

# Gentechnik auch beim Apfel? Der wissenschaftliche Stand der Dinge

Weltweit werden bereits grössere Flächen verschiedenster landwirtschaftlicher Nutzpflanzen mit Sorten angebaut, welche mittels moderner Gentechnik gezüchtet wurden. In Fachzeitschriften wurde schon von Apfelsorten, zum Beispiel Gala, berichtet, welche gentechnisch verändert und resistent gegen das Feuerbrandbakterium sind. Werden demnächst gentechnisch veränderte Apfelsorten in den Schweizer Baumschulen angeboten? Dieser Beitrag beurteilt die Situation vor allem aus wissenschaftlicher Sicht. Die gesetzgeberische Situation betreffend Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) steht nicht im Zentrum dieses Beitrages, dem ein Vortrag an der INTERPOMA in Bozen am 3. Juni 2000 zu Grunde liegt.

LUKAS BERTSCHINGER, MARKUS KELLERHALS, ROBERT THEILER, JÜRIG FREY UND JÜRIG GAFNER, Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil, CESARE GESSLER, Institut für Pflanzenwissenschaften, Eidgenössisch Technische Hochschule, Zürich

**W**as steht hinter dem Wort «Gentechnik»? Ein Gen ist ein Abschnitt auf der Erbsubstanz Desoxyribonukleinsäure (DNS). Gene können verschiedene Zustände haben, die als Allele bezeichnet werden. Die «Gentechnik» erlaubt, die Zusammensetzung der Allele zu untersuchen und zu verändern.

## Molekulare Diagnostik – genetische Transformation

In der Gentechnik muss man zwei Bereiche klar voneinander unterscheiden. Mit der molekularen Diagnostik ist der Nachweis von bestimmten Abschnitten (Sequenzen) der DNS möglich, ähnlich der Sichtbarmachung eines Fingerabdruckes zur Identifizierung eines Menschen. Die Erbsubstanz DNS wird dabei in keiner Weise im lebenden Organismus verändert.

Ganz im Gegensatz dazu wird bei der genetischen Transformation, dem eigentlichen «genetic engineering», artfremde oder arteigene Erbsubstanz (DNS) durch einen technischen Eingriff in die Keimbahn eines Lebewesens eingebracht. Das mit der DNS eingeführte Allel (das «Transgen») wird auf «natürliche» Art und Weise an die Nachkommenschaft weitervererbt. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die genetische Transformation beim Apfel.

## Wie funktioniert eine genetische Transformation beim Apfel?

Bei der Apfeltransformation macht man sich die natürlichen Eigenschaften des Wurzel-

kropfbakteriums *Agrobacterium tumefaciens* zu Nutze. Das Bakterium befällt den Apfelbaum und kann seine DNS in jene des Apfelbaumes einschleusen (DNS-Parasitierung). Die Apfel-Gentechniker nutzen diese Fähigkeit des Bakteriums. Bei der Apfeltransformation wird ein kreisförmiges Partikel aus Bakterium-DNS, das Plasmid, zur Einführung des Transgens und weiterer Hilfgene (sogenannte Promotoren, Terminatoren und Selektionsgene) ins Genom des Apfels benutzt. Es dauert etwa ein Jahr vom Transformationsexperiment bis zur Verfügbarkeit von regenerierten Pflanzen für das Gewächshaus. Die Transformationsrate in einem Transformationsversuch beträgt zur Zeit etwa 1 bis 40% (Chevreau pers. Mitteilung).

