rebstöcke ausgepflanzt.

Der Freisetzungsversuch sollte klären, ob die eingesetzten Genkonstrukte tatsächlich eine erhöhte Widerstandskraft der Reben gegenüber pilzlichen Schaderregern bewirken und, ob diese Eigenschaften unter Freilandbedingungen auch über Jahre stabil bleiben.

Des Weiteren wurden Pollenverbreitung und Auskreuzungsraten untersucht und ob die gentechnisch veränderten Reben eine vergleichbare Weinqualität wie konventionelle Weine hervorbringen.

Da die gv-Rebstöcke im Versuch keine erhöhte Pilzresistenz zeigten und sich keine Vorteile gegenüber den konventionellen Pflanzen der Kontrollgruppe erkennen ließen, wurden die Versuche Ende 2004 vorzeitig beendet.

Die sensorische Qualität der aus gentechnisch veränderten Reben erzeugten Weine ergab nach Aussage der Tester keine Unterschiede gegenüber dem nicht gentechnisch veränderten Kontrollwein. Es gab jedoch Hinweise auf Auskreuzungen.

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quellen:

[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)

[www.transgen.de](http://www.transgen.de)



## Markergene

Mittels Gentechnik werden fremde Gene in Zellen der zu transformierenden Organismen eingeschleust. Dabei werden neben dem eigentlichen Zielgen i.d.R. weitere DNA-Sequenzen in die Zelle eingebracht. Zum Beispiel sogenannte Markergene. Sie "markieren" erfolgreich transformierte Zellen und dienen damit der Identifikation und Selektion derjenigen Zellen, bei denen der gewünschte Gentransfer funktioniert hat.

Bei Pflanzenzellen werden häufig Antibiotika-Resistenz-Gene als Marker verwendet. Dabei werden die Zellen nach der Transformation mit bestimmten Antibiotika behandelt. Die Zellen, bei denen der Gentransfer erfolgreich war, die also das Antibiotika-Resistenzgen in sich tragen, überleben diese Behandlung, die anderen Zellen werden durch das Antibiotikum abgetötet.

Die Verwendung von Antibiotika-Resistenz-Genen (ABR-Gene) ist sehr umstritten, da eine verstärkte Resistenzbildung bei Antibiotika befürchtet wird.

In der EU ist die Nutzung von Antibiotika-Resistenzgenen als Markergene in drei Gruppen eingeteilt

1. uneingeschränkt verwendbar:  
ABR-Gene, die in der Human- und Tiermedizin von geringer Bedeutung und in der Natur bereits weit verbreitet sind, z.B. *nptII* (*Kanamycin-Resistenz-Gen*)
2. erlaubt für Freisetzungsversuche, aber nicht für den kommerziellen Anbau:  
ABR-Gene gegen Antibiotika, die z.B. gegen diverse Infektionskrankheiten eingesetzt werden, z.B. das *Ampicillin-Resistenz-Gen*
3. verboten:  
ABR-Gene gegen Antibiotika, die in der Humanmedizin von großer Bedeutung sind, z.B. *nptIII* (*Antikacin-Resistenz-Gen*)

Aktuell wird verstärkt nach Alternativen zu Antibiotika-Resistenz-Markern geforscht.

### Alternative Markersysteme:

- Herbizid-Resistenz-Gene  
z.B. bei Round-Up-Ready-Soja; erfolgreich transformierte Zellen, tragen das Zielgen zur Erzielung von Herbizidresistenz in sich, sie überleben die Selektion mit einer Unkrautvernichtungsmittel-Behandlung
- Mannose-Marker / Mannose System  
z.B. bei Mais; Pflanzen können durch das eingeschleuste *PMI-Gen* den Zucker *Mannose* verwerten, nicht erfolgreich transformierte Zellen sterben ab. Dieses System ist nicht für alle Pflanzenarten verwendbar, da einige - u.a. Tabak - *Mannose* von Natur aus verwerten können
- Palatinose-System  
Versuche mit Tabak; erfolgreich transformierte Zellen überleben auf einem *Palatinose*-Nährmedium, normale Pflanzen gehen darauf ein.
- Gene für die Produktion von Eiweißen, die Schwermetalle binden  
erfolgreich transformierte Pflanzen überleben dann z.B. eine Cadmium-Behandlung
- optische Marker  
z.B. ein erfolgreich eingebautes *GFP-Gen* lässt gv-Pflanzen unter UV Licht grün leuchten. (Optische Marker werden auch als Reportergene eingesetzt)
- 2-DOG Markersystem  
Versuche u.a. bei Kartoffel; basiert auf einem *2-DOG-Zucker* abbauenden Enzym, welches Resistenz gegen die sonst für Pflanzen toxische Zuckerart vermittelt

- **Negative Marker:**  
Pflanzenzellen werden Co-transformiert. Ziel- und Markergen werden gemeinsam, aber getrennt voneinander eingeschleust. Die DNA-Sequenz mit dem Marker erhält zusätzlich noch einen negativen Selektionsmarker. Nach der Selektion der erfolgreich transformierten Pflanzen erzeugt man vollständige Pflanzen. Deren sexuell erzeugte Nachkommen unterzieht man einer Behandlung mit einer Induktorsubstanz, die den negativen Selektionsmarker aktiviert. Dadurch sterben alle Pflanzen mit dem Selektionsmarker ab. Übrig bleiben die Pflanzen, die nur das Zielgen in sich tragen. (System des Induzierbaren Zelltodes)
- **Markergen-Eliminierung durch Androgenetische Segregation**  
z.B. bei Gerste und Weizen: hier werden zwei separate DNA-Abschnitte (einer mit dem Zielgen und einer mit dem Markergen) in die zu transformierenden Zellen übertragen (Co-Transformation). Danach Ermittlung derjenigen Zellen, die beide Gene in sich tragen. Die Zellen werden in speziellen Kulturen zu Pflanzen herangezogen. Aus den sexuellen Nachkommen dieser Pflanzen werden dann diejenigen herausgesucht, die reinerbig sind und nur noch das Zielgen in sich tragen.

### **Molekulare Scheren:**

Die Markergene werden nach Gebrauch durch sogenannte Molekulare Scheren entfernt. Diese Schneidmechanismen sind derzeit meist nur in einzelnen Pflanzenarten wirksam und in der Regel praktisch noch nicht einsetzbar.

- z.B. Versuche mit dem *cre/loxP*-Rekombinations-System bei Wein. Hierbei schneidet das durch Vireninfektion aktivierte Enzym *Cre-Rekombinase* das - zwischen zwei *loxP*-Erkennungssequenzen lokalisierte - Markergen (*nptII*) aus. Der Erfolg des Enzyms ist an einem unter UV-Licht gelb leuchtenden Reporter gen (*YFP*) absehbar, das blockiert wird, solange das Markergen intakt ist. Zum Schluss wird die Vireninfektion durch eine Thermobehandlung eliminiert.  
(Für eine Maissorte, bei der das Markergen mittel *Cre/lox* entfernt wurde, wurde die Zulassung für die EU beantragt.)
- z.B. *Ac/Ds*-Transposon-System ("springende Gene", z.B. bei Zuckerrübe)  
Die Pflanze, die transformiert werden soll, erhält einen Vektor mit zwei Abschnitten: zum einen mit dem Zielgen, das von zwei flankierenden *Ds-Sequenzen* markiert wird, sowie dem zu eliminierenden Markergen und dem *Ac-Gen*. In der Pflanze erzeugt das *Ac-Gen*, ein Enzym, die *As-Transposase*, die das Genkonstrukt an den Stellen der *Ds-Sequenzen* auftrennt. Das zwischen diesen Sequenzen befindliche Zielgen wird an eine andere Stelle des Genoms transportiert und dort integriert. Es ist "gesprungen".  
Durch die räumliche Trennung von Ziel- und Markergen werden unter den nach erfolgter Selektion sexuell erzeugten Nachkommen auch Pflanzen sein, die nur das Zielgen tragen.

### **Verzicht auf Marker:**

- Versuche zur Etablierung der Transformationsmethode der Mikroinjektion bei Pflanzen. Diese Methode ist bei Pflanzen derzeit nicht einsetzbar. Durch die Mikroinjektion würde der Transfer des Zielgens ohne Markergen möglich.

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quellen:

[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)  
[www.transgen.de](http://www.transgen.de)

## **Sterilitätsforschung zur Entwicklung vermehrungsunfähiger Pflanzen**

Zuchtlinien ohne befruchtungsfähigen Pollen werden bereits seit einiger Zeit im Bereich der konventionellen Hybridzüchtung eingesetzt. Die für die Hybridsaatgut erforderlichen Inzuchtlinien lassen sich mit (männlich) sterilen Pflanzen einfacher erzielen.

Das ursprüngliche Ziel der Sterilitätsforschung im Bereich der Gentechnik war die Sicherung des Schutzes von geistigem Eigentum und damit von Patentgebühren. Pflanzen werden mittels Gentechnik verändert und patentiert. Dadurch, dass gv-Pflanzen fortpflanzungsunfähig gemacht werden, können Landwirte nicht mehr ihr eigenes Saatgut gewinnen, sondern sind zu regelmäßigem Neukauf gezwungen. Der Hersteller der patentierten gv-Pflanze stellt so seine regelmäßigen Einnahmen sicher.

Durch Freisetzungsversuche und kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen rückt zunehmend das Risiko der unkontrollierten Ausbreitung von gentechnisch veränderten Erbinformationen in Natur und Umwelt ins Blickfeld.

Um die unkontrollierte Ausbreitung von genetisch veränderten Pflanzen zu verhindern bzw. einzudämmen, sollen diese so gezüchtet werden, dass sie keine zeugungsfähigen Pollen oder Samen mehr ausbilden bzw. dass Pollen und Fruchtblände keine gentechnisch veränderten Erbinformationen tragen.

Die Forscher arbeiten z.B. an folgenden Projekten:

### **Erzeugung männlich steriler Pflanzen**

- Durch Erzielung von **Pollensterilität**:  
Der Pollen wird an seiner Entwicklung gehindert, indem man das Enzym, das seine Ernährung sicherstellt, blockiert; erfolgt an Tabak, Versuche Uni Würzburg
- Durch Erzielung von **Pflanzen ohne Pollen**:  
Dabei werden Zellen, die an der Entwicklung der männlichen Blüte beteiligt sind, durch zellspezifische Aktivität von Toxin-Genen abgetötet.

### **Erzeugung weiblich steriler Pflanzen**

- Mittels Erzeugung von **Pflanzen ohne (intakte) Blüten / Blütensterilität**:  
Dabei werden pflanzeigene Gene, die für die Entwicklung intakter Blüten essentiell sind, durch RNAi/Antisense-induziertes Silencing ausgeschaltet (z.B. bei Arabidopsis).

Pflanzen mit Blütensterilität / Pflanzen ohne Blüten können nur bei solchen Kulturarten eingesetzt werden, bei denen nicht Früchte oder Samen, sondern ausschließlich die vegetativen Teile der Pflanzen wie Blätter oder Holz verwertet werden. Außerdem muss eine Möglichkeit der vegetativen Vermehrung z.B. über Stecklinge gewährleistet sein.

### **Verhinderung der Samenbildung**

- **Parthenokarpie**  
Früchte bilden keine / verkrüppelte Samenanlagen  
(Parthenokarpie kommt bei einigen Obstsorten vor)
- **Samensterilität** (Biologischer Einschluss)  
Früchte entwickeln zwar Samen, diese können aber nicht keimen.  
Hierzu zählt die **Terminator-Technologie**

Die **Terminator-Technologie** ist ein von Forschern des größten Baumwollzucht-Unternehmens der USA, der Firma Delta & Pine Land Co. (D&PL; inzwischen von Monsanto aufgekauft) unter Beteiligung des US-Landwirtschaftsamtes (USDA) mittels Gentechnik entwickeltes Verfahren. Dieses Verfahren wurde 1998 zum Patent angemeldet und erlaubt, Pflanzen zu züchten, die nur einmal keimen. Während der Samenreife wird durch ein Anti-Keim-Gen (Selbsttötungs-Gen / Letal-Gen) eine Substanz gebildet, die den Samen in der späten Embryonalphase tötet (bzw. zu keimungsunfähigen Samen führt). Der Mechanismus wird durch ein an- und ausschaltbares Regulator-Gen ausgelöst (sog. Lea-Promotoren = Late embryogenesis abundant). Solange dieser Mechanismus nicht ausgeschaltet ist, können die Züchter mit den Pflanzen normal arbeiten. Erst wenn das Saatgut zum Verkauf kommt, wird der Mechanismus durch Behandlung des Saatgutes mit einer Chemikalie (einem sog. Induktor - vermutlich mit dem Antibiotikum Tetracyclin) aktiviert. Dasselbe Verfahren kann je nach Variante auch folgendermaßen ablaufen: das gv-Saatgut wird mit dem Induktor zusammen verkauft und muss vor Aussaat mit diesem behandelt werden, um keimfähig zu werden.

Nachbau und Weiterzüchtung durch Landwirte und damit auch regionale Anpassung sind nicht möglich.

Die Pflanzen sind allerdings nicht zu 100% steril.

Die Terminator-Technologie ist prinzipiell auf alle Pflanzen anwendbar.

### **Pollen ohne Fremdgen**

- **Durch Plastiden-Transformation**

Die Pollen der meisten Blütenpflanzen haben keine Plastiden. Daher versucht man, Fremdgene gezielt in Plastiden zu transferieren und nicht mehr wie früher in die Zellkerne.

Der Pollen wären dann frei von der artfremden Gen-Information.

### **Erbanlagen ohne Fremdgen**

- **Durch die differentielle Expression von Transgenen**

Ausprägung der eingeschleusten DNA nur in den gewünschten Pflanzenteilen z.B. bei transgenem Bt-Mais gegen den Maiswurzelbohrer nur in der Wurzel der Maispflanze.

- **Verwendung von gv-Unterlagen bei Obst (transgene Unterlage mit konventioneller Edelsorte)**

Auf transgene Unterlagen aufgepfropft, soll die genetisch unveränderte Edelsorte mittels RNA-Interferenz (RNAi) fremderbgutfrei bleiben - eine Auskreuzung wäre ausgeschlossen.

Im Zusammenhang mit der Sterilitätsforschung fallen oft die Begriffe "Biologisches Containment" oder "Biologischer Einschluss" (neuerdings auch: "Confinement-Methode"). Darunter sind Verfahren zu verstehen, die dazu führen, dass gentechnisch veränderte Erbinformation in der Pflanze verbleiben bzw. dort eingeschlossen werden.

Der Begriff ist allerdings leicht irreführend, denn bei Verwendung solcher Pflanzen als Lebens- oder Futtermittel, oder durch Zersetzungsprozesse, gelangt diese fremde DNA dennoch in die Umwelt.

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quelle: [www.biosicherheit.de/features](http://www.biosicherheit.de/features)

## Cisgenetik

Der Begriff Cisgenetik taucht derzeit immer häufiger in der Gentechnik-Diskussion auf, und wird als mögliche Lösung für das so kontrovers diskutierte Thema Agro-Gentechnik gehandelt. Auch als mögliche Alternative für den Ökolandbau ist die Cisgenetik im Gespräch.

Bei den meisten gentechnisch veränderten Organismen wurde in der Vergangenheit artfremdes Erbmateriale eingebaut. So enthält beispielsweise der gentechnisch veränderte Mais *MON 810* Gensequenzen des Boden-Bakteriums *Bacillus thuringensis*, um in der Maispflanze eine Resistenz gegen Maisschädlinge zu erzielen. Per Gentechnik erzeugte Organismen, die artfremdes Erbgut in sich tragen, nennt man transgen (lateinisch: *trans* = jenseits; transgen = Verwendung von Genen jenseits der Artgrenzen). Baut man nun in einen Organismus per Gentechnik arteigene DNA-Abschnitte ein, so entsteht ein cisgenes Lebewesen (lateinisch: *cis* = diesseits; cisgen = Verwendung von Genen diesseits der Artgrenze).

