

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

**Gentechnik
und Lebensmittel**

**Genetic Engineering
and Food**

 **WILEY-VCH**

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Gentechnik und Lebensmittel

Genetic Engineering and Food

Herausgegeben von der Senatskommission
für Grundsatzfragen der Genforschung

Edited by the Senate Commission
on Genetic Research

Mitteilung 3/Report 3

 **WILEY-VCH**

DFG

Deutsche Forschungsgemeinschaft
Geschäftsstelle: Kennedyallee 40, D-53175 Bonn
Postanschrift: D-53170 Bonn
Telefon: ++49/228/885-1
Telefax: ++49/228/885-2777
E-Mail: (X.400): S=postmaster; P=dfg; A=d400; C=de
E-Mail: (Internet RFC 822): postmaster@dfg.de
Internet: <http://www.dfg.de>

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Die Deutsche Bibliothek – CIP Cataloguing-in-Publication-Data
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei Die Deutsche Bibliothek erhältlich

ISBN 3-527-27217-8

© WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim
(Federal Republic of Germany), 2001

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers. Registered names, trademarks, etc. used in this book, even when not specifically marked as such, are not to be considered unprotected by law.

Umschlaggestaltung und Typografie: Dieter Hüsken
Satz: K+V Fotosatz GmbH, D-64743 Beerfelden
Druck: betz-druck gmbh, D-64291 Darmstadt
Binding: Wilhelm Osswald & Co., 67433 Neustadt

Printed in Germany

Inhalt

1	Vorwort	2
2	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	4
3	Einleitung	6
4	Ziele und Anwendungen	8
4.1	Gentechnisch veränderte Pflanzen in der Landwirtschaft	8
4.1.1	Resistenz gegen Fraßschädlinge	9
4.1.2	Resistenz gegen Krankheitserreger	9
4.1.3	Toleranz gegen Herbizide	11
4.1.4	Kulturpflanzen für ungünstige Standorte	12
4.1.5	Nahrungsmittel mit besserer Qualität	13
4.1.6	Hybridzüchtung	14
4.2	Gentechnisch veränderte Mikroorganismen in der Lebensmittelproduktion	15
4.2.1	Produktion von Stoffwechselprodukten	15
4.2.2	Gewinnung von Enzymen	16
4.2.3	Starter- und Schutzkulturen	16
5	Risikoaspekte	18
5.1	Denkbare Risiken durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen	18
5.1.1	Auswilderung und Auskreuzung	18
5.1.2	Horizontaler Gentransfer	20
5.1.3	Bildung neuer Viren	21
5.1.4	Auswirkungen auf Nichtzielorganismen	21
5.1.5	Resistenz gegen Bt-Toxine	22

5.2	Denkbare Risiken durch den Verzehr gentechnisch veränderter Lebensmittel	23
5.2.1	Toxische Inhaltsstoffe	24
5.2.2	Antibiotikaresistenzen	25
5.2.3	Allergien	25
5.2.4	Überprüfung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit	26
6	Rechtliche Sicherheitsvorkehrungen	28
6.1	Gentechnikgesetz	28
6.1.1	Erzeugung und Verwendung gentechnisch veränderter Pflanzen	28
6.1.2	Verwendung gentechnisch modifizierter Mikroorganismen bei der Erzeugung von Lebensmitteln	30
6.1.3	Verwendung gentechnisch modifizierter Mikroorganismen bei der Erzeugung von Lebensmitteln	30
6.2	Novel-Food-Verordnung der EU	32
6.3	Kennzeichnungsvorschriften	33
6.4	Erster Entwurf für eine Novel-Feed-Verordnung der EU	34
7	Quellenangaben	35
8	Mitglieder und Gäste der Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung	38

Gentechnik und Lebensmittel

Stellungnahme der Senatskommission
für Grundsatzfragen der Genforschung
vom 24. Januar 2001

1 Vorwort

Etwas mehr als fünf Jahre sind vergangen, seit die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ihre erste Stellungnahme vom März 1996 zum Themenkreis „Gentechnik und Lebensmittel“ verabschiedet hat*.

Die DFG legt nun eine von der Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung vollständig überarbeitete und mit der Senatskommission zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln abgestimmte Stellungnahme zum Themenkreis Gentechnik und Lebensmittel vor. Die Stellungnahme konzentriert sich auf Nahrungsmittel aus gentechnisch modifizierten Pflanzen. Das Thema selbst schließt tierische Lebensmittel aber nicht aus, diese sollen jedoch in einer separaten Stellungnahme behandelt werden. Die DFG kommt mit dieser Stellungnahme ihrem satzungsgemäßen Auftrag zur Beratung von Parlamenten und Behörden in wissenschaftlichen Fragen nach. Sie tut dies in einer Zeit, in der die Produktion von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln im Kreuzfeuer der öffentlichen Kritik steht. „Genfood“ oder „Frankenstein-Food“ sind die abschätzigen Bezeichnungen für Nahrungsmittel, die Bestandteile aus gentechnisch modifizierten Pflanzen oder Mikroorganismen enthalten.

Mit dieser Stellungnahme möchte die DFG einen sachlichen Beitrag zu der in jüngster Zeit oft überhitzt geführten Diskussion zu dieser Thematik leisten. Die Senatskommission äußert sich zu Zielen und Anwendungen der grünen Gentechnik in der Landwirtschaft, betrachtet die denkbaren Risiken durch den Anbau gentech-

* Gentechnik und Lebensmittel, Stellungnahme vom 1. März 1996. Erschienen in „Genforschung – Therapie, Technik, Patentierung“, Mitteilung 1 der Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung, Wiley-VCH Verlag, Weinheim 1997.

nisch veränderter Pflanzen sowie durch den Verzehr gentechnisch veränderter Lebensmittel und gibt Hinweise auf die rechtlichen Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz der Konsumentinnen und Konsumenten.

Aus der Stellungnahme wird deutlich, dass gentechnisch veränderte Pflanzen mit einer verbesserten Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge und Krankheiten und qualitativ hochwertigen Inhaltsstoffen einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft leisten können. Die DFG empfiehlt daher mit Nachdruck, die verantwortungsvolle Entwicklung der Gentechnik in der Lebensmittelwirtschaft voranzutreiben. Dies erfordert einen offenen und transparenten Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit, in dem sowohl die komplexen wissenschaftlichen Zusammenhänge als auch die oft wenig bekannten Regelungen von der Saatgutverordnung bis zur Novel-Food Verordnung, die jeweils ausführlich Sicherheitsaspekte ansprechen, diskutiert werden.

Gentechnik stellt keinen Widerspruch zu einer neuen Agrarpolitik dar, die sich stärker als bisher an Qualitätsmerkmalen denn an Mengenbetrachtungen orientiert. Ich wünsche mir daher, dieses Papier möge dazu beitragen, dass die kürzlich verabschiedete EU-Richtlinie zur Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt möglichst zügig in nationales Recht umgesetzt wird.

Für Materialsammlung und Diskussionen war ein großer Zeitaufwand erforderlich, um ein so komplexes Thema sachgerecht und umfassend zu behandeln. Ein besonderer Dank gebührt deshalb den Mitgliedern der Arbeitsgruppe „Gentechnisch veränderte Pflanzen und Lebensmittel“ der Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung, vor allem den Herren H.G. Gassen, H. Saedler, W.P. Hammes, L. Honnefelder und J. Straus.

Ich wünsche der zweiten Stellungnahme zu „Gentechnik und Lebensmittel“ eine große Beachtung zum Vorteil einer sachlichen Diskussion dieses Themas in der wissenschaftlichen und politischen Öffentlichkeit.

Bonn, im April 2001

Professor Dr. Ernst-Ludwig Winnacker
Präsident der
Deutschen Forschungsgemeinschaft

2 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

- Die Kommission bestätigt ihre Aussage von 1996, indem sie empfiehlt, mit Nachdruck die verantwortungsvolle Entwicklung der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung und der lebensmittelbezogenen Mikrobiologie zum Wohle von Mensch und Umwelt voranzutreiben.
- Für die Überprüfung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen oder Lebensmitteln haben sich die Regeln und Vorschriften des Gentechnik- und Lebensmittelrechts weitgehend bewährt. Handlungsbedarf besteht eher hinsichtlich der konkretisierenden und einheitlichen Umsetzung der nationalen und europäischen Regelungen. Für Saatgut, das der Gewinnung von Futter- und Lebensmitteln dient, wären ergänzende Regelungen (Grenzwerte für Verunreinigungen, Kennzeichnung) erforderlich.
- Das Prüfprinzip der „Substanziellen Äquivalenz“ (wesentliche Gleichwertigkeit), basierend auf dem Vergleich von gentechnisch veränderten mit traditionellen Lebensmitteln, hat nach wie vor Gültigkeit. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse sind dabei zu berücksichtigen.
- Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen bedürfen in der technischen Durchführung keiner Änderung. Die bisherige Sicherheitsforschung ist durch eine anbaubegleitende ökologische Forschung zu erweitern. Dafür müssen praktikable Ansätze gefunden werden. Die Risikobewertung soll auf der Basis des Einzelfalls durch sorgfältige Abwägung der Chancen und Risiken unter Berücksichtigung der derzeitigen landwirtschaftlichen Praxis vorgenommen werden.

- Mit Blick auf die Sicherung der Welternährung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen ist die Entwicklung intensiver und umweltverträglicher Produktionsverfahren notwendig und muss vorangetrieben werden. Das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung in der Land- und Lebensmittelwirtschaft ist dabei zu beachten.
- Da Hochtechnologien die weltwirtschaftliche Entwicklung zunehmend bestimmen, sollten die Industrieländer und die Entwicklungsländer die ihnen im Rahmen der Konvention über biologische Vielfalt vorgegebenen Möglichkeiten nutzen und an dieser Entwicklung teilhaben. Insbesondere sollte es den Entwicklungsländern ermöglicht werden, die neuen Technologien vorteilhaft zu nutzen und Schwerpunkte in Forschung, Entwicklung und Anwendung nach eigenen Bedürfnissen zu setzen.
- Die zunehmende Privatisierung der Forschung (private Unternehmen tätigen ca. 80 Prozent der Forschungsinvestitionen in der Agrarbiotechnologie) erfordert ein gründliches Überdenken der Kooperationsformen zwischen öffentlich finanzierter und privater Forschung. Die vermehrte Aktivität von Biotechnologiefirmen bei Forschung, Entwicklung und Produktion von Saatgut, deren verständliches Streben nach Erwerb von gewerblichen Schutzrechten (Patenten und/oder Sortenschutzrechten) sowie die sich abzeichnende Marktkonzentration in diesem Bereich sollten nicht die Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern belasten, sondern zur erfolgreichen Entwicklung von Pflanzenzucht und Pflanzenbau in diesen Ländern führen.
- Der Einsatz der Gentechnik zum Wohle von Mensch und Umwelt setzt die Zustimmung einer breiten Öffentlichkeit voraus. Die öffentliche Auseinandersetzung zu diesem Thema muss deshalb in einem konstruktiven Dialog im Sinne eines gegenseitigen Verständigungsprozesses zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit geführt werden. Die Information des Verbrauchers durch offene, allgemein verständliche Darstellung komplexer wissenschaftlicher Sachverhalte und eine aussagefähige Kennzeichnung gentechnisch veränderter Lebensmittel sowie die Transparenz von Forschung und Genehmigungsverfahren sind sicherzustellen.