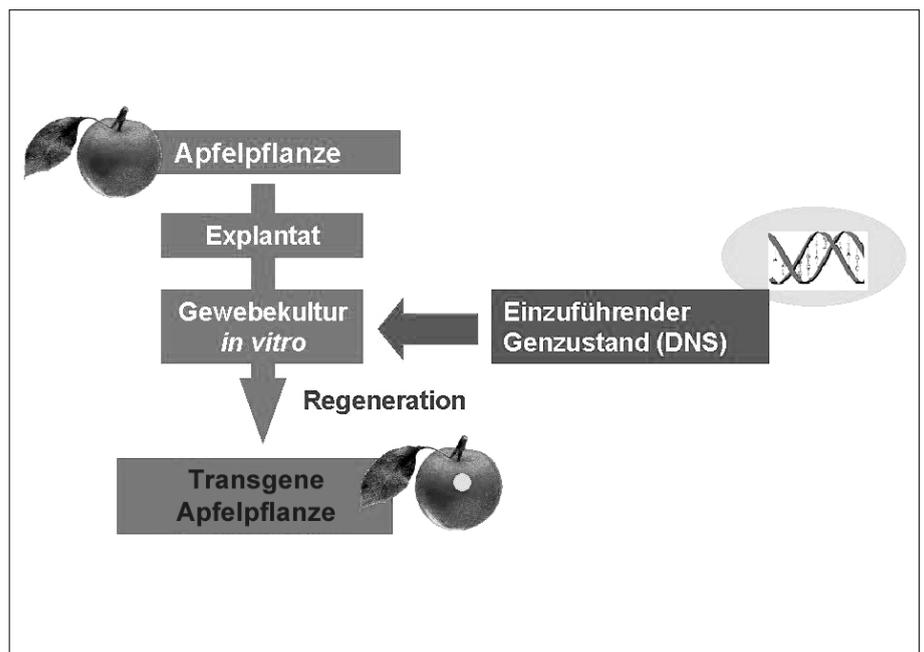
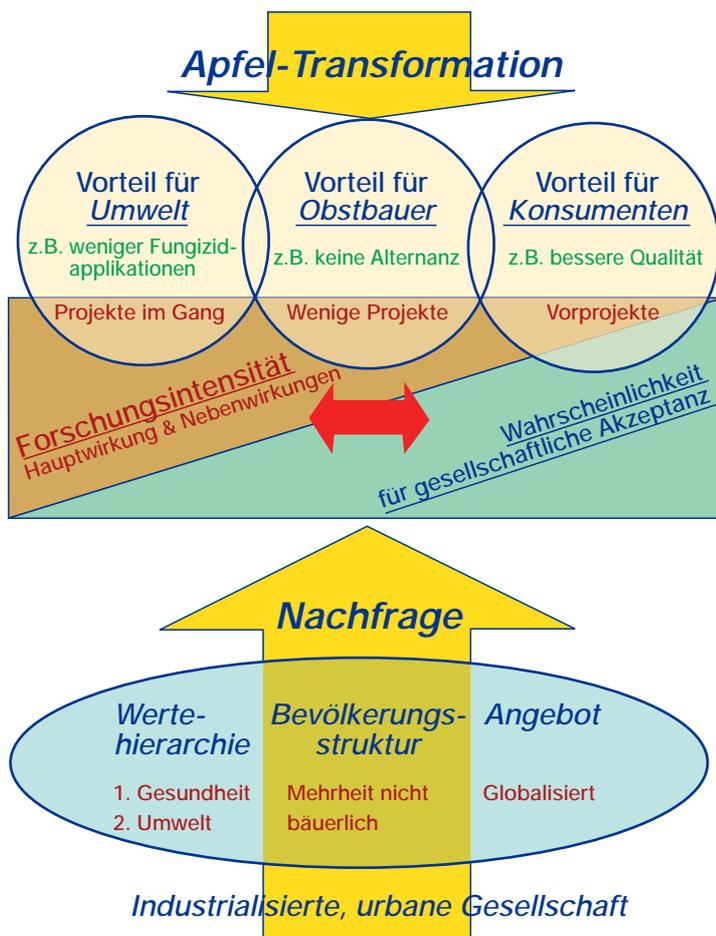


Abb. 1: Bei der genetischen Transformation des Apfels wird DNS auf Apfelzellen in Gewebekultur übertragen. Die einzuführende DNS wird dabei mit Hilfe eines Genomabschnittes des *Agrobacterium tumefaciens* übertragen. Anschliessend wird aus der transformierten Gewebekultur eine Apfelpflanze regeneriert.



© L. Bertschinger, Mai 2000, FAW

Abb. 2: Aktuelle Apfeltransformationsprojekte im gesellschaftlichen Umfeld.

### Was sind die Ziele der aktuellen Projekte im Bereich der genetischen Transformation des Apfels?

Den ersten Kinderschuhen ist die gentechnische Veränderung des Apfels entschlüpft. Zahlreiche Marktsorten sind transformiert. In den USA werden die ersten Feldexperimente durchgeführt (Tab. 1). Zur Zeit steht aber noch keine gentechnisch veränderte Sorte bereit, welche umfassend geprüft ist und unter Einhaltung der gesetzlichen Auflagen sofort in die Produktion und Vermarktung überführt werden könnte. Es ist ausserdem offen, ob es in Europa überhaupt so weit kommt.

