

5. Auflage

Kompendium Gentechnologie und Lebensmittel

Band 5: Meinungen und Stellungnahmen



Obwohl die Gentechnologie eine noch junge Wissenschaft ist, wird sie bereits heute auf vielfältige Weise angewendet. Sie ermöglicht die Erforschung der Lebenszusammenhänge auf molekularer Ebene und hat vor allem das Wissen in der biomedizinischen Grundlagenforschung revolutioniert. Mit Hilfe der Gentechnologie entstanden neue Medikamente, Impfstoffe und Diagnostika, die weltweit eingesetzt werden. Darüber hinaus wird diese Technik genutzt, um bislang unheilbare Krankheiten zu erforschen und um neue Therapien zu entwickeln. Wenngleich die Anwendung gentechnischer Verfahren sich in der Vergangenheit hauptsächlich auf den medizinischen Bereich konzentriert hat, gewinnt die Nutzung moderner biotechnologischer Verfahren in der Landwirtschaft und der Lebensmittelproduktion zunehmend an Bedeutung: Der Gentechnologie wird ein noch größerer Einfluss auf die Landwirtschaft vorausgesagt als der so genannten Grünen Revolution des 20. Jahrhunderts.

Die Reihe „Kompendium Gentechnologie und Lebensmittel“ befasst sich mit diesem breiten Einsatzgebiet der Gentechnologie. Das Kompendium will Hintergründe gentechnischer Anwendungen in der Lebensmittelgewinnung und -verarbeitung aufzeigen und einen Beitrag zu einer sachlichen Diskussion des Themas leisten.

Der Ihnen vorliegende Band 5 – **Meinungen und Stellungnahmen** – informiert Sie über Hintergründe und Fakten zu oft geäußerten Meinungen über die Grüne Gentechnik.

Weitere Bände der Reihe „Gentechnologie und Lebensmittel“ sind:

Band 1: Die Grundlagen

Band 2: Zahlen, Fakten, Beispiel

Band 3: Gesetzliche Grundlagen und GVO-Nachweisverfahren

Band 4: Nachhaltigkeit, Biosicherheit und Ethik

Die ursprüngliche Fassung des Kompendiums wurde 1997 vom Schweizerischen Arbeitskreis für Forschung und Ernährung – InterNUTRITION, Zürich, angefertigt. Im Auftrag des AVG (Arbeitskreis Verbraucherinformation Grüne Gentechnik) wurde 1998 die erste deutsche Auflage des Kompendiums Gentechnologie und Lebensmittel von der GENIUS Biotechnologie GmbH erstellt, an die deutschen Verhältnisse angepasst sowie umfassend aktualisiert. Aufgrund des enormen öffentlichen Diskussionsbedarfs der Grünen Gentechnik in ganz Europa erschien schließlich Ende 1999 die erste englische Auflage des Kompendiums. Die nun vorliegende fünfte deutsche Auflage wurde in Bezug auf die weltweite Anbausituation transgener Pflanzen und deren Verwertung in Futter- und Lebensmitteln nochmals aktualisiert (Stand: März 2003).

Band 5: Meinungen und Stellungnahmen

12.	THEMEN IN DER DISKUSSION – MEINUNGEN UND STELLUNGNAHMEN	5
	Anhang	31

Die weiteren Bände enthalten folgende Kapitel:

Band 1: Grundlagen

1. Einleitung – Die Grüne Gentechnologie
2. Nahrungsmittelproduktion – Ein Geschichtlicher Überblick
3. Züchtung mit Hilfe der Gentechnik – Die Ziele

Band 2: Zahlen, Fakten, Beispiele

4. Zahlen und Fakten
5. Anwendungsbeispiele

Band 3: Recht und Kontrolle

6. Gesetzliche Regelungen
7. GVO-Nachweisverfahren

Band 4: Nachhaltigkeit, Biosicherheit und Ethik

8. Ökologie und nachhaltige Landwirtschaft
9. Sicherheit und gesundheitlicher Wert von GVO-Produkten
10. Welternährung, Armut und Nachhaltigkeit
11. Gentechnik und Ethik

12. Themen in der Diskussion – Meinungen und Stellungnahmen

12.1 Gesellschaftliche Aspekte

12.2 Gesundheitliche Aspekte

12.3 Ökologische Aspekte

12.1 Gesellschaftliche Aspekte

- 12.1.1 Akzeptanz der Grünen Gentechnik**
- 12.1.2 Koexistenz und Wahlfreiheit**
- 12.1.3 Transgene Pflanzen für die Dritte Welt**
- 12.1.4 Lebensmittelhilfe und Gentechnik**
- 12.1.5 Monopolisierung der Landwirtschaft**
- 12.1.6 Gentechnologie und Ethik**

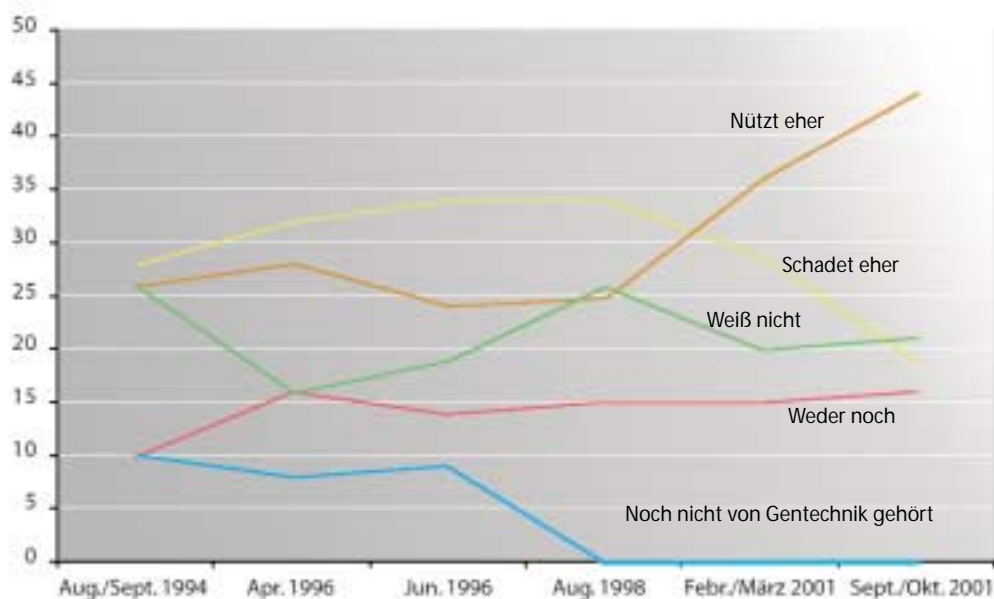
12.1 Gesellschaftliche Aspekte

12.1.1 Akzeptanz der Grünen Gentechnik

Meinung: „Die Verbraucher wollen keine gentechnisch veränderten Lebensmittel. Die Gentechnik soll gegen den Willen der Menschen eingeführt werden.“

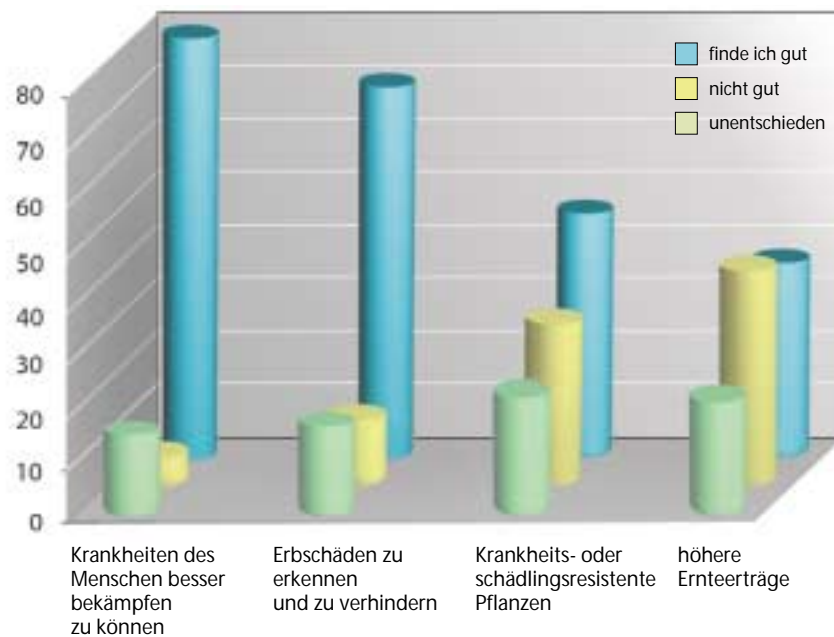
Stellungnahme: Es ist nicht so, dass die Verbraucherinnen und Verbraucher Gentechnik in Lebensmitteln pauschal ablehnen. Wo sie in der Anwendung der Gentechnik einen Nutzen sehen, werden sie ihr gegenüber immer aufgeschlossener. So wie beispielsweise die gentechnische Produktion neuer Medikamente heutzutage positiv gesehen wird, weil ihr Nutzen unstrittig ist, kann auch die Grüne Gentechnik positiv bewertet werden, wenn ihre Vorteile zum Tragen kommen. Dass die Bevölkerung der Gentechnik erstens nicht pauschal ablehnend gegenübersteht und zweitens durchaus in der Lage ist, die Grüne Gentechnik differenziert zu bewerten, zeigen verschiedene Umfragen und Studien.

Von 1994 bis 1998 hatte das Institut für Demoskopie, Allensbach, relativ konstante Werte der Ablehnung gegenüber der Gentechnik als solcher registriert. Im Jahr 2001 fand jedoch ein Meinungsumschwung statt. Die Befürworter erreichten in der Herbstbefragung 2001 einen Anteil von 44 Prozent. Nur noch 19 Prozent waren der Meinung, dass die Gentechnik mehr schade als nutze. Auffallend ist, dass rund ein Fünftel der Bevölkerung der Gentechnik unentschieden gegenüber steht. Weitere 16 Prozent glauben, dass weder der Schaden noch der Nutzen überwiegen:



Die unterschiedlichen Anwendungsgebiete der Gentechnik werden in der Bevölkerung nach den Ergebnissen aus Allensbach differenziert bewertet. So befürworteten 46 Prozent gentechnisch veränderte Pflanzen, die sich selbst gegen Schädlinge schützen, während 31 Prozent dies ablehnen und 23 Prozent unentschieden sind. Die Notwendigkeit zur Steigerung der Ernteerträge durch den Einsatz der Gentechnik wird dagegen noch nicht erkannt und folglich überwiegend abgelehnt (41 Prozent). Da Deutschland mit Nahrungsmitteln eher übersorgt ist, spielen höhere Erträge im Bewusstsein vieler Bürger eine untergeordnete Rolle. Auch die gentechnische Forschung wird von den Bundesbürgern differenziert beurteilt. Gut zwei Drittel wünschen sich schnelle Fortschritte in Forschung und Entwicklung, wenn es darum geht, Pflanzen für den Anbau in kargen Regionen der Dritten Welt zu züchten.

Meinungsumfrage zur Akzeptanz der Gentechnologie (Allensbach, 2002)
Bewertung der Ziele der Gentechnik:



12.1.2 Koexistenz und Wahlfreiheit

Meinung: „Findet in Europa erst ein großflächiger Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen statt, gibt es bald keine gentechnikfreien Lebensmittel mehr. Die Wahlfreiheit der Verbraucher würde eingeschränkt, landwirtschaftliche Anbausysteme wie der Ökolandbau oder die herkömmliche Landwirtschaft ohne Gentechnik wären gefährdet.“

Stellungnahme: Diese Aussage ist falsch. Eine gute Koexistenz verschiedener Anbausysteme und damit die Wahlfreiheit sowohl der Verbraucher als auch der Produzenten sind möglich. Voraussetzung ist die Definition praktikabler Schwellenwerte für die unbeabsichtigte Anwesenheit gentechnisch veränderter Bestandteile in Saatgut, Futter- und Lebensmitteln. Im Auftrag der Europäischen Kommission hat das Gemeinsame Forschungszentrum der Europäischen Union (Joint Research Center, JRC) sechs Einzelstudien zu diesem Thema zusammengefasst. Dabei wurde für Raps, Mais und Kartoffeln ermittelt, mit welchen Beimischungen bei einem Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen auf zunächst 10 Prozent und später 50 Prozent der jeweiligen Anbaufläche zu rechnen ist. Der Untersuchung zufolge kann ein Schwellenwert von 1 Prozent für unerwünschte Beimischungen von GVO auch bei einer zunehmenden Verbreitung von gentechnisch modifizierten Pflanzen mit vertretbarem Aufwand eingehalten werden. Ein Grenzwert von 0,3 Prozent oder gar 0,1 Prozent wäre hingegen nur mit extrem hohem Aufwand zu unterschreiten.

Das EU-Lebensmittelrecht geht vom Leitbild des „durchschnittlich informierten, aufmerksamen und verständigen Durchschnittsverbrauchers“ aus. Der mündige Verbraucher soll auf Basis einer genauen Information und Produktkennzeichnung entscheiden können, welche Lebensmittel er kauft. Diesem Prinzip folgend, gelten in der EU für zahlreiche Produktzutaten in Lebensmitteln Kennzeichnungs- und Toleranzwerte. So kann beispielsweise „alkoholfreies Bier“ einen minimalen Restalkoholgehalt aufweisen und „Lindenblütenhonig“ wurde von den Bienen nicht ausschließlich auf Lindenblüten gesammelt, sondern natürlich sind darin auch Pollen anderer Pflanzen enthalten. Nach der EU-Verordnung über den Ökolandbau dürfen Erzeugnisse aus ökologischer Landwirtschaft bis zu 5 Prozent Zutaten aus herkömmlicher Produktion enthalten. Wenn diese bewährten Maßstäbe auch auf gentechnisch veränderte Erzeugnisse angewandt werden, sind die Wahlfreiheit der Verbraucher und die Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme zu gewährleisten. Anhand einer durchgängigen Kennzeichnung kann jedes Glied der Warenkette vom Saatguterzeuger über den Landwirt, die Nahrungsmittelindustrie und den Handel bis hin zum Endverbraucher seine Entscheidung über die Nutzung oder Nicht-Nutzung der Gentechnik treffen.