3 Einleitung

Die Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung hat sich unter Mitwirkung der Senatskommission zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln im Sinne ihrer satzungsgemäßen Verpflichtung zur Politikberatung in einer ersten Stellungnahme im März 1996 mit dem Thema „Gentechnik und Lebensmittel“ befasst. Inzwischen sind Forschung und Kommerzialisierung auf diesem Gebiet weiter fortgeschritten und wichtige Rahmenbedingungen haben sich geändert, so dass eine Neubewertung geboten erscheint. Es werden heute die meisten Kulturpflanzenarten mit Hilfe gentechnischer Methoden züchterisch bearbeitet. Der Anbau gentechnisch veränderter Kulturpflanzen (v. a. Soja, Mais, Baumwolle und Raps) umfasste 1999 weltweit knapp 40 Millionen Hektar, darunter über 30 Millionen Hektar in den USA. Die meisten in der Lebensmittelverarbeitung genutzten Enzyme, Aminosäuren, einige Vitamine und andere Zusatzstoffe werden mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen hergestellt. Die in Verkehr gebrachten Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen und Mikroorganismen wurden von vielen Millionen Menschen konsumiert, ohne dass speziell der Gentechnik zuzurechnende gesundheitliche Probleme bekannt geworden sind.

Wirtschaftliche Vorteile sind für Saatgutproduzenten und an der Lebensmittelherstellungskette Beteiligten offensichtlich. Im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren erwarten Bauern vom Anbau der gentechnisch veränderten Kulturen eine rentablere Produktion auf hohem Ertragsniveau bei vermindertem Einsatz von Agrochemikalien zur Bekämpfung von Schädlingen und Wildkräutern (sogenannte Unkräuter). In Europa hingegen fand bislang der kommerzielle Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen aufgrund fehlender Genehmigungen nur in sehr geringem Umfang statt.

Inwieweit sich das nach Inkrafttreten der novellierten Richtlinie 90/220/EWG (Freisetzungsrichtlinie) ändert, bleibt abzuwarten.

Hinzu kommen bei großen Teilen der europäischen Bevölkerung Akzeptanzprobleme. Der Nutzen der pflanzlichen Gentechnik („Grüne“ Gentechnik) ist für viele Bürger nicht hinreichend deutlich. Während die Gentechnik im Bereich der medizinischen Anwendung („Rote“ Gentechnik) weitgehend akzeptiert ist, sieht sich die Gentechnik in den Anwendungsfeldern Landwirtschaft und Lebensmittel nach wie vor starker Kritik ausgesetzt. Dabei scheint die kritische Einstellung zur Gentechnik in einer breiten Öffentlichkeit eher ein allgemeines Misstrauen gegenüber Wirtschaft und Gesellschaft widerzuspiegeln als die Sorge vor konkreten Risiken (Hampel und Renn 1999). Andere nahrungsrelevante Probleme (Rinderwahnsinn, Dioxin) und wissenschaftlich umstrittene Publikationen haben zu der ablehnenden Haltung beigetragen.

Im Zuge der Globalisierung und internationaler Abhängigkeiten darf die Ernährungssituation in den Entwicklungsländern nicht außer Acht gelassen werden. Trotz des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln geht immer noch weltweit rund ein Drittel der Ernte durch Krankheiten, Schädlinge und Wildkräuter verloren (Oerke und Steiner 1996). In den kommenden 50 Jahren muss die Welt aufgrund der wachsenden Bevölkerung mehr Nahrungsmittel produzieren als sie dies bisher, d. h. seit Beginn der landwirtschaftlichen Produktion vor etwa 10 000 Jahren, getan hat. Die Ackerfläche lässt sich jedoch kaum noch ausdehnen. Deshalb besteht die globale Herausforderung darin, sowohl hohe und qualitativ hochwertige Erträge zu sichern als auch die landwirtschaftliche Produktion umweltverträglich zu gestalten.

Vor dem geschilderten Hintergrund sollen auf der Basis aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse Ziele und Anwendungen sowie denkbare Risiken, die den Themenkomplex Gentechnik und Lebensmittel betreffen, erneut aufgezeigt und bewertet sowie Empfehlungen ausgesprochen werden.

4 Ziele und Anwendungen

4.1 Gentechnisch veränderte Pflanzen in der Landwirtschaft

Schon vor etwa 10000 Jahren hat der Mensch begonnen, aus Wildformen Kulturpflanzen auszulesen. Aber erst seit etwa 100 Jahren betreibt er unter Anwendung der Mendelschen Vererbungsregeln klassische Kreuzungszüchtung auf wissenschaftlicher Grundlage. An den Zuchtzielen hat sich nur wenig geändert. Sie lassen sich in drei Hauptgruppen gliedern:

- Ertragssteigerung,
- Ertragssicherung,
- Qualitäts- und Verarbeitungseigenschaften.

Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse in Molekularbiologie und Genetik hat man moderne biotechnologische Methoden entwickelt, die schnell Einzug in die Pflanzenzüchtung gehalten haben. So können mit Hilfe der Zell- und Gewebekulturtechnik aus einzelnen Zellen und Gewebepartikeln komplette Pflanzen herangezogen werden. Die Zell- und Gewebekulturtechnik ist damit eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung der Gentechnik. Während die klassische Züchtung auf die Kreuzung nahe verwandter Arten begrenzt ist, ermöglicht die Gentechnik die Übertragung einzelner Gene, die auch aus artfremden Organismen, z.B. Bakterien, stammen können. Gentechnik ergänzt damit die klassische Züchtung. Nachstehend sind einige praxisrelevante Beispiele gentechnisch veränderter Pflanzen und ihre Anwendungsperspektiven angeführt.

4.1.1 Resistenz gegen Fraßschädlinge

Etwa 40 Gene, die Resistenzen gegen Fraßinsekten bewirken, wurden inzwischen auf Kulturpflanzen übertragen (Schuler et al. 1998). Die prominentesten Beispiele sind Gene aus dem Bakterium *Bacillus thuringiensis*, sogenannte Bt-Gene. Präparate des Bt-Bakteriums (Sporen und Proteinkristalle) werden als Insektizid schon seit 40 Jahren vor allem im ökologischen Landbau, Gartenbau und Forst eingesetzt. Das Bakterium produziert ein Toxin (Eiweiß), das auf bestimmte Fraßinsekten, z.B. Schmetterlingsraupen, giftig wirkt, andere Lebewesen jedoch nicht schädigt. Die Wirkung dieses Spritzmittels ist aber nur von kurzer Dauer, da der Wirkstoff, das Bt-Eiweiß, rasch abgebaut und unwirksam wird. Mindestens zehn Gene, die verschiedene Bt-Toxine kodieren und gegen Schadinsekten selektiv wirksam sind, wurden inzwischen in Kulturpflanzen eingebaut (Schuler et al. 1998).

Die gentechnisch mit dem Bakteriengen ausgerüsteten „transgenen“ Pflanzen bilden daraufhin selbst den Wirkstoff und schützen sich so vor Insektenfraß. Bei Mais ist damit ein weiterer Vorteil offensichtlich. Aufgrund der reduzierten Fraßschäden führen die eingebrachten Bt-Gene indirekt auch zu einem verminderten Befall durch Schadpilze, die über verletztes Gewebe in die Maispflanze eindringen und gesundheitsschädliche Giftstoffe (Mykotoxine) wie *Fumonisin* bilden. Zur Zeit sind fünf verschiedene Bt-Genkonstrukte für den Maisanbau in den USA zugelassen (Munkvold und Hellmich 1999). Mais- und Baumwollsorten, die Bt-Gene zum Schutz vor Fraßinsekten tragen, werden in den USA großflächig kultiviert. Durch den Anbau resistenter Sorten kann der Einsatz von Insektiziden in einigen Fällen erheblich vermindert werden.

4.1.2 Resistenz gegen Krankheitserreger

Pilze und Bakterien

Zur Abwehr von Pilzkrankheiten erprobt man den Einsatz von Chitinasen, da diese Enzyme in der Lage sind, die Polysaccharide der pilzlichen Zellwand (Chitine) abzubauen. Sie greifen die in die Pflanzenzelle eindringende Pilzhyphe an und hemmen das Wachstum des Pilzes. Chitinasegene hat man z.B. aus Gerste und einem

Bodenbakterium isoliert (Jach et al. 1995). Gene für sogenannte Osmotine, die Pilzmembranen zerstören können, wurden in Tabak, Kartoffel und Tomate gefunden. In ersten Versuchen führten diese Gene in Kartoffelpflanzen, die mit dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule infiziert waren, zu einer langsameren Ausbildung von Krankheitssymptomen (Zhu et al. 1996). Ein anderer Ansatz beruht auf der Nutzung eines sogenannten Ribonucleasegens, das die vom Pilz befallene Zelle durch Abbau der RNA absterben lässt und so eine weitere Ausbreitung des Pilzes verhindern soll (Strittmatter et al. 1995). Durch den Anbau pilzresistenter Sorten erwartet man eine deutliche Reduktion des Fungizideinsatzes, der z.B. im Weinbau nach wie vor bis zu sieben Sprühekampagnen umfasst.

Auch gegen schwer bekämpfbare Bakterienkrankheiten erforscht man molekulare Abwehrmechanismen, z.B. auf der Basis von Lysozymgenen, die auf Kartoffelpflanzen übertragen wurden. Lysozyme (Enzyme mit zellzerstörender Wirkung) sind weit verbreitet und wirken toxisch gegen Bakterien. Durch die Bildung dieser Enzyme in den Pflanzen können eindringende Bakterien frühzeitig angegriffen werden, so dass deren massenhafte Vermehrung verhindert wird (Düring et al. 1993).

Viren

Pflanzliche Viruskrankheiten stellen in der Landwirtschaft ein besonderes Problem dar, da es keine speziellen Mittel zu ihrer direkten Bekämpfung gibt. Die Übertragung von Viren lässt sich in bestimmten Fällen allenfalls indirekt angehen, indem man die als Überträger dienenden Insekten mit Insektiziden bekämpft. Mit Hilfe der Gentechnik werden verschiedene neuartige Schutzstrategien verfolgt. Manche Viren können sich in der Pflanze nicht mehr vermehren, wenn bestimmte, unschädliche Teile der Erreger in den Pflanzenzellen bereits vorhanden sind. So versucht man durch Übertragung von Genen, die bestimmte Hüll- oder Transportproteine des Virus kodieren, die Widerstandsfähigkeit gegen Viren zu verbessern. Diese Ansätze werden z.B. bei Zuckerrüben gegen das *Rizomania*-Virus, den Erreger der Wurzelbärtigkeit (Mannerlöf et al. 1996), und bei Kartoffeln gegen das Blattrollvirus (Tacke et al. 1996) verfolgt und in Deutschland im Freiland getestet.