Der große US-amerikanische Nahrungsmittelkonzern J.R. Simplot in Idaho arbeitet derzeit mit Hochdruck an einer cisgen veränderten Kartoffelsorte mit Namen "Russet Boise", der drei Kartoffel-Gene so eingebaut wurden, dass bei der Herstellung von Pommes frites aus dieser Knolle kein gesundheitsschädliches Acrylamid mehr entsteht. Es hat bereits Freilandversuche und Test-Essen mit Verkostung gegeben. Simplot will die Kartoffel in fünf Jahren auf den Markt bringen.

In der Schweiz und in den Niederlanden forschen Wissenschaftler an cisgenen Apfelbäumen. Beispielsweise will man bei wichtigen Marktsorten durch den Einbau von bestimmten Apfelgenen eine Resistenz gegen eine der wichtigsten Apfelkrankheiten, den Apfelschorf, erreichen.

Nach der EU-Freisetzung-Richtlinie müssen auch die cisgenen Pflanzen als gentechnisch veränderte Organismen (GVO) zugelassen und gekennzeichnet werden. Das ist nicht in allen Ländern so, beispielsweise müssen cisgene Pflanzen in Australien weder besonders zugelassen noch gekennzeichnet werden.

Befürworter der Cisgenetik sehen in cisgenen Pflanzen kein Sicherheitsrisiko und halten sie für ebenso harmlos, wie konventionell gezüchtete Pflanzen (z.B. [Henk Schouten vom PRI Wageningen](#)). Sie begründen diese Haltung u.a. damit, dass keine artfremden Gene sondern nur Gene von kreuzungsfähigen Verwandten genutzt werden, die auch auf natürliche Weise durch Bestäubung übertragen werden könnten. Es könne daher auch kein artfremdes Erbgut auskreuzen.

Einige Wissenschaftler, u.a. Bernd Müller-Röber von der Universität Potsdam, fordern, cisgene Pflanzen rechtlich nicht als gentechnische Produkte zu behandeln, sondern genauso wie natürlich gekreuzte Sorten. Sie müssten dann kein gesondertes Zulassungsverfahren durchlaufen und brauchten nicht gekennzeichnet zu werden.

Aus Sicht von anderen Wissenschaftlern sollten die cisgenen Organismen genauso kritisch betrachtet werden wie die transgen erzeugten. Ihre Argumente:  
Die Methodik des Gentransfers unterscheidet sich nicht. Bei der Cisgenetik werden dieselben Transformationstechnologien wie bei der Transgenetik angewandt. Es gibt also keinen Unterschied in der Technik, sondern nur in der Herkunft des zu übertragenden Gens. Die genunabhängigen Riskiofaktoren bleiben bestehen:

- Bei der Gentechnik ist (in der Regel) nicht steuerbar, an welcher Stelle das künstlich übertragenen Gen eingebaut wird (Insertionsstelle).
- Je nach Position eines Gens in der DNA kann es unterschiedliche Effekte entfalten (Positionseffekte).
- Auch die Problematik der Kopienzahl und damit des Dosiseffekts bleibt bestehen.
- Durch die gentechnische Manipulation erfolgt ein Eingriff in die natürliche Stoffwechsellage des Organismus, der ggf. unerwartete Stoffwechselprodukte auslösen könnte, z.B. allergieauslösende Substanzen.

Einige Kritiker befürchten eine heimliche Einführung von cisgenen Pflanzen, denn Kontrollen auf cisgenes Erbgut stehen vor dem Problem, das die cisgenen Veränderungen kaum nachgewiesen werden können, da nur arteigene DNA verwendet wird.

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quellen:

[www.parlament.ch](http://www.parlament.ch)

[www.genwood.wordpress.com](http://www.genwood.wordpress.com)

[www.berlinonline.de](http://www.berlinonline.de)

[www.heise.de](http://www.heise.de)

Fact Sheet der Schweizer Arbeitsgruppe Gentechnologie SAG vom Oktober 2007

Handelsblatt vom 05.04.2007

Neue Züricher Zeitung vom 16.06.2008 "Nur Apfelfene in den Apfel"

Rheinischer Merkur vom 24.07.2008 "Gene ohne Monsterallüren"

## Chancen der Gentechnik aus Sicht der Befürworter

Befürworter der Gentechnik sehen die Arbeit an und die Einführung von gentechnisch veränderten Organismen als notwendige Antwort auf die ökonomischen, ökologischen und klimatischen Herausforderungen in Gegenwart und Zukunft. Sie halten es außerdem für erforderlich, dass sich der Wissenschaftsstandort Deutschland in dieser Frage nicht von der internationalen Forschung abkoppelt.

- **Gentechnisch erzeugte Pflanzen liefern höhere Erträge** durch frühere, höhere, regelmäßige, und sichere Erträge. Gentechnik ist damit unverzichtbar im Kampf gegen den Hunger in der Welt.
- **Gentechnik liefert Pflanzen für Problemstandorte** (z.B. durch den Einbau von Flundergenen kälteresistente Erdbeeren) und sichert bzw. erschließt damit Anbauflächen, die durch die Klimaerwärmung zunehmend extremer werdenden Bedingungen ausgesetzt sind.
- **Durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen reduziert sich der Pestizideinsatz**, d.h. man benötigt weniger Pflanzenschutzmittel und Insektizide. Pilzresistente Rebsorten, virusresistente Papaya, bakterienresistente Birnen, nematodenresistente Walnüsse, insektenresistente Bt-Äpfel, usw. garantieren dadurch eine umweltfreundlichere Produktion.
- **Herbizidresistente Pflanzen erleichtern das Unkrautmanagement**  
z.B. durch problemloses Freihalten der Baumstreifen von transgenen Äpfeln per Totalherbizid.
- **Gentechnisch veränderte Pflanzen sind dank veränderter Produkteigenschaften leichter und effizienter industriell zu verarbeiten**. Beispielsweise produziert die gv-Kartoffelsorte "Amflora" dank eingebauter Fremdgene fast nur noch die in der Klebstoffindustrie besser verwertbare Stärke Amylopektin, gv-Pappeln lassen sich dank veränderter Holzzusammensetzung leichter zu Papier verarbeiten, Wein dank gv-Hefen leichter filtrieren.
- **Gv-Pflanzen haben Zusatznutzen für die Verbraucher (Functional Food)**  
(z.B. gibt es einen kalorienreduzierten gv-Apfel oder Vitamin-A-haltigen gv-Reis).
- **Früchte von gv-Früchten reduzieren das Allergierisiko**  
(z.B. durch gv-Apfelsorten mit verändertem Polyphenolgehalt).
- **Gentechnisch erzeugte Früchte lassen sich besser transportieren und sind länger haltbar**  
(z.B. gv-Himbeeren oder als bekanntestes Beispiel die Antimatsch-Tomate "Flavr Savr").
- **Gv-Pflanzen und -Tiere wachsen schneller** und sind daher unverzichtbar für den immer wichtiger werdenden Markt der nachwachsenden Rohstoffe, für Bioenergie oder Wiederaufforstung bzw. für die Nahrungsmittelsicherheit (z.B. gv-Eukalyptus oder gv-Lachse).
- **Mit gv-Pflanzen, kann man die Stickstoffdüngung reduzieren**  
(z.B. durch Stickstoff-Fixierung / Stickstoff-Sammlung auch durch Nicht-Leguminosen).
- **Mit gv-Pflanzen kann man Minen suchen**  
(so zeigt die gv-Ackerschmalwand "Red Detect" Stickstoffdioxid aus TNT im Boden an).
- **Gv-Pflanzen kann man zur Schwermetallsanierung von verseuchten Böden einsetzen**  
(z.B. mit gv-Pappeln, die Schwermetalle binden können).
- **Gentechnik beschleunigt die Züchtung** und gewährleistet eine schnellere Pflanzenentwicklung.

## Risiken der Gentechnik aus Sicht der Gentechnik-Kritiker

Die Gentechnik ist ein noch junger Wissenschaftszweig. Trotz der inzwischen gelungenen Entschlüsselung einiger Genome und vieler weiterer Entdeckungen im Bereich der Biotechnologie, ist der Bereich der Genforschung immer noch ein Feld mit vielen Unbekannten. Langfristige, indirekte und komplexe Wirkungen sind nicht absehbar. Die Kritiker der Gentechnik sind daher mehrheitlich der Auffassung, dass gentechnische Experimente und gentechnisch erzeugte Organismen die Labore nicht verlassen sollten.

- **Gentechnisch veränderte Organismen können sich ungewollt auskreuzen und unkontrolliert ausbreiten.**

Insekten, Tiere, Wind und auch Menschen sind nicht kontrollierbar.

Da per Gentechnik erworbene Eigenschaften auf normalem Wege weitervererbt werden können, ist es möglich, dass transgene Pollen Blüten verwandter Kultur- oder Wildarten in benachbarten landwirtschaftlichen Flächen oder Wildpopulationen bestäuben. Daraus entstehende Früchte bzw. ihre Samenanlagen enthalten die gentechnisch veränderte Erbinformation.

Des Weiteren besteht die Gefahr der Vermischung von gentechnisch veränderten Ernteprodukten mit konventionell oder biologisch erzeugten Samen oder Früchten auf dem Transportweg und bei der Weiterverarbeitung (z.B. in Mühlen).

Gv-Pollen, gv-veränderte Samen, gv-Früchte, gv-Pflanzen und gv-Tiere werden weltweit verbreitet sein, denn das Ziel der Gentechnikzüchtung ist die Entwicklung von Marktsorten. Großflächiger Anbau von GVO bedeutet aber das massive Freisetzen von gentechnisch verändertem Erbgut in Natur und Umwelt.

Eine Koexistenz des Anbaus von gentechnisch veränderten mit konventionell oder ökologisch erzeugten Pflanzen ist nicht möglich. Das belegen Erfahrung aus den Ländern, in denen der Anbau transgener Pflanzen bereits in großem Maßstab durchgeführt wird. Einige Beispiele: In Mexiko wurden Gen-Mais-Konstrukte in abgelegenen Wildmaispopulationen gefunden. Auf Hawaii geben Bauern den konventionellen Papayaanbau, in Kanada den konventionellen Rapsanbau auf.

- **Gentechnik bedeutet Gefahr für die Biodiversität.**

Gentechnik bedroht die **Vielfalt der Kultursorten**.

Das Erbmaterial der Kultursorten kann durch transgene Pflanzen verunreinigt werden.

Gv-Pflanzen werden v.a. zum Anbau in Monokulturen entwickelt. In Monokulturen werden nur wenige Sorten (meist sogar nur eine einzige) angebaut.

Wie weit die Problematik für die Kultursortenvielfalt geht, ist anschaulich in Indien zu beobachten: Der mit dem Aufkauf fast aller einheimischen Saatguthersteller auf den indischen Markt getretene Gentechnikkonzern Monsanto, bestimmt auf diese Weise den Saatgutmarkt und damit das Angebot. Monsanto hat kein Interesse am Verkauf bäuerlicher Landsorten, sondern will seine gentechnisch modifizierten Sorten an die Bauern bringen.

Wie die Kultursortenvielfalt ist auch die **Vielfalt der Wildarten** durch die bereits genannte Auskreuzungsgefahr bedroht.

Eine weitere Gefahr entsteht beispielsweise durch das Ausbringen der im Paket mit herbizidresistenten gv-Pflanzen verkauften Totalherbizide. Dadurch ist die Vielfalt der Ackerwildkräuter bedroht.

Einige GVO haben selektive Vorteile gegenüber wildlebenden Populationen, dadurch könnte sich eine Verschiebung der Artenvielfalt ergeben, z.B. hat gv-Lachs aufgrund seines schnellen Wachstums und seiner hohen Aggressivität Vorteile gegenüber wildlebenden Lachsen. Sollten GVO-Lachse aus den Aquakulturen entkommen, ist mit einer Verdrängung der wildlebenden Arten zu rechnen. Auch gv-Pflanzen für Extremstandorte (z.B. mit Salz- oder Trockenheitstoleranz), könnten sich invasiv entwickeln und für die eigentlichen Pflanzengemeinschaften dieser Standorte zur Gefahr werden.



Der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen ist insbesondere für große Monokulturen geeignet. Monokulturen bedeuten Monotonie. Monokulturen haben ausgeräumte Landschaften zur Folge. Lebensräume für Pflanzen und Tiere gehen verloren. Dadurch ist auch die **Vielfalt der Lebensräume** bedroht.

Biodiversitätsfragen stellen sich z.B. auch bei der Freisetzung von blüten- oder pollenfreien Bäumen. Was passiert in einem solchen Lebensraum mit den nektar- und pollenabhängigen Insekten und den von ihnen abhängigen Arten?

- **Gentechnisch veränderte Organismen sind riskant für Natur und Umwelt**

Der Einsatz herbizidresistenter Pflanzen in Kombination mit (den mitverkauften) Totalherbiziden führt zu **Resistenzen bei Ackerbegleitkräutern**. In den Hauptanbauländern herbizidresistenter gv-Pflanzen ist es so gekommen, wie es befürchtet worden war. Erste Ackerbegleitkräuter haben bereits Resistenzen gegen diese Herbizide entwickelt. So wird inzwischen beispielsweise in den USA und Australien vom Auftreten von Wildkräutern mit Resistenz gegen Glyphosat (Wirkstoff des Totalherbizides RoundUp) berichtet. Diesen Pflanzen ist nur noch mit einem Mehreinsatz von verschiedenen Pestiziden beizukommen. Eines dieser "Superunkräuter" ist das hochallergieauslösende Traubenkraut (*Ambrosia artemisiifolia*).

Der Einsatz von Totalherbiziden bedeutet auch eine Gefährdung des Grundwassers.

Der Einsatz von insektenresistenten gv-Pflanzen wie dem Bt-Mais, der durch das per Gentechnik eingeschleuste **Bt-Toxin** (eine Gensequenz des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis*) sein eigenes Pflanzenschutzmittel produziert und an ihm knabbernde Schmetterlingslarven abtötet, ist in mehrfacher Hinsicht problematisch.

Die Bt-Expression erfolgt dauernd und nicht nur beim Auftreten von Schadorganismen. Neben dem eigentlich zu bekämpfenden Schädling - beim Mais ist dies z.B. der Maiszünsler - sind von der Bt-Pflanze auch sog. "Nichtzielorganismen" (z.B. andere Schmetterlingsarten) betroffen.

Über Wurzelausscheidungen und Ernterückstände kann es zu Anreicherungen im Boden kommen.

Die Wirkung des Bt-Toxins auf bodenlebende Organismen ist nicht hinreichend untersucht.

Durch die Daueranwendung wird die Förderung von Resistenzbildungen befürchtet. Erste Resistenzen konnten in den USA beim Baumwollkapselbohrer bereits beobachtet werden.

Eine solche Resistenzentwicklung ist für den Ökolandbau sehr problematisch, da dort der selektive Einsatz von *Bacillus thuringiensis* eine der wichtigsten Abwehrmaßnahmen gegen fressende Schadorganismen ist.

- **Gentechnisch erzeugte Lebens- und Futtermittel bergen die Gefahr von gesundheitlichen Risiken.**

Durch die Methoden der Gentechnik entstehen neue genetische Konstrukte mit neuen Eiweißen. Diese könnten neue Allergien auslösen.

Insbesondere bei den älteren GVP - aber auch noch bei neueren Züchtungen - werden Antibiotika-Resistenzgene als Marker zur Selektion genutzt. Hierdurch könnte es zu einer Zunahme weiterer Antibiotika-Resistenzen kommen.

Fütterungsversuche bei Ratten führten zu gesundheitlichen Schädigungen und es gibt Berichte darüber, dass gv-Tierfutter Krankheiten und Fruchtbarkeitsstörungen ausgelöst haben soll.

Auch das Bienensterben, sowie einige noch ungeklärte Krankheitsbilder wie die Morgellonsche Krankheit werden u.a. mit GVO in Verbindung gebracht.