12.1.3 Transgene Pflanzen für die Dritte Welt

Meinung: „Die großen Biotechnologie-Unternehmen sind nur an der Entwicklung transgener Kulturpflanzen für die reichen Industriestaaten interessiert. Entwicklungsländer profitieren vom Einsatz der Gentechnik nicht. Kleinbauern können sich das teure Saatgut nicht leisten. Eine eigene gentechnische Forschung können Entwicklungsländer nicht bezahlen.“

Stellungnahme: Die Fakten sprechen gegen diese Behauptung: Weltweit wurden im Jahr 2001 auf über 50 Mio Hektar gentechnisch veränderte Pflanzen angebaut, davon 13,5 Mio Hektar oder mehr als ein Viertel in sechs verschiedenen Entwicklungs- und Schwellenländern (Argentinien, Mexiko, Uruguay, China, Indonesien und Südafrika). Indien, das Land mit den weltweit größten Baumwollflächen, genehmigte 2002 zum ersten Mal den Anbau von gentechnisch veränderter Bt-Baumwolle.

Von den 5,5 Millionen Landwirten, die im Jahr 2001 vom Anbau transgener Pflanzen profitierten, waren mehr als drei Viertel einfache Kleinbauern, die in China und Südafrika Bt-Baumwolle anpflanzten. In China sanken die Produktionskosten im Baumwollanbau durch den Einsatz transgener Sorten um etwa 20 bis 28 Prozent. Für die Landwirte entstand hieraus ein zusätzliches Einkommen von 185 US\$ bis 400 US\$ pro Hektar. Das durchschnittliche Pro-Kopf-Einkommen liegt in China bei 250 US\$. Diese Erfahrungen bestätigen die These des UNDP-Entwicklungsberichts, wonach neue Technologien zur Linderung der Armut einen wichtigen Beitrag leisten können.

In Südafrika erzielten Kleinbauern in der Provinz KwaZulu Natal in den Jahren 1999 und 2000 mit insektenresistenter Bt-Baumwolle Ertragssteigerungen bis zu 40 Prozent. Gleichzeitig sanken ihre Pflanzenschutzkosten. In Indonesien erreichte Bt-Baumwolle in Feldversuchen einen Durchschnittsertrag von 2,2 Tonnen pro Hektar gegenüber einem durchschnittlichen Ertrag der konventionellen Baumwolle von 1,4 Tonnen.

An der ETH in Zürich laufen in Zusammenarbeit mit dem IRRI (International Rice Research Institute) Forschungsprojekte mit Reis und Cassava zur nachhaltigen Ernährungssicherung in Entwicklungsländern. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden nicht patentiert, die Samen der entwickelten transgenen Pflanzen gehen kostenlos an das IRRI. Die Pflanzen mit den besten Eigenschaften münden daraufhin in das traditionelle Züchtungsprogramm des IRRI und werden - wiederum kostenlos - an lokale Landwirte abgegeben. Auch Wissenschaftler aus Entwicklungsländern sind an diesen Projekten beteiligt, wodurch ein Beitrag zum Technologietransfer und zur Entwicklung der Gentechnologie in diesen Ländern geleistet wird.

In Kenia arbeiten Wissenschaftler des Kenya Agricultural Research Institute (KARI) und des Unternehmens Monsanto gemeinsam an der Entwicklung virusresistenter Süßkartoffeln. Süßkartoffeln sind ein Hauptnahrungsmittel in der Region. Viruskrankheiten mindern die Ernten jedoch jährlich um bis zu 80 Prozent. Mit Hilfe der gentechnisch veränderten Süßkartoffeln hofft man, in Zukunft die Ernten sichern zu können. Im Zuge dieses Forschungsprojektes wurden auch Sicherheitsrichtlinien für die Entwicklung gentechnisch veränderter Organismen in Kenia erlassen.



12.1.4 Lebensmittelhilfe und Gentechnik

Meinung: „Die USA und andere Industriestaaten setzen Hilfslieferungen für vom Hunger bedrohte Menschen in der Dritten Welt gezielt dazu ein, gentechnisch veränderte Agrarprodukte zusätzlich zu verbreiten.“

Stellungnahme: Der Vorwurf wird immer wieder erhoben, zuletzt im Zusammenhang mit der schweren Hungersnot im südlichen Afrika. Ende Juli 2002 waren in Simbabwe und fünf weiteren südafrikanischen Staaten insgesamt rund 12 Millionen Menschen auf Nahrungsmittelhilfe angewiesen. Die FAO schätzte den Bedarf an Hilfslieferungen dort auf 4,1 Mio Tonnen Getreide. Die Ursachen der Krise waren zwei aufeinander folgende schlechte Erntejahre, Missmanagement der Getreidevorräte und eine zweifelhafte Politik vor allem der Regierung von Simbabwe. Zahlreiche Industriestaaten einschließlich der USA stellten in dieser Situation über das Welternährungsprogramm der Vereinten Nationen (WFP) und andere Hilfsorganisationen Nahrungsmittel zur kostenlosen Verteilung an die bedürftige Bevölkerung zur Verfügung. Die USA lieferten seit Beginn des Jahres 2002 insgesamt rund 130 000 Tonnen Nahrungsmittel im Wert von fast 70 Mio. Dollar. Das Hilfspaket umfasste unter anderem Maismehl, Mais, Pflanzenöl, Bohnen, Linsen sowie Mais-Soja-Mischungen. Insbesondere die Regierung von Simbabwe wies Lieferungen von ganzen Maiskörnern trotz der akuten Hungersnot zurück. Zur Begründung wurde darauf verwiesen, dass die Lieferungen aus den USA gentechnisch veränderte Bestandteile enthalten könnten. Dies gefährde die bislang nicht gentechnisch veränderte Saatgut-Versorgung und die Agrarexporte Simbabwes. Der ungemahlene Mais könnte als Saatgut verwandt werden.

In der Tat ist es nicht unwahrscheinlich, dass Maislieferungen aus den USA gentechnisch veränderte Sorten enthalten. Im Jahr 2001 wurde rund ein Viertel der Maisanbaufläche in den USA mit transgenem Mais bestellt. Eine Trennung von gentechnisch veränderter und herkömmlicher Ware findet standardmäßig nicht statt. Das Erntegut wird auf allen Vermarktungsstufen gemischt gehandelt und nicht gesondert gekennzeichnet. Nur ein kleiner Nischenmarkt verlangt in den USA gentechnikfreie Produkte. Für Hilfslieferungen in größerem Umfang stehen folglich nur vermischte Partien in ausreichender Menge zur Verfügung. Dies bedeutet keinerlei Sicherheitsrisiko für die Abnehmer. Geliefert wird eine Standardqualität, die von den US-Behörden geprüft und zugelassen wurde und von rund 250 Millionen US-Amerikanern tagtäglich verzehrt wird. Selbst wenn der Mais in den Empfängerländern nicht sofort für Nahrungszwecke verbraucht, sondern als Saatgut verwendet wird, geht davon keine Gefahr für Mensch, Tier und Umwelt aus. Die transgenen Maissorten wurden in den USA vor ihrer Zulassung umfangreichen Sicherheitsbewertungen unterzogen.

12.1.5 Monopolisierung der Landwirtschaft

Meinung: „Die Landwirte werden von einigen wenigen Zulieferfirmen abhängig, weil gentechnisch verändertes Saatgut patentiert ist. Die Einführung herbizidtoleranter Pflanzen und des dazugehörigen Herbizides führt zur Monopolisierung der Agrarwirtschaft, zur Erhöhung des Herbizideinsatzes, einer Einengung des Sortenspektrums und zum Verlust an Biodiversität.“

Stellungnahme: Die Patentierung des Saatgutes bedeutet nicht, dass der Landwirt automatisch höhere Kosten hat bzw. von einigen wenigen Firmen abhängig wird. Patentiertes Saatgut steht in Konkurrenz zu klassischem Saatgut. Der Landwirt hat jederzeit die freie Wahl, dasjenige Saatgut einzusetzen, von dem er die besten Resultate erwartet. Er wird daher beim Einkauf immer abwägen, wo das Kosten-Nutzen-Verhältnis am günstigsten ist. So ist gentechnisch verändertes, zünslerresistentes Mais-Saatgut teurer als herkömmliches Saatgut. Für einen Landwirt, der in einer Region lebt, wo die Zünslerlarve große wirtschaftliche Schäden anrichtet (in manchen Gebieten gehen bis zu 20 Prozent der Ernte verloren), lohnt es sich, dieses Saatgut zu kaufen. Schließlich muss er dann keine Spritzmittel mehr gegen die Zünslerlarve einsetzen und seine Ernteverluste werden deutlich reduziert.

Die Sortenvielfalt auf dem Feld wird durch Gentechnik nicht eingeengt. Am Beispiel der transgenen Sojabohne in den USA zeigt sich, dass gentechnisch optimierte Pflanzen nicht zu einer Einengung des Sortenspektrums führen. Die ursprünglich veränderte Sojabohnenpflanze wurde von mehr als hundert Saatzuchtunternehmen in den USA in viele hundert verschiedene Sorten eingekreuzt. Selbst eine so erfolgreiche Entwicklung wie die herbizidtolerante Sojabohne (mit einem Anteil von mehr als 70 Prozent am gesamten Sojabohnenanbau in den USA) hat damit nicht zu einer Einengung des Sortenspektrums und zu einer Monopolisierung bei den Saatgutproduzenten geführt.

Gegen die Entstehung eines Monopols spricht ebenfalls, dass herkömmliches Saatgut weiterhin auf dem Markt ist. Der Landwirt hat also die Wahl, ob er transgene Pflanzen anbauen möchte oder nicht. Die herbizidtoleranten Pflanzen können überdies wie unveränderte Pflanzen angebaut und mit den üblichen Pflanzenschutzmitteln behandelt werden.

Außerdem gibt es Saatgutfirmen, die herbizidtolerante Pflanzen entwickeln, ohne dass sie das entsprechende Herbizid selbst herstellen. Hier erfolgt die Entwicklung unter der berechtigten Annahme, dass die neue Pflanze entscheidende Vorteile bietet und sich deshalb auf dem Markt durchsetzen wird.

Der Anbau gentechnisch verbesserter Pflanzen kann dazu beitragen, dass weniger und wirksamere Herbizide eingesetzt werden. Das moderne Unkrautmanagement orientiert sich an Schadschwellen und wirkt durch den Verzicht auf die wendende Bodenbearbeitung erosionsmindernd. In herbizidtolerantem Winterraps kann der Herbizidverbrauch um bis zu 50 Prozent reduziert werden. Der Insektizidverbrauch bei Bt-Baumwolle reduzierte sich um bis zu 60 Prozent. Nach einer Studie des Nationalen Zentrums für Ernährungs- und Agrarpolitik (NCFAP, 2002), Washington DC, konnte der Pestizideinsatz bei herbizidtoleranten Sojabohnen im Jahr 2001 in den USA um 28,7 Millionen Pfund gesenkt werden. Die US-Farmer haben dadurch 1 Mrd \$ Produktionskosten gespart.

12.1.6 Gentechnologie und Ethik

Meinung: „Die Anwendung der Gentechnologie an Pflanzen und Tieren könnte unvorhergesehene Folgen haben; deswegen ist sie ethisch unverantwortbar.“

Stellungnahme: Es ist unvermeidlich, dass bei jeder Entscheidung, die wir treffen, immer nur das aktuell der Menschheit verfügbare Wissen über mögliche Folgen berücksichtigt werden kann, unabhängig von der Fragestellung. Unvorhersehbarkeit ist ein unvermeidlicher Bestandteil des Lebens: Wir kennen weder für eine konkrete Handlung noch für ihre Unterlassung – und auch nicht für weitere Handlungsalternativen – die detaillierten Auswirkungen bis in die ferne Zukunft. Dies gilt für jede Technologie.

Unvorhersehbarkeit als prinzipielles Ausschlusskriterium würde deshalb zu Handlungsunfähigkeit führen. Daraus folgt, dass ethisch verantwortbare Entscheidungen häufig unter Unsicherheit getroffen werden müssen. Gerade deshalb sollten solche Entscheidungen keine Dogmen sein, sondern müssen neuen Erkenntnissen zu jeder Zeit Rechnung tragen.