Der Anbau gentechnisch entsprechend veränderter Sorten bietet eine Perspektive, auf synthetische Spritzmittel gegen virusübertragende Insekten weitgehend zu verzichten.

4.1.3 Toleranz gegen Herbizide

Kulturpflanzen sind nicht nur Krankheiten und Schädlingen ausgesetzt, sie konkurrieren auf dem Feld auch mit Wildpflanzen um Licht, Wasser und Nährstoffe. Diese Wildkräuter überwuchern die Kulturpflanzen und können zu erheblichen Ertragsverlusten führen. Dagegen werden Unkrautbekämpfungsmittel (Herbizide) eingesetzt. Herbizide werden meist schon vor oder kurz nach der Saat ausgebracht, um den Kulturpflanzen einen Entwicklungsvorsprung zu verschaffen. Bestimmte Breitbandherbizide werden rasch abgebaut und gelten daher als relativ umweltverträglich. Sie blockieren wichtige Enzyme des pflanzlichen Stoffwechsels, schädigen aber Wild- und Kulturpflanzen gleichermaßen. Deshalb konnten sie bislang nicht während des Wachstums der Kulturpflanzen eingesetzt werden.

Unternehmen der Agrochemie haben wichtige Kulturpflanzen wie Soja, Mais, Baumwolle und Raps mit Hilfe der Gentechnik so verändert, dass sie gegen diese Herbizide unempfindlich sind. Dabei dominieren zwei Strategien:

- In der Pflanze wird ein Enzym gebildet, welches das Herbizid unwirksam machen kann, z.B. durch Anlagerung einer Acetylgruppe.
- Das Enzym ähnelt dem Zielprotein des Herbizids, ist infolge eines gentechnischen Eingriffs in seiner Struktur aber so verändert, dass es von dem Herbizid nicht mehr blockiert wird.

Unkrautvernichtungsmittel, die durch Mikroorganismen im Boden schnell abgebaut werden, können nun auch ohne Nachteil für die Kulturpflanzen eingesetzt werden, und zwar gezielt erst im sogenannten Nachauflauf, wenn der Ertrag absehbar gefährdet ist und sich außerdem die Wildkräuter in einem späteren Entwicklungsstadium befinden. In den USA werden diese herbizidtoleranten Pflanzen in großem Umfang angebaut.

Durch die neue Strategie der Unkrautbekämpfung lässt sich nach dortigen Erfahrungen der Einsatz von Herbiziden im Vergleich zur herkömmlichen Produktionsweise vermindern (Carpenter und Gianessi 1999, Fulton und Keyowski 1999). Die längere Bedeckung des Bodens durch die Wildpflanzen beugt zudem der Erosion durch Wind und Wasser (Starkniederschläge) vor. Inwieweit das Verfahren auch in unseren Breiten Einsparungen von Herbiziden im Mais-, Zuckerrüben- und Rapsanbau bewirkt, müssen praxisnahe Freilandversuche zeigen.

4.1.4 Kulturpflanzen für ungünstige Standorte

Ungünstige Umweltbedingungen wie Trockenheit, hoher Salz- oder Aluminiumgehalt des Bodens oder extreme Temperaturen erschweren in großen Teilen der Erde den Anbau von Kulturpflanzen. Gebraucht werden ertragreiche Kulturpflanzen, die auch unter solch widrigen Verhältnissen wachsen. Anstrengungen zur Erforschung der Stresstoleranz von Pflanzen erfolgen daher besonders mit Blick auf die schwierigen Produktionsbedingungen vieler Entwicklungsländer. Sogenannte osmoprotektive Substanzen (Osmolyte) sowie spezielle Schutzproteine, die es den Pflanzenzellen erlauben, Trocken-, Salz- oder Kältestress zu überleben, stehen dabei im Vordergrund. Bei den osmoprotektiven Stoffen handelt es sich um niedermolekulare Verbindungen, die häufig dem Zucker- und Aminosäurestoffwechsel entstammen.

Unter Stressbedingungen produzieren Pflanzen bestimmte Proteine. Offenbar können einige der durch Trockenstress induzierten Proteine die Funktion der Wassermoleküle übernehmen, die zur Aufrechterhaltung von Proteinstrukturen notwendig sind. Interessanterweise weist eine solche Gruppe von Proteinen aus Gerste strukturelle Ähnlichkeiten mit Proteinen auf, die bei arktischen Fischen gefunden wurden und die Zelle vor Gefrieren schützen (Holmberg und Bülow 1998). Kürzlich wurde in der Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand) außerdem ein Regulationsgen (CBF1) isoliert, das bei der Aktivierung von Genen zum Schutz vor Kälte eine Schlüsselrolle zu spielen scheint (Sarhan und Danyluk 1998). Gentechnisch veränderte, stresstolerante Pflanzen befinden sich in der Entwicklung. Sie haben das Anwendungsstadium noch nicht erreicht.

4.1.5 Nahrungsmittel mit besserer Qualität

Weltweit konzentrieren sich viele Forschungsprojekte auf die Verbesserung der Nahrungsmittelqualität mit Hilfe gentechnischer Verfahren. Um den gesundheitlichen Wert für den Menschen zu steigern und Krankheiten vorzubeugen, werden Gene für die Bildung von Ölen, Eiweißstoffen, Kohlenhydraten und Vitaminen gezielt modifiziert. Auf zwei Ansätze, die gerade für Entwicklungsländer bedeutend sein können, wird hier kurz eingegangen.

Mais ist für viele Menschen eine wichtige Nahrungsgrundlage. Das Maiskorn enthält aber nur wenig von dem für den Menschen lebenswichtigen Eiweißbaustein Lysin. In vielen Regionen Mittelamerikas und Afrikas kommt es zu Mangelkrankheiten, weil das Defizit nicht durch andere pflanzliche und tierische Nahrungsmittel ausgeglichen werden kann. Lysinreicher Mais wäre zur Vorbeugung dieser Mangelkrankheiten sinnvoll. Vor diesem Hintergrund laufen Forschungsarbeiten, um Mais mit ausreichend hohem Lysin Gehalt in den Körnern zu erzeugen. In ersten Versuchen konnten bakterielle Gene für ein wichtiges Enzym der Biosynthese von Lysin dazu gebracht werden, den Lysingehalt im Maiskorn zu erhöhen (Krebbers et al. 1999).

Weltweit leiden 400 Millionen Menschen unter Vitamin-A-Mangel, der zur Blindheit führen kann. Betroffen sind vor allem Kinder in den asiatischen Ländern, deren Ernährung fast ausschließlich vom Reis abhängt. Wissenschaftler der *Eidgenössisch Technischen Hochschule (ETH)* in Zürich entwickelten deshalb Reispflanzen, die β -Carotin, eine Vorstufe von Vitamin A, in den Körnern bilden. Dazu wurden Gene, die Schlüsselenzyme des Terpenoid-Stoffwechselwegs kodieren, aus der Narzisse bzw. dem Bakterium *Erwinia uredovora* auf Reis übertragen (Potrykus 1999). In den nächsten Jahren wird diese neue Eigenschaft am *Internationalen Reisforschungsinstitut (IRRI)* auf den Philippinen in verschiedene lokale Sorten eingekreuzt. Es ist die erklärte Absicht, das Material kostenlos an Reisbauern abzugeben.

4.1.6 Hybridzüchtung

Um 1930 stellte man beim Mais fest, dass die Kreuzung von Inzuchtlinien, die durch Selbstbefruchtung entstanden, zu besonders starkwüchsigen und ertragreichen Hybriden führt. Heute sind die meisten Sorten von Mais, Zuckerrübe oder Sonnenblume, die sich im Handel befinden, solche Hybride.

Wenn Samen von Hybriden als Saatgut für die nächste Wachstumsperiode verwendet werden, kommt es zu genetischen Aufspaltungen und Ertragseinbußen, so dass der Landwirt in der Regel jedes Jahr Hybridsaatgut neu kauft. Durch gentechnisch induzierte Apomixis, eine Form der vegetativen Vermehrung, die natürlicherweise bei einigen Gräsern vorkommt, eröffnet sich nun die Perspektive, vorteilhafte Eigenschaften von wichtigen Kulturpflanzen, vor allem Hybriden, über Generationen hinweg zu erhalten. Bei der Apomixis entwickelt sich der Samen durch Ausschalten der Reduktionsteilung ohne Befruchtung direkt aus einer diploiden Zelle. Derzeit versucht man die dafür verantwortlichen Gene zu identifizieren. Besonders Landwirte in den Entwicklungsländern könnten von dieser Zuchtmethode profitieren. Voraussetzung wäre ein preiswerter Zugang zu den apomiktischen Nutzpflanzensorten.

Genau in die entgegengesetzte Richtung zielt ein als „Gene Protection“ oder von Kritikern als „Terminator-Technologie“ bezeichnetes Verfahren zum Saatgutschutz. Das entsprechende Patent „Control of Plant Gene Expression“ wurde dem Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten und der Firma Delta & Pine Land Company kürzlich erteilt (Monsanto 1998). Die sogenannten „Terminator-Gene“ bewirken bei Körnerfrüchten, dass der Embryo der Samen vor der Reife abstirbt. Der Samen ist steril und kann als Saatgut nicht mehr verwendet werden. Der Landwirt ist damit gezwungen, neues Saatgut zu kaufen. Gegen dieses Sortenschutzverfahren werden zurecht erhebliche Einwände vorgebracht.

4.2 Gentechnisch veränderte Mikroorganismen in der Lebensmittelproduktion

Gentechnisch modifizierte Mikroorganismen übertreffen im Lebensmittelbereich bei weitem die Zahl gentechnisch veränderter Pflanzen. Man verwendet sie

- als Produzenten von Stoffwechselprodukten,
- als Produzenten von Enzymen,
- als Fermentationsorganismen von Lebensmitteln.