- **Die bei der Transgenetik vorgenommene Überschreitung der Artgrenzen birgt unbekannte Risiken.**

Im Wege des horizontalen Gentransfers werden Artgrenzen in einer Form überschritten, wie dies auf natürlichem Weg niemals vorkäme. Niemand kann absehen, ob und welche Folgen das haben wird. Z.B. könnten per Gentechnik erworbene Gene durch horizontalen Gentransfer weitergegeben werden. So wäre es theoretisch denkbar, dass als Markergene verwendete Antibiotikaresistenz-Gene von einer transgenen Pflanze auf Boden- oder Darmbakterien übergehen.

- **Die gentechnisch erzeugten Konstrukte sind z.T. instabil** (z.B. transgene Pappeln). Das birgt Gefahren insbesondere bei den langlebigen Organismen, wie z.B. Gehölzen.
- **Im Labor erzeugte gentechnisch veränderte Organismen entstehen entkoppelt von ihrer natürlichen Umgebung.** Die daraus resultierende mangelnde Anpassung an die örtlichen oder regionalen Gegebenheiten könnte Probleme verursachen.
- **Gentechnik fördert monopolistische Strukturen**

GVP eignen sich vorwiegend für eine Form der Landwirtschaft mit Großbetrieben und Monokulturen. Dadurch wird die Industrialisierung der Landwirtschaft gefördert, kleinteilige abwechslungsreiche Kulturlandschaften und bäuerliche Kleinbetriebe und bäuerliche Traditionen bleiben auf der Strecke.

Im Agro-Sektor wird die Gentechnik-Branche durch einige wenige große Chemie- und Saatgutunternehmen dominiert, bei Gehölzen durch die Papier- und Zellstoffindustrie. Vom weltweit zweitgrößten Saatguthersteller, der Fa. Monsanto, stammen 90% der weltweit angebaute Genpflanzen. Monsanto ist damit fast Alleinanbieter bei GVP.
- **Es stellt sich die Frage: Wer hat das Hauptinteresse an der Gentechnik - und warum?**

Im Bereich der Agro-Gentechnik sind dies insbesondere die großen Saatgut-, Chemie- und Lebensmittelkonzerne. Für diese Firmen stehen rein wirtschaftliche Interessen im Vordergrund. Ökologische oder soziale Betrachtungsweisen werden nur vorgeschoben. Das Ziel dieser Konzerne ist Umsatzsteigerung, Gewinnmaximierung und shareholder value. Um eine umfassende Markteinführung der Gentechnik zu erreichen, wird zum Teil auch mit unlauteren Mitteln gearbeitet. Es wird beispielsweise kostenloses Gen-Saatgut verteilt oder Mitarbeiter werden in einflussreiche Regierungspositionen oder Beratergremien geschleust. Es stehen auch Bestechungsvorwürfe im Raum.
- **GVO unterliegen dem Patentrecht.**

Patente garantieren dem Rechteinhaber regelmäßige Lizenzeinnahmen und weitreichenderen Schutz als der Sortenschutz. Die meisten Patente für GVO befinden sich in den Händen weniger Konzerne. Sollte sich die Gentechnik weltweit durchsetzen, ist eine Beherrschung der Märkte - insbesondere im Bereich der Lebensmittelproduktion - durch einige wenige Konzerne absehbar. Wer GVO einsetzt begibt sich in diese Abhängigkeit.
- **Es gibt kaum unabhängige Studien zur Gentechnik.**

"Wes Brot ich eß, des Lied ich sing" - über 90% der Wissenschaftler stehen in Diensten der an der Forcierung der Gentechnik interessierten Konzerne. An einer Unabhängigkeit dieser Forscher bzw. an der in den meisten Forschungsergebnissen dargestellten Unbedenklichkeit von gentechnisch veränderten Organismen darf gezweifelt werden.

Die meisten Ziele der Gentechnik lassen sich mit den Mitteln der klassischen Züchtung erreichen. Dank der neuen Methode des "Smart Breeding" können die erzielten Züchtungsergebnisse auch schnell überprüft werden.

Der Wille der Bevölkerung in Deutschland, Europa und vielen anderen Ländern sollte berücksichtigt werden. Die Menschen lehnen insbesondere die Agro-Gentechnik überwiegend ab!

Der Verzicht auf den Einsatz der Gentechnik bedeutet Gentechnikfreiheit. Die könnte sich zukünftig als Standort- und einzigartiger Marktvorteil erweisen und den Ländern, die sich für diese Option entscheiden, langfristig einen ökonomischen Vorteil verschaffen.

### **Agrogentechnik – nicht kalkulierbar, nicht kontrollierbar, nicht versicherbar**

Der Verzehr von gentechnisch veränderter Nahrung durch Millionen von Menschen ist ein großes, unkontrolliertes Experiment mit ungewissem Ausgang. Durch den Einsatz von Agrogentechnik verursachte Schäden sind nichtversicherbar. Sie werden von der Versicherungswirtschaft also als ein höheres Risiko angesehen als Stürme, Hagel, Feuersbrünste oder Seuchen. Die Folgen in Ernährung und Landwirtschaft sind unkalkulierbar, unkontrollierbar und unwiderruflich, während ein Nutzen für die menschliche Gesellschaft nicht zu erkennen ist.

(Ökologischer Ärztebrief, März 2007)

### **Auch DDT war einmal sicher**

Plakat-Spruch 2007  
auf der Demonstration gegen Freisetzungsversuche bei der Genbank Gatersleben

### **Schöpfung oder Verfügungsmasse?**

Frage aus dem „Kirchenstandpunkt“ perspektive I 8 I 2005

Man kann Papier schöpfen, und Papier ist geduldig  
Man kann Wasser schöpfen – wie lange noch  
Man kann Luft schöpfen, aber sie wird immer schlechter  
Man kann Wesen schöpfen  
Mann?

M.A., 2007

### **Arten-Vielfalt statt Gen-Einfalt**

Slogan unbekannter Herkunft

### **Die Gentechnik-Lobby ist millionenschwer – Artenvielfalt ist unbezahlbar**

Slogan aus der Plakataktion von Compact!de in Berlin 2008

### **Weltlandwirtschaftsrat fordert Umorientierung**

Der industrielle Intensivanbau in Monokulturen und mit gentechnisch veränderten Pflanzen hat zwar die Produktion gesteigert, aber einfache Bauern, Arbeiter, ländliche Gemeinden und die Umwelt müssen den Preis bezahlen. Erforderlich ist deshalb die Umstellung auf eine multifunktionale Landwirtschaft, die den Erhalt und die Erneuerung der natürlichen Ressourcen wie Wasser, Böden, Wälder und Artenvielfalt in den Mittelpunkt rückt.

Ergebnisse der aktuellen Studie des Weltlandwirtschaftsrats (IAASTD)

Agrobacterium tumefaciens	Bodenbakterium, in der Gentechnik genutzt als Genfähre zur Übertragung fremder $\Rightarrow$ DNA in Zielorganismen; Verwendung v.a. bei zweikeimblättrigen Pflanzen
Allele	Unterschiedliche Varianten eines $\Rightarrow$ Gens an einer bestimmten Stelle auf einem $\Rightarrow$ Chromosom (z.B. für die Ausprägung der Blütenfarbe)
Antibiotika-Resistenzgen	Gen, das eine Widerstandsfähigkeit gegen Antibiotika vermittelt; wird als $\Rightarrow$ Markergen verwendet, um transformierte Organismen zu markieren. Es gibt verschiedene Gene, die eine Resistenz gegen jeweils bestimmte Antibiotika vermitteln. Besonders häufig: nptII-Gen (bakteriell natürlich vorkommend gegen Kanamycin, Neomycin)
Antheren	Staubgefäße der Blütenpflanzen.
Antisense-Technik	Methode zur Unterdrückung / Stilllegung von Genen. In die Zelle wird eine künstlich hergestellte komplementäre (= Antisense) RNA eingebracht. Diese lagert sich mit der Sense-RNA zu einem Doppelstrang zusammen. Dieser kann nicht abgelesen werden. Die Proteinproduktion ist somit unterbunden. $\Rightarrow$ RNAi / RNA-Interferenz
Arabidopsis thaliana	Ackerschmalwand Modellpflanze der Genetiker (wegen ihres überschaubaren und entschlüsselten Erbgutes)
Bacillus thuringiensis	Bodenbakterium, das ein für Fraßinsekten giftiges Kristallprotein bildet. Das Protein wird zunächst als ungiftiges Protoxin gebildet und erst im Darm bestimmter Fraßinsekten zum giftigen Bt-Toxin (Delta-Endotoxin). Es gibt etliche Bt-Stämme. Bacillus thuringiensis-Präparate sind ein wichtiges Mittel gegen schädigende Fraßinsekten im Ökologischen Landbau.
Barnase	Toxisches zum Zelltod führendes Enzym durch ein Gen des Bakterium Bacillus amyloliquefaciens (wird bei der Gentechnik u.a. zur Erzeugung von Pollensterilität z.B. bei Raps eingesetzt).
Biolistische Transformation	Methode zur gentechnischen Veränderung von 2-keimblättrigen Pflanzen: Beschuss der zu verändernden Zellen mit Wolfram- / Goldpartikeln, die mit der zu übertragenden DNA beschichtet sind
Biologischer Einschluss (Biologisches Containment)	Verfahren, um die fremde DNA in der Pflanze einzuschließen z.B. über die <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugung von Pollensterilität</li> <li>• Erzeugung von Pflanzen ohne männliche Blüten</li> <li>• Erzeugung von Samensterilität</li> <li>• Transformation von Plastiden statt Zellkernen (Pollen sind frei von Plastiden)</li> </ul>
Chromosom	Träger der Erbinformation im Zellkern, lange fadenförmige Gebilde aus DNA und Proteinen. Jede Art hat charakteristische Anzahl von Chromosomen (z.B. Weizen = 42, Mensch = 46, Karpfen = 104)
Cisgenetik	lateinisch: cis = diesseits Methode der Gentechnik, bei der Organismen im Labor Gene von verwandten Arten eingeschleust bekommen, z.B. der Einbau von Genen einer Wildapfelart in die Apfelsorte "Gala". $\Rightarrow$ Transgenetik
Co-Transformation	Zielgen und Markergen werden getrennt voneinander in die zu transformierende Zelle eingeschleust, mit dem Ziel des Einbaus der Gene an unterschiedlichen Stellen des Genoms
Differentielle Expression	Ausprägung von Transgenen nur in den gewünschten Pflanzenteilen
diploid	Jedes $\Rightarrow$ Chromosom liegt in zweifacher Ausfertigung vor. Säugetiere haben i.d.R. einen diploiden Chromosomensatz (mit Ausnahme der geschlechtsbestimmenden Chromosome X/Y)
Dosis-Effekt	Einfluss von Genen auf den Phänotyp Damit ein Gen seine Aufgabe erfüllen kann, muss genügend funktionsfähiges Genprodukt gebildet werden. Die Menge des Genproduktes wird von $\Rightarrow$ Allelen im $\Rightarrow$ Karyotyp des Organismus bestimmt. Eine zu hohe oder zu niedrige Gendosis kann zu phänotypischen Effekten führen. (Die Trisomie 21 beim Menschen ist ein Beispiel für eine um 50% erhöhte Gendosis)
DNA	= Desoxyribonukleinsäure (DNS), chem. Aufbau / stoffliche Grundlage der Erbinformation fungiert als Speicher, enthält die Baupläne Die Molekülstruktur der DNA wurde 1953 durch J. Watson und F. Crick entschlüsselt. Sie besteht aus zwei Nukleotidsträngen (Doppelhelix). Jeder der beiden Nukleotidstränge

	trägt die gesamte Erbinformation des Organismus. Die Verbindung der beiden Stränge erfolgt über die Basen Adenin (A), Cytosin (C), Guanin (G) und Thymin (T). Aufgrund ihrer komplementären Struktur kann die DNA sich bei der Zellteilung selbst verdoppeln.
Drosophila melanogaster	Schwarzbäuchige Taufliege, Fruchtfliege - Modelltier der Genetiker aufgrund ihres entschlüsselten Erbgutes und 2/3-Übereinstimmung der DNA mit der des Menschen.
EFSA	engl.: <b>E</b> uropean <b>F</b> ood <b>S</b> afety <b>A</b> uthority = Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (u.a. wissenschaftliche Risikobewertung der Lebens- und Futtermittelsicherheit in der EU)
Enzyme (alt: Fermente)	Enzyme enden alle auf -ase. Enzyme sind Biokatalysatoren. Sie erhöhen (drastisch) die Reaktionsgeschwindigkeiten biochemischer Prozesse. Es gibt mehrere 10.000. Sie sind hochspezialisiert (z.B. DNA-Polymerase repliziert DNA) Einsatz in der Molekularbiologie als Werkzeuge zum Zerschneiden und Zusammenfügen von DNA-Strängen. ⇒ Molekulare Scheren
Eucaryoten	Lebewesen mit echtem Zellkern
Expression	Jede Zelle eines Organismus enthält die vollständige Erbinformation, d.h. in jeder Zelle sind alle Gene vorhanden. Jedoch werden in einer Zelle nur ganz bestimmte Gene gebraucht und nur die werden "angeschaltet". Diese Aktivierung von Genen zur Anfertigung der dazugehörigen Proteine wird als Expression bezeichnet. Welche Aufgabe eine Zelle im Organismus übernimmt, hängt von den Genen ab, die in ihr exprimiert werden. Ein fremdes Gen in eine Zelle einzubringen, heißt noch lange nicht, dass es dort auch exprimiert werden kann. Eine Überexpression d.h. eine erhöhte Synthese einzelner Proteine kann hemmend oder gar tödlich wirken ⇒ Translation ⇒ Transkription ⇒ Gendosis ⇒ Dosisseffekt
FDA	engl.: Food and Drug Administration = US-amerikanische Behörde für Lebensmittel- und Arzneimittelsicherheit
Freisetzung	gezieltes Ausbringen von ⇒ gentechnisch veränderten Organismen in die Umwelt (vor der Zulassung bzw. Genehmigung zum Inverkehrbringen erfolgen in der Regel Freisetzungsversuche)
Functional Food	Lebensmittel mit Zusatzfunktion, z.B. Krankheitsvorbeugung, Immunstärkung, Verdauungsverbesserung. Auch Probiotika zählen zum Functional Food. Für Functional Food wird auch der Begriff Designer Food verwendet.
Gameten	Keimzellen für die geschlechtliche Vermehrung. Besitzen nur einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz.
Gen	Bestimmter Abschnitt auf der DNA (Sequenz), darunter ca. 1-2%, die die Informationen zur Synthese eines Proteins enthalten (Proteincodierende Gene). Der größte Teil der Gene betrifft regulatorische Einheiten. Die Funktion des größten Teils der Sequenzabschnitte ist bislang unbekannt.
Gendosis	gibt an, in welcher Menge ein funktionsfähiges Genprodukt vorliegt / gebildet wird. Die Menge ist u.a. abhängig von der Zahl der Genkopien in der Zelle.
Gene Silencing	Inaktivierung von Genen, basiert auf epigenetischen ("über" der DNA-Information liegenden) Regulationsmechanismen. Natürliche Mechanismen, mit deren Hilfe Pilze, Tiere und Pflanzen ihre eigenen Gene regulieren. Organismen können sich damit auch gegen fremdes Erbgutmaterial zur Wehr setzen. So werden Transgene, in Abhängigkeit vom Ort der Integration im Genom durch äußere Faktoren wie hohe Lichtintensität und Temperatur oder in bestimmten Entwicklungsstadien abgeschaltet (sog. ⇒ Positionseffekte) ⇒ RNA-Interferenz (RNAi) ⇒ Antisense-Technik
Gene Targeting	Methode, bei der gezielt ( <i>target</i> , engl. = Ziel) an einem bestimmten Ort im Genom gearbeitet werden kann. Es können Gene gezielt ausgeschaltet oder auch verändert werden. Wird in Bakterien, Hefen und auch bei der Maus bereits seit langem angewendet. Für Pflanzen wurde bisher keine effiziente Methode entwickelt.
Gen-Kanone	Methode des Gentransfers. Die zu übertragenden (fremde) DNA wird an winzige Gold- oder Wolframpartikel gebunden und mit hohem Druck in pflanzliches Gewebe oder einzelne Pflanzenzellen "geschossen". Die fremde DNA kann in das Erbgutmaterial im Zellkern eingebaut werden. Diese Methode wird bei vielen Kulturpflanzenarten angewendet, insbesondere bei einkeimblättrigen Pflanzen wie Weizen und Mais.
Genkopien	Die Anzahl der Genkopien in einer Zelle bestimmt die Menge des Genproduktes.
Genom	Vollständige Erbinformation eines Organismus