Ein Entscheidungsprozess, der sich an den Folgen der jeweiligen Alternativen orientiert, ist ein so genannter verantwortungsethischer Entscheidungsprozess. Sind die Folgen bis zu einem gewissen Grad unsicher, braucht man Kriterien für den Umgang mit dieser Unsicherheit. Das Wahrscheinlichkeitsmodell (probabilistisches Modell) ist ein Modell ethischer Urteilsbildung, das in solchen Situationen der Unsicherheit angewandt werden kann. Es verlangt, dass für die bevorzugte Handlung wahrscheinlich zutreffende Gründe sprechen. Wir können beispielsweise relativ zuverlässig abschätzen, in welchem Maße die Weltbevölkerung in der nächsten Zukunft zunehmen und die verfügbare Ackerfläche abnehmen wird. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass klassische agronomische Methoden gleich welcher Art in der kurzen Zeit derart verbessert werden können, dass sie die kommenden Probleme auffangen könnten, zumindest ist dies heute nicht abzusehen. Dies wiederum macht es wahrscheinlich, dass wir auf die Entwicklung und den Einsatz ganz neuer Lösungen und Technologien als Teil einer umfassenden Strategie angewiesen sein werden, um den Herausforderungen begegnen zu können. Es wäre sicherlich nach Meinung vieler Menschen unethisch, aufgrund theoretischer Überlegungen zur letztlich Unvorhersehbarkeit gentechnischer Anwendungen diese zu blockieren und damit das reale und heute abschätzbare Risiko einzugehen, die wachsende Weltbevölkerung nicht mehr versorgen zu können. Bezeichnend ist in diesem Zusammenhang, dass in Entwicklungsländern deshalb bereits in vielen Fällen in eigener Initiative an gentechnologischen Anwendungen zur Verbesserung von Nutzpflanzen geforscht wird.

12.2 Gesundheitliche Aspekte

- 12.2.1 Allergierisiko
- 12.2.2 Sojabohnen mit Paranuss-Eiweiß
- 12.2.3 Übertragung von Antibiotikaresistenzen
- 12.2.4 Provitamin A-Reis
- 12.2.5 Phyto-Östrogene in herbizidtoleranten Sojabohnen
- 12.2.6 Tryptophan aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen

12.2 Gesundheitliche Aspekte

12.2.1 Allergierisiko

Meinung: „Gentechnisch hergestellte Lebensmittel lösen Allergien aus.“

Stellungnahme: Der Einsatz der Gentechnik in der Lebensmittelproduktion erhöht die Wahrscheinlichkeit von Lebensmittelallergien nicht. Im Gegenteil, mit Hilfe der Gentechnik können Allergierisiken verringert werden.

Allergien werden durch bestimmte Proteine (Allergene) ausgelöst. In gentechnisch veränderten Pflanzen bilden die neu eingeführten Gene neue, artfremde Proteine. Die Gene (und Proteine) stammen jedoch aus bekannten, gut untersuchten Herkunftsorganismen, und besonders die neuen Proteine müssen vor der Gen-Übertragung umfassend charakterisiert werden. Dazu wird beispielsweise ihre Struktur mit denen bekannter Allergene verglichen. Mit Hilfe dieser Daten kann das Allergiepotenzial der transgenen Pflanze eingeschätzt werden. Dieses Verfahren wird bei herkömmlich erzeugten neuen Lebensmitteln meist nicht eingesetzt. Im Vergleich zu gentechnisch hergestellten Lebensmitteln, welche nur wenige neue und zudem genau bekannte Genprodukte beinhalten, kam unser Immunsystem beim erstmaligen Genuss von Pflanzen, die ursprünglich nicht aus Europa stammen, wie Kartoffeln, Reis, Mais, Trauben, Papaya oder Kiwi, mit Tausenden von neuen Eiweißen in Kontakt, die nie zuvor Bestandteil unserer Nahrung waren.

Für die Zulassung gentechnisch hergestellter Lebensmittel muss der Antragsteller zahlreiche Sicherheitsstudien vorlegen, um die gesundheitliche Unbedenklichkeit dieses Lebensmittels nachzuweisen. Dazu gehören auch Untersuchungen zum Allergierisiko. Die bisher verwendeten Gene bzw. Eiweiße (Herbizid- und Antibiotikatoleranzen, insektentoxische Eiweiße aus *Bacillus thuringiensis* oder virale Eiweiße) stammen weder aus Quellen mit bekanntem allergenem Potenzial, noch hat der Vergleich mit bekannten Allergenen Ähnlichkeiten ergeben.

Dagegen sind von gentechnischen Methoden nennenswerte Beiträge zur Linderung oder Vermeidung von Lebensmittelallergien zu erwarten:

- Allergene können mittels Gentechnologie inaktiviert oder entfernt werden. In Deutschland leidet etwa einer von tausend Menschen unter der Krankheit Zöliakie. Bei diesen Personen schädigen die Gluten genannten Getreideeiweiße den Dünndarm. Sie müssen auf glutenhaltige Produkte wie Nudeln, Brot oder Bier ihr Leben lang verzichten. In einem Verbundprojekt des Bundesforschungsministeriums sollen mit Hilfe der Gentechnik Getreidesorten entstehen, die kein Gluten enthalten.
- In den USA ist es gelungen, Gerste- und Weizenpflanzen zu züchten, die einen höheren Gehalt eines für den Eiweißabbau erforderlichen natürlichen Proteins (Thioredoxin) aufweisen. Dadurch sinkt das Allergiepotenzial hieraus gewonnener Lebensmittel. Das Verfahren könnten in Zukunft auch auf andere Pflanzenarten wie zum Beispiel Nüsse angewandt werden.
- Auch bei der Aufklärung der Ursachen von Allergien ist die Gentechnologie hilfreich. So wurden bereits neue Medikamente gegen Allergien entwickelt, die derzeit klinisch erprobt werden.

12.2.2 Sojabohnen mit Paranuss-Eiweiß

Meinung: „Um Sojabohnen mit höherem Methionin-Gehalt zu entwickeln (Methionin ist eine für den Menschen essenzielle Aminosäure), hat die amerikanische Firma Pioneer Hi-Bred International ein bestimmtes Gen der Paranuss, das die Produktion eines methioninreichen Proteins bewirkt, in die Sojabohne eingeführt. Nach der Vermarktung dieser Sojabohne als Lebensmittel haben andere Forscher entdeckt, dass das Produkt des eingeführten Gens beim Menschen starke Allergien hervorruft. Schließlich wurde die Sojabohne vom Markt zurückgezogen.“

Stellungnahme: Korrekt ist, dass Pioneer Hi-Bred International eine transgene Sojabohne entwickelte mit dem Ziel, deren Methionin-Gehalt zu erhöhen. Ebenso richtig ist, dass das in die Sojabohne eingebrachte Gen aus der Paranuss stammte und in der Sojabohne die Bildung eines Proteins mit hohem Methionin-Gehalt auslöste. Die transgene Sojabohne sollte als Tierfutter verwendet werden und war nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt. Sie sollte das bisher notwendige Zufügen von Methionin zum Tierfutter ersparen. Pioneer Hi-Bred bedachte die Möglichkeit, dass das Nussprotein trotzdem in die menschliche Nahrungskette gelangen könnte, und ließ deshalb untersuchen, ob das Paranuss-Genprodukt allergene Eigenschaften hat. Nachdem die Untersuchungen dessen allergenes Potenzial bestätigten, stellte die Firma das Züchtungsprogramm umgehend ein. Die Sojabohne kam nie auf den Markt. Dieses Beispiel zeigt, dass das Allergierisiko bei transgenen Pflanzen präzise geprüft werden kann und auch geprüft wird.

12.2.3 Übertragung von Antibiotikaresistenzen

Meinung: „Beim Verzehr von transgenen Pflanzen, denen zur Markierung Resistenzgene gegen die Antibiotika Ampicillin oder Kanamycin eingebaut wurden, geht das Resistenzgen auf Bakterien im Verdauungstrakt des Menschen oder Tieres über. Dadurch werden die Bakterien resistent, und diese Antibiotika verlieren ihre Wirkung. Aus behandelbaren Krankheiten können auf diese Weise schwere medizinische Probleme entstehen. Gemäß einem Bericht der WHO tauchen weltweit immer mehr resistente Krankheitserreger auf, die kaum mehr bekämpft werden können.“

Stellungnahme: Alle heutigen wissenschaftlichen Erkenntnisse sprechen gegen die Behauptung, dass die bei einigen gentechnisch veränderten Pflanzen verwendeten Resistenzgene negative Auswirkungen auf die medizinische Behandlung von Mensch oder Tier haben. Der Magen bildet mit dem Verdauungssystem eine natürliche Barriere, die mit der Nahrung aufgenommene Gene weitgehend inaktiviert (verdaut). Die Wahrscheinlichkeit, dass aktive Ampicillin-Resistenzgene überhaupt in den Darm gelangen, ist sehr gering.

Die Wahrscheinlichkeit, dass Bakterien intakte Ampicillin-Resistenzgene aufnehmen, in ihr eigenes Erbgut einbauen und diese schließlich noch aktiv wären, ist extrem gering.

Und selbst wenn alle diese Unwahrscheinlichkeiten kombiniert stattfänden, würde sich an der Ausgangslage nichts ändern: Das Ampicillin-Resistenzgen ist – ohne Zutun gentechnisch veränderter Pflanzen – in der Natur weit verbreitet. Tatsache ist auch, dass dieser weit verbreiteten Resistenz mit der Entwicklung neuer Antibiotika begegnet wurde,

so dass sie kein medizinisches Problem darstellt: Es steht eine Vielzahl von Antibiotika zur Verfügung, mit denen Ampicillin-resistente Bakterien unter Kontrolle gehalten werden können.

Die britische Nahrungsmittelbehörde (Food Standard Agency – FSA) legte im Juli 2002 neue Forschungsergebnisse vor, die diese Zusammenhänge bestätigen. Danach ist es „extrem unwahrscheinlich“, dass Gene aus gentechnisch veränderten Lebensmitteln von Darmbakterien des Menschen aufgenommen werden. In Ernährungsversuchen mit Freiwilligen überstand transgene DNA die Darmpassage in keinem einzigen Fall. Nur in Versuchen mit Personen mit einem künstlichen Darmausgang, deren Nahrung also nur einen kleinen Teil des natürlichen Verdauungstraktes des Menschen passiert, wurden im Verdauungsbrei Reste transgener DNA nachgewiesen. Das bedeutet noch nicht, dass die Gene auch auf Mikroorganismen im Darm übertragen wurden. Vielmehr kann vermutet werden, dass die besonderen Bedingungen eines künstlichen Darmausganges dazu führten, dass Bakterien mit Antibiotikaresistenzgenen, die fast überall in unserer Umgebung vorhanden sind, von außen in den künstlichen Darmausgang dieser Patienten gelangt sind.

Für das Resistenzgen gegen das Antibiotikum Kanamycin in der Flavr-Savr-Tomate wurde der rasche Abbau transgener DNA von der Firma Calgene mit Zahlen belegt. Es wurde ein so genanntes „worst-case-scenario“ berechnet, welches optimale (also unrealistische) Bedingungen für eine Übertragung des Kanamycin-Resistenzgens auf Darmbakterien zugrunde legt. Selbst unter diesen hypothetischen Bedingungen wäre eine nur 0,00001-prozentige maximale Zunahme an kanamycinresistenten Darmbakterien durch den Verzehr der Tomaten zu erwarten. Für Ampicillin gelten ähnliche Werte.

Resistenzen gegen bestimmte Antibiotika, die heute ein sehr ernstes medizinisches Problem darstellen, entstehen auch nach Auffassung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) primär durch den Einsatz des Antibiotikums in der Humanmedizin und der Nutztierhaltung. Wird ein Antibiotikum häufig eingesetzt, sterben alle nicht-resistenten Bakterien ab. Nur die resistenten Bakterien überleben und vermehren sich dann rasch. Da alle ihre Nachkommen ebenfalls das Resistenz-Gen tragen, entsteht in relativ kurzer Zeit eine resistente Population.

Im Gegensatz dazu die Einschätzung der Zentralen Kommission für Biologische Sicherheit (ZKBS) zu einer Resistenzübertragung durch gentechnisch veränderte Pflanzen: „Eine zunehmende Verbreitung des Ampicillinresistenz-Gens in Mikroorganismen durch die Verwendung von gentechnisch veränderten Pflanzen [...] ist nicht zu erwarten. Es ist keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit, von Tieren oder der Umwelt zu befürchten.“

12.2.4 Provitamin A-Reis

Meinung: „Es wird versucht, den Vitamin A-Mangel in tropischen Ländern mittels Gentechnik zu lösen, obwohl das auf viel einfacherem Weg angegangen werden könnte. Anstatt Provitamin A-Reis zu züchten, sollte man den Menschen in der Dritten Welt verständlich machen, dass sie Reis mit der Schale essen sollten; diese enthält nämlich Vitamin A. Der gentechnisch veränderte ‚Golden Rice‘ hingegen beinhaltet viel zu geringe Mengen an Provitamin A, um selbst bei regelmäßigem Verzehr einem Mangel vorzubeugen.“

Stellungnahme: Der tägliche Vitamin-A-Bedarf eines erwachsenen Menschen beträgt weniger als ein Milligramm. Vitamin A ist in Milchprodukten, Eiern, Fisch und Leber reichlich enthalten. Beta-Karotin, ein Provitamin, das der Körper in Vitamin A umwandeln kann, findet sich vor allem in grünen und gelben Gemüsen wie Spinat oder Karotten. Geschälter Reis hingegen enthält weder Vitamin A noch umwandelbare Vorstufen hiervon. Deshalb leiden insbesondere Menschen in Entwicklungsländern der tropischen Klimazone, deren Ernährung fast ausschließlich von Reis abhängt, an Vitamin-A-Mangelkrankheiten. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) schätzt, dass etwa 134 Millionen Kinder und Jugendliche davon betroffen sind. Vitamin-A-Mangel schwächt die Widerstandsfähigkeit gegen Infektionserreger – für rund 1 Million Menschen jährlich mit tödlichen Folgen. Jedes Jahr führt der Vitamin-A-Mangel bei 1,3 bis 2,5 Millionen Kindern zu völliger Blindheit.