4.2.1 Produktion von Stoffwechselprodukten

Mikroorganismen (Bakterien, Hefen und Schimmelpilze) sind aufgrund ihrer extrem hohen Stoffwechselaktivität und ihrer einfachen Vermehrbarkeit für die Gewinnung von Stoffwechselprodukten wie Aminosäuren, Vitamine, Alkohol, organische Säuren oder Aromastoffe besonders geeignet. Dazu werden ausgewählte Stämme dieser Mikroorganismen in optimierten Fermentationsverfahren gezüchtet. Die Stoffwechselprodukte erfüllen in der Lebensmittelverarbeitung vielfältige Aufgaben, z. B. im Herstellungsprozess, bei der Verbesserung von Haltbarkeit, Geschmack, Aroma, Textur, Farbe oder Nährwert. Eine besonders häufig verwendete Verbindung ist beispielsweise die ursprünglich aus Zitronen isolierte Zitronensäure. Sie wird aus Fermentationen mit dem Schimmelpilz *Aspergillus niger* in einem Volumen von 300 000 Tonnen pro Jahr gewonnen und als Säuerungsmittel und Antioxidans in Produkten wie alkoholfreien Erfrischungsgetränken, Bonbons, Konfitüren, Desserts, Fetten und Ölen eingesetzt.

Zunehmend werden diese biotechnisch gewonnenen Stoffe mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen erzeugt. Dabei ist es ein Ziel, den Stoffwechsel der Mikroorganismen so zu beeinflussen, dass er mit erhöhter Rate die gewünschten Produkte freisetzt. Im Labor ist es z. B. bei bestimmten Milchsäurebakterien (Laktokokken) schon gelungen, neue Stoffwechselwege zu etablieren, so dass diese nicht mehr Milch-, Essig- und Ameisensäure als Endprodukte der Gärung bilden, sondern das Butteraroma Diacetyl (Hugenholtz 1993) bzw. die Aminosäure L-Alanin, die in Milchgetränken zur natürlichen Süßung beiträgt (Hols et al. 1999).

4.2.2 Gewinnung von Enzymen

Mikroorganismen sind traditionell häufig genutzte Produzenten von Enzymen, die in der Lebensmittelproduktion eingesetzt werden. Die Erzeugung von Enzymen mit Hilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen ist unter den Aspekten der Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung, des Umweltschutzes und der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von besonderem Vorteil. Dies geht eindrucksvoll aus dem Vergleich der α -Glucosidase aus gentechnisch veränderter Hefe gegenüber derjenigen aus Frischhefe hervor (Quelle: Boehringer Mannheim). Glucosidasen werden z.B. in der Backwarenbranche zur Erhaltung der Frische viel verwendet.

Mit gentechnisch veränderter Hefe lassen sich die anfallende Menge von Abfallmasse bzw. Abwasser und die Energiekosten drastisch verringern. Die gewonnenen Enzyme enthalten zudem deutlich weniger potenziell allergene Verunreinigungen. Nach Angaben der Organisation der Erzeuger mikrobieller Enzyme liegen über 30 Enzympräparate aus gentechnisch veränderten Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen vor. Die breiteste Anwendung hat inzwischen das gentechnisch erzeugte Chymosin gefunden, mit dessen Hilfe in den USA bereits 80 Prozent des Käses erzeugt werden und das identisch mit der im traditionellen Kälberlab enthaltenen Wirksubstanz ist.

4.2.3 Starter- und Schutzkulturen

In der Lebensmittelherstellung werden Mikroorganismen auch als Starter- und Schutzkulturen eingesetzt. Komplexe Vorgänge führen bei den fermentierten Lebensmitteln dazu, dass unter dem Einfluss des mikrobiellen Stoffwechsels verderbliche, ungenießbare oder im Nährwert reduzierte Rohwaren pflanzlichen oder tierischen Ursprungs in veredelte, meist haltbare und gesundheitlich unbedenkliche Produkte umgewandelt werden. Das Ergebnis des Fermentationsprozesses ist von zahlreichen Unwägbarkeiten (Zustand der Rohwaren, Belastung mit mikrobiellen Keimen, Infektion mit Bakterienviren) abhängig.

Mit den Fortschritten in Mikrobiologie und Biotechnologie setzte eine Entwicklung ein, die zu technologisch und biologisch kontrollierten Produktionsprozessen führte. Das Kernstück dieser

Entwicklung ist die Verwendung von Starter- und Schutzkulturen. Bei ihnen handelt es sich um ausgewählte Mikroorganismen, die ursprünglich aus besonders gelungenen Fermentationen isoliert und nachfolgend umfassend charakterisiert wurden. Hefen für die Bierherstellung sowie Milchsäurebakterien für die Herstellung der Sauerrahmbutter bildeten die ersten in der Lebensmittelherstellung eingesetzten Kulturen. Gegenwärtig ist die Anwendung von Starterkulturen Stand der Technik. Ohne ihre Hilfe ließen sich z.B. in der Milchwirtschaft Produkte wie Käse, Joghurt, Dickmilch oder Quark mit definierten sensorischen Eigenschaften nicht aus mehreren 100 000 Litern Milch an einem Tag in einem industriellen Betrieb mit höchster Präzision sicher erzeugen.

Wegen ihrer großen Bedeutung sind die bei Lebensmittelfermentationen verwendeten Mikroorganismen wissenschaftlich sehr intensiv untersucht und gentechnisch bearbeitet worden. Zielrichtungen der gentechnischen Veränderung sind dabei:

- Resistenz gegen Bakterienviren für einen sicheren Ablauf der Fermentation,
- Verbesserung der Lebensmittelhygiene durch den Abbau natürlicher Giftstoffe sowie Verhinderung von Lebensmittelvergiftungen,
- Erhöhung der technologischen Effizienz.

5 Risikoaspekte

Lebensmittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen und Mikroorganismen müssen genauso unbedenklich sein wie traditionelle Erzeugnisse. Mögliche Risiken müssen daher schon bei der Entwicklung erkannt und bewertet werden.

5.1 Denkbare Risiken durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen

Bei der Entwicklung von gentechnisch veränderten Pflanzen kann man – wie übrigens bei der klassischen Züchtung auch – im Voraus nicht ausschließen, dass Pflanzen mit unerwünschten und nicht erwarteten Eigenschaften entstehen. Gentechnisch veränderte Pflanzen unterliegen deshalb einer intensiven Sicherheitsbewertung.

5.1.1 Auswilderung und Auskreuzung

Ökologische Risiken beim Freilandanbau können darin bestehen, dass sich eine Kulturpflanze unkontrolliert ausbreitet (Auswilderung) oder ihr neues Gen auf Wildpflanzen überträgt (Auskreuzung).

Aufgrund ihrer langen Züchtungsgeschichte sind die meisten heutigen Kulturpflanzen nicht mehr in der Lage, sich ohne den Schutz des Menschen gegen die Konkurrenz von Wildpflanzen durchzusetzen. Dies betrifft gleichermaßen klassisch gezüchtete wie gentechnisch veränderte Kulturpflanzen. Typische Wildeigenschaften, wie ein lockerer Sitz des Samens bei nur geringer Größe, sind

zugunsten höherer Erträge und einfacherer Ernte „weggezüchtet“ worden.

Durch Auskreuzung (vertikaler Gentransfer) könnte aber das neue Gen mit dem Blütenstaub auf eine verwandte Art übertragen und somit eine Eigenschaft verbreitet werden, die nur bei der Kulturpflanze, nicht aber bei den Wildpflanzen erwünscht ist. Die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung und unkontrollierten Verbreitung eines Fremdgens hängt davon ab, ob Kreuzungspartner in der Nähe vorkommen, fruchtbare Kreuzungsnachkommen entstehen und diese einen Konkurrenzvorteil – etwa durch bessere Schädlings- bzw. Krankheitsresistenz, Kälte-, Trockenheits- oder Salztoleranz – auch außerhalb des Ackers aufgrund des Fremdgens aufweisen. Diese Zusammenhänge sind regionalspezifisch weiter zu erforschen.

Von Kartoffel, Mais oder Soja gibt es in Mitteleuropa keine verwandten Wildpflanzen, die im Falle einer Pollenübertragung auf verwandte Wildpflanzen fruchtbare Nachkommen bilden könnten. Dies ist aber in Mitteleuropa z.B. bei Raps, Zuckerrüben und Hafer nicht auszuschließen (Dietz-Pfeilstetter et al. 1999, Bartsch und Pohl-Orff 1996, Ammann et al. 1996). Grundsätzlich verdienen Regionen oder Genzentren, in denen die Wildformen der Kulturpflanzen wachsen, bezüglich der Auskreuzungsproblematik besondere Beachtung.

Als entscheidend im Hinblick auf mögliche negative Veränderungen im Ökosystem wird angesehen, inwieweit das übertragene Fremdgen einen Konkurrenzvorteil vermittelt. Ein solcher Selektionsvorteil wäre dann gegeben, wenn sich die transgenen Pflanzen aufgrund der neu erworbenen Eigenschaft gegen die Konkurrenz der Wildpflanzen durchsetzen und dauerhaft im Ökosystem etablieren würden. Das ist von Fall zu Fall für jede neue Eigenschaft und Anbauregion zu beurteilen. Ungeklärt ist derzeit, inwieweit sich gentechnisch eingeführte Gene, die in der Natur keine Selektionsvorteile bieten, in Wildpopulationen stabilisieren können (WBGU 1998).

Bei einem großflächigen Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen – vor allem wenn es sich um Fremdbefruchter handelt – kann nicht ausgeschlossen werden, dass gelegentlich ein Pollentransfer auf konventionell gezüchtete Kulturpflanzen stattfindet. Der ökologische Landbau wird somit auf Dauer nicht garantieren können, dass bestimmte Produkte absolut frei von rekombinanter DNA

sind (Meyer et al. 1998). Interessante Perspektiven, um solche unerwünschten Genübertragungen durch Pollen zu verhindern, könnten sich daraus ergeben, dass man die gentechnischen Eingriffe nicht am Zellkern vornimmt, sondern an den Chloroplasten, die nicht im Pollen vorkommen (Chamberlain und Stewart 1999).

5.1.2 Horizontaler Gentransfer

Neben diesem vertikalen Gentransfer wird auch ein möglicher horizontaler Gentransfer – die Übertragung der in Pflanzen eingebrachten Gene über Artgrenzen hinweg z.B. auf Mikroorganismen – kontrovers diskutiert. So wird befürchtet, dass diese Gene nach der Zersetzung der Pflanze im Boden oder bei der Verdauung im Darm von Mensch und Tier in Mikroorganismen gelangen und die Genprodukte zu unerwünschten Effekten führen könnten. Sorge bereitet vielen Bürgern vor allem die Vorstellung, dass Antibiotikaresistenzgene, die bei der Züchtung transgener Pflanzen als Marker dienen, die Wirkung therapeutischer Antibiotika beeinträchtigen könnten.