Genotyp	Gesamtheit der Gene eines Organismus / alle in der DNA codierten genetischen Informationen. ⇒ Phänotyp
Gentechnik	In Gewebe- und Zellkulturen wird Erbmateriale neu kombiniert oder ein gezielter DNA-Transfer vorgenommen.
Gentechnisch veränderter Organismus (GVO)	Nach deutschem Gentechnikrecht gilt ein Organismus als gentechnisch verändert, wenn sein genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie dies unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche ⇒ Rekombination nicht vorkommt.
GRAS	= <b>Generally Recognized as Safe</b> - von der ⇒ FDA als "sicher" eingestuft (u.a. bei GVO)
GURT	= <b>Gene Usage Restriction Technologies</b> zu den GURT-Technologien zählt die ⇒ Terminator-Technologie
GVO	Abkürzung für ⇒ Gentechnisch veränderter Organismus
heterogen	verschiedenartig
heterozygot	mischerbig, verschiedene ⇒ Allele eines Gens enthaltend
homogen, homolog	gleichartig
homozygot	reinerbig, die gleichen ⇒ Allele eines Gens enthaltend
Horizontaler Gentransfer (HTG)	Weitergabe bzw. Aufnahme genetischen Materials <u>außerhalb der sexuellen Fortpflanzung</u> und unabhängig von bestehenden Artgrenzen Abhängig von bestimmten Voraussetzungen ist ein horizontaler Gentransfer - etwa von einer Pflanze auf ein Bodenbakterium - grundsätzlich möglich, aber unter natürlichen Bedingungen selten.
Identifikations-Nummer (ID-Nr., Unique Identifier)	Jeder GVO erhält mit der Zulassung eine von der OECD entwickelte internationale Identifizierungsnummer. Durch diesen neunstelligen Code können Informationen zum GVO abgerufen werden. GVOs sollen dadurch jederzeit identifiziert werden können. Der Code soll auch der Rückverfolgbarkeit dienen.
Induktor	Chemischer Wirkstoff / Chemikalie (z.B. zum Ausschalten / Inaktivieren von Letal-Genen bei der Terminator-Technologie)
Inhibitor	Stoff, der eine Reaktion hemmt, verzögert, verhindert
in situ	"vor Ort"
in vitro	"im Glas" - Vorgänge unter experimentellen Bedingungen; Kultivierung im Labor d.h. ohne einen lebenden Organismus
in vivo	"im Leben" - Vorgänge im lebendigen Organismus unter natürlichen Bedingungen
Karyotyp	Chromosomensatz / Gesamtheit der Chromosomeneigenschaften eines Individuums
Kennzeichnungs-pflicht	Alle Lebensmittel, Zutaten oder Zusatzstoffe / Futtermittel / Saatgut, die aus GVO hergestellt sind oder GVO enthalten oder denen GVO absichtlich beigemischt wurde, müssen als "gentechnisch verändert" gekennzeichnet werden ("Enthält GVO") Ausnahme: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkte von Tieren die mit gv-Futter gefüttert wurden, müssen nicht gekennzeichnet werden (z.B. Fleisch, Milch, Eier von mit gv-Soja gefüttertem Vieh)</li> <li>• zufällige oder technisch unvermeidbare Beimischung von GVO müssen bis zu einem Schwellenwert von 0,9% bei Lebens- und Futtermitteln nicht gekennzeichnet sein</li> <li>• Verwendung von technischen Hilfsstoffen bei der Lebensmittelherstellung (z.B. gv Enzyme) müssen i.d.R. nicht gekennzeichnet werden</li> <li>• Verwendung von gv-Mikroorganismen bei der Lebensmittelherstellung (z.B. gv-Chymosin bei der Käseherstellung) müssen nicht gekennzeichnet werden</li> <li>• Zusatzstoffe, die mittels gv-Mikroorganismen hergestellt werden (z.B. mit gv-Mikroorganismen hergestelltes Glutamat) müssen nicht gekennzeichnet werden.</li> </ul>
Kennzeichnung "Ohne Gentechnik"	Produkte mit dieser Kennzeichnung garantieren GVO-Freiheit. Der Hersteller muss dies für die gesamte Produktionskette prüfen und nachweisen.
Marker	Genmarker, Markierungsgene. Künstlich hergestellte "DNA-Schnippel", die sich an spezifische Gen-Abschnitte anlagern.
Markergene	Dienen der Selektion erfolgreich gentechnisch transformierter Organismen. Oft Antibiotika-Resistenz-Gene <u>Alternative Marker</u> : Herbizid-Resistenz-Gene, PMI-Gen (Pflanzen können damit den Zucker "Mannose" verwerten), Gene für die Produktion von Eiweißen, die Schwermetalle binden, optische Marker (z.B. GFP-Gen- lässt gv-Pflanzen unter UV Licht grün leuchten. Zusätzliche Möglichkeit: Entfernung der Markergene nach Gebrauch: ⇒ Molekulare Scheren.

"Molekulare Scheren"	Genetische Mechanismen, die bestimmte Gene aus dem Genom ausschneiden. Der Schneidmechanismus wird von außen aktiviert Molekulare Scheren (z.B. cre/lox-Rekombinationssystem) werden zum Beispiel eingesetzt, um ⇒ Markergene nach erfolgreicher Selektion der transformierten Pflanzenzellen zu entfernen
Monsanto, St. Louis, Missouri, USA	US-amerikanischer Konzern, zweitgrößter Saatgut- und größter Gensaatgut-Hersteller der Welt; 90% aller weltweit angebaute Genpflanzen stammen von Monsanto einige Produkte von Monsanto: RoundUp Ready-Sorten, MON-Maise, New Leaf-Kartoffeln Flavr Savr-Anti-Matsch-Tomate, Bollgard Baumwolle, Agent Orange
Mutation	Ungerichtete Veränderung im Genom an zufälliger Stelle. Erfolgt in der Natur spontan, wird in der Züchtung künstlich durch mutagene Chemikalien oder Strahlung erzeugt. (Insertion = zusätzlicher Einbau eines DNA-Stückes; Deletion = Entfernung eines DNA-Stückes; Inversion = Umkehr eines DNA-Stückes)
Novel Food	Neuartige Lebensmittel (z.B. das fettarme Schnitzel aus Pilzeiweiß aber auch in Europa unbekannte Pflanzen wie Stevia rebaudiana). GVO fallen nicht unter die Novel Food Verordnung der EU.
Nutraceuticals	<i>nutrition</i> = Ernährung und <i>pharmaceutical</i> = Pharmazeutikum. Nutraceuticals werden gleichgesetzt mit dem Begriff ⇒ Functional Food.
Operator	DNA-Bindestelle für ein Repressorprotein. An-/Aus-Schalter für die Gen-Expression.
Parthenokarpie	Fruchtbildung ohne vorherige Befruchtung, samenlose Früchte
PCR	engl.: Polymerase Chain Reaction = Polymerase-Kettenreaktion Methode, um die Erbsubstanz ⇒ DNA ⇒ in vitro zu vervielfältigen. Die PCR wird in biologischen und medizinischen Laboratorien für eine Vielzahl verschiedener Aufgaben verwendet (Erkennung von Erbkrankheiten und Virusinfektionen, für das Erstellen und Überprüfen genetischer Fingerabdrücke, für das Klonieren von Genen und für Abstammungsgutachten). ⇒ Smart Breeding
Phänotyp	Äußere Merkmale eines Organismus. Nur diejenigen Gene, die in Proteine umgesetzt werden (⇒ Expression) sind an der Ausprägung des Phänotyps beteiligt. ⇒ Genotyp
Pharma Crops	(Gv-)Lebensmittel mit (pharmazeutischem) Zusatznutzen (z.B. die "Impf-Banane")
Plasmide	kleine ringförmige DNA-Moleküle, die in Bakterien zusätzlich zur Haupterbinformation vorkommen. Sie können sich eigenständig vervielfältigen. In der Gentechnik dienen Plasmide als ⇒ Vektoren und Genfähren
Plastiden	Zellorganellen (z.B. Chloroplasten, Proplastiden, Leukoplasten, Chromoplasten) grüner Pflanzen und Algen. Sie existieren nur bei Eukaryonten, die Photosynthese betreiben. Die DNA der Plastiden wird bei der Vermehrung - etwa über Pollen - im Allgemeinen nicht weitergegeben.
Pollen	aus den Staubbeuteln von Blütenpflanzen stammende, als männliche Geschlechtszellen der Bestäubung dienende mikroskopisch kleine Teilchen Bestäubung über Wind (z.B. bei Wal- + Haselnuß) oder Insekten (z.B. durch Bienen, Wespen, Schmetterlinge, Fliegen, Käfer, Fledermäuse, Nektarvögel, Fledermäuse, Kletterbeutler)
Positionseffekt	Die Lage eines Gens auf der DNA beeinflusst seine ⇒ Expression. Ein Positionseffekt kann immer auftreten, wenn ein Gen in ein ⇒ eukaryotisches Genom eingebunden wird
Promotor	DNA-Sequenz, gewebespezifisches Steuerelement, genetischer Schalter / Gen-Schalter. Bindestelle für die (DNA-abhängige) RNA-Polymerase
Protein	Eiweiß, "Grundstoff des Lebens" Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaute Moleküle, die Form und Aufbau der Zellen sowie die biochemischen Prozesse des Stoffwechsels bedingen
Protoplasten	Zellwandfreie, membranumgrenzte, stoffwechselaktive Einzelzellen, die in der Lage sind Zellwand aufzubauen. Sie werden i.d.R. aus zerkleinerten Pflanzenteilen durch zellwandabbauende Enzyme erzeugt und können über Kalluskulturen wieder zu vollständigen Pflanzen regeneriert werden. ⇒ Protoplastenfusion
Protoplastenfusion	Methode der Pflanzenzüchtung ⇒ Protoplasten aus zwei verschiedenen Ausgangslinien werden auf elektrischem Wege miteinander verschmolzen.

RNA	= engl.: Ribonucleic acid = Ribonukleinsäure, wichtige Substanz für die Umsetzung / Übersetzung / Transport / Übertragung der Erbinformation. Im Gegensatz zur ⇒ DNA = einzelner Strang und anstelle der Base Thymin = Uracil. Es gibt verschiedene RNA mit verschiedenen Aufgaben, z.B. die mRNA = Messenger-RNA oder Boten-RNA bringt die genetische Information aus dem Zellkern zu den Ribosomen, dem Ort in der Zelle, wo die Proteine gebildet werden; oder die miRNA = micro RNA erfüllt wichtige Funktionen bei der Regulation von zellulären Prozessen.
RNA-Interferenz (RNAi)	Komplexer natürlich vorkommender molekularbiologischer Mechanismus, der zum Abschalten von Genen in Zellen führt, also Gene still legt. Er dient v.a. zur Abwehr fremder RNA (z.B. von Viren). RNAi wurde erst 1999 entdeckt. Der Mechanismus funktioniert bei fast allen höheren Organismen.
Rekombinase	Molekulares Werkzeug zur nachträglichen Entfernung unerwünschter DNA-Abschnitte. ⇒ Enzyme.
Rekombination	"Neue Arrangements der Gene" Mikrobiologische Verfahren mit denen Gene in eine fremde Spezies eingeführt werden. Artgrenzen stellen dabei keine Barriere dar.  Die Rekombination oder Umorganisation innerhalb von DNA-Molekülen ist ein natürlicher, vom Zufall abhängiger Vorgang. Er ist die Grundlage für die Entstehung genetischer Variabilität und ein wesentlicher Faktor der Evolution. Es sind verschiedene Vorgänge bekannt, die zu einer genetischen Rekombination führen, u.a.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Homologe Rekombination (HR): gleiche oder nahezu gleichartige DNA-Abschnitte eines ⇒ Chromosoms tauschen untereinander Teile aus</li> <li>• Nicht homologe Rekombination: es werden "fremde" DNA-Bruchstücke eingefügt. Dies geschieht etwa durch ⇒ "springende Gene" (Transposons).</li> </ul> Die Gentechnik nimmt Rekombinationen ganz gezielt vor. Bestimmte Abschnitte der DNA werden herausgeschnitten und in neuer Kombination wieder zusammengefügt. Gentechnisch zusammengefügte DNA-Moleküle heißen "rekombinierte DNA" oder "rekombinante DNA"; die davon abgelesenen Proteine "rekombinante Proteine".
Reporter-Gene	Werden zum Screening auf die Genaktivität genutzt. I.d.R. codieren diese Gene Enzyme, deren Aktivität über die exprimierten Endprodukte im Transformaten gut nachweisbar sind. (⇒ Marker-Gen) Ein fluoreszierendes Reporter-Gen, beweist z.B. den erfolgreichen Ausbau eines Markergens (zur Selektion), durch das es vorher blockiert wurde.
Repressor	Schaltet Gen ab.
Segregation	lat.: <i>segregare</i> = entfernen, trennen. Begriff für die Trennung / Aufspaltung der homologen ⇒ Chromosomen / Erbanlagen bei der Reifeteilung (Meiose) bzw. die Aufteilung von ⇒ Plasmiden in Tochterzellen bei der Zellteilung
Selektion	⇒ In-vitro-Auslese von Zellen und Pflanzenkalli mit pflanzentoxischen Reagenzien wie Antibiotika, Toxinen, Herbiziden ⇒ Genmarker
Silencing	Stillschalten / Stilllegen ⇒ Gene silencing, ⇒ Antisense-Technik
Smart Breeding Marker-gestützte Selektion Präzisionszucht	SMART = " <b>S</b> election with <b>M</b> arkers and <b>A</b> dvanced <b>R</b> eproductive <b>T</b> echnologies. Form der Pflanzenzüchtung, die die Labortechnik nutzt Vor dem Kreuzen wird das für eine bestimmte Eigenschaft verantwortliche Gen oder eine Genvariante mit Hilfe von molekularen ⇒ Markern, die sich an spezifische Genabschnitte heften mittels molekularbiologischer Verfahren (DNA-Sequenzierung / ⇒ PCR ⇒ Southern Blot) genau identifiziert. Die Nachkommen einer Kreuzung können dann, noch bevor das eigentliche Merkmal an einem veränderten äußeren Erscheinungsbild zu erkennen ist, auf das Vorhandensein der eingekreuzten Gene untersucht werden. Nur die Pflanzen, die das gewünschte Gen enthalten, werden weiterkultiviert. Der Firma HortResearch, Neuseeland, gelang mit dieser Technik die Entwicklung einer Apfelsorte mit rot gefärbten Fruchtfleisch (durch Kreuzung eines rotfleischigen Wildapfels mit süßen Kulturapfelsorten) .