Es ist richtig, dass Provitamin A in allen grünen Teilen der Pflanze und damit auch in der Schale vorkommt. Dennoch liegt die Lösung nicht einfach darin, ungeschälten Reis zu essen und dafür gibt es drei Gründe:

- Der Provitamin-A-Gehalt in der Schale ist 1000-mal zu niedrig, um den Tagesbedarf zu decken.
- Die Zubereitung ungeschälter Reiskörner benötigt rund dreimal so viel Energie wie die von geschältem Reis (höherer Verbrauch von wertvollem Brennholz).
- Der Keimling und die Schale enthalten einen hohen Anteil an Ölen. Werden diese vor der Lagerung nicht entfernt, wird der Reis im tropischem Klima mit hoher Luftfeuchtigkeit und hohen Temperaturen sehr schnell ranzig und damit ungenießbar.

Ziel des „Golden Rice“ Projektes ist die Synthese von Beta-Karotin im Reiskorn selbst. Die Entwicklung des Reises ist mittlerweile gelungen und erste Reiskörner wurden kostenlos an das Internationale Reisforschungsinstitut (IRRI) auf den Philippinen übergeben. Dort soll die Ausgangslinie in lokale Zuchtsorten eingekreuzt werden. Rein rechnerisch müsste ein mangelernährtes Kind zwar nun täglich rund 2 kg „Golden Rice“ essen, um die empfohlene Tagesdosis (RDA) zu erreichen, ernährungswissenschaftlich besteht aber keine Notwendigkeit, wirklich jeden Tag die empfohlene Menge zu sich zu nehmen, um einen Mangel zu beheben. Im Durchschnitt reichen 30 bis 40 Prozent der RDA aus.

Außerdem muss der momentan existierende „Golden Rice“ als Pilotprojekt verstanden werden. Künftig sollen Sorten mit einem weit höheren Gehalt an Beta-Karotin entwickelt werden.

12.2.5 Phyto-Östrogene in herbizidtoleranten Sojabohnen

Meinungen: „... wir müssen befürchten, dass die Roundup Ready-Soja große Mengen an Pseudo-Östrogenen produziert, wenn sie mit dem Roundup-Unkrautvertilgungsmittel besprüht wird. Es wird heute vermutet, dass Östrogen-Hormone eine wichtige Rolle bei Brustkrebs spielen ...“ (Brief an Frau Bundesrätin Dreifuss, 4. Februar 1997, Unterzeichner: SAG, Basler Appell gegen Gentechnologie, Noglete).

„... doch sämtliche Risikountersuchungen wurden an manipulierten Sojapflanzen vorgenommen, die nie mit Roundup behandelt wurden. Es wurde nie untersucht, was für Folgen die Behandlung der Gentech-Pflanze mit Roundup hat ...“ (Florianne Koechlin, Schweiz, Gen-Schutz-Zeitung, Nr. 7/Januar 1997).

„Das Fremdgen für Herbizidresistenz hatte bei Bohnen einen zusätzlichen Stoffwechsel ausgelöst, so dass diese in den Blättern und Früchten eine hormonwirksame Substanz produzierten. Diese veränderte schon in geringen Mengen das Uteruswachstum von Mäusen“ (Naturschutz 1/1997).

Stellungnahme: Die Schweizerische Arbeitsgruppe Gentechnologie (SAG) und ihr nahe stehende Organisationen konstruieren in ihren Schriften, Leserbriefen und im Schreiben an Bundesrätin Ruth Dreifuss einen wissenschaftlich unhaltbaren kausalen Zusammenhang zwischen der gentechnisch veränderten Roundup Ready-Soja von Monsanto, Phyto-östrogenen und gesundheitlichen Risiken, insbesondere für Frauen und Kinder. Als Quelle ihrer Vermutungen, wonach die Roundup Ready-Soja nach Behandlung mit dem Herbizid Roundup große Mengen an Phytoöstrogenen produziert, gibt die SAG eine Studie aus dem Jahr 1988 an – einem Zeitpunkt, zu dem es noch gar keine Roundup Ready-Soja gab. Die in der genannten Studie relevante Stelle besagt, dass herkömmliche Gartenbohnen (*Phaseolus vulgaris*) – also nicht Sojabohnen und schon gar nicht transgene Sojabohnen – nach Aufbringen von Glyphosat (Wirksubstanz von Roundup) ein östrogenwirksames (hormonähnliches) Isoflavonid (Cumöstrol) bilden. Untersuchungen der Firma Monsanto haben ergeben, dass gentechnisch veränderte Sojabohnen nach Behandlung mit dem Herbizid Roundup keinen erhöhten Gehalt an Phytoöstrogenen aufwiesen.

Pseudo-Östrogene:

Pseudo-Östrogene sind Substanzen, die in der Umwelt vorkommen und die Funktion von Hormonen beeinflussen oder nachahmen. Einige zu den organischen Chlorverbindungen gehörende Pflanzenschutzmittel gelten als Pseudo-Östrogene. Das Herbizid Roundup hingegen enthält keine Pseudo-Östrogene, wie eine vom Öko-Institut Freiburg mitverfasste Sicherheitsstudie belegt.

12.2.6 Tryptophan aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen

Meinung: „In den USA sind 1989 mehrere hundert Menschen nach Einnahme eines Tryptophan-Präparats am so genannten Eosinophilie-Myalgie-Syndrom (EMS) erkrankt, und 38 Menschen sind daran gestorben. Das Mittel wurde von der japanischen Firma Showa Denko mit Hilfe gentechnisch veränderter Bakterien hergestellt. Das Beispiel zeigt, wie unberechenbar die Folgen der Gentechnologie sind.“

Stellungnahme: Es ist inzwischen unumstritten, dass das epidemische Auftreten der Krankheit EMS im Jahre 1989 auf die Einnahme von L-Tryptophan, das von der japanischen Firma Showa Denko K.K. hergestellt wurde, zurückzuführen ist:

- Showa Denko verwendete zur Produktion des L-Tryptophans seit 1985 ein fermentatives Herstellungsverfahren mit verschiedenen Stämmen von *Bacillus amyloliquefaciens* (Stamm I bis V), die schrittweise für diesen Produktionsprozess gentechnisch optimiert wurden.
- Im Dezember 1988 führte Showa Denko einen neuen Stamm von *B. amyloliquefaciens* (Stamm V) in den Produktionsprozess ein. Gleichzeitig vereinfachte das Unternehmen das Reinigungsverfahren zur Gewinnung von L-Tryptophan aus den Fermentationslösungen. Ein Filtrationsschritt wurde zeitweise umgangen. Die Menge eingesetzter Aktivkohle, die zur Entfernung unerwünschter Nebenprodukte diente, wurde auf weniger als die Hälfte der zuvor verwendeten Menge reduziert.
- Ein Stoff, der in Verdacht steht, EMS auszulösen, ist das so genannte EBT, ein Reaktionsprodukt aus Tryptophan und Acetaldehyd, einem Nebenprodukt der Fermentation. Für die Reaktion sind tiefe Temperaturen erforderlich. EBT wurde in den betroffenen Tryptophan-Chargen erst nach „Reinigung“ am stark sauren Kationenaustauscher nachgewiesen. Dieser stand auf dem Showa Denko-Gelände im Freien und war somit im Winter niedrigen Außentemperaturen ausgesetzt.

Mangels Tierversuchs- und in vitro-Modellen konnte bis heute nicht eindeutig nachgewiesen werden, welche Verunreinigung für die Auslösung der EMS-typischen Krankheitssymptome tatsächlich verantwortlich war. Weiterhin konnte nicht bewiesen werden, dass der EMS-auslösende Faktor ein Resultat der gentechnischen Veränderung der Produktionsbakterien war. Favorisierte Hypothese ist jedoch, dass einige der mit dem Auftreten von EMS assoziierten Hauptverunreinigungen während des Aufarbeitungsprozesses entstanden sind und aufgrund eines aus Sparmaßnahmen verkürzten Reinigungsverfahrens nicht vollständig aus dem Produkt entfernt wurden. Die Verunreinigung steht somit in keinem Zusammenhang mit der gentechnischen Veränderung.

12.3 Ökologische Aspekte

- 12.3.1 Sicherheit von Feldversuchen
- 12.3.2 Auskreuzung (vertikaler Gentransfer)
- 12.3.3 Gentechnisch veränderte Sojabohnen und der Milchfettgehalt von Kühen
- 12.3.4 Umweltwirkung von Bt-Pflanzen
- 12.3.5 Monarch-Falter
- 12.3.6 Florfliege
- 12.3.7 Transgene Petunien
- 12.3.8 Transgene Lektin-Kartoffeln

12.3 Ökologische Aspekte

12.3.1 Sicherheit von Feldversuchen

Meinung: „Feldversuche sind gefährlich, da niemand die Folgen solcher Versuche verlässlich abschätzen kann.“

Stellungnahme: In Deutschland sind Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Organismen nach dem Gentechnikgesetz genehmigungspflichtig. Zuständig für die Genehmigung ist das Robert-Koch-Institut in Berlin. Daneben sind als weitere Fachbehörden die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) und das Umweltbundesamt (UBA) an der Prüfung eines Freisetzungsantrages beteiligt. Die Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) bewertet den Versuch im Hinblick auf mögliche Umweltgefahren. Die Genehmigung wird nur erteilt, wenn nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik alle nötigen Sicherheitsvorkehrungen getroffen und keine schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu erwarten sind. Daher muss der Antragsteller umfassende Informationen über die gentechnische Veränderung, die biologische Sicherheit des GVO und mögliche Umweltauswirkungen vorlegen. Beispielsweise müssen das Risiko einer Auskreuzung abgeschätzt und Maßnahmen zur weitgehenden Verhinderung (z. B. Mantelsaat, Schutzzonen) angegeben werden.

Auf europäischer Ebene haben das Europäische Parlament und der EU-Ministerrat im März 2001 nach intensiven Beratungen eine neue Richtlinie über die Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen beschlossen (2001/18/EG). Genehmigungen werden danach nur noch nach einer verschärften Sicherheitsprüfung erteilt. Das Vorsorgeprinzip muss berücksichtigt werden. Die neue Richtlinie gewährleistet deutlich mehr Transparenz und weitet die Beteiligung der Öffentlichkeit an Antragsverfahren merklich aus. So müssen Informationen über sämtliche GVO-Freisetzen der Öffentlichkeit ebenso zugänglich gemacht werden wie der Informationsaustausch zwischen den zuständigen Behörden und der Europäischen Kommission. Alle Bewertungsberichte der nationalen Behörden und die Stellungnahmen der Wissenschaftlichen Ausschüsse der EU sind allgemein zugänglich. Die Frist zur Umsetzung der novellierten EU-Freisetzungsrichtlinie durch die Mitgliedstaaten endet im Oktober 2002.

Die bisher gemachten Erfahrungen haben bestätigt, dass das schrittweise Vorgehen aus dem Labor in das Gewächshaus und danach ins Freiland höchstmögliche Sicherheit bietet. Bei jedem Schritt werden die sicherheitsrelevanten Fragen neu geprüft. Bei keinem der weltweit über 56.000 bisher durchgeführten Feldversuche konnten schädliche Auswirkungen auf Mensch, Tier oder Umwelt festgestellt werden. EU-Forschungskommissar Philippe Busquin zog bei der Vorstellung eines Reports über die biologische Sicherheitsforschung an gentechnisch veränderten Organismen im Oktober vergangenen Jahres das Fazit, dass nach über 15 Jahren intensiver Forschung gentechnisch veränderte Pflanzen und von ihnen abgeleitete Produkte bislang keine neuen Risiken für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt darstellen, die über die normalen Ungewissenheiten der konventionellen Pflanzenzüchtung hinausgehen.

12.3.2 Auskreuzung (vertikaler Gentransfer)

Meinung: „Verschiedene Studien aus Dänemark sowie der Europäischen Umweltagentur (EEA) haben nachgewiesen, dass Rapsgene auf Wildpflanzen überspringen können. Wenn Herbizidtoleranzgene von Kulturpflanzen auf Beikräuter übertragen werden, kann ein ‚Superunkraut‘ entstehen. Das zeigt, wie gefährlich transgene Pflanzen für die Umwelt sind.“

Stellungnahme: Die Kreuzung zwischen Kulturpflanzen, egal ob herkömmlich gezüchtet oder mit Hilfe der Gentechnik, und nahe verwandten Wildpflanzen ist seit langem bekannt und daher auch bei transgenen Kulturpflanzen kein überraschendes Phänomen. Hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit von Auskreuzungen müssen drei verschiedene Kategorien beachtet werden. Einige Kulturpflanzen wie Mais, Tomaten und Kartoffeln haben hierzulande keine verwandten Wildpflanzen. Der Transfer eines neuen Gens zu Wildpflanzen kann deshalb bei solchen Kulturpflanzen ausgeschlossen werden. Im Gegensatz dazu ist bei Luzerne der Genaustausch mit verwandten Wildpflanzen häufig. Dazwischen liegen Pflanzen wie die Zuckerrübe oder der Raps. Hier muss vor dem Anbau sorgfältig geprüft werden, ob das neue Gen der Wildpflanze einen Konkurrenzvorteil verschaffen könnte.