Zwischen Bakterien verschiedener Arten erfolgt ständig ein Genaustausch, beispielsweise zwischen Bakterien im Darmtrakt von Mensch und Tier, aber auch zwischen solchen in Kläranlagen und im Boden. Ein solcher horizontaler Gentransfer aus Pflanzen in Mikroorganismen konnte dagegen bislang experimentell nicht nachgewiesen werden, er ist aber theoretisch nicht auszuschließen (Pühler 1998). Der Schlüssel zur Lösung des Antibiotika-Resistenzproblems liegt in der drastischen Reduktion des bestehenden Selektionsdrucks durch einen verantwortungsbewussten Umgang mit Antibiotika (Smalla et al. 2000). Neue technologische Entwicklungen machen den Einsatz von Antibiotika-Resistenzgenen als selektive Marker entbehrlich. Deshalb sollte auf derartige Resistenzgene in Kombination mit anderen DNA-Sequenzen verzichtet werden. Vor dem Hintergrund der öffentlichen Diskussion um die Möglichkeit einer Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen und um das Risiko möglichst gering zu halten, versuchen die Züchter nun, gentechnisch veränderte Pflanzen zu gewinnen, die keine Antibiotika-Resistenzgene mehr enthalten.

5.1.3 Bildung neuer Viren

Bei der Entwicklung transgener virusresistenter Pflanzen konzentriert sich die Risikobewertung auf die Möglichkeit, dass neue Viren entstehen könnten. So weiß man, dass durch Virusinfektionen virale Gensequenzen ausgetauscht werden, wobei das tatsächliche Ausmaß solcher Rekombination unbekannt ist. Dabei handelt es sich um einen natürlichen Vorgang, der grundsätzlich auch bei transgenen Pflanzen, die Virusgene enthalten, möglich ist. Durch Rekombination könnte z.B. ein neues Virus entstehen, das stärkere Krankheitssymptome verursacht oder ein erweitertes Wirtsspektrum hat. Dieses Risiko lässt sich dadurch vermindern, dass bei der Entwicklung transgener virusresistenter Pflanzen keine vollständigen viralen Gensequenzen verwendet werden. Die ausgewählten Genstücke sollen der Pflanze Widerstandsfähigkeit gegen Viren verleihen, nicht aber eine erfolgreiche Rekombination und damit die Bildung neuer Viren erlauben (Schulte und Käppeli 1997).

5.1.4 Auswirkungen auf Nichtzielorganismen

Durch die Landwirtschaft greift der Mensch massiv in Ökosysteme ein. Ziel einer nachhaltigen Entwicklung muss es sein, die negativen Folgen dieses Eingriffs zu minimieren. Umweltverträgliche Pflanzenschutzstrategien sollen einem Krankheits- und Schädlingsbefall vorbeugen, jedoch mögliche negative Auswirkungen auf die übrige Flora und Fauna minimieren. Unter diesem Aspekt sind auch gentechnisch vermittelte Krankheits- und Schädlingsresistenzen zu bewerten.

Für Aufregung hat jüngst eine Studie gesorgt, wonach Raupen des Monarchfalters (*Danaus plexippus*), die mit Pollen von Bt-Mais bestäubte Blätter der Wirtspflanze Seidenblume (*Asclepias syriaca*) fraßen, geschädigt werden können (Losey et al. 1999). Dabei handelt es sich um eine vorläufige Untersuchung, die im Labor erfolgte und deren Ergebnisse nicht direkt auf Freilandverhältnisse übertragbar sind. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens scheinen die negativen Folgen für den Monarchfalter gering zu sein. Maispollen werden nur während einer kurzen Zeit der Vegetationsperiode gebildet, die sich mit empfindlichen Entwicklungsstadien des Schmetterlings allenfalls geringfügig überlappt. Da die Pollenkörner relativ

schwer sind, werden sie nur in geringe Entfernung vom Maisfeld verweht, so dass nur Seidenblumenpflanzen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Maisfeld für die Monarchfalterraupen eine potenzielle Gefahr darstellen. Ungeklärt ist derzeit, ob Monarchfalter überhaupt mit Pollen „verunreinigte“ Seidenblumen als Wirtspflanze nutzen, wenn anderweitiges Nahrungsangebot besteht (USDA 1999). Deshalb werden weitere praxisnahe Feldversuche durchgeführt.

In ähnlicher Weise erlaubt auch eine Laboruntersuchung, wonach Maispflanzen Bt-Toxine über Wurzeln ausscheiden, die dann Nichtzielorganismen schädigen können (Saxena et al. 1999), keine direkten Rückschlüsse auf die Verhältnisse unter praktischen Anbaubedingungen. Bisher liegen nur sehr wenige Feldversuche über die Auswirkungen von Bt-Pflanzen auf Nichtzielorganismen vor (De Maagd et al. 1999). Auf diesem Gebiet besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Die Risiko-Nutzen-Abwägung sollte immer vor dem Hintergrund der derzeitigen landwirtschaftlichen Praxis stattfinden und berücksichtigen, inwieweit auch konventionelle Insektizide entsprechende Nichtzielorganismen schädigen. Durch die Verwendung gewebespezifischer und induzierbarer genetischer Regulationseinheiten (Promotoren), die eine Abwehrreaktion lokal begrenzt und erst bei Befall einleiten, könnte dieses Risiko weiter verringert werden.

5.1.5 Resistenz gegen Bt-Toxine

Vor dem Hintergrund eines großflächigen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen, die Bt-Toxine zum Schutz vor Fraßinsekten bilden, wird die Befürchtung geäußert, es könnte bei den Schadinsekten zu einer beschleunigten Resistenz gegen Bt-Toxine kommen, so dass der Einsatz der umweltfreundlichen Bt-Spritzmittel unwirksam wird. Es handelt sich hierbei nicht um ein gentechnikspezifisches Risiko. Aus der landwirtschaftlichen Praxis weiß man, dass enge Fruchtfolgen und im Extremfall Monokulturen, verbunden mit dem häufigen Einsatz gleicher Pflanzenschutzmittel, die Entwicklung resistenter Schadorganismen begünstigen können.

Bisher wurden nur wenige Resistenzen gegen Bt-Präparate bei Schädlingen von Nahrungspflanzen gefunden, z.B. bei der Kohlschabe (*Plutella xylostella*) (Tabashnik 1994). Laboruntersuchungen

haben gezeigt, dass Insekten gegen einzelne Bt-Toxine resistent werden können (De Maagd et al. 1999). Ersten Berichten zufolge traten resistente Stämme von der Kohlschabe (*Plutella xylostella*) auf Bt-Raps (Rachmandran et al. 1998) und von Raupen der Baumwollwille (*Heliothis virescens*) sowie des roten Kapselwurms (*Pectinophora gossypiella*) auf Bt-Baumwolle auf (Liu et al. 1999, Gould et al. 1997). Diese Resistenzen werden wahrscheinlich rezessiv vererbt.

Um einer erhöhten Resistenzentwicklung bei Schadinsekten gegenüber Bt-Toxinen der transgenen Pflanzen vorzubeugen, werden verschiedene Strategien im Rahmen eines Resistenzmanagements geprüft (De Maagd et al. 1999):

- Refugien nicht transgener Wirtspflanzen neben transgenen Pflanzen, die Bt-Toxin in hohen Konzentrationen bilden,
- die Anwendung verschiedener Bt-Toxine,
- der Einsatz von Toxingenen mit induzierbaren Promotoren.

Weitere Forschungen sind hier notwendig, da die Mechanismen von Resistenzentwicklung unter Freilandverhältnissen im Detail noch unverstanden sind.

5.2 Denkbare Risiken durch den Verzehr gentechnisch veränderter Lebensmittel

Die Bestätigung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln wird durch Einflüsse des Ernährungsverhaltens, der natürlichen Variabilität der Konzentrationen an Inhaltsstoffen, der Verarbeitungsweise sowie der unterschiedlichen Empfindlichkeit einzelner Individuen oder von Bevölkerungsgruppen erschwert. Diese Problematik trifft für jedes Lebensmittel zu und ist nicht auf die mit Hilfe der Gentechnik erzeugten Lebensmittel beschränkt.

5.2.1 Toxische Inhaltsstoffe

Bei der Entwicklung von Lebensmitteln muss sichergestellt werden, dass keine toxischen Inhaltsstoffe entstehen. Besonders große Verunsicherung hatte in der Öffentlichkeit die Publikation eines Forschungsprojektes im Rowett Research Institute in Schottland verursacht, bei dem einer Stellungnahme der Royal Society (1999) zufolge die wissenschaftliche Betrachtungsweise außer Acht gelassen wurde. Es wurden hier gentechnisch veränderte Kartoffeln erzeugt, die mit einem aus Schneeglöckchen stammenden Gen ausgestattet waren, das für ein Lectin kodiert. Der Aufwand der Untersuchungen zur Bestätigung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit muss bei einem derartigen Konstrukt strengsten Kriterien genügen, denn einerseits gibt es keine Erfahrungen mit dem Verzehr von Schneeglöckchen und andererseits sind Lectine bekannte hochwirksame Toxine und insbesondere antinutritive Verbindungen, d. h. sie erzeugen Ernährungsmangelscheinungen oder beeinflussen Funktion und Verwertung der Nährstoffe. Die Kartoffeln wurden sowohl in gekochter als auch in roher Form an Ratten verfüttert. Diese Versuchstiere wurden nachfolgend auf ihren Gesundheitszustand hin untersucht. Bei den mit rohen, transgenen Kartoffeln gefütterten Tieren sollen nach Aussage eines untersuchenden Wissenschaftlers im Gegensatz zu den mit traditionellen Kontrollkartoffeln gefütterten Tieren Gesundheitsschäden aufgetreten sein (rohe Kartoffeln sind grundsätzlich für den Verzehr ungeeignet und enthalten von Natur aus besonders reichlich Toxine und antinutritive Verbindungen).

Dieser Befund der toxikologischen Prüfung hat in Großbritannien, das durch die Erfahrungen mit Rinderwahnsinn und dessen Behandlung durch die staatlichen Institutionen im höchsten Maße verunsichert ist, eine Ablehnung von Gentechnik im Lebensmittelbereich ausgelöst. Es ist dabei der Öffentlichkeit nicht zu vermitteln gewesen, dass schon jetzt eine umfassende Prüfung, die viel ausführlicher abläuft als die bei dem Rattenexperiment, europäischer Standard ist und dass die vorgelegten Daten eine unvorhergesehene schädliche Wirkung der gentechnisch veränderten Kartoffeln nicht beweisen.

5.2.2 Antibiotikaresistenzen

Zwischen Mikroorganismen kann ein Genaustausch über verschiedene Mechanismen stattfinden. Mikroorganismen bilden die Darmflora und wirken unmittelbar auf den Menschen ein. Eine besondere Problematik stellt das Auftreten von resistenten Mikroorganismen gegen Chemotherapeutika, z.B. Antibiotika, dar. Diese werden eingesetzt, um pathogene Keime abzutöten und damit den Menschen von Infektionskrankheiten zu heilen. Der zunehmende Gebrauch der Antibiotika führte zu einem bedrohlichen Anstieg der Zahl resistenter Keime. In Anbetracht dessen befürchten viele, dass diese Situation über die gentechnische Veränderung von Organismen zusätzlich verschärft wird.