Ziel der laufenden Projekte ist es, Eigenschaften wie Anfälligkeit gegen Krankheiten (Schorf, Feuerbrand) und Schädlinge (Apfelwickler) oder auch Qualitäts- und Lagereigenschaften (Süssigkeit, Äthylenproduktion) zu verändern (Literaturquellen beim Verfasser). In Belgien arbeitet man unter anderem an der Selbstfruchtbarkeit des Apfels und ist nach Aussage der Forscher auf gutem Kurs.

### Apfeltransformation: Nutzen und gesellschaftliches Umfeld

Wird die Gesellschaft die Entwicklung und Vermarktung transgener Apfelsorten unterstützen? Es soll an

dieser Stelle nicht die Rede sein von den merkbaren und in Umfragen dokumentierten Unterschieden zwischen USA und Europa oder innerhalb Europas in Sachen öffentlicher Akzeptanz der Gentechnologie. Dieser Beitrag konzentriert sich auf die grundlegende Frage, welche sich der Gesellschaft heutzutage bei der Beurteilung neuer Technologien stellt: entspricht die Apfeltransformation den Anforderungen der Nachhaltigkeit?

### Ökonomischer Nutzen

**Anliegen der Apfelproduzenten:** Wenn der transformierte Apfelbaum Qualitätsschädlinge wie den Apfelwickler und den Apfelschorf besser abwehrt, muss der Produzent für den Pflanzenschutz weniger Geld ausgeben (zirka 2 bis 4% der Produktionskosten). Ob heutzutage im Falle von GVO-Äpfeln die Einsparung von Pflanzenschutzmitteln höher zu bewerten ist als das Risiko einer möglicherweise schlechteren Marktakzeptanz von GVO-Äpfeln ist eine offene Frage.

Droht durch Schaderreger ein Totalschaden, wie im Fall des Feuerbranderreger (*Erwinia amylophora*), könnte eine durch Gentechnik resistente gemachte Apfelsorte überlebenswichtig werden. Dabei stellt sich allerdings die gleiche Frage: Würde der Markt solche Äpfel akzeptieren? Das Marktrisiko ist in diesem Fall den Kosten eines Feuerbrand-Eradikationsprogrammes gegenüberzustellen.

**Anliegen der Konsumentenschaft:** Von den bisherigen Transformationsprojekten wird voraussichtlich keines zu Äpfeln führen, welche einen exklusiven und klaren ökonomischen Zusatznutzen für die Konsumentenschaft darstellen.

### Ökologischer Nutzen

Resistenzen gegen Schaderreger könnten ökologische Vorteile bringen, denn es werden weniger Pflanzenschutzmittel in die Umwelt ausgebracht, falls die betreffende Sorte eine massgebliche Anbaufläche erlangt. Der Apfel hat im Verhältnis zu seiner Anbaufläche in der Schweiz einen hohen Fungizidindex, d.h. der Einsatz eines Transgens zur Reduktion des Fungizideinsatzes wäre beim Apfel sehr effektiv (Tab. 2).

### Gesellschaftliche/soziale Aspekte

**Sicht der Produzenten:** In der Schweiz wird der Anbau transgener Nutzpflanzen von IP-SUISSE und BIO-SUISSE nicht befürwortet. Das trifft auch im Früchte-sektor zu (IP- und Bio-Anteil an Apfelanbaufläche: 1999 über 93%).

**Sicht der Konsumentenschaft:** Es gibt zur Zeit keine veröffentlichten Studien über die Akzeptanz von transgenen Äpfeln bei der Konsumentenschaft. Fest steht, dass der Markt und die Konsumentenschaft gentechnisch erzeugte Nahrungsmittel zunehmend skeptisch beurteilen. Die Gentechnik wird zu einer neuen Risikokategorie, dem «Phantomrisiko». «Mit diesem Begriff umschreibt sie (eine Versicherungsgesellschaft) einen neuartigen Risikotyp der High-Tech-Gesellschaft. Das Phantomrisiko taucht dort auf, wo die Technikbegeisterung der Industriegesellschaft in Skepsis und gesundheitliche Bedenken umschlägt». (NZZ, Dezember 1999). «Die Risikowahrnehmung