Den Untersuchungen aus Dänemark lag folgendes wissenschaftliches Experiment zugrunde: Die Forscher fügten ein Gen in Rapspflanzen ein. Pollen dieser transgenen Rapspflanzen bestäubten den verwandten Rübsen. Dabei entstanden fruchtbare Nachkommen, die ihrerseits wieder mit dem Rübsen gekreuzt wurden. In den so genannten Rückkreuzungsprodukten schließlich wurde das neu in den Raps eingeführte Gen – ein Toleranzgen gegen das Herbizid Basta – gefunden. Das dänische Forscherteam empfiehlt, diese Beobachtungen bei der Sicherheitsbeurteilung herbizidtoleranter Rapspflanzen zu berücksichtigen. Die Wissenschaftler betonen aber auch, dass es sich bei dem Rübsen um eine Pflanze handelt, die nur innerhalb des landwirtschaftlichen Rapsanbaus wächst. Das bedeutet, dass sich das neu eingefügte Gen nicht aus dem landwirtschaftlichen in das natürliche Ökosystem ausbreiten würde. Würde man Ackerflächen mit herbizidtolerantem Raps bestellen, könnte es sein, dass Rübsen nach Aufnahme des Herbizidtoleranzgens gegen dieses eine Herbizid tolerant wäre. Als Konsequenz würde dieses Herbizid im Rapsanbau nicht mehr wirksam zur Bekämpfung des Rübsens eingesetzt werden können. Falls daraufhin eine weitere Anwendung des Breitbandherbizides unterbleiben würde, wäre allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass der Rübsen die Herbizidtoleranz wieder verlieren würde. Diese Herbizidtoleranz ist nämlich für die Pflanze nur dort von Vorteil, wo das Herbizid eingesetzt wird. Wird das Herbizid nicht verwendet, so ist die Eigenschaft der Herbizidtoleranz kein Selektionsvorteil mehr und verschwindet mehr oder weniger rasch in den Folgegenerationen.

Die Europäische Umweltagentur legte Anfang des Jahres 2002 einen Bericht über die Bedeutung des Gentransfers durch Pollenflug vor. Einer der beiden Autoren der EEA-Studie, Dr. Jeremy Sweet vom National Institute of Agricultural Botany in Cambridge, erläuterte die Ergebnisse in einem Interview mit dem Webportal www.biosicherheit.de: „Die Wahrscheinlichkeit, dass Gene aus Raps in nah verwandte Pflanzen gelangen, ist im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen hoch. Dies bedeutet aber nicht, dass allein dadurch negative Auswirkungen auf die Umwelt, eine direkte Gefahr, abgeleitet werden könnte.“ Nach den Worten von Dr. Sweet kann sich Raps vor allem mit zwei Wildarten kreuzen, dem Rübsen und dem Hederich. Untersuchungen zeigten aber, dass nach einer Kreuzung entstandene Hederich-Hybride nur eine gewisse Zahl von Generationen überlebten. Dann baut sich eine Inkompatibilität in diesen Pflanzen auf, die Pollen- und Samenproduktion sinkt und schließlich sterben diese Pflanzen aus.

12.3.3 Gentechnisch veränderte Sojabohnen und der Milchfettgehalt von Kühen

Meinung: „Die Gentechnik arbeitet unpräzise und verändert auch andere Eigenschaften der Sojabohne als die gewollten. Versuche haben gezeigt, dass das Verfüttern von Gentech-Soja an Kühe den Fettgehalt der Milch verändert. Kein Wissenschaftler kann eine plausible Erklärung für diese veränderte Wirkung von GV-Soja auf den Stoffwechsel von Kühen liefern.“

Stellungnahme: Die zitierte Studie war Bestandteil der Zulassungsanträge für Roundup Ready-Sojabohnen in den USA und in der EU. In der Studie wurden Kühe vier Wochen lang entweder mit konventionellem Soja oder gentechnisch verändertem Roundup Ready-Soja gefüttert. Die durchschnittliche Milchproduktion und die Zusammensetzung der Milch unterschied sich bei den Versuchstieren nicht wesentlich. Ein kleiner Unterschied wurde nur im so genannten 3,5 %-Fett-korrigierten Milchwert gefunden. Dieser wird zur Normierung der Milchleistung gebildet und setzt sich aus Milchfettgehalt und produzierter Milchmenge zusammen. Dieser Wert differierte um etwa 7 bis 8 Prozent bei Fütterung mit GV-Soja im Vergleich zu herkömmlicher Soja. Allerdings war wiederum der fettkorrigierte Milchwert bezogen auf die Energieaufnahme der Kühe bei allen Kühen vergleichbar. Die Autoren zogen daraus den Schluss, dass die gentechnisch veränderten Sojabohnen im Wesentlichen gleichwertig zu den herkömmlichen Sojabohnen sind. Dies wurde zuvor bereits aus einer chemischen Analyse der Inhaltsstoffe der Sojabohnen geschlossen. Auch hier wurden keine Unterschiede gefunden, die über die natürliche Schwankungsbreite hinausgingen.

Der geringe Unterschied im „3,5%-Fett-korrigierten Milchwert“ wurde von der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL) nachträglich untersucht. Bei den Fütterungsversuchen konnten dadurch kleinere methodische Schwächen gefunden werden, die für die leicht abweichenden „korrigierten Milchfettwerte“ verantwortlich gemacht werden können:

- Eine zu geringe Versuchsdauer, um exakte Werte zu erhalten.
- Die Kühe hatten bereits vor Versuchsbeginn eine leicht unterschiedliche Milchleistung. Die Kühe, die später herkömmliches Soja zu fressen bekam, hatten eine etwa 8 % niedrigere Milchleistung als die anderen Kühe. Ebenso gab es bereits Unterschiede im Milchfettgehalt.
- Diese Erkenntnisse wurden in persönlichen Interviews mit den Autoren der Studie gewonnen. Die FAL-Experten kamen daher zu dem Fazit, dass unter Berücksichtigung der beschriebenen kleinen Versuchsfehler die Testergebnisse eindeutig zeigen, dass die untersuchten GV-Sojabohnen als absolut gleichwertig zu herkömmlichen Sojabohnen gelten können.

Die untersuchten gentechnisch veränderten Sojabohnen werden seit 1996 angebaut und haben mittlerweile einen Anteil von 46 Prozent an der Sojaweltproduktion. Allein in den USA haben sich durch den Anbau dieser Pflanzen Einsparungen von knapp 1,1 Mrd. Euro ergeben. Insgesamt benötigte man hier im Vergleich zu herkömmlichen Sojabohnen rund 13,0 Mio. kg weniger Pflanzenschutzmittel beim Anbau. Sicherheitsprobleme sind auch nach sechs Jahren Anbau und Verwertung dieser Pflanze in Lebens- und Futtermitteln nicht aufgetreten.

12.3.4 Umweltwirkung von Bt-Pflanzen

Meinung: „Insektenresistente Pflanzen mit dem Bt-Gen kontrollieren Schädlinge nur ineffektiv. Es müssen weiterhin Insektizide eingesetzt werden. Die Resistenzentwicklung der Schädlinge wird beschleunigt. Außerdem wirken Bt-Pflanzen schädlich auf Nicht-Zielorganismen. Das haben Studien zu den Umweltwirkungen von Bt-Baumwolle in China gezeigt.“

Stellungnahme: Die hier angeführte Studie wurde von dem chinesischen Wissenschaftler Prof. Dayuan Xue im Auftrag der Umweltschutzorganisation Greenpeace erstellt und im Juni 2002 in Peking veröffentlicht. Xue führte für den Greenpeace-Report keine eigenen Versuche durch, sondern fasste die in der wissenschaftlichen Literatur bekannten Ergebnisse von vier verschiedenen chinesischen Forschergruppen zusammen. Schon kurz nach der Veröffentlichung wurde der Report von anderen chinesischen Wissenschaftlern als verkürzte Darstellung und einseitige Fehlinterpretation der darin zitierten Forschungsergebnisse kritisiert. Prof. Kongming Wu von der Chinesischen Akademie der Agrarwissenschaften (CAAS) erklärte in einer Stellungnahme, dass die Ergebnisse seiner Untersuchungen zu den Umweltwirkungen von Bt-Baumwolle in Wirklichkeit den Schlussfolgerungen des Greenpeace-Reports widersprechen. Auch die beiden Professoren Shirong Jia und Yufa Peng, Mitglieder des chinesischen Ausschusses für Biosicherheit bei gentechnisch veränderten Organismen, werfen Xue vor, die von ihm angeführten Untersuchungen falsch ausgewertet zu haben.

Laut Kongming Wu bekämpft die in China seit 1997 angebaute Bt-Baumwolle ihren Hauptschädling, den Baumwollkapselwurm, mit einer Erfolgsquote von 80 bis 95 Prozent sehr effektiv. Nach Shirong Jia und Yufa Peng konnte der Pflanzenschutz Einsatz in den Bt-Feldern im Vergleich zum herkömmlichen Anbau um 70 bis 80 Prozent reduziert werden. Dadurch sinkt nicht nur die Belastung der Umwelt, sondern es werden auch viele Vergiftungsfälle von Landwirten und Nutztieren durch eine fehlerhafte Pestizid-anwendung vermieden.

Shirong Jia und Yufa Peng sind bislang keine negativen Auswirkungen der transgenen Baumwolle auf die Population parasitärer Feinde des Kapselwurmes bekannt. Sie weisen darauf, dass der breite Einsatz von Pflanzenschutzmitteln die Insektenpopulation einschließlich der Nützlinge und anderer Nicht-Zielorganismen sehr viel stärker in Mitleidenschaft zieht. Da das Bt-Toxin spezifisch gegen bestimmte Schädlinge wirkt, ist es aus Sicht von Shirong Jia und Yufa Peng nicht verwunderlich, dass die Zahl der nicht erfassten Insekten höher ist als bei einem massiven Insektizideinsatz.

Gegen Bt resistente Kapselwürmer wurden nach übereinstimmenden Angaben von Jia, Peng und Wu nur im Labor, nicht aber unter Feldbedingungen beobachtet. Der in Nordchina übliche Anbau mehrerer Kulturen auf engem Raum bietet nach ihrer Auffassung genug natürliche „Rückzugsgebiete“ für den Baumwollkapselwurm.

12.3.5 Monarch-Falter

Meinung: „Bt-Nutzpflanzen bedrohen die Welt der Schmetterlinge. Laboruntersuchungen in den USA haben eine höhere Sterblichkeit der Larven des Monarch-Falters durch eine Bt-Diät nachgewiesen.“

Stellungnahme: Der Monarch-Falter (*Danaus plexippus*) kommt in Nord- und Mittelamerika häufig vor. Im Sommer pflanzen sich die Schmetterlinge im Norden der USA und in Süd-Ontario, Kanada, fort, im Winter wandern sie nach Mexiko. Sie sind vollkommen abhängig von einer einzigen Futterpflanze, der *Asclepias curassavica* („milkweed“, Schwalbenwurz oder Wolfsmilch), von der sich die Raupen im Sommer ernähren.

Der Forscher Losey führte eine 1999 veröffentlichte Laborstudie mit Monarch-Faltern durch. Den Raupen wurden künstlich mit Bt-Pollen der Bt-176-Maislinie bestäubte *milkweed*-Blätter als einzige Futterquelle gegeben. Die Sterblichkeit und das Gewicht der so gefütterten Raupen wurden mit zwei weiteren Raupen-Gruppen verglichen. Diese hatten *milkweed*-Blätter ohne Pollen oder mit konventionellen Pollen bestäubte gefressen. Das Resultat dieser Studie war, dass die Schmetterlingsraupen bei Fütterung mit Bt-Pollen bestäubten *milkweed*-Blättern eine beträchtlich höhere Sterblichkeit aufwiesen, sich langsamer entwickelten und weniger fraßen als die Vergleichstiere. Eine ähnliche Studie wurde von Hansen und Obrycki (1999) durchgeführt. Im Unterschied zu der Losey-Studie wurden *milkweed*-Blätter direkt aus einem bestäubenden Maisfeld oder am Maisfeldrand gesammelt und zur Fütterung der Monarch-Falter verwendet. Auch hier wurden erhöhte Sterblichkeitsraten festgestellt.

Das Ergebnis der Studien wurde von vielen Kritikern der Gentechnik als eindeutiger Beweis für die ökologischen Risiken des Bt-Mais gegenüber Nicht-Zielinsekten gewertet. Jedoch gelten auch für diese Untersuchungen die generellen Einschränkungen von Laborstudien, die noch nichts über reale Gefährdungspotenziale sagen können.

Folgende Faktoren spielen für die Gefährdung unter Feldbedingungen eine Rolle:

- Maispflanzen produzieren Pollen nur innerhalb eines kurzen Zeitraumes von fünf bis zehn Tagen. In weiten Teilen der USA liegt der Zeitpunkt, in denen die Monarch-Raupen gehäuft auftreten, weit vor der Maisblüte: Im mittleren Westen der USA tritt die erste Raupengeneration im Juni auf, der Mais produziert seinen Pollen von Mitte Juli bis August.
- Die Futterpflanze der Raupen, *milkweed*, wird im Maisanbau mit Herbiziden bekämpft. Innerhalb eines Maisfeldes und in unmittelbarer Nähe gibt es keine oder nur sehr wenige *milkweed*-Pflanzen, von denen sich Monarch-Falter ernähren können.
- Der Maispollen ist relativ schwer und sinkt daher schnell zu Boden. Aus diesem Grund erreicht Maispollen weiter vom Feld entfernt wachsende *milkweed*-Pflanzen nicht in nennenswertem Maß.
- Das Bt-Toxin im Pollen wird durch das UV-Licht der Sonne und durch Wärme schnell deaktiviert. Eine Anreicherung über lange Zeiträume kann daher nicht stattfinden.