Die Verbreitung der Antibiotikaresistenzen zeigt deutlich, dass unter Mikroorganismen der Gentransfer grundsätzlich nicht zu verhindern ist und dass Mikroorganismen, die einen Selektionsvorteil durch den Erwerb eines Fremdgens erhalten, sich in der Umwelt anreichern können. Hier kann es keine allgemeingültige Bewertungsstrategie geben, sondern es bedarf stets einer Prüfung von Fall zu Fall.

5.2.3 Allergien

Im Kontext Gentechnik und Nahrungsmittel ist die mögliche allergische Reaktion von Konsumenten von besonderer Relevanz. In den meisten Fällen werden Allergien durch Proteine ausgelöst. Proteine, die aus Lebensmitteln mit bekanntem allergenem Potenzial stammen, können auf allergenes Potenzial getestet werden, da in der Regel Seren von Allergikern mit entsprechenden Antikörpern vorhanden sind. So konnte z.B. ein aus der Paranuss isoliertes und zur Verbesserung der ernährungsphysiologischen Qualität in Soja übertragenes Gen bzw. dessen Proteinprodukt als ein wesentliches Fremdallergen identifiziert werden (Nordlee et al. 1996). Daraufhin wurde das Entwicklungsprogramm gestoppt. Mit Hilfe der Gentechnik ist es nicht zuletzt auch möglich, die Bildung von Proteinen, die Allergien auslösen, in Nahrungspflanzen zu unterdrücken.

Obwohl typische Eigenschaften allergener Proteine wie Molekülgröße, Modifikation mit Zuckerresten (Glykosylierung) und Stabilität während der Verarbeitung und Magendarmpassage bekannt

sind (Jany und Greiner 1998), ist in vielen Fällen noch unklar, welche speziellen Proteine für eine allergische Reaktion verantwortlich sind. Von Proteinen, die bisher nicht Bestandteil von Lebensmitteln waren, ist das allergische Potenzial nicht voraussagbar und muss daher überprüft werden.

5.2.4 Überprüfung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit

Für die Bewertung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit neuartiger Lebensmittel und insbesondere der ihnen zugerechneten gentechnisch veränderten Produkte dienen Empfehlungen des wissenschaftlichen Lebensmittelausschusses der EU (97/618/EC) als Richtschnur. Diese berücksichtigen den international erzielten wissenschaftlichen Konsens und richten sich sowohl an die Erzeuger der transgenen Organismen als auch an die Institutionen der europäischen Länder, die mit der Kontrolle dieser Lebensmittel beauftragt sind.

Die Empfehlungen sehen die Langzeiterfahrung mit einem Lebensmittel als ein wesentliches Kriterium der Bewertung an. Jahrhundertelange Erfahrungen zeigen, dass auch solche Lebensmittel für den Menschen verzehrbar sind, die bekanntermaßen Toxine oder antinutritive Stoffe enthalten. Da grundsätzlich alle Pflanzen potenziell gesundheitsschädliche Stoffwechselprodukte enthalten, bestimmen hier Zubereitungsart und Verzehrmenngen den Nutzen für den Konsumenten.

In Anbetracht der Tatsache, dass traditionelle Lebensmittel nicht einer wissenschaftlichen Prüfung im Hinblick auf die gesundheitliche Unbedenklichkeit unterzogen werden, lässt sich ein neuartiges, gentechnisch erzeugtes Lebensmittel nur im Vergleich bewerten. Deshalb wurde eine prinzipielle Vorgehensweise – bezeichnet als Konzept der substanziellen Äquivalenz (wesentliche Gleichwertigkeit) – vorgeschlagen, die auf dem Vergleich des neuartigen mit dem traditionellen Lebensmittel beruht. Dabei werden die chemischen, biologischen, agronomischen und vielfältige andere Eigenschaften verglichen, mit dem Ziel festzustellen, ob es wesentliche Unterschiede zwischen den Organismen bzw. den aus ihnen erzeugten Lebensmitteln gibt. Wenn festgestellt wird, dass ein Lebensmittel einem herkömmlichen Lebensmittel im Wesentlichen gleichwertig ist, dann kann es hinsichtlich der Unbedenklichkeit

genauso behandelt werden wie das Vergleichsprodukt. Bestehen wesentliche Unterschiede, muss bewertet werden, inwieweit sie die Gesundheit der Menschen beeinträchtigen, ob z.B. allergische Reaktionen ausgelöst werden.

Weiter finden, falls erforderlich, in-vitro- und in-vivo-Toxizitätsuntersuchungen statt, die auch Mutagenitäts-, Reproduktions-, Teratogenitäts- und Fütterungstests über lange Zeiträume einschließen können. Die isolierten, chemisch definierten Inhaltsstoffe lassen sich wie die mit Hilfe von transgenen Organismen gewonnenen Zusatz-, Farb- und Aromastoffe mit den bewährten Methoden der Lebensmitteltoxikologie auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit überprüfen. Hierzu werden umfassende Untersuchungen zur Toxizität und Mutagenität sowie Fütterungsversuche mit Nagetieren durchgeführt. Weitergehende Untersuchungen bezüglich des Metabolismus der Stoffe, Toxikokinetik, chronische Toxizität, Kanzerogenese, Reproduktionsfunktion, Teratogenität, Immunotoxizität und Neurotoxizität können zusätzlich erforderlich sein. Eine abschließende Bewertung kann nur auf der Grundlage der Gesamtheit der Ergebnisse erfolgen, weil in den Tierversuchen die komplex zusammengesetzten Lebensmittel nur bis zu einer bestimmten Menge verabreicht werden können, ohne dass Ernährungsschäden auftreten, welche die Aussage über die Toxizität verfälschen.

6 Rechtliche Sicherheitsvorkehrungen

Zu den wesentlichen speziellen Rechtsvorschriften bezüglich gentechnisch veränderter Pflanzen und Lebensmittel gehören das Gentechnikgesetz, dem u.a. europäische Richtlinien zugrunde liegen, und die Novel-Food-Verordnung der EU.

6.1 Gentechnikgesetz

In Deutschland regelt das Gentechnikgesetz (Neufassung vom 16. Dezember 1993) umfassend die Erzeugung und Verwendung gentechnisch veränderter Organismen. Zweck des Gentechnikgesetzes ist es u.a., Menschen, Tiere, Pflanzen und Umwelt vor möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen und dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen.

6.1.1 Erzeugung und Verwendung gentechnisch veränderter Pflanzen

Gentechnisch veränderte Pflanzen unterliegen im Unterschied zu konventionell gezüchteten Pflanzen einer umfangreichen Sicherheitsprüfung. Die Risikobewertung gentechnisch veränderter Pflanzen orientiert sich am Einzelfall und erfolgt schrittweise. Erkenntnisse werden zunächst im Labor, dann im Gewächshaus und schließlich im Freiland gewonnen.

Bereits die Herstellung und Verwendung gentechnisch veränderter Pflanzen im Labor und im Gewächshaus, also im geschlossenen System, wird vom Anwendungsbereich des Gentechnikgesetzes

erfasst. Dabei sieht das Gesetz vier Sicherheitsstufen vor, die sich nach dem Gefahrenpotenzial für Mensch und Umwelt richten. Vor der gentechnischen Modifizierung und Verwendung von Organismen müssen die dafür vorgesehenen Laboratorien oder Anlagen sowie deren Betrieb durch die zuständige Landesbehörde genehmigt werden (Stufen zwei bis vier) bzw. bei der Behörde angemeldet werden (Stufe eins). Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wird aufgrund einer Einzelfallbewertung die Zulässigkeit des Vorhabens geprüft. Der Antragsteller muss die geplanten Arbeiten erläutern, die Sicherheitsmaßnahmen aufzeigen und darstellen, dass sowohl von der Anlage als auch von den gentechnisch veränderten Pflanzen keine Gefährdung für Mensch und Umwelt ausgeht.

Auch Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen sind nach dem Gentechnikgesetz genehmigungspflichtig, soweit es sich hierbei um Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen handelt. Eine Freisetzung liegt vor, wenn ein gentechnisch veränderter Organismus (GVO) gezielt in die Umwelt ausgebracht und dort entlassen wird. Im Gegensatz zur geschlossenen Anlage fehlt bei der Freisetzung eine Abschließung, die den Kontakt des GMO mit der Umwelt unterbindet. Entscheidend für die Abgrenzung im Einzelfall ist, ob eine physikalische Schranke einen horizontalen Gentransfer zwischen den GMO und anderen Organismen und damit das Einbringen und unkontrollierte Verbreiten des GMO in die „freie Natur“ verhindert. Dies wird bei Pflanzen im Freiland in der Regel nicht möglich sein.

Zuständig für die Genehmigung von Freilandversuchen mit gentechnisch veränderten Pflanzen ist das Robert-Koch-Institut in Berlin. Daneben sind als weitere Fachbehörden die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft und das Umweltbundesamt an der Prüfung eines Freisetzungsantrags beteiligt. Die Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) prüft und bewertet als Sachverständigengremium die geplante Freisetzung im Hinblick auf mögliche Gefährdungen der Umwelt.

Die Genehmigung durch die staatliche Behörde wird nur erteilt, wenn gewährleistet ist, dass nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik alle erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen getroffen und im Verhältnis zum Zweck der Freisetzung unvertretbare schädliche Einwirkungen auf Mensch und Umwelt nicht zu erwarten sind. Daher müssen umfangreiche Informationen über die gentechnische Veränderung, die gentechnisch veränderte Pflanze

sowie mögliche Umweltauswirkungen bereits bei der Antragstellung vorliegen. Der Antrag muss detaillierte Angaben zur biologischen Sicherheit des gentechnisch veränderten Organismus in der Umwelt enthalten. Das Risiko der Auskreuzung der neueingeführten Gene muss abgeschätzt und die Maßnahmen zu deren weitgehenden Verhinderung (z.B. Mantelsaat, Schutzzonen) müssen aufgezeigt werden. Der Freilandanbau wird erst genehmigt, wenn im Vergleich zu konventionell gezüchteten Kulturpflanzen keine zusätzlichen unvermeidbaren Risiken festzustellen sind.

Für den *kommerziellen Anbau* gentechnisch veränderter Kulturpflanzen ist darüber hinaus – wie bei konventionellen Züchtungen – die Sortenzulassung nach dem Saatgutverkehrsgesetz beim Bundessortenamt in Hannover oder, soweit die Sorte bereits in anderen EU-Ländern zugelassen ist, die Eintragung in einen gemeinsamen Sortenkatalog der EU notwendig. Die für den Vertrieb von Saatgut erforderliche Eintragung in die Sortenliste setzt eine erfolgreiche Prüfung voraus, die im Falle von landwirtschaftlichen Pflanzenarten eine mehrjährige Prüfung unter anderem im Feldanbau umfasst.