**Tab. 1: Stand der genetischen Transformation des Apfels. Ergebnisse einer Literaturstudie und Umfrage vom Mai 2000, durchgeführt bei den betroffenen Forschungsgruppen (nur Projekte berücksichtigt, bei denen ein produktionstechnischer, ökologischer oder gesellschaftlicher Nutzen geltend gemacht wird).**

Land	Eigenschaft	Sorte	Herkunft Transgen	Herkunft zusätzlich eingeführter «Hilfsgene»	Prüfungsstatus und Versuchsabschluss
Australien	Insektenresistenz	Unklar	Ziertabak	Unklar	Labor, 1997
Belgien	Schorfresistenz	Jonagold	Nicht bezeichnet	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	Gewächshaus, 2000
Belgien	Selbstfruchtbarkeit	Jonagold	Nicht bezeichnet	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	Gewächshaus, 2002
Deutschland	Schorfresistenz	Pinova, Piot, Pitol, Pingo Golden Delicious, Elstar	Pilz <i>Trichoderma harzianum</i>	Bakterien	Folienhaus, im Gange
Deutschland	Feuerbrandresistenz	Liberty, Remo, Retina	Hühneriweiss, Seidenraupe <i>Hyalophora cecropina</i>	Bakterien	Folienhaus, im Gange
Frankreich	Pilzresistenz	Unklar	Nicht bezeichnet	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	Labor/Gewächshaus im Gange
Frankreich	Feuerbrandresistenz	Unklar	Nicht bezeichnet	unklar	Labor (?), im Gange
Japan	Krankheitsresistenz Fruchtqualität	Jonagold, Fuji	Pilz <i>Rhizopus oligosporus</i>	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	Gewächshaus, im Gange
Neuseeland	Lagerung/Reife	?	Apfel	Bakterien	Feldversuch, 1998
Niederlande	Krankheitsresistenz	?	Nicht bezeichnet	Bakterien	?, im Gange
Russland	Süssigkeit	Melba	Apfel	Unklar	Gewächshaus im Gange (?)
UK	Pilzresistenz	Jonagold	Refflich <i>Raphanus sativus</i>	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	Feld, 1997
UK	Insektenresistenz	Greensleeves	Bohne <i>Vigna unguiculata</i>	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	dito
UK, z.T. USA	Insektenresistenz	?	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Unklar	Gewächshaus, im Gange, z.T. Freiland (USA)
USA	Lagerung/Reife	Gala Gala, Red Fuji	Apfel (?)	Bakterien und Apfel	Labor, im Gange
USA	Lagerung/Reife	Greensleeves	Apfel (?)	Bakterien und Blumenkohlmosaikvirus	Feldversuch, im Gange
USA	Schorfbekämpfung	Gala, McIntosh	Pilz <i>Trichoderma harzianum</i>	Bakterien, Blumenkohl- und Alfalfamosaikvirus	Feldversuch, im Gange
USA	Blütezeitpunkt	?	Pflanze <i>Arabidopsis thaliana</i>	Bakterium	Feldversuch, 1998
USA	Feuerbrandresistenz	?	Nicht Apfel	Unklar	?, im Gange
USA	Feuerbrandresistenz	M7, M26, Gala	Hühneriweiss, Seidenraupe <i>Hyalophora cecropina</i>	Bakterien	Feldversuch, im Gange
USA	Insektenresistenz	McIntosh	Nicht bezeichnet	Bakterien	Wachstumschammer, im Gange
USA	Lagerung/Reife	?	Nicht bezeichnet	Bakterien	Feldversuch, im Gange

Quellen: Umfrage im Mai 2000; wissenschaftliche Literatur beim Hauptautor; über WWW abrufbare Datenbanken.

**Tab. 2: Indexwerte für Fungizid-Behandlungen in der Integrierten Produktion zeigen, bei welchen Nutzpflanzen am intensivsten Fungizid eingesetzt wird (Fried et al. 1993).**

Kultur	Fläche 1990 (ha)	Fungizid-Behandlungen (Anzahl)	Fungizid-Index 1990 (Anzahl × Fläche)
Weizen	97'185	1,4	135'059
Reben	14'823	8	118'584
Kartoffeln	17'796	6	106'776
Apfel	4'918	13	63'934

(im Zusammenhang mit Gentechnik) weicht offenbar vom effektiven Risiko ab. Das dürfte einiges damit zu tun haben, dass der Konsument (bisher) keinen Zusatznutzen erkennen kann. Genfood macht nicht weniger dick, ist nicht gesünder, schmeckt nicht besser.» (NZZ, Juni 1999).