Durch die öffentliche Diskussion um die Studien veranlasste die US-amerikanische Umweltbehörde EPA ein Forschungsprogramm zum Monarch-Falter. Ansatz der neuen Untersuchungen war, wie groß das reale Gefährdungsausmaß im Freiland ist. Es wurde einerseits ermittelt, wieviele Bt-Pollen notwendig sind, um die Raupen zu schädigen und andererseits, ob diese Pollendichte unter natürlichen Bedingungen erreicht wird.

Die Wissenschaftler stellten fest, dass bis zu einer Dichte 1000 Pollen pro cm^2 Blattoberfläche die Bt-Mais-Pollen keinen Einfluss auf Gewicht und Überlebensrate der Monarch-Raupen haben. Eine Ausnahme bildet der Bt-176-Mais, dessen Pollen die höchste Bt-Toxin-Menge enthält: Bei ihm reichen bereits 10 Pollen pro cm^2 aus, um Raupen zu gefährden. Die Auswertungen aus mehreren US-Bundesstaaten zur realen Pollendichte ergaben eine mittlere Pollendichte von etwa 170 Pollen pro cm^2 auf Milkweed-Blättern, die maximalen Werte erreichten 600 Pollen pro cm^2 .

Insgesamt wurde das Gefährdungspotenzial aus den Daten für die Toxizität und der Wahrscheinlichkeit, dass die Monarchfalter im Freiland auf Bt-Pollen treffen, berechnet:

Für Bt-176-Mais mit seinem hohen Bt-Anteil gilt eine Gefährdung von max. 0,4 Prozent der Monarchfalter-Population. Die anderen Bt-Maisarten mit erheblich geringerem Bt-Toxingehalt im Pollen gefährden die Falter um max. 0,012 Prozent. Selbst wenn der Anteil von Bt-Maispflanzen auf einen Marktanteil von 80 Prozent steigen sollte, erreicht die Gefährdung der Monarch-Falter nicht mehr als max. 0,05 Prozent der Gesamtpopulation. Die US-Umweltbehörde EPA verlängerte nach diesen Untersuchungsergebnissen die Zulassung von fünf Bt-Maissorten im Oktober 2001 um weitere sieben Jahre.

12.3.6 Florfliege

Meinung: „Die Florfliege ist einer der wichtigsten Nützlinge auf den Äckern. Wenn der Bt-Mais den Bestand an Florfliegen nachhaltig schädigt, hat das einschneidende Auswirkungen auf die Artenvielfalt.“

Stellungnahme: Die grüne Florfliege ist ein räuberisches Insekt. Da ihre Larven Acker-schädlinge wie den Maiszünsler erbeuten, gelten sie als Nützlinge. Bt-Mais kann sich durch ein Bakterienprotein, das Bt-Toxin, selbst gegen den Maiszünsler schützen.

An der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz wurden Florfliegenlarven mit Maiszünsler-raupen gefüttert, die zuvor Bt-Mais (Bt 176, Novartis) gefressen hatten. Im Vergleich zur Fütterung mit Zünsler-raupen, die konventionellen Mais erhalten hatten, war die Sterblichkeit dieser Florfliegenlarven höher (62 Prozent Sterblichkeit gegenüber 37 Prozent in der Vergleichsgruppe). Das gleiche Ergebnis wurde erzielt, wenn statt Maiszünsler-raupen afrikanische Baumwoll-würmer verfüttert wurden, die, im Gegensatz zu den Zünslern, durch das Bt-Toxin nicht geschädigt werden. Eine erhöhte Sterblichkeit trat also unabhängig davon auf, ob die gefressenen Insekten durch den Bt-Mais geschädigt waren oder nicht.

In einem weiteren Versuch erhielten Florfliegenlarven in einem künstlichen Futter das reine, in Bakterien synthetisierte Bt-Toxin. Auch hier war die Sterblichkeit der Larven höher (57 Prozent) als die von Larven, die das gleiche Futter ohne Bt-Toxin gefressen hatten (30 Prozent).

Es ist nicht möglich, aus diesen Laborergebnissen Rückschlüsse auf die reale Situation im Maisfeld zu ziehen. Es müssen zusätzlich verschiedene ökologische Faktoren berücksichtigt werden:

- Auf dem Feld haben Florfliegenlarven ein größeres Nahrungsangebot. Es besteht nicht nur aus Maiszünsler-raupen, die vorher Bt-Mais aufgenommen haben, sondern auch aus jungen Blattläusen und Insekteneiern.
- Florfliegen haben in Bt-Maisfeldern nur eine geringe Chance, Maiszünsler zu erbeuten, da diese sehr schnell nach dem Verzehr von Bt-Mais sterben.
- Bisher durchgeführte Praxisversuche zeigen in Bt-Maisfeldern keine Verringerung der Nützlingspopulationen inklusive der Florfliege. Ein solches Ergebnis liefert beispielsweise ein Feldversuch der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau. Stattdessen konnte auf chemische Pflanzenschutzmittel, die durchaus Nutzinsekten beeinträchtigen können, verzichtet werden.
- In Laborstudien wurde zwar ein Zusammenhang zwischen der Aufnahme des Bt-Proteins und einer Beeinträchtigung von Florfliegenlarven aufgezeigt. Aber aus ökologischer Sicht sind die Fütterungsstudien mit dem Maiszünsler nur von sehr geringer Bedeutung. Die Hauptnahrung der Florfliege sind Blattläuse und nicht Maiszünsler, denn dessen Larven verteilen sich sehr schnell und bohren sich in die Maispflanze. Die Florfliege verteilt ihre gestielten Eier in der Nähe von Blattlauskolonien.
- Erfahrungen aus ungespritzten konventionellen Maisfeldern zeigen, dass die nützliche Florfliege Schäden durch Maiszünsler nicht verhindern kann. Werden aber die Felder mit chemischen Insektiziden gespritzt, werden die Florfliegen, Blattläuse und alle weiteren Insekten großflächig getötet. Die Nutzung des Bt-Toxins in Nutzpflanzen wie dem Mais ist im Vergleich zum konventionellen Insektenschutz eine optimal schützende Strategie.

12.3.7 Transgene Petunien

Meinung: „In Deutschland wurden 1990 erstmals genmanipulierte Pflanzen im Freiland getestet. Die Petunien sollten dank eines fremden Mais-Gens rot statt weiß blühen. Im Sicherheitsgewächshaus verlief alles wie geplant. Im Freiland kam es anders. Im Juli färbte sich die Hälfte der Blüten weiß, einige färbten sich rot oder rosa. Die Petunien entwickelten aber auch ganz neue, von der Farbe unabhängige Eigenschaften. So hatten sie mehr Blätter und Triebe. Offensichtlich griff das fremde Gen in unerwartet viele Lebensprozesse der Wirtspflanze ein.“

Stellungnahme: Das Petunien-Experiment war weder eine Ausnahme noch eine Überraschung. Pflanzenzüchter wissen seit Jahrhunderten: Im Züchtungsprozess treten viele Pflanzen mit unerwünschten Eigenschaften auf. Diese Pflanzen werden aus dem Züchtungsprogramm ausgeschlossen. Dies gilt genauso für Pflanzen, die mit Hilfe der Gentechnologie verändert werden. Da gentechnisch veränderte Pflanzen unter strengsten Kontrollen im Labor, im Gewächshaus und im Feld getestet werden, ist das Selektieren unerwünschter Pflanzen sehr viel besser gesichert als in der traditionellen Züchtung. Die unerwartete Änderung der Blütenfarbe ging auf eine Inaktivierung des übertragenen Gens zurück.

Die Aussage „Offensichtlich griff das fremde Gen in unerwartet viele Lebensprozesse der Wirtspflanze ein“ ist sachlich falsch. Unerwartete Resultate eines wissenschaftlichen Experiments als Schreckensszenario vorzuführen, ist unseriös. Der Sinn eines wissenschaftlichen Versuchs liegt genau darin, Erwartungen als richtig oder falsch zu bestätigen. Ziel dieser Untersuchung war, im Erbgut der Petunie „springende Gene“ zu finden. Springende Gene kommen natürlicherweise in Pflanzen vor und werden so genannt, weil sie ihre Position im Erbgut wechseln. Das Gen, in das sie „hineinspringen“, kann dadurch seine Funktion verlieren. Ist diese Funktion die Ausbildung einer so offensichtlichen Eigenschaft wie der Blütenfarbe, verrät sich das springende Gen. Die Petunien wurden deshalb mit einem Mais-Gen ausgestattet, das ihnen eine intensiv lachsrote Farbe verlieh. Die Erwartung war, dass bei einem kleinen Teil der Petunien springende Gene in dieses Farbgen „hineinspringen“, dass das Farbgen dadurch seine Funktion verliert und die Blüten deshalb nicht mehr lachsrot, sondern weiß bzw. gescheckt blühen. Letzteres käme zustande, wenn das springende Gen in einigen Zellen im Farbgen verbleiben, in anderen jedoch wieder zurückspringen würde. Manche Blütenzellen wären dann weiß und manche lachsfarben, so dass eine gescheckte Blüte resultieren würde.

Im Freiland bestätigten sich diese Erwartungen: 8 Prozent der Petunien blühten schwach lachsrot, 92 Prozent kräftig lachsrot, und 0,2 Prozent zeigten die erwarteten weißen oder gescheckten Blüten. Dann setzte eine sommerliche Hitzewelle mit Temperaturen bis 36°C und einer Sonneneinstrahlung von über 500 W/m² ein. Nach Abklingen der Wärme waren sämtliche Blüten stark ausgebleicht. Als diese Petunien neue Blüten entwickelten, zeigten nur noch 37 Prozent statt wie zuvor 92 Prozent die kräftig lachsrote Farbe, weiße und gescheckte waren gleichermaßen vertreten wie zuvor, und die größte Gruppe blühte schwach lachsrot. Dieses unerwartete Resultat machte deutlich, dass sich Freilandbedingungen erheblich auf die Intensität der Farbausprägung auswirken.

Die Wissenschaftler untersuchten nun den Mechanismus, mit dem die Petunien das Farbgen als Reaktion auf wechselnde Umwelteinflüsse stufenweise aktivieren bzw. inaktivieren, mit dem sie also quasi eine Feineinstellung der Farbe zwischen kräftig lachsrot, schwach lachsrot und weiß regulieren. Diese Forschungsarbeiten lieferten unverhofft neue Erkenntnisse. Der Grund für die Änderung in der Blütenfarbe dieser Petunien sind nicht – wie zunächst angenommen – springende Gene, sondern ein anderer

Mechanismus (Methylierung), mit dem sich auch die beobachteten Ergebnisse des Ausgangsexperiments erklären lassen: Die Mutterpflanzen waren konstanten Gewächshausbedingungen ausgesetzt und blühten kräftig lachsrot. Nach mütterlicher Vorgabe blühten auch die ersten Nachkommen im Freiland kräftig lachsrot, bis die Sonne ihren Blütenfarbstoff ausbleichte. Auf diese wechselnde Umweltbedingung „reagierten“ die Petunien mit einer „Vorgabe“ an ihre Nachkommen, den Farbstoff direkt schwächer auszubilden: Die Nachkommen blühten mehrheitlich schwach lachsrot.

12.3.8 Transgene Lektin-Kartoffeln

Meinung: „Transgene Kartoffeln, die das Schneeglöckchen-Lektin GNA produzieren, haben an Versuchstieren schwere Organ- und Hirnschäden hervorgerufen und deren Immunsystem geschwächt.“

Stellungnahme: Im Jahr 1996 begannen am Rowett Research Institut (RRI) im schottischen Aberdeen Fütterungsstudien mit gentechnisch veränderten Kartoffeln. Ziel der Versuche war es, bestimmte Proteine zu finden, welche die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegen schädliche Insekten steigern, ohne die Gesundheit der Konsumenten zu beeinträchtigen. Das Interesse konzentrierte sich auf eine bei Pflanzen weit verbreitete Protein-Gruppe, die Lektine. Leiter der Versuche war Prof. Arpad Pusztai, ein international anerkannter Lektin-Experte.

Die Fütterungsstudien mit der Lektin-Kartoffel wurden unter der Leitung von Pusztai durchgeführt. Über zehn Tage fraßen die Versuchstiere Kartoffeln in verschiedenen Zubereitungsformen – roh, gekocht, gebraten. Danach wurden die Ratten untersucht.

Pusztai verabreichte die Kartoffel-Lektin-Diät in mehreren Varianten:

- gentechnisch veränderte Kartoffeln, die infolge eines übertragenen Schneeglöckchen-Gens GNA-Lektin produzieren
- Kartoffeln mit zugesetztem GNA-Lektin
- herkömmliche Kartoffeln der Ausgangslinie

In einem wissenschaftlichen Artikel (The Lancet, 1999, 354, S. 1353-1354.) stellte Pusztai die Ergebnisse dieser Versuchsreihe vor. Der Schwerpunkt der Auswertung lag auf Untersuchungen von Darmgewebeproben. Der Lancet-Artikel enthält keine Aussagen über Organverkleinerungen oder Schwächungen des Immunsystems, von denen Pusztai zuvor in Presseberichten sprach.

Bei den Tieren, die rohe, gentechnisch veränderte Kartoffeln erhalten hatten, beobachtete Pusztai längere Dünndarmzotten als bei denen, die herkömmliche Kartoffeln oder solche mit zugesetztem GNA-Lektin gefressen hatten. Die Blinddarmschleimhaut war nach Fütterung mit gekochten gentechnisch veränderten Kartoffeln dünner als die der anderen beiden Versuchsgruppen.