6.1.2 Verwendung gentechnisch modifizierter Mikroorganismen bei der Erzeugung von Lebensmitteln

Auch die Verwendung gentechnisch modifizierter Mikroorganismen (GMMO) in Form von Bakterien, Pilzen oder Hefen bei der Erzeugung von Lebensmitteln wird durch das Gentechnikgesetz erfasst. Als GMMO gelten solche Mikroorganismen, deren Erzeugung und Verwendung gentechnische Arbeiten im Sinne des Gentechnikgesetzes darstellen. Es gilt demnach auch hier das Erfordernis der Anlagengenehmigung. Ebenso ist das Freisetzen der GMMO genehmigungspflichtig.

6.1.3 Neufassung der EU-Freisetzungsrichtlinie

Nach dem Ministerrat hat am 14. Februar 2001 auch das Europäische Parlament der Neufassung der EU-Richtlinie zur Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt zugestimmt. Danach sollen Genehmigungen künftig nur noch nach einer verschärf-

ten Sicherheitsprüfung im Einklang mit dem Vorsorgeprinzip erteilt werden. Die Zustimmung zum Inverkehrbringen von GVO-Produkten wird grundsätzlich für einen Zeitraum von höchstens zehn Jahren erteilt. Zusätzlich wird ein anbaubegleitendes Monitoring (ökologische Langzeitbeobachtung) vorgeschrieben, um nicht erwartete Beeinträchtigungen für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit möglichst rasch erkennen zu können.

Die Verwendung von Antibiotikaresistenzmarkern in GVO, die schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt haben können, soll schrittweise eingestellt werden, und zwar bis Ende 2004 beim Inverkehrbringen von GVO-Produkten und bis Ende 2008 bei Freisetzungsversuchen mit GVO.

Die überarbeitete Freisetzungsrichtlinie gewährleistet eine größere Transparenz sowie eine Beteiligung der Öffentlichkeit am Antragsverfahren. Informationen über sämtliche Freisetzungen von GVO im jeweiligen Hoheitsgebiet sind der Öffentlichkeit ebenso zugänglich zu machen wie der Informationsaustausch zwischen den zuständigen Behörden und der Kommission. Allgemein zugänglich sind zudem künftig auch die Bewertungsberichte sowie Stellungnahmen der Wissenschaftlichen Ausschüsse zu GVO-Produkten.

Die neuen Bestimmungen müssen bis Ende 2002 in nationales Recht umgesetzt werden. Die Kommission will noch im Jahr 2001 geeignete Regelungsvorschläge zur Umsetzung der Kennzeichnungspflicht von GVO-Produkten unterbreiten. Bislang sieht die Richtlinie lediglich vor, dass der Hinweis „Dieses Produkt enthält genetisch veränderte Organismen“ entweder auf einem Etikett oder in einem Begleitdokument des Produkts erscheint. Die Kommission hat sich darüber hinaus verpflichtet, bis Ende 2001 einen Legislativvorschlag über die Umwelthaftung vorzulegen, der auch durch GVO verursachte Schäden einbezieht.

6.2 Die Novel-Food-Verordnung der EU

Seit dem 15. Mai 1997 regelt die EU-Verordnung 258/97 über neuartige Lebensmittel und Lebensmittelzutaten (Novel-Food-Verordnung) für alle Mitgliedstaaten verbindlich das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel. Im Gegensatz zu herkömmlichen Produkten unterliegen diese Lebensmittel einem Anmelde- bzw. Genehmigungsverfahren und müssen zusätzliche Anforderungen an die Kennzeichnung erfüllen. Neuartig sind u. a. Lebensmittel, die bisher in der Europäischen Gemeinschaft noch nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr verwendet wurden, und

- gentechnisch veränderte Organismen enthalten oder aus solchen bestehen beziehungsweise
- aus gentechnisch veränderten Organismen hergestellt wurden, solche jedoch nicht enthalten.

Die Novel-Food-Verordnung erfasst damit auch gentechnisch veränderte Pflanzen bzw. daraus hergestellte Produkte sowie mit Hilfe von GMMO erzeugte Lebensmittel. Voraussetzung für das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel ist, dass sie keine Gefahr für den Verbraucher darstellen, keine Irreführung des Verbrauchers bewirken und der normale Verzehr für den Verbraucher keine Ernährungsmängel mit sich bringt. Die europäische Kommission entscheidet über die Genehmigung zum Inverkehrbringen.

Von der Novel-Food-Verordnung grundsätzlich nicht erfasst werden Lebensmittelzusatzstoffe, Aromen und Extraktionsmittel, für die jeweils eigene EU-Rechtsvorschriften bestehen. Nach dem allgemeinen Lebensmittelrecht dürfen in Deutschland jedoch Zusatzstoffe nur dann eingesetzt werden, wenn sie ausdrücklich für diesen Verwendungszweck zugelassen wurden.

6.3 Kennzeichnungsvorschriften

Zusätzlich zu den allgemeinen lebensmittelrechtlichen Kennzeichnungsbestimmungen verlangt die Novel-Food-Verordnung eine besondere Kennzeichnung von Lebensmitteln, die gentechnisch veränderte Organismen enthalten oder aus solchen bestehen. Kennzeichnungspflichtig sind darüber hinaus Lebensmittel, die infolge der Anwendung gentechnischer Verfahren nicht mehr einem bestehenden Lebensmittel gleichwertig (substanziell äquivalent) sind. Hierbei geht es um die Freiheit des Verbrauchers, der die Wahl haben muss zwischen konventionellen und gentechnisch veränderten Lebensmitteln.

Für Produkte aus gentechnisch verändertem Mais oder Soja gelten seit dem 1. September 1998 besondere Kennzeichnungsvorschriften. Lebensmittel, die gentechnisch veränderte Soja- oder Maisbestandteile enthalten, müssen mit der Formulierung „aus genetisch veränderten Sojabohnen (bzw. Mais) hergestellt“ gekennzeichnet werden. Eine Verordnung der EU-Kommission vom 10. Januar 2000 führte für die Kennzeichnung dieser Zutaten einen Schwellenwert ein. Lebensmittelzutaten, die bis zu einem Anteil von höchstens einem Prozent aus „genetisch“ verändertem Mais oder Soja bestehen, sind von der Kennzeichnungspflicht befreit. Dies gilt allerdings nur, wenn das gentechnisch veränderte Material nur „zufällig“ in der Zutat – durch unbeabsichtigte Kontamination z.B. während des Anbaus, der Ernte, des Transports, der Lagerung und der Verarbeitung – vorhanden ist.

Eine weitere Verordnung der Kommission vom 10. Januar 2000 schreibt zusätzlich die Etikettierung von Lebensmitteln und Lebensmittelzutaten vor, die aus genetisch veränderten Organismen hergestellte Zusatzstoffe und Aromen enthalten. Beide Verordnungen sind am 20. April 2000 in Kraft getreten. In Deutschland wird die Einhaltung der Vorschriften von der amtlichen Lebensmittelüberwachung kontrolliert.

Hinzuweisen ist zudem auf eine Verordnung des Bundesministeriums für Gesundheit vom Oktober 1998, die festlegt, unter welchen Voraussetzungen Lebensmittel mit dem Hinweis „ohne Gentechnik“ gekennzeichnet werden dürfen. Diese Kennzeichnung ist freiwillig und darf nur verwendet werden, wenn auf allen Verarbeitungsstufen eine Anwendung der Gentechnik ausgeschlossen ist.

Ergänzend wird angeregt, die Kennzeichnung noch auf Halbfertigprodukte auszudehnen und die einzelnen Kennzeichnungsvorschriften in einer konsolidierten Regelung zusammenzufassen.

6.4 Erster Entwurf für eine Novel-Feed-Verordnung der EU

Im Juli 2000 legte die EU-Kommission einen ersten Entwurf für eine Novel-Feed-Verordnung vor, mit der ein einheitliches System für die Prüfung und Zulassung sowie Kennzeichnung gentechnisch veränderter Futtermittel etabliert werden soll. Von der Verordnung erfasst werden Futtermittel, die aus gentechnisch veränderten Organismen bestehen, solche enthalten oder aus solchen hergestellt wurden. Nicht unter die Verordnung fallen Zusatzstoffe und Enzyme, auch wenn sie mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen gewonnen wurden.

Novel-Feed-Futtermittel sollen nach dem Entwurf der EU-Kommission nur dann in Verkehr gebracht oder angewendet werden, wenn sie u. a. keine Gefahr für die Gesundheit der Tiere, die Gesundheit der Menschen oder die Umwelt darstellen. Das Futtermittel darf zudem nicht zu einer Beeinträchtigung der Eigenschaften des Tierprodukts führen, die geeignet ist, den Konsumenten zu schädigen. Die Zulassung für Novel-Feed-Futtermittel soll grundsätzlich auf höchstens zehn Jahre befristet und an die Ergebnisse einer laufenden Überwachung geknüpft werden. Besteht das Novel-Feed-Futtermittel aus einem gentechnisch veränderten Organismus oder sind solche in dem Futtermittel nachweisbar, ist eine Kennzeichnung in den Begleitpapieren oder auf der Verpackung vorgesehen. Der Entwurf verlangt außerdem genaue Informationen über mögliche Abweichungen der Nährwerte, die Zusammensetzung und andere gegenüber konventionell erzeugten Futtermitteln abweichende Eigenschaften.

7 Quellenangaben

- Ammann, K., Y. Jacot und P. Rufener Al Mazayad (1996) Field release of transgenic crops in Switzerland, an ecological risk assessment of vertical gene flow. In: Schulte und Käppeli (Hrsg.) (1996) Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft? Band 1, Materialien, BATS, Basel.
- Bartsch, D. und M. Pohl-Orff (1996) Ecological aspects of transgenic sugar beet: Transfer and expression of herbicide resistance in hybrids with wild beets. *Euphytica* **91**, 55–58.
- Carpenter, J. und L. Gianessi (1999) Herbicide Tolerant Soybeans: Why Growers are Adopting Roundup Ready Varieties. *AgBioForum* Vol. 2 No. 2, <http://www.agbioforum.org/>
- Chamberlain, D. und C. Neal Stewart (1999) Transgene escape and transplastomics. *Nature Biotechnol.* **17** (4), 330–331.
- De Maagd, R.A., D. Bosch und W. Stiekema (1999) *Bacillus thuringiensis* toxin-mediated insect resistance in plants. *Trends Plant Sci.* **4** (1), 9–13.
- Dietz-Pfeilstetter, A., A. Gland-Zwergler und V. Garbe (1999) Potential und Bewertung von Auskreuzungen aus gentechnisch verändertem Raps. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **51** (1), 14–19.
- Düring, K., P. Porsch, M. Fladung und H. Lörz (1993) Transgenic potato plants resistant to the phytopathogenic bacterium *Erwinia caratovora*. *Plant J.* **3**, 587–598.
- Fulton, F. und L. Keyowski (1999) The Producer Benefits of Herbicide-Resistant Canola. *AgBioForum* Vol. 2 No. 2, <http://www.agbioforum.org/>
- Gould, F., A. Anderson, A. Jones, D. Sumerford, D.G. Heckel, J. Lopez, S. Micinski, R. Leonard und M. Laster (1997) Initial frequency of alleles for resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in field populations of *Heliothis virescens*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **94**, 3519–3523.
- Hampel, J. und O. Renn (Hrsg.) (1999) Gentechnik in der Öffentlichkeit. Wahrnehmung und Bewertung einer umstrittenen Technologie. Campus-Verlag, Frankfurt/New York.
- Holmberg, N. und L. Bülow (1998) Improving stress tolerance in plants by gene transfer. *Trends Plant Sci.* **3** (2), 61–66.
- Hols, P., M. Kleerebezem, A.N. Schank, T. Ferain, J. Hugenholtz, J. Delcour und W. M. De Vos (1999) Conversion of *Lactococcus lactis* from homo-