Aus der Sicht der Konsumentenschaft stehen wohl Werte wie sie der Apfel in der industrialisierten, post-modernen urbanen Welt verkörpert, d. h. «Natürlichkeit», «Gesundheit», «Frische» besonders stark im Widerspruch zu einer gentechnischen Veränderung dieses Nahrungs- und Genussmittels, insbesondere, wenn kein direkter Konsumentennutzen erkennbar ist.

## Offene Fragen, Risiken, Lösungsoptionen

### Hauptwirkung: Nachweis der Wirksamkeit

Der Nachweis eines direkten Zusammenhangs zwischen erhoffter Wirkung des Transgens in einer transformierten Sorte, beispielsweise eine erhöhte Resistenz, und der Präsenz des Transgens muss in jeder Apfeltransformation erbracht werden (analog wie bei einer Wirkungsprüfung für Pflanzenschutzmittel). Dieser Wirkungsnachweis der Apfel-GVOs unter prakti-

schen Anbaubedingungen steht noch weitgehend aus.

**Nebenwirkungen:  
Gefährdung der Umwelt**

Die Gefahr des ungewollten Auskreuzens von Transgenen auf wilde versamende Artverwandte ist beim Apfel in Schweizerischen Apfelanbaugebieten relativ gering, aber wegen der vorhandenen Wildapfelbäume nicht ganz auszuschliessen. Methoden zur Vermeidung der Verwilderung von Transgenen existieren. Zur Zeit wird bei den Obstarten nur bei der Erdbeere an dieser Methode gearbeitet (Literatur beim Verfasser).

**Einfluss auf Nichtzielorganismen und -prozesse**

Die bisher verwendeten Genkonstrukte mit unspezifischer Wirkung gegen Pilze (Chitinasen etc.) dürften auf die für die Nährstoffmobilisierung und -aufnahme der Bäume vorteilhaften Mykorrhizen im Boden negative Auswirkungen haben (wäre abzuklären).

Das *Bacillus thuringiensis*-Gen (BT-Gen) könnte negative Auswirkungen auf Nützlinge haben, wie Untersuchungen beim Weizen zeigen.

Pollen von GVO-Apfelanlagen können auf Apfelanlagen ohne GVO-Sorten übertragen werden. Die Früchte dieser Anlage werden dadurch zum GVO, weil sie Kerne mit gentechnisch verändertem Genom enthalten. Apfelkonsumenten und -konsumentinnen möchten keine Bio-Äpfel mit Kernen essen, welche gentechnisch verändertes Erbgut enthalten! Dieses Risiko wäre mit derselben Methode, welche zur Vermeidung der Verwilderung taugt (siehe oben), zu verhindern.

Falls die Selbstfruchtbarkeit des Apfels gentechnisch erreicht wird, könnten Samen zur Anpflanzung einer Obstanlage benutzt werden. Es müsste zuerst aber eingehend abgeklärt werden, ob nicht starke Inzuchtdepressionen, die bei einem natürlichen Fremdbefruchter wie dem Apfel zu erwarten wären, grosse Nachteile bringen würden.

**GVO oder GVO-Produkt in Nahrungsmitteln  
(allergenes und toxisches Potenzial)**

Die Wirkung des Transgens im Apfelbaum oder Apfel müsste so gesteuert werden, dass sie nur auf entsprechende Reizung, zum Beispiel durch den Krankheitserreger, bei Bedarf erfolgt und die Produkte des Transgens bei Konsumation des Apfels wieder abgebaut sind. Mit Methoden, welche erlauben, durch spezielle «Promotorgene» je nach Entwicklungsstand der Pflanze Allele «stillzulegen» (gene silencing) oder zum Beispiel nur bei Krankheitsbefall des Baumes das Allel zu aktivieren, könnte diesem Anspruch Rechnung getragen werden. Solche Experimente werden in einzelnen Forschungsgruppen durchgeführt (Literaturquellen beim Autor), benötigen bis zur Praxisreife aber noch viele Jahre.

**Resistenzentwicklung bei Schaderregern**

Die Gefahr der Resistenzbildung bei Schädlingen gegen das BT-Gen besteht insbesondere bei der mehrjährigen Dauerkultur Apfel, bei der eine Sortenrotation wie in Ackerkulturen nicht im Jahresrhythmus möglich ist (Ergebnisse von anderen Nutzpflanzen liegen vor). Die Anpassungsfähigkeit der Bakterien im Allgemeinen lässt zudem vermuten, dass auch beim Feuerbrandbakterium Gefahr für Resistenzbildung besteht. Dieser Gefahr könnte wiederum durch die oben erwähnten Promotorgene begegnet werden.