Southern Blot	Molekularbiologische Untersuchungsmethode für DNA. Ermöglicht den schnellen Nachweis einer Gensequenz in einer komplexen DNA (z.B. dem gesamten Genom eines Organismus), ohne dass dazu sämtliche Sequenzen der DNA entschlüsselt werden müssen. ⇒ PCR, ⇒ Smart Breeding
Springende Gene (Transposons)	Transposons können ihre Position im Genom ändern und an verschiedenen Stellen "hineinspringen". Die Orte, an denen Transposons in das Genom integriert werden, sind in der Regel zufällig. Ein Großteil der natürlichen ⇒ Mutationen wird durch Transposons verursacht. Sie sind selten, kommen aber in allen Organismen vor. Transposons sind - vermutlich stressausgelöst - vermehrt bei Pflanzen in In-vitro-Kulturen zu beobachten.
Sterilität	Unvermögen, Nachkommen hervorzubringen. Pflanzliche Gene werden über Pollen und Samen bzw. Früchte weiterverbreitet. Bei sterilen Pflanzen unterbleibt die Ausbildung von Pollen / Blüten / Samen. Männlich und weiblich sterile Pflanzenformen sind bei einigen Kulturarten verfügbar. Sterile Pflanzenlinien bieten sich z.B. zur Sicherung von Patentrechten, der Verhinderung ungewollter oder unkontrollierter Auskreuzung und in der Hybridzüchtung (männlich sterile Linien können unerwünschte Selbstbestäubung der Pflanzen verhindern) an.
Terminator-Technologie	In den USA entwickelte Technologie zum Schutz des geistigen Eigentums Die mittels Gentechnik entwickelten Terminator-Pflanzen können nur einmal keimen. ⇒ Sterilität
Ti-Plasmid	engl.: Tumor inducing = Tumor induzierende Plasmid Gene des Ti-Plasmides ermöglichen es Agrobakterien ⇒ DNA in Pflanzenzellen zu übertragen und diese genetisch zu verändern. Sie lösen tumorartige Wucherungen und damit Pflanzenkrankheiten aus. Dies nutzt die Gentechnik und verwendet Ti-Plasmide als Gen-Fähren. ⇒ Agrobacterium tumefaciens, ⇒ Vektor
Transformation	Genetische Veränderung einer Zelle durch Aufnahme oder Einschleusen fremder DNA. Durch die gentechnische Veränderung erhält die transformierte Zelle (Transformat) einen neuen ⇒ Genotyp und durch die Aktivierung der eingeführten Gene auch einen neuen ⇒ Phänotyp.
Transgenetik	Methode der Gentechnik, die sich mit der Einschleusung artfremder genetischer Informationen beschäftigt. (Bsp.: Einbau von Flundergenen in Erdbeeren um Kältetoleranz zu erzeugen).
Transkapsidierung auch: Heterologe Enkapsidierung	Bildung „neuer“ Viren durch die Umhüllung eines Virus mit dem Hüllprotein eines anderen Virus. Die Transkapsidierung ist ein natürlicher Vorgang und kann bei der Mischinfektion von Pflanzen mit verschiedenen Virusstämmen auftreten. Viren werden u.a. durch Insekten wie Blattläuse übertragen. Hüllproteine sind für die Übertragungsart eines Virus verantwortlich sind. Im Fall einer heterologen Enkapsidierung kann die Übertragungsart verändert werden. So könnten z.B. Viren, die bisher nicht durch tierische Überträger weitergegeben wurden, jetzt durch solche übertragen werden. Dieser Effekt tritt nur während einer Virusgeneration auf. Da das Virusgenom nicht verändert wird, sondern nur die Virushülle ausgetauscht wird, werden bei der nächsten Virusgeneration wieder die arteigenen Hüllproteine gebildet.
Transiente Expression	Fremdgene (Transgene) bzw. die von ihnen gebildeten Enzyme sind nur in einem bestimmten Zeitraum in der Pflanze aktiv, z. B. das transiente Cre/loxP-Rekombinationssystem
Transkription	Erster Schritt der Genexpression: Ablesen der Erbinformation von der ⇒ DNA und Umsetzung in ⇒ RNA
Translation	Zweiter Schritt bei der ⇒ Expression von Genen: Übersetzung der mRNA ("Messenger-RNA) in ⇒ Proteine
Transposon	⇒ Springende Gene
Vektor	Transportmolekül für fremde DNA-Segmente, auch Gen-Taxi, Gen-Sänfte, Gen-Fähre, Schleuser-Molekül genannt. Erlaubt den Einbau beliebiger Gene oder Regulatorsequenzen. Für die ⇒ Transformation von Pflanzen gibt es Eukaryotische Vektoren z.B. ⇒ Ti-Plasmide (⇒ Agrobacterium tumefaciens) für zweikeimblättrige Pflanzen und Pflanzenviren meist für Einkeimblättrige (z.B. Blumenkohl-Mosaikvirus für Kreuzblütler und Geminiviren für Mais und Weizen).

Vertikaler Gentransfer	<u>Kreuzung</u> zweier Pflanzen auf <u>sexuellem</u> Wege
Virales Hüll-Protein	Die Hülle eines Virus besteht aus Protein. Die Übertragung von Genen für das Hüllprotein des jeweiligen Virus sollen in den so behandelten Pflanzen eine Resistenz gegen dieses Virus erzeugen.
Viren-Resistenz	Virenbefall im Pflanzenreich ist nur schwer zu bekämpfen. Pflanzenschutzmittel sind gegen Viren in der Regel unwirksam. Gegen die Überträger von Viren, etwa Blattläuse, werden in einigen Fällen chemische Mittel eingesetzt. Bei einigen Pflanzenarten ist es gelungen, auf konventionellem Weg virusresistente Sorten zu züchten. Gentechnische Versuche zur Erzielung von Virenresistenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertragung von Genen für das ⇒ Hüllprotein (Standardverfahren)</li> <li>• Verhinderung der Verbreitung von Viren in der Pflanze / Unterbindung der Vermehrung der Viren</li> <li>• Übertragung antiviraler Proteine von bestimmten Pflanzen auf Kulturpflanzen.</li> </ul>
ZKBS	= <b>Z</b> entrale <b>K</b> ommission für die <b>B</b> iologische <b>S</b> icherheit, ehrenamtliches Experten- / Beratergremium zu Biosicherheitsfragen

Autorin: Martina Adams, Weilburg, Pomologen-Verein e.V.

Quellen:

[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)

[www.transgen.de](http://www.transgen.de)

[www.umweltinstitut.org](http://www.umweltinstitut.org)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.profil.iva.de](http://www.profil.iva.de)

[www.uni-leipzig.de](http://www.uni-leipzig.de)

[www.dev-biologie.de](http://www.dev-biologie.de)

[www.online-media-uni-marburg.de](http://www.online-media-uni-marburg.de)

[www.ihg2.helmholtz-muenchen.de](http://www.ihg2.helmholtz-muenchen.de)

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) "Die Grüne Gentechnik – Ein Überblick", 2008

Informationen des BVL zum neuen Gentechnikrecht 2008

Gassen/Minol "Gentechnik", 4. Aufl. 1996, Fischer Verlag

LfL Bayern

Das Jahr 2008 ist ein wichtiges Jahr für die Biodiversität. In Bonn fanden im Mai mit der COP 9 und MOP 4 zwei wichtige UN-Konferenzen statt, im September folgt ein Symposium über Biotechnologie bei Obst in Dresden.

Biodiversität bedeutet Biologische Vielfalt, Verschiedenartigkeit, Vielfalt von Arten und Lebensgemeinschaften. Das Abkommen über die Biologische Vielfalt (CBD) definiert Biodiversität als die Vielfalt der Arten, Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt von Ökosystemen.

Im Bereich des Obstbaus erfordert die Bewahrung der Biodiversität zum einen die **Erhaltung der Sortenvielfalt** im Bereich der Kultursorten, zum anderen aber auch die **Bewahrung der Wildarten und der obstgeprägten Lebensraumgemeinschaften** wie insbesondere der Streuobstwiesen, die als reich strukturierte Landschaftsräume mit über 5.000 Tier- und Pflanzenarten zu den artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas zählen.

Zur Erhaltung der Sortenvielfalt beim Obst benötigen wir **zentrale und dezentrale Genbanken** und Sortengärten. Es muss schnell etwas getan werden, um dem fortschreitenden Obstsortensterben entgegenzusteuern, denn die alten Sorten sind ein Garant für genetische Diversität im Obstbau, die es zu bewahren gilt.

Die Vielzahl unserer Kultursorten hat sich insbesondere durch **Auslese** und **Züchtung** entwickelt. Weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit spielt bei der Weiterentwicklung der Obstsorten inzwischen auch die **Gentechnik** eine immer größere Rolle. Weltweit wird diesbezüglich an nahezu allen Obstarten geforscht - von Apfel, Birne, Cranberry bis Zitrone. Gentechnisch veränderte Papayas werden in den USA und Kanada seit 1996 kommerziell genutzt.

Mit Hilfe der Gentechnik werden im Labor Organismen produziert, indem - meist artübergreifend (transgen) - Gene miteinander kombiniert werden, wie dies in freier Wildbahn oder bei konventioneller Züchtung niemals vorkäme. Es werden Kreuzungspartner zusammengebracht, die sich in der Natur nicht verbinden könnten. So soll z.B. ein Protein der Seidenraupe der Erzielung von Feuerbrandresistenz bei Kernobst oder ein Gen der Flunder zur Erzielung von Kälteresistenz bei Erdbeeren dienen.

Durch den Einsatz der Gentechnik entstehen **neue genetische Konstrukte und in Folge neue Stoffverbindungen**. Die Auswirkungen dieser neu geschaffenen Organismen auf Natur, Umwelt und die menschliche Gesundheit kennen wir nicht. Langzeituntersuchungen über die Auswirkungen dieser noch jungen Technik fehlen.

Wir meinen

- Die **Risiken** des Einsatzes von Gentechnik im Obstbau - wie auch generell im Pflanzenbau - **sind nicht absehbar**.

Sie reichen von der Gefahr unkalkulierbarer Effekte bei der Verwendung und Kombination artfremder Gene, über unbekannte Nebenwirkungen auf Nichtzielorganismen, auf Bodenorganismen oder auf die menschliche Gesundheit, von der Entstehung von neuem Allergiepotezial oder neuer Resistenzen bis hin zur nicht kalkulierbaren, ungewünschten Ausbreitung von gentechnisch verändertem Erbmateriale in der Natur und Umwelt. Bestäubende Insekten, fressende Tiere, Wind oder Sturm und auch den Menschen kann man nicht kontrollieren. Gentechnisch veränderte Pollen können unkontrolliert auskreuzen, gentechnisch veränderte Pflanzen können sich vegetativ ausbreiten, gentechnisch veränderte Früchte, werden für den Weltmarkt produziert, die in ihnen enthaltenen Erbinformationen werden so in die Welt getragen.

- Die These, dass die Gentechnik eine Lösung für derzeitige und kommende ökologische, ökonomische und klimatische Herausforderungen darstelle, könnte sich angesichts der unkalkulierbaren Risiken in die Richtung umkehren, dass die Auswirkungen dieser Technologie die ökologischen und ökonomischen Herausforderungen noch verschärfen
- Die Risiken der Gentechnik sind in jedem Falle höher zu bewerten als die Chancen. Dies umso mehr, als **langfristige Studien** völlig **fehlen** und bei langlebigen und viel Raum beanspruchenden Gehölzen, wie wir sie im Obstbau überwiegend finden, auch kaum realistisch vorstellbar sind
- Gentechnisch veränderte Pflanzen bedeuten eine **Gefahr für die Arten- und Sortenvielfalt**
- Die Züchtungsziele im Obstbau sind mit den Mitteln der klassischen Züchtung erreichbar. Insbesondere die alten Sorten liefern als Züchtungspartner wertvolle Eigenschaften für Resistenzzüchtung, Lagereigenschaften, Allergiepotential, etc. oder müssen neu entdeckt werden
- Forschungsgelder, die bisher in Projekte zur Gen- und Sicherheitsforschung fließen, könnten im Sinne der Biodiversität viel wirkungsvoller eingesetzt werden.
- Umfragen in Deutschland und der EU zeigen immer wieder, dass die Bevölkerung gentechnisch veränderte Lebensmittel ablehnt. Gentechnikfreiheit bietet also einen einzigartigen Standort- und Marktvorteil - einen "unique selling point". Deutschland und die EU könnten **sich mit dem Verzicht auf den Anbau und der Einfuhr von GVO-Produkten langfristig einen ökonomischen Vorteil verschaffen!**

Wir fordern die Bundesregierung und die Europäische Union daher auf, ihr Bemühen um Biodiversität und die Umsetzung der UN-Übereinkommen über die biologische Vielfalt ernst zu nehmen und auf Gentechnik im Obstbau, aber auch bei anderen Gehölzen, im Zierpflanzenbau und in der Landwirtschaft zu verzichten.

Die Erlaubnis gentechnischer Versuche und Anwendungen bei Pflanzen muss auf den Bereich der Labore beschränkt werden. **Eine Aussetzung im Freiland darf nicht mehr zugelassen werden.** Bereits freigesetzte Bestände müssen vernichtet werden.

Die Bestimmungen über Grenzwerte für Verunreinigungen müssen geändert werden. **Wer Grenzwerte festsetzt, nimmt eine schleichende Verunreinigung in Kauf.** Wo "Gentechnik frei" drauf steht, muss auch zu 100 % gentechnikfrei drin sein.

Auch die Praxis der Einfuhr gentechnisch veränderter Produkte muss überdacht werden.

Angesichts der hohen Risiken, **muss die Haftungsfrage** (auch für bereits aufgetretene Schädigungen) **eindeutig dem Verursacher zugerechnet werden.** Es darf sich im Bereich der Gentechnik nicht das wiederholen, was auf anderen wirtschaftlich bedeutsamen Feldern, wie z.B. der Kernenergie oder ganz aktuell der Bankenbranche bereits Realität geworden ist, dass nämlich Chancen - sprich Gewinne - den Unternehmen und Konzernen zugute kommen, Risiken oder Verluste aber sozialisiert, also von der Gemeinschaft getragen werden - und im Falle der Gentechnik zusätzlich auf Kosten von Natur, Umwelt und Biodiversität sowie der menschlichen Gesundheit.

Weilburg, den 21. Juni 2008

die VerfasserInnen (für die Arbeitsgruppe Gentechnik im Pomologen-Verein):  
Martina Adams, Weilburg, Sabine Fortak, Königslutter, und Hans-Joachim Banner, Bielefeld  
mit Unterstützung von Dr. Bettina Orthmann, Darmstadt, und Dr. Eva Gelinsky, Göttingen

Die ausführliche Fassung der Position des Pomologen-Verein e.V. zu Biodiversität und Gentechnik im Obstbau finden Sie im Internet unter [www.pomologen-verein.de](http://www.pomologen-verein.de) bzw. erhalten Sie bei der Bundesgeschäftsstelle c/o Joachim Brauss, Deutscherherrenstraße 94, 53177 Bonn, Tel. (0228) 336 11 93, Fax (0228) 18 07 34 25, [info@pomologen-verein.de](mailto:info@pomologen-verein.de)

## **Jahr der Biodiversität**

Das Jahr 2008 ist ein wichtiges Jahr für die Biodiversität.

Biodiversität bedeutet Biologische Vielfalt, Verschiedenartigkeit, Vielfalt von Arten und Lebensgemeinschaften. Das Abkommen über die Biologische Vielfalt (CBD) definiert Biodiversität als die Vielfalt der Arten, Vielfalt innerhalb der Arten und die Vielfalt von Ökosystemen.

In Deutschland fanden im Mai 2008 bedeutende Veranstaltungen zu diesem Themen-Komplex statt. Hier sind insbesondere zwei UN-Konferenzen zu nennen: die 4. Vertragsparteien-Konferenz des Cartagena-Protokolls (MOP 4) und die 9. Internationale Vertragsstaatenkonferenz der Konvention über Biologische Vielfalt (COP 9). Bei diesen UN-Tagungen ging es insbesondere um die Sicherstellung der globalen Biodiversität und der biologischen Ressourcen, den Schutz der Vielfalt, den Zugang zu genetischen Ressourcen und Fragen zu Standards und Haftung im Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO).

Weitere Termine waren u.a. Demonstration und Festival unter dem Motto Planet Diversity am Pfingstmontag und der Vielfaltsmarkt der Nichtregierungsorganisationen (NGOs) vom 19. bis 21. Mai in Bonn, sowie viele Vorbereitungskonferenzen im Vorfeld.

Eine weitere wichtige Tagung zum Thema Gentechnik findet vom 1. bis 5. September in Dresden-Pillnitz statt - und zwar ein Internationales Symposium zur Biotechnologie bei Obst.

Für den Pomologen-Verein e.V., der sich insbesondere dem Ziel der Erhaltung der Obstarten und Obstsorten verschrieben hat, ist dies Anlass genug, sich mit dem Thema Biodiversität und Gentechnik im Obstbau ausführlicher zu beschäftigen.