In den Darmwänden der Ratten, die rohe oder gekochte gentechnisch veränderte Kartoffeln gefressen hatten, wurden mehr Lymphozyten gefunden als bei den anderen Tieren (erhöhte Lymphozytenzahlen können auf Gewebeschädigungen hinweisen). Pusztai vermutet, dass die beobachteten Effekte nicht auf das Lektin zurückzuführen, sondern eine Folge des Gentransfers sind. Teile des Genkonstruktes, mit dem das Lektin-Gen in die Kartoffeln eingeführt wurde – es enthält neben dem Lektin-Gen noch Steuersequenzen – könnten zur Produktion weiterer Stoffe geführt haben, die von den Darmzellen aufgenommen wurden und diese beeinflusst haben. Denkbar sei auch, dass die Position, an der das Genkonstrukt in das Kartoffel-Erbgut eingebaut wurde, zu einem veränderten Gehalt bestimmter Inhaltsstoffe in der Kartoffel führe. Diese könnten die beobachteten Effekte hervorgerufen haben.

Die Kritik:

In der gleichen Lancet-Ausgabe, in der Pusztai die Studie publizierte, erschien ein weiterer Artikel zum Thema. Harry Kuiper von der Universität Wageningen (NL) setzte sich kritisch mit Durchführung und Auswertung des Lektin-Versuchs auseinander.

- Die Zahl der Versuchstiere war mit sechs Tieren pro Versuchsgruppe zu klein, um statistisch verlässliche Aussagen zu erhalten.
- Die Nahrung der Tiere wies mit einem Eiweiß-Gehalt von 6 Prozent einen Protein-Mangel auf. Eine solche auch kurzfristige Unterernährung kann Wachstum und Immunfunktionen von Ratten stören und die beobachteten Effekte verursacht oder zumindest überlagert haben.
- Pusztai vermutet, dass andere Bestandteile des Genkonstrukts (nicht das GNA-Gen) die Veränderungen bei den Ratten verursacht haben könnten. Diese These ist experimentell nicht überprüft worden, etwa durch Kontrollversuche mit einem „leeren“ Konstrukt, also ohne das GNA-Gen.
- Bei der Aufzucht von Kartoffeln in Gewebekultur und sogar in konventioneller Züchtung sind häufig spontane genetische Veränderungen zu beobachten. Daher können die Gehalte einzelner Inhaltsstoffe schwanken. Auch bei den gentechnisch veränderten GNA-Kartoffeln wichen die Gehalte etwa an Stärke und Glucose gegenüber den konventionellen Kartoffeln ab. Der Frage, ob die inhaltlichen Unterschiede tatsächlich auf die Genveränderung oder aber auf natürliche Schwankungen zurückzuführen sind, geht Pusztai nicht nach.
- Bei den beobachteten Veränderungen des Darmwachstums sind keine einheitlichen Tendenzen zu erkennen. Einmal werden Effekte bei rohen Kartoffeln beobachtet, ein anderes Mal bei gekochten. Einmal handelt es sich um wachstumsfördernde, einmal um wachstumshemmende Effekte. Es erscheint fragwürdig, diese widersprüchlichen Effekte auf eine Ursache, nämlich die gentechnische Veränderung zurückzuführen.

Auch andere unabhängige Bewertungen der wissenschaftlichen Arbeit von Pusztai durch vier verschiedene Forschungsinstitutionen (Royal Society, House of Commons Science and Technology Committee, Nuttfield Council of Bioethics, Donaldson/May-Report) kommen zu dem Schluss, dass erhebliche Zweifel an den Schlussfolgerungen von Pusztai angebracht sind. Auch Pusztais eigenes Forschungsinstitut und die Fachgutachter des Fachmagazins „The Lancet“, in dem die Arbeiten Pusztais gegen ihr Votum schließlich doch veröffentlicht wurden, kritisierten die Ergebnisse einmütig.

Die Zusammenfassung der wissenschaftlichen Fakten lässt den Schluss zu, dass die Untersuchungen von Pusztai keine überprüfbaren Hinweise für eine gesundheitliche Schädigung durch die gentechnisch veränderten Kartoffeln geben können.

In der Zwischenzeit wurde experimentell belegt, dass mit den von Pusztai durchgeführten Untersuchungen bei anderen GV-Pflanzen keinerlei negative Effekte gefunden werden können. Gentechnisch veränderter Pfeffer, GV-Tomaten und GV-Soja wurden in analogen Tierversuchen eingesetzt. Negative Effekte auf die Versuchstiere wurden nicht beobachtet (Gasson und Burke, 2001).

Anhang

Informationsquellen – Bücher und Internet

Literatur

- Affolter, Michael; et al. (1998), Gen-Welten Ernährung
- Berg, Paul; Singer, Maxine (1992), Gene und Genome, Spektrum Akademischer Verlag
- Brandt, Peter (1995), Transgene Pflanzen, Birkhäuser Verlag
- Erbersdobler, Helmut F.; et al. (1995), Gentechnik und Ernährung, Wiss. Verl.-Ges.
- Gassen, Hans Günter; et al. (1997), Handbuch Gentechnologie und Lebensmittel, Behr's Verlag
- Gassen, Hans-Günther; Minol, Klaus (1996), Gentechnik, Gustav Fischer Verlag
- Hampel, Jürgen; Renn, Ortwin (1999), Gentechnik in der Öffentlichkeit, Campus Verlag
- James, Clive: (Preview) Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2001, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Ithaca, New York
- Menrad, Klaus; et al. (1999), Future Impacts of Biotechnology an Agriculture, Food Production and Food Processing, Physica-Verlag
- Norton, Ellen; Angela Lindner (1997), Gentechnik im Alltag, vgs

Internet-Links

Australien:

Australian Centre for International Agricultural Research:
<http://www.aciar.gov.au/acr4.htm>

Gene Technology in Australia: <http://genetech.csiro.au>

Deutschland:

Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID): <http://www.aid.de>

Biologische Bundesanstalt (BBA): <http://www.bba.de/datbank/datbank.htm>

bioSicherheit - Informationsplattform der Biologischen Sicherheitsforschung an Pflanzen: <http://www.biosicherheit.de>

Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV): <http://www.bgvv.de>

Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde (BLL): <http://www.bll.de>

Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE): <http://www.dge.de/e-image.htm>

Deutsche Stiftung Weltbevölkerung: <http://www.dsw-online.de>

GENIUS Biotechnologie Homepage: <http://www.genius-biotech.de>

Informations Sekretariat Biotechnologie: <http://www.i-s-b.org>

Robert Koch-Institut (RKI): <http://www.rki.de/GENTEC/GENTEC.HTM>

TransGen Datenbank: <http://www.transgen.de>

Europäische Union:

EUFIC Biotechnology: <http://www.eufic.org/gb/tech/fttech.htm>

European Commission - Scientific Committee on Foods:
http://europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/scf/index_en.html

European Federation for Biotechnology:
<http://www.kluyver.stm.tudelft.nl/efb/home.htm>

European Initiative for Biotechnology Education: <http://www.rdg.ac.uk/EIBE/>

Frankreich:

Institut français pour la nutrition: <http://www.ifn.asso.fr>

Großbritannien:

British Nutrition Foundation: <http://www.nutrition.org.uk>

Institute for Food Research: <http://www.ifrn.bbsrc.ac.uk>

Institute for Food Science and Technology: <http://www.ifst.org>

Ministry for Agriculture, Fishery and Forest: <http://www.maff.gov.uk>

Monsanto, Achievements, Plant Biotechnology, 2001: <http://www.monsanto.co.uk>

The Royal Society for Medicine: <http://www.roysocmed.ac.uk>

Irland:

Food Communications Information Service, University College Cork:
<http://www.ucc.ie/fcis/>

Japan:

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat: <http://ss.s.affrc.go.jp>

Biotechnology Safety Division, Research Council Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan:
<http://www.s.affrc.go.jp/docs/sentan/guide/edevelop.htm>

Kanada:

Agriculture and Agri-Food Canada Electronic Information Service (ACEIS):
<http://www.agr.ca/newintre.html>

BIOTECanada: <http://www.biotech.ca>

Canadian Food Inspection Agency: <http://www.cfia-acia.agr.ca>

agbios Agriculture & Biotechnology (Canada) Inc.: <http://www.agbios.com>

Niederlande:

Voedingscentrum: <http://www.voedingscentrum.org>

Österreich:

Forum Ernährung Heute: <http://www.forum-ernaehrung.at>

Vitaweb:
<http://www.salzburg.com/vitaweb/ratgeber/infothek/gentechnik/index.html>

Schweiz:

Agency BATS: <http://www.bats.ch>

Bioweb: <http://www.bioweb.ch>

Gen Suisse: <http://www.gensuisse.ch>

InterNutrition: <http://www.internutrition.ch>

USA:

FDA (Food and Drug Administration) Centre for Food Safety and Applied Nutrition:
<http://vm.cfsan.fda.gov>

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org>

Healthfinder: <http://www.healthfinder.gov/default.htm>

Information Systems for Biotechnology (ISB): <http://www.nbiap.vt.edu/cfdocs/field-tests1.cfm>

Nutrition Navigator - Tufts University: <http://navigator.tufts.edu>

USDA-APHIS (United States Department of Agriculture - Animal and Plant Health Inspection Service): <http://www.aphis.usda.gov>

U.S. Department of Agriculture /National Agriculture Statistic Service
<http://www.usda.gov/nass/>

Internationale Organisationen:

FAO - Food and Agriculture Organisation: <http://www.fao.org>

Fightbac: <http://www.fightbac.org>

Food Allergy Network: <http://www.foodallergy.org>

HYPERLINKInternational Food Information Council: <http://ificinfo.health.org>

International Food Policy Research Institute (IFPRI): <http://www.cgiar.org/ifpri/>

International Life Science Institute: <http://www.ilsa.org>

International Scientific Forum on Home Hygiene: <http://www.ifh-homehygiene.org>

International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications:
http://www.isaaa.org/ISAAA_WEB.html

OECD-Biotrack: <http://www.oecd.org/ehs/biobin/index.htm>

United Nations population Fund UNFPA: <http://www.unfpa.org>

WHO - World Health Organisation: <http://www.who.org>

WHO/FAO - Codex Alimentarius: <http://www.codexfacts.com>

Abkürzungsverzeichnis

AMFEP	Association of Manufacturers of Fermentation Enzyme Products
APHIS	Animal and Plant Health Inspection Service
BAG	Bundesamt für Gesundheit (Schweiz)
BATS	Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen des Schwerpunktprogrammes Biotechnologie, Schweiz
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BGVV	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (jetzt BfR)
BNYVV	Beet necrotic yellow vein virus
Bt	Bacillus thuringiensis
CAAS	Chinesische Akademie der Agrarwissenschaften
CFIA	Canadian Food Inspection Agency
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DNA	desoxyribonucleic acid (= DNS; Desoxyribonukleinsäure)
EBT	1,1'-Ethylidenbistryptophan
EMS	Eosinophilie-Myalgie-Syndrom
EPSPS	Enolpyruvylshikimat-3-Phosphat-Synthase
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
FAO	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
FAOSTAT	FAO Statistical Databases
FAS	Foreign Agricultural Service
GenTG	Gentechnikgesetz
GNA	Galanthus nivalis agglutinin (Schneeglöckchen-Lektin)
GS	Glutaminsynthetase
GUS	Gemeinschaft Unabhängiger Staaten
GVO	Gentechnisch veränderter Organismus
HGC	humane Glucocerasidase
IFPRI	International Food Policy Research Institute

IfZ	Institut für Zuckerrübenforschung
IGF	insuline-like growth factor
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
IRGSP	Internationales Reis-Genom-Sequenzierungsprojekt
IRRI	International Rice Research Institute, Internationales Reisforschungsinstitut
ISB	Information Systems for Biotechnology
IUCN	World Conservation Union
JRC	Joint Research Center
LMKV	Lebensmittelkennzeichnungsverordnung
LMBG	Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz
NFV	Novel Food-Verordnung
PAT	Phosphinotricin-Acetyl-Transferase
PG	Polygalacturonase
PHA	Polyhydroxyalkanoat
PLRV	Kartoffelblattrollvirus
PPT	Phosphinotricin
PRSV	Papaya Ringspot Virus
PVX	Kartoffelvirus X
PVY	Kartoffelvirus Y
rBST	rekombinantes Rinderwachstumshormon
RKI	Robert-Koch-Institut
RRI	Rowett Research Institute
SAG	Schweizerische Arbeitsgruppe Gentechnologie
SPFMV	Süßkartoffelmosaikvirus
UBA	Umweltbundesamt
UNDP	United Nations Development Programme
UNFPA	United Nations Population Fund
UNO	United Nations Organisation
USDA	United States Department of Agriculture
WFP	Welernährungsprogramm der Vereinten Nationen
WHO	World Health Organisation
ZKBS	Zentrale Kommission für Biologische Sicherheit

Index

Allergierisiko **Bd. 4:** 13 f.; **Bd. 5:** 13 ff.

Aminosäuren **Bd. 1:** 6, 15, 23, 26, 33 f.; **Bd. 2:** 35, 42, 47, 55, 57, 66 f., 89; **Bd. 5:** 14

Amylopektin **Bd. 2:** 70

Amylose **Bd. 2:** 70

Antibiotikaresistenz **Bd. 1:** 16, 31; **Bd. 4:** 15 f.; **Bd. 5:** 14 ff.