**Rückzugsmöglichkeit aus der Umwelt**

Diese Bedingung ist mit hundertprozentiger Sicherheit nicht erfüllbar, sobald artverwandte Pflanzen im Ökosystem sind und sie versamen können. Ein Rückzug transformierter Pflanzen ist zwar beim rein vegetativ vermehrten Apfel theoretisch annähernd möglich, wäre faktisch aber mit untragbaren Schäden für die Apfelbranche verbunden und nicht finanzierbar.

**Gesamtbeurteilung bisheriger Projekte**

Die Nutzenanalyse der bisherigen Projekte im gesellschaftlichen Umfeld zeigt, dass die aktuellen Projekte zur Zeit die Bedürfnisse der Produktion teilweise, der breiten Bevölkerung aber nur indirekt abdecken. Das Haupthindernis der Markteinführung der bisher hervorgebrachten Sorten dürfte derzeit bei gesellschaftlichen, den Markt bestimmenden Aspekten (fehlender Zusatznutzen für Konsumentenschaft), aber auch ökologischen Aspekten (Nebenwirkungen) liegen (Tab. 3 und Abb. 1).

**Gentherapie**

Technisch betrachtet könnte die genetische Transformation von Nutzpflanzen Vorteile bieten: eine zielgerichtete, kostengünstige Verbesserung bestehender Marktsorten, damit diese den Bedürfnissen der Zeit und der zukünftigen Generationen besser entsprechen. Wenn ausschliesslich gattungseigene Malus-DNS für die Transformation einer bereits eingeführten Marktsorte verwendet und das Transgen (z.B. ein apfeleigenes Schorfresistenzgen) am natürlich dafür vorgesehenen Ort im Genom eingebaut würde

**Tab. 3: Versuch einer einfachen, gesamthaften Bewertung des Zukunftspotenzials der bisher hervorgebrachten transformierten Apfelsorten. Nutzen und Risiken sind im Text erwähnt.**

Teilaspekt	Direkte Wirkung: Möglicher Nutzen (1: gering, 3: hoch)	Nebenwirkungen: Unbedenklichkeit (1: gering = Risiko + Klärungsbedarf hoch, 3: hoch = Risiko + Klärungsbedarf gering)	Bewertung (Nutzen × Unbedenklichkeit) (1: geringer Wert)
Wirtschaftlichkeit der Produktion	2	3	6
Ökologie des Anbausystems	3	1	3
Gesamtgesellschaftlicher Nutzen	1	1	1

In die Beurteilung eingeflossen sind: Transformation mit Genen für BT-Toxin, pilzhemmende Proteine, Feuerbrand hemmende Proteine, Süsseigkeit, Lagerfähigkeit, Selbstfertilität.

(homologer Locus), könnte den meisten erwähnten Nachteilen von vornherein begegnet werden. Die Markteinführung einer solchen genterapeutisch verbesserten Sorte wäre möglicherweise einfach, sofern diese Transformationstechnik grössere Akzeptanz findet. Die Entwicklung dieser Technologie würde allerdings mindestens 15 bis 20 Jahre und viele Forschungsinvestitionen benötigen bis geprüfte, praxisreife Sorten am Markt vorliegen.

Ethische Bedenken könnten auch bei dieser Technologie weiterhin bei vereinzelt Bevölkerungsteilen bestehen bleiben.

## Was macht die FAW?

Die Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil (FAW) bearbeitet auf der Grundlage ihres vom Gesetzgeber bestimmten Auftrages keine Projekte im Bereich der genetischen Transformation beim Apfel. Die FAW konzentriert sich auf die molekulare Diagnostik, welche den Nachweis der DNS-Moleküle und die Aufklärung ihrer Struktur, aber nicht deren Veränderung im lebenden Organismus zum Ziel hat (siehe Einleitung). Die FAW bearbeitet Projekte beispielsweise im Bereich

- der markerunterstützten Apfelmzüchtung (schnelle Diagnose erwünschter Kreuzungsnachkommen ohne künstliche Veränderung der Erbsubstanz),
- des molekularen Nachweises von Krankheitserregern und von Krankheitserregerrassen im Anbausystem, welche resistent werden gegen Pflanzenschutzmittel (Entwicklung von effektiven Antiresistenzstrategien),
- der Unterstützung der Erzeugung qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel durch Nachweis unerwünschter Mikroorganismen.