Erhaltung der Biodiversität bedeutet angesichts der Meldungen über weltweit beschleunigtes Artensterben eine besondere Herausforderung. Die neuesten Zahlen der Weltnaturschutz-Union sehen 16.306 Spezies als gefährdet an, darunter 70% aller erfassten Pflanzenarten. [WWF-Report 4/2007]. Allein in den letzten Jahren 2000 bis 2006 stieg die Zahl der bedrohten Pflanzenarten von 5.611 auf 87.390 [www.IUCNredlist.org].

Im Bereich des Obstbaus erfordert die Bewahrung der Biodiversität zum einen die **Erhaltung der Sortenvielfalt** im Bereich der Kultursorten, zum anderen aber auch die **Bewahrung der Wildarten und der obstgeprägten Lebensraumgemeinschaften** insbesondere der Streuobstwiesen, die als reich strukturierte Landschaftsräume mit über 5.000 Tier- und Pflanzenarten zu den artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas zählen.

Zur Erhaltung der Sortenvielfalt beim Obst benötigen wir zentrale und dezentrale Genbanken und Sortengärten - und zwar in viel höherem Maße als zur Zeit erkennbar.

Es wird zu wenig getan, um dem fortschreitenden Obst-Sortensterben entgegenzusteuern. Mit dem Absterben alter Obstbäume verlieren wir jeden Tag Apfel- / Birnen- / Kirschen- Mirabellen-Sorten, etc. In vielen Fällen wissen wir nicht einmal, was wir überhaupt verlieren.

Die alten Sorten sind jedoch ein Garant für genetische Diversität im Obstbau. Wir brauchen diese Diversität auch aus wirtschaftlichen Gründen. Denn "niemand kann heute vorhersagen, welche Eigenschaften (einer Sorte, Anm. d. Red.) plötzlich von Interesse sein können, wenn Schädlingskalamitäten auftreten, Klimaveränderungen zu verändertem Auftreten von Schadorganismen führen, die Ernährungsgewohnheiten sich ändern oder ähnliches". [Prof. Manfred Fischer, Genbank Obst, 2003].

Noch haben wir eine große Sortenvielfalt, aber sie ist in Gefahr.

Das vorhandene Genreservoir ist also unverzichtbare Grundlage für die Obstzüchtung.

## Züchtungsmethoden

Die heute vorhandene Mannigfaltigkeit der Obstsorten ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen: auf eine frühe Bastardisierung von Gattungen innerhalb der Rosengewächse, durch Ungleicherbigkeit (Heterozygotie) in den Erbanlagen (verstärkt durch Selbstunfruchtbarkeit), durch Mutationen und später durch bei Kreuzungen zufällig auftretende Vervielfachungen des Chromosomensatzes [Lucas, „Anleitung zum Obstbau“, 1992].

Die Vielzahl unserer Kultursorten – darunter auch viele regional angepasste Sorten – hat sich zunächst durch Auslese zumeist von Zufallssämlingen entwickelt. Seit mindestens 250 Jahren erfolgt ein internationaler Austausch von Sorten und damit genetischem Material. Gezielt gezüchtet wird seit dem 19. Jahrhundert.

Auch die Sorten, die wir heute als „alte“ Sorten besitzen und erhalten müssten, sind als Zufallssämlinge oder als Ergebnis gezielter Züchtung entstanden. Selbstverständlich brauchen wir auch in Zukunft – gerade unter veränderten Umwelt- und Klimabedingungen – neue Entwicklungen bei den Kulturobstsorten. Die Frage stellt sich aber, welchen Weg wir dahin nehmen wollen.

Die klassische Züchtung umfasst die bereits erwähnte Methode der **Auslese** und der **Kombinationszüchtung**. Ein bedeutsamer Bereich der Pflanzenzüchtung insbesondere im Gemüse- und Zierpflanzenbau ist die **Hybridzüchtung**. Auch bei der klassischen Züchtung bedient man sich inzwischen oft auch biotechnischer Verfahren, wie Zell- und Gewebekulturen.

Mit dem relativ neuen Verfahren der **Protoplastenfusion**, werden die Grenzen zur Gentechnik fließend, denn diese Methode ermöglicht die Rekombination von Erbinformationen über Barrieregrenzen hinweg, also einen Gentransfer zwischen Arten, die sich auf sexuellem Wege nicht miteinander verbinden könnten.

Bei der Weiterentwicklung der Sorten spielt inzwischen auch die **Gentechnik** eine immer größere Rolle. Unter Befürwortern und Gegnern der Gentechnik ist die Frage umstritten, ob die Gentechnik der Züchtung zugerechnet werden kann.

Mit Hilfe der Gentechnik werden im Labor Organismen produziert, indem - meist artübergreifend (**transgen**) - Gene miteinander kombiniert werden, wie dies in freier Wildbahn oder bei konventioneller Züchtung niemals vorkäme. Es werden Kreuzungspartner zusammengebracht, die sich in der Natur nicht verbinden könnten.

Hier ein paar Beispiele für die Verwendung artfremder Gene:

- Erbsen erhalten Mäusegene, um als Schweinefutter prophylaktisch gegen Durchfall zu wirken
- Lachse erhalten Flundergene um kälteverträglicher zu werden - oder Menschengene um schneller zu wachsen
- mit dem Gen EhHOG des Schimmelpilz *Eurotium herbariorum* aus dem Toten Meer soll Getreide für versalzten Böden entwickelt werden
- ein pathogenes Protein der Seidenraupe (*Ceropin*) soll der Erzielung von Feuerbrandresistenz bei Kernobst dienen
- ein Gen der Flunder wird bei Erdbeeren zur Erzielung von Kälteresistenz eingesetzt
- Birkenpollengene sollen zur Blühverfrüherung bei Äpfeln führen
- ein Gen aus einem eigentlich unerwünschten pflanzenpathogenen Agrobacterium wird genutzt, um eine bessere Bewurzelung schwachwüchsiger Unterlagen zu erzielen.

Ein Teil der Gentechnik - die sogenannten **Cisgenetik** - beschäftigt sich mit der Neukombination von Genen innerhalb einer Art. So wird z.B. bei der Apfelzüchtung mit dem Einbau von Genen von Wildapfelarten experimentiert.

Zum Transport der fremden Erbinformationen (DNA) in die Zellen werden verschiedene Methoden benutzt, z.B.

- Einschleusung der fremden DNA mittels des Bodenbakteriums *Agrobacterium tumefaciens*
- Beschuss der zu verändernden Zellen mit Wolfram- oder Goldpartikeln, die mit der zu übertragenden DNA beschichtet sind.

Durch den Einsatz der Gentechnik entstehen **neue genetische Konstrukte und in Folge neue Stoffverbindungen**. Die Auswirkungen dieser neu geschaffenen Organismen auf Natur, Umwelt und die menschliche Gesundheit kennen wir nicht. Um diese zu ermitteln sind langjährige und aufwendige Forschungen erforderlich. Langzeituntersuchungen über die Auswirkungen dieser noch jungen Technik und ein Nachweis der Unbedenklichkeit des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen und des Verzehrs von gentechnisch veränderten Futter- und Lebensmitteln fehlen allerdings.

Um die erfolgreich durchgeführten Einschleusungen aufzuspüren und zu selektieren, ist es erforderlich, die genetisch veränderten Zellen in der Pflanze zu identifizieren und zu lokalisieren. Dazu werden u.a. **Antibiotika als Marker** eingesetzt. Dies wird für bedenklich gehalten, weil der Einsatz von Antibiotika gefährliche Resistenzen bewirken kann. Durch ihren viel zu häufigen Einsatz haben viele Antibiotika bereits ihre Wirkung verloren, und wir haben bereits heute immer öfter mit Erregern zu tun, die gegen die gängigen Antibiotika immun sind. Ärzte befürchten aus diesem Grund negative Auswirkungen für die Humanmedizin. Daher hat die WHO verlangt, keine Antibiotika mehr als Marker zu verwenden. In der EU wird empfohlen auf bestimmte Antibiotikaresistenzgene zu verzichten. Inzwischen sind bereits andere Markersysteme im Einsatz bzw. Gegenstand der Forschung (z.B. Herbizidresistenzgene oder optischen Marker). Auch werden sog. molekulare Scheren genutzt, um Markergene nach Beendigung ihrer Aufgabe aus den Genomen zu entfernen. Antibiotika-Marker spielen jedoch bei vielen alten gv-Produkten aber auch bei Neuzüchtungen, wie der gerade in den USA im Zulassungsverfahren befindlichen transgenen Pflaumensorte weiterhin eine Rolle.

## **Gentechnik im Obstbau**

Weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit hat in den letzten Jahren die Gentechnik bei Forschung und Züchtung neuer Obstsorten Einzug gehalten.

Weltweit wird diesbezüglich an nahezu allen Obstarten geforscht - von Apfel, Birne, Cranberry bis Zitrone. In Deutschland liegt der Schwerpunkt derzeit noch bei der Forschung. Allerdings gab es von 1999 bis 2005 Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Weinreben in Franken und der Pfalz. Dieser wurde abgebrochen, weil die züchterischen Ziele des Versuchs nicht erreicht wurden. Im Jahr 2003 gab es einen Antrag des Instituts für Obstzüchtung Dresden-Pillnitz auf Freisetzung gentechnisch veränderter Apfelsorten, der vom Ministerium für Verbraucherschutz und Landwirtschaft (unter Ministerin Künast) nicht genehmigt wurde. Zurzeit laufen sogenannte "Käfigversuche" mit gentechnisch veränderten Äpfeln in Pillnitz und bei Bad Lauchstädt nahe Halle/S.

Europa- und weltweit gab und gibt es bereits Hunderte von Freisetzungsversuchen mit gentechnisch veränderten Obstarten u.a. bei Pflaumen in Spanien und Tschechien, bei Birnen in der Schweiz, bei Erdbeeren in Italien und Spanien, bei Himbeeren und Kirschen in Italien, bei Wein in Südafrika und Australien, bei Zitrusfrüchten in Argentinien und Brasilien. Die meisten Freisetzungsversuche im Obstbau finden in den USA statt.

Erwerbsmäßig angebaut und im Handel befinden sich derzeit nur **gentechnisch veränderte Papayas** (gv-Papayas), für die es seit 1997 eine Marktzulassung in den USA und Kanada gibt. Der Anbau der transgenen Papayas erfolgt in Hawaii. In den USA läuft derzeit das Zulassungsverfahren für eine transgene virusresistente Pflaumensorte [[www.transgen.de/features](http://www.transgen.de/features)].

## Züchtungsziele der Gentechnik

Die Züchtungsziele der Gentechnik im Obstbau sind vielfältig, unterscheiden sich jedoch in den wesentlichen Punkten nicht von denen der klassischen Züchtung:

- Erzeugung von pathogen-resistenten Sorten
  - Resistenzen gegen Krankheiten
    - Virusresistenz (z.B. scharkaresistente transgene Pflaumensorten)
    - Bakterienresistenz (z.B. feuerbrandresistente transgene Apfelsorten)
    - Pilzresistenz (z.B. schorfresistente cisgene Apfelsorten)
    - Nematodenresistenz (z.B. bei transgenen Walnüssen)
  - Resistenzen gegen Schädlinge (z.B. Bt-Konzept bei Äpfeln)
- Herbizidresistenzen (z.B. bei transgenen Erdbeeren)
- Reduktion von Pflanzenschutzmitteln
- Reduktion von Allergenen (z.B. transgene Äpfel mit verändertem Polyphenolgehalt)
- Verhinderung der Fortpflanzung von transgenen Sorten
- Veränderte Fruchteigenschaften (Farbe, Geschmack, Zuckergehalt, Haltbarkeit)
- Veränderte Produktionseigenschaften bzw. Verarbeitungsmöglichkeiten (z.B. bessere Filtrierbarkeit bei Wein)
- verbesserte Lagereigenschaften
- verbesserte Transporteigenschaften (z.B. bei transgenen Himbeeren)
- früherer / höherer / regelmäßigerer Fruchtertrag
- Kältetoleranz (z.B. bei transgenen Erdbeeren)
- Trockentoleranz
- Veränderung des Blühzeitpunktes / Blütenstimulierung (z.B. bei transgenen Äpfeln)
- Beschleunigung der Reifung
- Reifeverzögerung (u.a. bei transgenen Melonen)
- Verkürzung der juvenilen Phase
- Wurzelbildung (für Stecklingsvermehrung)

Wir möchten einige dieser Ziele im Einzelnen näher beleuchten:

- **Erzeugung von pathogen-resistenten Sorten - Resistenzen gegen Krankheiten**

Die Resistenzzüchtung zur Erzielung krankheits- und schädlingsfester Sorten ist eine wichtige Aufgabe. Hierbei sollte jedoch man bedenken, dass sich Resistenzen und ihre Durchbrechung durch die diversen Schaderreger in einem sich ständig fortentwickelnden Prozess befinden. Diesem Prozess unterliegen auch mit Mitteln der Gentechnik erzeugte Resistenzen, wie es sich an dem Beispiel einer gentechnisch erzeugten Scharka-Resistenz bei Pflaumen zeigt. Diese Scharka-Resistenz wurde bereits innerhalb weniger Jahre wieder durchbrochen [Gentechnik-Nachrichten Spezial 9/10 "Transgene Pflanzen im Obst- u. Weinbau", Öko-Institut, Okt. 2002].

Für einen vorhersehbar nur kurzen Erfolg sollte man nicht das Risiko eingehen, eine Technologie einzusetzen, deren Folgen und Nebenwirkungen derzeit nicht absehbar sind.

Zur Erzielung der Feuerbrandresistenz wird mit einem Protein (*Ceropin*) der Seidenraupe experimentiert. Dieses Eiweiß ist stark umstritten, da es Zellen angreifen kann und einem auch in Bienengift enthaltenen Stoff sehr ähnlich ist. Auch in dem Einsatz solcher Stoffe sehen wir ein deutliches Risiko.
- **Erzeugung von pathogen-resistenten Sorten - Resistenzen gegen Schädlinge**

Bei Versuchen zur Schädlingsresistenz z.B. mit transgenen Äpfeln bedient man sich der bereits in vielen Ländern z.B. bei gentechnisch verändertem Mais oder Baumwolle im Anbau befindlichen Bt-Technik. Die transgenen Pflanzen tragen eine Sequenz des Boden-Bakteriens *Bacillus thuringiensis* in sich und erzeugen so das Bt-Toxin, welches den Darmtrakt bestimmter Insekten (z.B. Frostspanner) zersetzt.



Kritisch anzumerken ist aus unserer Sicht, dass das Toxin beispielsweise auch selektiv gegen Schmetterlingslarven wirkt, die sog. "Nichtzielorganismen" sind. Außerdem wird durch die starke Ausbreitung des Bt-Toxins z.B. eine Anreicherung des Giftstoffes im Boden mit unbekanntem Wirkungen auf Bodenorganismen sowie die Förderung von Resistenzbildung befürchtet. Erste Resistenzen konnten in USA beim Baumwollkapselbohrer beobachtet werden [[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)]. Eine Zunahme von Resistenzen dieser Art wäre insbesondere für den Ökolandbau eine Katastrophe, für den der selektive Einsatz von *Bacillus thuringensis* ein wichtiges Mittel gegen fressende Schadorganismen ist.

- **Herbizidresistenzen**

Die Gentechniker forschen u.a. bei Erdbeeren, Kirschen oder Esskastanien im Bereich der Herbizidresistenz. Diese eingesetzte Methode ist ebenfalls bereits aus dem Anbau von transgenem Mais, Raps oder Baumwolle bekannt. Die mittels Gentechnik gegen den jeweiligen Wirkstoff des mitverkauften Herbizids (z.B. RoundUp Ready oder Basta) resistent gemachten Pflanzen überleben die Herbizid-Spritzung mit diesem Mittel, wohingegen alle anderen Pflanzen auf dem Feld abgetötet werden.