- lactic to homoalanine fermentation through metabolic engineering. *Nat. Biotechnol.* **17**, 588–592.
- Hugenholtz, J. (1993) Citrate metabolism in lactic bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* **12**, 165–178.
- Jach, G., B. Görnhardt, J. Logemann, E. Pinsdorf, J. Mundy, J. Schell und C. Maas (1995) Enhanced quantitative resistance against fungal disease by combinatorial expression of different antifungal proteins in transgenic tobacco. *Plant J.* **8** (1), 97–109.
- Jany, K.D. und R. Greiner (1998) *Gentechnik und Lebensmittel*. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe.
- Krebbes, E., S.C. Falco und G. Fader (1999) Modification of seed amino acid and protein composition for feed and food application. In: *Plant Biotechnology and Food for the 21st Century*, Nov. 3/4, 1999 (Colmar, France) – Nov. 5, 1999 (Freiburg, Germany), S. 10.
- Liu, Y.-B., B.E. Tabashnik, T.J. Denehy, A.L. Patin und A.C. Bartlett (1999) Development time and resistance to Bt crops. *Nature* **400**, 519.
- Losey, J.E., L.S. Rayor und M.E. Carter (1999) Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* **399**, 214.
- Mannerlöf, M., B.-L. Lennerfors und P. Tenning (1996) Reduced titer of BNYVV in transgenic sugar beets expressing the BNYVV coat protein. *Euphytica* **90**, 293–299.
- Meyer R., C. Revermann und A. Sauter (1998) TA-Projekt „Gentechnik, Züchtung und Biodiversität“, TAB Arbeitsbericht Nr. 55, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Monsanto (1998) Positionspapier: Gene Protection: Ein neues Verfahren zum Saatgutschutz. Unser Standpunkt.
- Munkvold G.P. und R. L. Helmich (1999) Genetically modified, insect resistant corn: Implications for disease management, APSnet Feature. <http://www.apsnet.org/feature/Btcorn/Top.htm>.
- Nordlee, J.A., S.L. Taylor, J.A. Townsend, L.A. Thomas und R. Townsend (1996) Investigations of the Allergenicity of Brazil Nut 2S Seed Storage Protein in Transgenic Soybean. In: *Food Safety Evaluation*. OECD Documents 1996, 151–155.
- Oerke, E.-C. und U. Steiner (1996) Ertragsverluste und Pflanzenschutz. Die Anbausituation für die wirtschaftlich wichtigsten Kulturpflanzen. Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Band 6, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- Potrykus, I (1999) Genetic engineering for food security. In: *Plant Biotechnology and Food for the 21st Century*, Nov. 3/4, 1999 (Colmar, France) – Nov. 5, 1999 (Freiburg, Germany), S. 41.
- Pühler, A. (1998) *Gentechnik und Ökologie – Anmerkungen zum horizontalen Gentransfer beim landwirtschaftlichen Einsatz von transgenen Pflanzen*. In: Thüringer Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (Hrsg.) *Chancen und Risiken der Gentechnik im Umweltschutz*. Tagungsband zur öffentlichen Anhörung der Umweltministerkonferenz am 06.–07. November 1997 in Erfurt, 35–39.

- Ramachandran, S. et al. (1998) Survival, development, and oviposition of resistant diamondback moth (Lepidoptera: *Plutellidae*) on transgenic canola producing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *J. Economic Entomol.* **91**, 1239–1244.
- Royal Society (1999) GMOs and Pusztai – the Royal Society reviews the evidence. http://www.royalsoc.ac.uk/press/pr_15_99.htm.
- Sarhan, F. und J. Danyluk (1998) Engineering cold tolerant crops – throwing the master switch. *Trends Plant Sci.* **3** (8), 289–290.
- Saxena, D., S. Flaures und G. Stotzky (1999) Transgenic plants: Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature* **402**, 408.
- Schuler, T.H., G.M. Poppy, B.R. Kerry und I. Denholm (1998) Insect-resistant transgenic plants. *TIBTECH* April 1998, Vol. 16, 168–175.
- Schulte, E. und O. Käppeli (1997): Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft? Band 2, Abschlußbericht. BATS, Basel.
- Smalla, K., F. Gebhard und H. Heuer (2000) Antibiotika-Resistenzgene als Marker in gentechnisch veränderten Pflanzen – Gefahr durch horizontalen Gentransfer? *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **52** (3), 62–68.
- Strittmatter, G., J. Janssens, C. Opsomer und J. Botterman (1995) Inhibition of Fungal Disease Development in Plants by Engineering Controlled Cell Death. *Biotechnology* **13**, 1085–1089.
- Tabashnik, B.E. (1994) Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Ann. Rev. Entomol.* **39**, 47–79.
- Tacke, E., F. Salamini und W. Rohde (1996) Genetic engineering of potato for broad spectrum protection against virus infection. *Nature Biotechnol.* **14**, 1597–1601.
- USDA (1999) Frequently asked questions. What about the recent monarch butterfly study? <http://www.aphis.usda.gov/biotechnolog>.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1998) Welt im Wandel. Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten (1998) Springer, Berlin Heidelberg New York, 108–117.
- Zhu, B., T.H.H. Chen und P.H. Li (1996) Analysis of late-blight disease resistance and freezing tolerance in transgenic potato plants expressing sense and antisense genes for an osmotin-like protein. *Planta* **198**, 70–77.

8 Mitglieder und Gäste der Senatskommission für Grundsatzfragen der Genforschung

Prof. Dr. Claus R. Bartram	Institut für Humangenetik Universität Heidelberg Im Neuenheimer Feld 328 69120 Heidelberg
Prof. Dr. techn. Herwig Brunner (bis 12/1999)	Lehrstuhl für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik Universität Stuttgart Nobelstraße 12 70569 Stuttgart
Dr. Metin Colpan (ab 01/2000)	Qiagen GmbH Max-Volmer-Straße 4 40724 Hilden
Prof. Dr. Bernhard Fleckenstein (bis 12/1999)	Institut für Klinische und Molekulare Virologie Universität Erlangen-Nürnberg Schloßgarten 4 91054 Erlangen
Prof. Dr. Bärbel Friedrich (Vorsitzende)	Institut für Biologie Humboldt-Universität Berlin Chausseestraße 117 10115 Berlin

8 Mitglieder und Gäste der Senatskommission

Dr. Werner Goebel	Theodor-Boveri-Institut für Biowissenschaften Biozentrum, Lehrstuhl für Mikrobiologie Universität Würzburg Am Hubland 97074 Würzburg
Prof. Dr. Ludger Honnefelder (bis 12/1999)	Institut für Wissenschaft und Ethik Universität Bonn Niebuhrstraße 51 53113 Bonn
Prof. Dr. Hans-Georg Kräußlich (ab 01/2000)	Universitätsklinikum Heidelberg Hygiene-Institut, Abt. Virologie Im Neuenheimer Feld 324 69120 Heidelberg
Prof. Dr. Renate Renkawitz-Pohl (ab 01/2000)	Fachbereich Biologie/ Entwicklungsbiologie Universität Marburg Karl-von-Frisch-Straße 35032 Marburg
Prof. Dr. Heinz Saedler	Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung Carl-von-Linné-Weg 10 50829 Köln
PD Dr. Bettina Schöne-Seifert (ab 02/2000)	Zentrale Einrichtung für Wissenschaftstheorie und -ethik Universität Hannover Oelzenstraße 9 30169 Hannover
Prof. Dr. Traute M. Schroeder-Kurth (bis 12/1999)	Fachärztin für Humangenetik Wilhelm-Doles-Straße 7 97246 Eibelstadt

8 Mitglieder und Gäste der Senatskommission

Prof. Dr. Joseph Straus (bis 12/1999)	Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Patent-, Urheber- und Wettbewerbsrecht Marshallplatz 1 80539 München
Prof. Dr. Widmar Tanner (bis 04/2001)	Lehrstuhl für Zellbiologie und Pflanzenphysiologie Universität Regensburg Universitätsstraße 31 93040 Regensburg
Prof. Dr. Jochen Taupitz (ab 01/2000)	Institut für Deutsches, Europäisches und Internationales Medizinrecht, Gesundheitsrecht und Bioethik der Universitäten Heidelberg und Mannheim Schloß 68131 Mannheim
Als Gäste haben mitgewirkt:	
Prof. Dr. techn. Herwig Brunner (ab 01/2000)	Lehrstuhl für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik Universität Stuttgart Nobelstraße 12 70569 Stuttgart
Prof. Dr. Hans Günter Gassen	Institut für Biochemie Technische Hochschule Darmstadt Petersenstraße 22 64287 Darmstadt
Prof. Dr. Walter P. Hammes	Institut für Lebensmittel- technologie Universität Hohenheim Garbenstraße 25 70599 Stuttgart

8 Mitglieder und Gäste der Senatskommission

- | | |
|--|--|
| Prof. Dr. Ludger Honnefelder
(ab 01/2000) | Institut für Wissenschaft
und Ethik
Universität Bonn
Niebuhrstraße 51
53113 Bonn |
| Prof. Dr. Günther Kreil | Institut für Molekularbiologie
Universität Salzburg
Billrothstraße 11
A-5020 Salzburg
Österreich |
| Prof. Dr. Joseph Straus
(ab 01/2000) | Max-Planck-Institut
für ausländisches und
internationales Patent-, Urheber-
und Wettbewerbsrecht
Marstallplatz 1
80539 München |
| Prof. Dr. Jochen Taupitz
(bis 12/1999) | Institut für Deutsches,
Europäisches und Internationales
Medizinrecht, Gesundheitsrecht
und Bioethik der Universitäten
Heidelberg und Mannheim
Kaiserring 10–12
68161 Mannheim |
| Prof. Dr. Riccardo Wittek | Institut de Biologie animale
Bâtiment de Biologie
Université de Lausanne
CH-1015 Lausanne
Schweiz |

Zuständiger Programmdirektor der DFG:

- | | |
|--------------------|---|
| Dr. Walther Klofat | Deutsche Forschungs-
gemeinschaft
Kennedyallee 40
53175 Bonn |
|--------------------|---|