## Schlussbemerkung

Zum heutigen Zeitpunkt kann mit grosser Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass in den Apfelanbaugebieten Europas in den nächsten 15 bis 20 Jahren gentechnisch veränderte Apfelsorten höchstens eine äusserst untergeordnete Rolle spielen werden.

Die Gentechnik ist im Fall des Apfels derzeit noch zu unausgereift für die Entwicklung von marktfähigen Sorten. Besonders für das Frischprodukt Apfel, das «gesund, knackig, saftig» sein muss, aber auch für dessen Verarbeitungsprodukte ist zur Zeit nicht denkbar, dass mit den heutigen Methoden gentechnisch veränderte Sorten am Markt grosse Akzeptanz finden könnten.

Die Gentechnik wird sich sicher weiterentwickeln. Im Fall des Apfels sind vor allem öffentliche Institute an der Arbeit, die Industrie bekundet bis anhin wenig Interesse am Apfel. Die Entwicklung könnte Richtung Genterapie gehen, d.h. dass ausschliesslich mit Malus-DNS (d.h. apfeleigener DNS) gearbeitet würde. Auch bei dieser Technik könnten bei vereinzelt Bevölkerungsteilen ethische Bedenken gegenüber einem künstlichen Eingriff ins Genom bestehen bleiben.

Im Gegensatz zur derzeitigen genetischen Transformationstechnologie ermöglicht die molekulare Diagnostik bereits heute erhellende Einblicke ins Anbausystem Apfel. Mit ihrer Hilfe werden sich zunehmend praxisrelevante Methoden in Anbau und Lagerung entwickeln können. Die Sorten der Zukunft werden mit markerunterstützter Züchtung (Goerre und Kellerhals 1999) zielgerichteter verbessert werden.

## Dank

Elisabeth Chevreau, INRA Beaucozéz, Frankreich möchten wir für ihre hilfreichen Hinweise bestens danken.

## Literatur

Fried P. et al.: Expertise betreffend Möglichkeiten des Einsatzes biotechnologischer Methoden zur Erhöhung der Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge wichtiger Kulturpflanzen der Schweiz. BATS, 4058 Basel, 1993.

Goerre M. und Kellerhals M.: Gentechnische Anwendungen in der Apfelmzüchtung. Schweiz. Z. Obst-Weinbau 134, 275–276, 1998.

Neue Zürcher Zeitung: Vertrauenskrise der «grünen» Gentechnik. Sonntag 12./13. Juni 1999, S. 13.

Neue Zürcher Zeitung: Das Phantom der Gentechnik. Die Versicherungswirtschaft entwickelt einen neuen Risikotyp. Mittwoch 29. Dezember 1999, S. 11.

Weitere wissenschaftliche Literaturangaben beim Hauptautor.

## RÉSUMÉ

### Allons-nous vers une pomme transgénique? Une mise au point scientifique

*A l'heure où nous sommes, il est à peu près certain que ces 15 à 20 prochaines années, les variétés de pommes génétiquement modifiées joueront au mieux un rôle négligeable dans les régions d'Europe avec une pomoculture florissante. La technologie génétique n'a pas encore assez progressé dans le domaine de la pomme pour être capable de produire des variétés commercialisables. Les consommatrices, les consommateurs et le marché se montrent extrêmement méfiants à l'égard d'ADN étrangers dans les denrées alimentaires en général, et à plus forte raison dans la pomme, un produit frais par excellence que le consommateur veut «sain, croquant et juteux». L'heure n'est donc pas encore venue de se lancer sur le marché avec des variétés génétiquement modifiées et la même chose vaut pour les produits dérivés de la pomme. Cependant, le génie génétique va sans nul doute évoluer. Dans le cas de la pomme, cela pourrait signifier que l'on travaille uniquement avec l'ADN Malus (c.à.d. l'ADN propre à la pomme) et que l'intervention se limite à certaines parties du génome où se situent aussi naturellement les caractéristiques modifiées (locus homologue). Le cas échéant, on parlerait de thérapie génétique à l'ADN intergénérationnelle. L'article fait le point de la situation et analyse l'impact de la technologie génétique actuelle sur la pomme.*