Hierzu möchten wir anmerken, dass es erste Anzeichen dafür gibt, dass sich bei Ackerbegleitkräutern Resistenzen gegen diese Herbizide entwickeln. So wird inzwischen beispielsweise in den USA und Australien vom Auftreten von Wildkräutern mit Resistenz gegen Glyphosat (Wirkstoff des Totalherbizides RoundUp) berichtet. (z.B. bei Weidelgras (*Lolium multiflorum* und *rigidum*), Traubenkraut (*Ambrosia artemisifolia* und *trifida*), Fuschschwanz (*Amaranthus rudis* und *palmeri*) [[www.greenpeace.de/themen.de](http://www.greenpeace.de/themen.de), [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)].

- **Reduktion von Pflanzenschutzmitteln**

Für das Ziel eines verminderten Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln benötigt man keine Gentechnik. Billiger und vor allem viel effektiver im Sinne der Förderung der biologischen Vielfalt kann man dies beispielsweise erreichen, indem man standortangepasste Arten und robuste Sorten auswählt, auf die Anpflanzung von Monokulturen verzichtet, natürliche Gegenspieler fördert, etc.

Zudem haben wir es - wie oben erwähnt - durch den Einsatz der an bestimmte herbizidresistente gv-Pflanzen gekoppelten Totalherbizide künftig mit neuen herbizidresistenten Wildkräutern zu tun. Um über diese sog. "Superunkräuter" überhaupt noch Herr zu werden, ist ein massiver Mehreinsatz verschiedener Pestizide erforderlich. Im Sinne der Biodiversität halten wir eine solche Entwicklung für keineswegs sinnvoll.

- **Reduktion von Allergenen**

Durch den Einsatz der Gentechnik soll die Zahl von Allergenen reduziert werden. So kann man zum Beispiel über die Verminderung von Fraßschäden den Befall mit Fusarien reduzieren. Gerade die Gentechnik erzeugt jedoch durch die Übertragung von artfremden Eiweißen und der entstehenden Neukombination von Genomen, neue Eiweiße, deren Wirkungsweise noch völlig unbekannt ist. Wie in diesem Zusammenhang von einer Reduzierung von Allergenen gesprochen werden kann, erschließt sich uns nicht. Das Gegenteil muss befürchtet werden.

Einige Ziele der GVO-Züchtung sind durch die Gentechnik selbst bedingt, wie z.B. die **Entwicklung von Sterilitätskonzepten** zur Reduzierung von Ausbreitungsrisiken, denn per Gentechnik einmal erworbene Eigenschaften können auf natürlichem Wege weitervererbt werden. Die Forscher arbeiten z.B. an der (Weiter-)Entwicklung von Pollensterilität, Parthenokarpie, Terminator-Technologie oder der Differentiellen Expression von Transgenen (nur in den gewünschten Pflanzenteilen).

Das heißt, um die unkontrollierte Ausbreitung von genetisch veränderten Pflanzen einzudämmen, sollen diese so gezüchtet werden, dass sie keine zeugungsfähigen Pollen oder Samen mehr ausbilden bzw. Pollen- und Fruchtstände keine gentechnisch veränderten Erbinformationen tragen.

Abgesehen davon, dass die gezüchtete Sterilität von Pflanzen in der Praxis nicht immer stabil bleibt, erscheint es uns generell fragwürdig, wenn eine Forschung, die eigentlich dem Ziel verschrieben ist, Leben voran zu bringen, sich die Sterilität und damit die Verhinderung von Vermehrung, d.h. von dauerhaftem Weiterleben zum Ziel setzt.

Übrigens: im Bereich der Feldfrüchte und Getreidesorten ist ein wesentlicher Grund für die Bestrebungen, die gv-Pflanzen unfruchtbar zu machen, weniger das Auskreuzungsrisiko, als vielmehr die Absicht, die Gewinnung von Saatgut zu verhindern. Auf diese Weise geraten Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion in ein Abhängigkeitsverhältnis gegenüber Agrarkonzernen wie Monsanto.

Bei einigen Zucht-Zielen der Gentechnik fragen wir uns, ob wir derartige Errungenschaften wirklich benötigen.

So ist es z.B. Dr. Abhaya Dandekar an der University of California in Davis, USA, 2006 durch gentechnische Eingriffe gelungen, einen Apfel zu produzieren, der fast nur noch halb soviel Kalorien enthält wie ein normaler Apfel. Soll hier dem Verbraucher suggeriert werden, dass man ausgerechnet bei der Obstart Apfel "**Light-Produkte**" benötige, um Fettleibigkeit zu verhindern?

Um zuckerarme Sorten zu produzieren, braucht man übrigens nicht in die Trick-Kiste der Gentechnik zu greifen. "Diätäpfel" gibt es bereits seit langem - auch ohne den Einsatz der Gentechnik: Apfelsorten wie "Gelber Edelapfel", "Fießers Erstling" oder viele weitere alte Sorten stehen dafür schon lange zur Verfügung, nur dass auf sie keine Patente und Lizenzgebühren erhoben werden können!

Denn **Patente** und vor allem die daraus resultierenden Patentgebühren, sind ein weiteres - aber nie in dieser Form offiziell vorgetragenes Ziel der Gentechnik und ganz sicher auch eins der wichtigsten Motive vieler Genforscher bzw. deren Auftraggeber. Per Gentechnik erzeugte Organismen werden patentiert. Das Patentrecht bei Pflanzen erstreckt sich auf das Saatgut, die daraus entstehenden Pflanzen, deren Nachkommen und Ernteprodukte, und ist somit viel weitreichender als der klassische Sortenschutz.

Dadurch kommt es auch zu so absurden Situationen, dass ein durch Verunreinigung durch benachbarte Gen-Äcker eigentlich geschädigter Landwirt, auf einmal zum Beklagten wird, da er durch die Verunreinigung im Besitz von patentiertem Gen-Material ist, ohne dafür bezahlt zu haben (bekanntestes Beispiel dafür ist Percy Schmeiser).

Bauern und Landwirte werden in hohem Maße von Saatgutherstellern abhängig, die durch ihr Patent regelmäßig hohe Einnahmen erwarten dürfen.

### **Gefahr der unkontrollierten Verbreitung**

Einige Risiken der Gentechnik (wie z.B. neues Allergienpotenzial, Entstehung neuer Resistenzen, unkalkulierbare Effekte bei der Verwendung und Kombination artfremder Gene) sind hier bereits aufgezählt worden.

Jeder Züchtungsversuch hat die Markteinführung zum Ziel und jede für gut befundene Züchtung wird dem Markt zugeführt und geht ihren Weg in die (Massen)Produktion. Sind gentechnisch veränderte Obstgehölze erst einmal im Freiland-Anbau, stellt sich also die Frage, ob eine unkontrollierte Ausbreitung der hier verwendeten Genkombinationen in die Obstbestände der Umgebung bzw. in die Umwelt noch verhindert werden kann.

Bei allen durch Samen vermehrten Kulturpflanzen (z.B. Mais, Weizen, Raps, etc.) besteht die Bedrohung einer Verunreinigung mit gv-Pollen aus benachbarten gentechnisch veränderten Pflanzen ganz direkt. Pollenbestäubung durch Bienen und andere Insekten oder Wind lassen sich auch durch Sicherheitsabstände oder Schutz- bzw. Mantelpflanzungen nicht gänzlich vermeiden.

Bei (mehrjährigen) Obstgehölzen, welche durch Veredlung vermehrt werden, stellt sich die Situation etwas differenzierter dar. Auf der einen Seite ist der Bestand von Obstgehölzen in der Nachbarschaft gentechnisch veränderter Pflanzen nicht direkt gefährdet. Nicht der Streuobst-Apfelbaum selbst oder seine Fruchteigenschaften werden durch den Pollen benachbarter (womöglich gentechnisch veränderter) Apfelgehölze genetisch beeinflusst, sondern ausschließlich seine Samen. (Dies kann allerdings im Falle des Verzehrs von solchen Äpfeln mitsamt der Samen bei Allergikern zu unvorhersehbaren Reaktionen führen).

Die Gefahr einer unkontrollierten Ausbreitung von gentechnisch veränderten Organismen besteht im Obstbau vor allem durch den unkontrollierten Aufwuchs von Samen in der Landschaft, und zwar

- durch den Aufwuchs von Sämlingen aus den Samen der gv-Pflanzen selbst
- durch den Aufwuchs von Sämlingen mit gv-Pollen bestäubter Obstgehölze

Am Beispiel Apfel möchten wir einige der Ausbreitungsmöglichkeiten des gentechnisch veränderten Erbgutes aufzeigen:

### Verbreitung von gentechnisch verändertem Pollen

- durch Bienen, Hummeln und andere Insekten  
(Pollenübertragbarkeit vom Apfel ist bis mindestens 150 m möglich, Sammelflüge von Bienen sind bis 14 km nachgewiesen)
- durch vorbeistreifende oder nektarsuchende Säugetiere, Vögel, Fledermäuse
- durch Wind, Sturm (je nach Wetterlage und Luftschicht, in die die Pollen geraten, können das bis zu 100 km sein [[www.biosicherheit.de/de/gehoelze98.doku.html](http://www.biosicherheit.de/de/gehoelze98.doku.html), 03.12.07]  
(noch problematischer ist dies bei windbestäubenden Arten wie z.B. dem Schalenobst oder auch diversen Pflaumensorten)

Fazit: Transgene Pollen können über weite Entfernungen transportiert werden und Blüten bestäuben.

### Verbreitung von gentechnisch veränderten Samen

- durch das Herabfallen ungenutzter Früchte
- durch Vögel, Kleinsäuger, etc.
- durch Verbringung von Fruchtresten auf Tresterhalden
- durch Trester in Vieh- + Wildfütterung
- durch nach Verzehr weggeworfene Kerngehäuse oder ausgespuckte Fruchtsteine
- durch Samenaussat von Wildapfelmischungen zur Sämlingsanzucht
- durch gezieltes Einpflanzen von Samen (etwa durch Hobbygärtner oder gut gemeinten Schulaktionen wie "Wir säen unsern Pfirsichbaum")

Fazit: Transgene Samen können über weite Distanzen verfrachtet werden und dort keimen.

Bleibt das Risiko einer unkontrollierten Ausbreitung beispielsweise von gv-Apfelsamen bei einem Versuchsanbau zunächst auf die Umgebung der Obstanlage beschränkt, so steigt die Gefahr einer massenweisen und unkontrollierten Ausbreitung von gv-Samen in dem Moment, in dem eine gentechnisch veränderte Apfelsorte für den Markt, sprich für den Weltmarkt, angebaut wird (was das erklärte Ziel der Genforschung ist). Denn sobald eine gentechnisch veränderte Apfelsorte auf den Markt gelangt, werden ihre Samen von den Konsumenten nach dem Fruchtverzehr auf den Kompost, an den Straßenrand oder an andere Orte in die Landschaft verbracht - und das weltweit und unkontrollierbar.

Die aus weggeworfenen Kerngehäusen gekeimten Sämlinge unserer Marktapfelsorten sind bereits heute in großer Zahl an Landstraßen, Autobahnparkplätzen, Schienenwegen oder Tourismuszielen zu finden. Im Falle einer Markteinführung von gv-Apfelsorten wären diese Sämlinge dann gentechnisch verändert.

Diese Problematik haben durchaus auch Genforscher erkannt und arbeiten aus diesem Grund derzeit verstärkt an der bereits bei den Züchtungszielen erläuterten Sterilitätsforschung.

### **Verbreitung gentechnisch veränderter Sorten auf vegetativem Wege**

- durch Edelreiser  
(Saisonarbeiter, Besucher von Sortengärten, etc. nehmen – z.T. unerlaubt – Reiser mit)
- durch Diebstahl von Pflanzware aus Baumschulen oder Anlagen

Fazit: Vegetative Verbreitungsmöglichkeiten transgener Sorten sind nicht kontrollierbar.

Die Ausbreitungswege sind vielfältig und ein Schutz vor Ausbreitung durch Pollen, durch Samen oder durch vegetatives Material ist völlig unmöglich.

Hierdurch ist ein massiver Eingriff auf Natur und Umwelt und auf die Biodiversität zu befürchten, der u.E. unbedingt vermieden werden muss.

### **Weitere Risiken der Gentechnik im Obstbau**

Neben den schon bei den Züchtungszielen beschriebenen Problemen sowie der unkontrollierbaren Ausbreitung von gentechnisch verändertem Material sehen wir durch den Einsatz der Gentechnik im Obstbau auch noch weitere Risiken:

- Die meisten Obstkulturen haben eine lange Lebensdauer - das genetische Material bleibt in der Umwelt also lange erhalten. Das Risiko einer Weiterverbreitung der fremden Gene hat demnach auch eine zeitliche Dimension  
Auch eine "lebenslange" Kontrolle des gentechnisch veränderten Materials in speziellen Plantagen / Baumschulen ist nicht gewährleistet. Was passiert z.B. bei Betriebsaufgaben viele Jahre nach Einführung von gv-Sorten? Die Bestände bleiben dann vermutlich sich selbst überlassen oder werden "gefleddert".
- Kulturobstarten können nicht nur innerhalb der eigenen Art mit anderen Sorten, sondern sowohl mit verwandten Kulturarten, als auch Wildarten hybridisieren / bastardisieren. Dadurch erhöht sich die Gefahr einer Auskreuzung erheblich.  
So könnten beispielsweise transgene Pflaumen in verwandte Arten und Wildarten wie die in der Landschaft universell verbreitete Kirschkirsche oder die Schlehe auskreuzen, eine transgene Süßkirsche in die Wildkirsche unserer Wälder, usw.
- Manche Gehölze, darunter auch einige Obstarten verfügen über Eigenschaften, sich vegetativ zu vermehren, so könnten z.B. transgene Brombeeren im wahrsten Sinne des Wortes schnell davonlaufen.
- Viele Obstarten gehören zu den Gehölzen. Bei Versuchen mit transgenen Gehölzen, z.B. Zitterpappeln wurden bereits nach kurzer Zeit Instabilitäten festgestellt [[www.biosicherheit.de/features](http://www.biosicherheit.de/features), 07.12.07].
- Bei der Verwendung pollensteriler oder parthenokarper transgener Sorten ist nicht sichergestellt, dass diese Eigenschaft der Unfruchtbarkeit und damit die mögliche Verhinderung von Auskreuzung durch Pollen oder Samen ein (Obstbaum-)Leben lang anhält. Bei transgenen Zitterpappeln wurden bezüglich der genetisch erzeugten Sterilität bereits nach kurzer Zeit Instabilitäten festgestellt [[www.biosicherheit.de/features](http://www.biosicherheit.de/features)].
- Bei der Nutzung gentechnisch veränderter Unterlagen ist der Transport des Transgens bzw. seiner Eigenschaften in aufgepfropfte gentechnisch nicht veränderte Baumbereiche nicht auszuschließen [[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)].

- Die Auswirkungen von transgenen Pflanzen, die gegen bestimmte Schädlinge resistent sind, auf Nicht-Zielorganismen (z.B. unschädliche Verwandte der Zielorganismen, Nützlinge, Mykorrhiza-Pilze) sind bisher nicht ausreichend untersucht
- Gentechnisch veränderte Organismen (wie z.B. bei der Weinbereitung eingesetzte transgene Starterhefen) haben z.T. selektive Vorteile gegenüber natürlich vorkommenden Mikroorganismen. Dies könnte negative Auswirkungen auf das Ökosystem haben
- Bei der Transformation von Obstarten mit viralen Hüll-Proteinen ist es nicht ausgeschlossen, dass sich durch Neuzusammensetzungen unerwünschte oder gar bisher für die jeweilige Art unbekannt Viren einschleusen. In diesem Fall würde das gentechnische Experiment der Art sogar direkten Schaden zufügen
- Die Auswirkung gentechnisch veränderter Nahrung auf Mensch, Tier, Pilze, Bakterien ist nicht hinreichend untersucht.
- *Die Anzahl der Kopien der durch Transformation eingeführten Gene kann nicht kontrolliert werden. Daraus können sich Probleme beim Dosis-Effekt des Genproduktes ergeben. [Koller B. & Gessler C. (1996)]*

### **Keine Rückholbarkeit gentechnisch veränderter Erbinformationen.**

Wenn die gentechnisch veränderten Organismen erst einmal in größerem Umfang im Freiland ausgebracht werden, sind sie jeglicher Kontrolle entzogen. Eine Auskreuzung oder Vermehrung von gentechnisch verändertem Erbgut kann nicht verhindert werden.

Auch Mantelpflanzungen oder die Festlegung von Abstandsflächen zwischen GVO-Flächen und konventionell oder biologisch bewirtschafteten Flächen eignen sich dafür nicht, denn sie dienen lediglich dafür "wesentliche" Einkreuzungen von gentechnisch verändertem Material zu verhindern.

"Unwesentliche" Einkreuzungen werden also hingenommen, was wir allerdings für nicht akzeptabel halten, da wir die Risiken als zu hoch und unkalkulierbar bewerten.

Gentechnisch erzeugte Erbinformation können sich also vielfältig ausbreiten.

Dass dem so ist, zeigt sich eindrücklich am Beispiel der Kulturpflanze "Soja". Gentechnisch verändertes Soja wird seit 1996 kommerziell genutzt. Auf über 60 % der weltweiten Soja-Anbauflächen wird inzwischen gentechnisch verändertes Soja angebaut. Durch unkontrollierte Ausbreitung aber auch gewollte und ungewollte Vermischung von Erntemengen und Saatgut kann inzwischen kaum noch GVO-freies Soja bezogen werden.

Selbst in Bio-Soja-Produkten wurden Gen-Verunreinigungen festgestellt, was dort zwar nach neuem EU-Recht bis 0,9% zulässig ist, aber nach den Kriterien der meisten Bio-Anbauverbände überhaupt nicht der Fall sein dürfte [Öko-Test vom Oktober 2007].

Auch beim ebenfalls seit langem auf vielen Äckern der Welt zu findenden gv-Mais lassen sich solche Feststellungen treffen. So wurde von Wissenschaftlern in einem nie von gv-Mais-Anbau betroffenen Gebiet bei Wildmais-Arten gentechnisch verändertes Erbgut gefunden [<http://www.biosicherheit.de/de/mais/auskreuzung/101.doku.html>].

Eine **Koexistenz** von Gentechnik und konventionellem Anbau oder gar biologischem Anbau ist also nicht möglich.

### **Gentechnik - Gefahr für die Biodiversität**

Neben der Zerstörung von Lebensräumen, der intensiven Nutzung von Landschaften und zunehmend auch dem Klimawandel und der Problematik invasiver Neophyten, halten wir den Einsatz der Gentechnik für einen der Faktoren, der auf die Biodiversität entscheidenden negativen Einfluss hat.

Aufgrund der Erfahrungen mit transgenen Pflanzen in der Landwirtschaft (Agro-Gentechnik), ist bereits jetzt erkennbar, dass gentechnisch veränderte Organismen **Auswirkungen auf die Arten- und Sortenvielfalt** haben.

Untersuchungen im Umfeld des Einsatzes von gentechnisch veränderten Pflanzen zeigen negative Auswirkungen auf den Artenbestand. So stellt eine FSE-Studie in Großbritannien (von 1999 und 2002) fest, dass der Anbau von herbizidresistenten gv-Raps Gräser fördert und Blühstauden reduziert. [<http://www.biosicherheit.de/de/aktuell/320.doku.html>, 3.12.07]

Gentechnisch veränderte Pflanzen werden insbesondere für den Einsatz in Monokulturen geschaffen. Monokulturen bedeuten Monotonie. Sie sind erwiesenermaßen ungünstig für die Sorten- und Artenvielfalt und begünstigen zudem das Auftreten von Schaderregern.

## **Alternativen**

Wir sind der Auffassung, dass sich alle wichtigen Züchtungsziele im Obstbau auch mit den **klassischen Züchtungsmethoden** Auslese und Kombinationszüchtung erreichen lassen. Die Menschheit sollte sich zur Weiterentwicklung der Sorten dieser bekannten und bewährten Methoden bedienen und auf die risikobehaftete Gentechnik verzichten.

Für die **Resistenzzüchtung und andere wichtige Zuchtziele** stehen die vielen historischen Sorten mit ihren besonderen Eigenschaften als Züchtungspartner zur Verfügung. Bezüglich nahezu aller im Obstbau auftretenden Krankheits- und Schädlingsproblematiken finden sich (alte) Sorten mit zum Teil erstaunlichen und heutigen Erwerbsobstanbauern kaum noch bekannten Resistenzen.

Hier einige **Beispiele aus dem Bereich der Apfelsorten:**

- Gegenüber dem Apfelschorf sind zahlreiche alte Sorten resistent oder weitgehend resistent (z.B. Seestermüher Zitronenapfel, Krügers Dickstiel, Jakob Fischer, Rote Sternrenette, Kardinal Bea, Luxemburger Triumph und viele andere)
- gegenüber Obstbaumkrebs zeigen ebenfalls eine Vielzahl alter Sorten eine weitgehende Resistenz (z.B. Gravensteiner, Dülmener Rosenapfel, Rote Sternrenette, Krügers Dickstiel, Schöner aus Nordhausen, Luxemburger Triumph, Purpurroter Cousinot, Riesenboiken u.a.)
- Auch gegenüber der in jüngster Zeit verstärkt auftretenden Blattfleckenkrankheit sind zahlreiche alte Sorten weitgehend unempfindlich (wie z.B. Krügers Dickstiel, Jakob Fischer, Martens Sämling, Luxemburger Triumph u.v.m.), während von diesem Pilz vorzugsweise neue Sorten (wie z.B. Pinova, Rewena, Pilot) befallen werden.
- Alte Sorten mit Mehltauresistenz gibt es ebenso wie solche, die nicht oder kaum von Blutläusen befallen werden. Auch von der Obstmade (Apfelwickler) werden nicht alle Sorten gleichermaßen befallen.
- Dass zahlreiche alte Apfelsorten auch gegen die gefürchtete Feuerbrand-Bakteriose relativ resistent zu sein scheinen, hat man in Baden-Württemberg erst beobachten können, seit man von der Rodungspraxis früherer Jahrzehnte Abstand nahm. Man konnte feststellen, dass zahlreiche Sorten sich nach dem Befall von selbst regenerierten (im übrigen sind auch einige der aus Pillnitzer Züchtungen hervorgegangenen sog. Re-Sorten nicht nur schorf-, sondern auch feuerbrandresistent).
- Selbst gegen Blattläuse ist manche alte Sorte (wie z.B. Johannes Böttner) resistent– bei den Sorten des modernen Erwerbsanbaus ist dies kaum vorstellbar
- Die extrem spät blühenden alten Apfelsorten (z.B. Spätblühender Taffetapfel, Heslacher Gereutapfel, Roter Bellefleur oder der hessische Siebenschläfer) entgehen nicht nur den Spätfrösten zur Blütezeit, sondern auch den gefürchteten Frostspannerplagen und garantieren so einen Obstertrag auch in extremen Jahren.
- Sorten wie z.B. Luxemburger Triumph können auch in extrem feuchten und kalten Raulagen noch angebaut werden (z.B. Höhenlagen der Mittelgebirge)

Auch in ihren Ertrags-, Lager- und Geschmackseigenschaften sowie hinsichtlich ihres Allergenpotenzials bieten alte Sorten wertvolle Alternativen für die züchterische Arbeit:

- Massenträger findet man nicht nur bei den Abkömmlingen des Golden Delicious, sondern auch bei alten Sorten (z.B. Prinz Albrecht von Preußen, Seestermüher Zitronenapfel, Purpurroter Cousinot, Zuccalmaglio)
- Gerade viele alte Sorten erweisen sich bei Menschen, die unter einer Apfelallergie leiden, als deutlich weniger symptomauslösend als die meisten der heutigen Marktsorten. Hervorzuheben sind hier z.B. die Sorten Prinz Albrecht von Preußen, Goldparmäne, Notarisapfel oder auch die (neuere) Sorte Alkmene.
- Extre m lang lagern (auch im Naturlager) lassen sich alte Sorten wie Ontario, Roter Eiserapfel oder Weißer Winterglockenapfel.
- Die Sorte Goldrenette Freiherr von Berlepsch enthält besonders viel Vitamin C
- Der Gelbe Edelapfel oder die Sorte Fießers Erstling zeichnen sich (wie bereits erwähnt) aufgrund ihres geringen Zuckergehaltes als Diätobst aus.
- Der Große Rheinische Bohnapfel und der Bittenfelder Sämling sind nicht nur zwei der geschmacklich wertvollsten Mostapfelsorten, sondern können auch noch Wochen nach der Ernte in der Mosterei gepresst und verarbeitet werden.

Darüber hinaus gibt es viele weitere Sorten mit diesen oder anderen Eigenschaften, die sich als besonders wertvoll erweisen und für züchterische Bearbeitung zur Verfügung stehen oder manchmal auch einfach nur neu entdeckt werden müssen.

Allerdings wäre es hier notwendig, die Praxis der DIN-Normen für Fruchtbeschaffenheiten zu überdenken. Denn diese verhindert den Marktzugang für manche alte Sorte.

In diesem Zusammenhang möchten wir auch darauf hinweisen, dass es gerade in Bezug auf die Bewahrung der genetischen Diversität wichtig wäre, sich bei der Züchtung wieder verstärkt auf alte Sorten zu besinnen, anstatt auf die immer gleichen Elternsorten Jonathan, Golden Delicious und Cox Orange zurückzugreifen. Diese drei "Stammeltern" der weltweiten Obstbauzüchtung sind mit ihrer Anfälligkeit für Schorf, Krebs, Mehltau und Läuse kein Musterbeispiel für eine gesunde robuste Elterngeneration. Genetische Eindimensionalität trifft auch für die weltweite Schorffresistenzzüchtung zu, die sich überwiegend auf einen einzigen Malus floribunda-Zuchtstamm stützt. Resistenzen, die sich auf diesen Stamm begründen, wurden bereits durchbrochen, wie das Beispiel der Apfelsorten Vanda oder Topaz zeigt.

Das **Zeitproblem** der herkömmlichen Züchtung, welches häufig als Begründung für gentechnische Versuche angeführt wird, lässt sich durch den Einsatz des Verfahrens des Smart Breeding (**S**election with **M**arkers and **A**dvanced **R**eproductive **T**echnologies) erheblich verkürzen. Mittels dieser markergestützten Präzisionsmethode können Eigenschaften im Vorfeld gezielt ausgewählt und die erfolgreiche Vererbung schnell überprüft werden.

Aber genau das angeführte Zeitproblem wirft eigentlich noch einen zusätzlichen Schatten auf die Gentechnik - wie können die Befürworter denn nach so kurzer Zeit der Forschung und Experimente wirklich sicher sein, dass von den mit Mitteln der Gentechnik erzielten meist artfremden Neukombinationen von Genomen keine Gefahren ausgehen werden?

Schließlich sollte nicht die Schnelligkeit der Erzeugung, sondern die Qualität des Produktes über die Markteinführung entscheiden.

Bei einer Beurteilung der Problematik der Nutzung von Gentechnik sollte auch der ethische Aspekt mit bedacht werden: Dürfen wir wirklich in dieser Form in die Natur eingreifen? Muss man wirklich immer all das machen, was technisch möglich ist? Dürfen wir wirklich in die Bausteine des Lebens eingreifen und diese durcheinander mischen - mit noch völlig unabsehbaren Folgen?

## Fazit

Wir meinen

- Die Risiken des Einsatzes von Gentechnik im Pflanzenbau sind nicht absehbar. Sie sind in jedem Falle höher zu bewerten als die Chancen. Dies umso mehr, als langfristige Studien völlig fehlen und bei langlebigen und viel Raum beanspruchenden Gehölzen, wie wir sie im Obstbau überwiegend finden, auch kaum realistisch vorstellbar sind
- Die These, dass die Gentechnik eine Lösung für derzeitige und kommende ökologische, ökonomische und klimatische Herausforderungen darstelle, könnte sich angesichts der unkalkulierbaren Risiken in die Richtung umkehren, dass die Auswirkungen dieser Technologie die ökologischen und ökonomischen Herausforderungen noch verschärfen
- Gentechnisch veränderte Pflanzen bedeuten eine Gefahr für die Arten- und Sortenvielfalt
- Die Züchtungsziele im Obstbau sind mit den Mitteln der klassischen Züchtung erreichbar
- Forschungsgelder, die bisher in Projekte zur Gen- und Sicherheitsforschung fließen, könnten im Sinne der Biodiversität viel wirkungsvoller eingesetzt werden
- Umfragen in Deutschland und der EU zeigen immer wieder, dass die Bevölkerung gentechnisch veränderte Lebensmittel ablehnt. Gentechnikfreiheit bietet also einen einzigartigen Standort- und Marktvorteil – einen „unique selling point“. Deutschland und die EU könnten sich mit dem Verzicht auf den Anbau und der Einfuhr von gentechnisch veränderten Produkten langfristig einen ökonomischen Vorteil verschaffen!

Wir fordern die Bundesregierung und die Europäische Union daher auf, ihr Bemühen um Biodiversität und die Umsetzung der UN-Übereinkommen über die biologische Vielfalt ernst zu nehmen und auf Gentechnik im Obstbau, aber auch bei anderen Gehölzen, im Zierpflanzenbau und in der Landwirtschaft zu verzichten.

Die Erlaubnis gentechnischer Versuche und Anwendungen bei Pflanzen muss auf den Bereich der Labore beschränkt werden. Eine Aussetzung im Freiland darf nicht mehr zugelassen werden. Bereits freigesetzte Bestände müssen vernichtet werden.

Die Bestimmungen über Grenzwerte für Verunreinigungen müssen geändert werden. Wer Grenzwerte festsetzt, nimmt eine schleichende Verunreinigung in Kauf. Wo „Gentechnik frei“ drauf steht, muss auch zu 100 % gentechnikfrei drin sein.

Auch die Praxis der Einfuhr gentechnisch veränderter Produkte muss überdacht werden.

Angesichts der hohen Risiken, muss die Haftungsfrage (auch für bereits aufgetretene Schädigungen) eindeutig dem Verursacher zugerechnet werden.

Es darf sich im Bereich der Gentechnik nicht das wiederholen, was auf anderen wirtschaftlich bedeutsamen Feldern, wie z.B. der Kernenergie oder ganz aktuell der Bankenbranche bereits Realität geworden ist, dass nämlich Chancen – sprich Gewinne – den Unternehmen und Konzernen zugute kommen, Risiken oder Verluste aber sozialisiert, also von der Gemeinschaft getragen werden - und im Falle der Gentechnik zusätzlich auf Kosten von Natur, Umwelt und Biodiversität sowie der menschlichen Gesundheit.

Weilburg, den 21. Juni 2008

die VerfasserInnen (für die Arbeitsgruppe Gentechnik im Pomologen-Verein):  
Martina Adams, Weilburg, Sabine Fortak, Königslutter, und Hans-Joachim Bannier, Bielefeld  
mit Unterstützung von Dr. Bettina Orthmann, Darmstadt, und Dr. Eva Gelinsky, Göttingen





**Weiterführende Informationen zum Thema:**

[www.agassessment.org](http://www.agassessment.org)  
[www.bafz.de](http://www.bafz.de)  
[www.bienen-gentechnik.de](http://www.bienen-gentechnik.de)  
[www.biogene.org](http://www.biogene.org)  
[www.biosicherheit.de](http://www.biosicherheit.de)  
[www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de)  
[www.gabi.de](http://www.gabi.de)  
[www.gentechnikfreie-regionen.de](http://www.gentechnikfreie-regionen.de)  
[www.genwirtschaft.de](http://www.genwirtschaft.de)  
[www.greenpeace.de/themen/gentechnik](http://www.greenpeace.de/themen/gentechnik)  
[www.keine-gentechnik.de](http://www.keine-gentechnik.de)  
[www.no-patents-on-seeds.org](http://www.no-patents-on-seeds.org)  
[www.transgen.de](http://www.transgen.de)  
[www.weedsience.org](http://www.weedsience.org)

<http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/index-de/htm>

Forschungsreport 1/2006