Antisense-Gen **Bd. 1:** 31

Armut **Bd. 1:** 18; **Bd. 4:** 24 f.; **Bd. 5:** 8

Artenvielfalt **Bd. 2:** 70; **Bd. 4:** 4, 7 f., 18; **Bd. 5:** 26

Bacillus thuringiensis **Bd. 1:** 30; **Bd. 4:** 15; **Bd. 5:** 13

Beta-Karotin **Bd. 1:** 23; **Bd. 2:** 53, 57, 60; **Bd. 5:** 16

Bevölkerungswachstum **Bd. 1:** 16 f.; **Bd. 4:** 4

Bier **Bd. 1:** 12; **Bd. 2:** 77, 87, 91 f.; **Bd. 5:** 7, 13

Biocontainment **Bd. 2:** 73

Bioplastik **Bd. 1:** 7; **Bd. 2:** 70; **Bd. 4:** 10

Brot und Backwaren **Bd. 2:** 86

Bt-Baumwolle **Bd. 2:** 29 f., 62 f.; **Bd. 4:** 25; **Bd. 5:** 8, 10, 23

Bt-Mais **Bd. 1:** 30 f.; **Bd. 2:** 26 f., 41 f., 66; **Bd. 3:** 10, 17; **Bd. 4:** 7, 15, 18; **Bd. 5:** 24 ff.

Canola **Bd. 2:** 12, 56

Cassava **Bd. 1:** 19; **Bd. 2:** 6, 33, 66 f.; **Bd. 5:** 8

Chymosin **Bd. 1:** 16; **Bd. 2:** 77 f., 80, 82 f., 85 f.

Commodity-System **Bd. 1:** 5

Dürretoleranz **Bd. 1:** 23

EMS, Eosinophilie-Myalgie-Syndrom **Bd. 5:** 18

Entfernung unerwünschter Eigenschaften **Bd. 1:** 27

Entfernung von Allergenen **Bd. 1:** 27

Enzyme **Bd. 1:** 6, 15 f., 28; **Bd. 2:** 57, 69 ff., 77 ff., 89, 91; **Bd. 3:** 17 ff.; **Bd. 4:** 14,

EPSPS, Enolpyruvylshikimat-Synthase **Bd. 1:** 33; **Bd. 3:** 22

Ernährungssituation **Bd. 1:** 16; **Bd. 4:** 30

Ethik **Bd. 4:** 28 ff.; **Bd. 5:** 11

Feldversuche **Bd. 2:** 5, 9, 53, 66; **Bd. 5:** 8, 20, 26

Fettsäuren **Bd. 1:** 23, 25; **Bd. 2:** 17 ff., 35 f., 55 ff., 69; **Bd. 3:** 10, 15,

FlavrSavr-Tomate **Bd. 1:** 4, 26; **Bd. 2:** 12, 20, 28, 33, 52; **Bd. 3:** 8, 10; **Bd. 4:** 16; **Bd. 5:** 15

Forschungsziele **Bd. 1:** 22

Freisetzung **Bd. 1:** 10, 39; **Bd. 2:** 5, 7 f., 10, 27 f., 48, 70; **Bd. 3:** 4 f.; **Bd. 4:** 6; **Bd. 5:** 20

Freisetzungsrichtlinie **Bd. 1:** 5; **Bd. 2:** 5, 40; **Bd. 3:** 4 ff., 10 f., 17 f.; **Bd. 4:** 6, 18

Fruchtsaft **Bd. 2:** 65, 79, 87; **Bd. 3:** 14

Futtermittel **Bd. 1:** 4 ff., 9 f., 16, 26; **Bd. 2:** 12, 18, 21, 27, 38 f., 55, 59, 83 f.; **Bd. 3:** 4f., 8, 11, 19; **Bd. 4:** 12; **Bd. 5:** 22

Genehmigungsverfahren **Bd. 1:** 4; **Bd. 3:** 5, 8

Gentechnikgesetz **Bd. 1:** 5; **Bd. 2:** 5; **Bd. 3:** 6; **Bd. 4:** 6, 12; **Bd. 5:** 20

Gentransfer auf Wildpflanzen **Bd. 2:** 73; **Bd. 4:** 21; **Bd. 5:** 21

Giftstoffe **Bd. 4:** 15

Glufosinat **Bd. 1:** 34; **Bd. 2:** 13 ff, 55; **Bd. 3:** 12 ff.

Glutaminsynthetase, GS, **Bd. 1:** 34

Glyphosat **Bd. 1:** 32 f.; **Bd. 2:** 13 ff., 55; **Bd. 3:** 12 ff.; **Bd. 5:** 17

Golden Rice **Bd. 1:** 25; **Bd. 2:** 60; **Bd. 4:** 25; **Bd. 5:** 16

Herbizide **Bd. 1:** 32 ff.; **Bd. 2:** 35; **Bd. 5:** 10, 21, 24

Herbizidtoleranz **Bd. 1:** 22, 23, 31 f.; **Bd. 2:** 10, 13 ff., 26 ff., 55; **Bd. 5:** 21

Herbizidtolerante Sojabohne **Bd. 2:** 25, 35; **Bd. 3:** 17; **Bd. 4:** 7 f.

Herbizidtolerante Zuckerrübe **Bd. 2:** 45

Heterologer Gentransfer **Bd. 2:** 80, 82

High Oleic Acid Soybean **Bd. 1:** 25; **Bd. 2:** 36

Homologer Gentransfer **Bd. 2:** 80, 82

Hybridsaatgut **Bd. 1:** 14, 36 f.; **Bd. 2:** 55; **Bd. 3:** 13

Identity Preservation System **Bd. 1:** 5

Impfstoffe **Bd. 1:** 5, 23, 39; **Bd. 2:** 8, 53, 72 f., 75; **Bd. 4:** 24

Insektenresistenz **Bd. 1:** 10, 30; **Bd. 2:** 10, 13 ff., 26 f., 42, 48, 63; **Bd. 4:** 17

Kartoffel **Bd. 1:** 13, 27, 30 ff.; **Bd. 2:** 12, 14, 28, 47 ff., 70, 73 f., 84; **Bd. 3:** 10, 15, 22 f.; **Bd. 4:** 7, 17, 21; **Bd. 5:** 7, 13, 21, 29 f.

Kartoffelkrankheiten **Bd. 1:** 31 f.; **Bd. 2:** 48

Kartoffelschädlinge **Bd. 1:** 30; **Bd. 2:** 28, 34, 39, 48

Käse **Bd. 1:** 12, 16; **Bd. 2:** 77 f., 80, 83 ff., 91; **Bd. 3:** 4, 10

Kennzeichnung **Bd. 1:** 5, 10; **Bd. 2:** 28; **Bd. 3:** 4 f., 8, 17 ff., 22; **Bd. 4:** 6; **Bd. 5:** 7

Kennzeichnungspflicht **Bd. 3:** 17, 19

Koexistenz **Bd. 5:** 7

Lebensmittelenzyme **Bd. 2:** 84

Liberty-Toleranz **Bd. 1:** 34; **Bd. 2:** 25, 42

LibertyLink **Bd. 1:** 32, 34; **Bd. 2:** 15, 17, 25, 27, 29, 42

Mais **Bd. 1:** 4 f., 10, 12 ff., 26, 30 f., 33 ff.; **Bd. 2:** 5 f., 9, 12, 14, 24, 26 f., 33 f., 37 ff., 47, 59, 66, 70, 73 f., 84 f., 87; **Bd. 3:** 4, 10, 12 ff., 17 f., 23; **Bd. 4:** 7 f., 13, 15, 17 f., 21; **Bd. 5:** 7, 9 f., 13, 21, 24 ff., 27

Maiszünsler **Bd. 1:** 30; **Bd. 2:** 41; **Bd. 5:** 26

Maniok **Bd. 1:** 33, 66

Männliche Sterilität **Bd. 1:** 23, 36 f.; **Bd. 2:** 10, 13 ff., 28 f., 55

Medikamente **Bd. 1:** 5, 7, 23, 39; **Bd. 2:** 72, 74; **Bd. 4:** 14; **Bd. 5:** 5, 13

Melone **Bd. 1:** 26; **Bd. 2:** 6, 16, 65

Molecular Farming **Bd. 2:** 72

Nachhaltigkeit **Bd. 4:** 4

Nachweisverfahren **Bd. 3:** 22 f.

Nährwert **Bd. 1:** 7, 25; **Bd. 2:** 35; **Bd. 3:** 17; **Bd. 4:** 8, 25

Novel-Food-Verordnung **Bd. 1:** 5, 10; **Bd. 2:** 21, 26, 40; **Bd. 3:** 4, 8 ff., 17, 19; **Bd. 4:** 6

Novel-Feed-Verordnung **Bd. 2:** 40

Öffentlichkeit **Bd. 2:** 52; **Bd. 3:** 5, 8; **Bd. 5:** 20

Ökologie **Bd. 1:** 30; **Bd. 2:** 35, 41, 69; **Bd. 4:** 6, 8 f., 25; **Bd. 5:** 20, 24, 26

Papaya **Bd. 1:** 31; **Bd. 2:** 7, 12, 17, 65, 71; **Bd. 4:** 13; **Bd. 5:** 13

Patentierung **Bd. 4:** 25; **Bd. 5:** 8, 10

Petunien **Bd. 1:** 4; **Bd. 2:** 7, 9, 17; **Bd. 5:** 27 f.

Pflanzenschutz **Bd. 1:** 6, 18, 30, 32; **Bd. 2:** 41, 62; **Bd. 3:** 11; **Bd. 4:** 8, 15 ff.; **Bd. 5:** 8, 10, 17, 22 f., 26

Phytin **Bd. 1:** 28; **Bd. 2:** 42, 59

Phyto-Östrogene **Bd. 5:** 17

Phytophthora infestans **Bd. 2:** 48

Pilzresistenz **Bd. 1:** 31; **Bd. 2:** 10, 14, 42, 48

Pilzresistenter Reis

Plastidentransformation **Bd. 2:** 53, 73

Produktqualität **Bd. 1:** 16, 22 f., 25 f.; **Bd. 2:** 10

Protein Engineering **Bd. 1:** 16; **Bd. 2:** 80 ff.

Provitamin A **Bd. 1:** 25; **Bd. 2:** 55 ff., 59 f.; **Bd. 4:** 25; **Bd. 5:** 16

Raps **Bd. 1:** 4, 14, 19, 25, 33 f., 37; **Bd. 2:** 5, 7, 9, 12, 17, 21, 24, 28 f., 33, 53, 55 ff., 69, 71, 73 f.; **Bd. 3:** 10, 12, 15; **Bd. 4:** 7 f., 15, 17, 21; **Bd. 5:** 21

Reis **Bd. 1:** 13, 19, 25, 27 f., 32 ff., 35 f.; **Bd. 2:** 7, 12, 19, 38, 47, 59 ff.; **Bd. 4:** 13 f., 24; **Bd. 5:** 8, 13, 16

Reis-Genom **Bd. 2:** 60

Resistente Schädlinge **Bd. 4:** 17

Rizomania **Bd. 2:** 44

Roundup Ready-Sojabohne **Bd. 1:** 33; **Bd. 2:** 19, 25, 35 f., 42; **Bd. 3:** 4, 22; **Bd. 5:** 17, 22

Rückverfolgbarkeit **Bd. 1:** 10; **Bd. 3:** 5, 19

Salztoleranz **Bd. 1:** 16, 19, 23, 36

Schädlingsresistenz **Bd. 2:** 57, 60; **Bd. 4:** 17, 21

Schadstoffabbauende und -tolerante Pflanzen **Bd. 1:** 23; **Bd. 2:** 71; **Bd. 4:** 10

Sojabohnen **Bd. 1:** 4 ff., 9 f., 25 ff., 33 f.; **Bd. 2:** 5, 7, 12, 19, 24 ff., 33 ff., 55, 78; **Bd. 3:** 4, 8, 10, 13, 17 f., 22 f.; **Bd. 4:** 7 f., 8, 21; **Bd. 5:** 9 f., 14, 17, 22, 30

- Stärke **Bd. 1:** 27; **Bd. 2:** 28, 38 f., 47, 49, 59, 63, 66 f., 69 f., 77 ff., 80, 83 f., 86, 88 f., 92; **Bd. 3:** 10, 17 f.; **Bd. 5:** 30
- Stärkeverzuckerung **Bd. 2:** 84 f.
- Stärkezusammensetzung **Bd. 2:** 28
- Starterkulturen **Bd. 2:** 91; **Bd. 3:** 10, 23
- Stickstofffixierung **Bd. 1:** 35
- Tabak **Bd. 1:** 16, 36; **Bd. 2:** 5, 7, 9, 12, 20, 71 ff.
- Thaumatococcus **Bd. 1:** 27; **Bd. 2:** 89
- Thioredoxin **Bd. 1:** 27; **Bd. 5:** 13
- Tomaten **Bd. 1:** 26, 36; **Bd. 2:** 5, 7, 12, 20, 28, 51 ff., 73 f.; **Bd. 3:** 8, 11, 13, **Bd. 4:** 21; **Bd. 5:** 15, 21, 30
- Tryptophan **Bd. 2:** 89; **Bd. 5:** 18
- Übersicht über Genehmigungsverfahren nach Richtlinie 90/220/EWG **Bd. 2:** 5; **Bd. 3:** 4, 17
- Umweltverschmutzung **Bd. 1:** 7; **Bd. 4:** 30
- Umweltsanierung **Bd. 1:** 39; **Bd. 2:** 71
- Verbesserung geschmacklicher Eigenschaften **Bd. 1:** 27
- Verzögerung des Reifeprozesses **Bd. 1:** 26
- Virusresistenz **Bd. 1:** 31; **Bd. 2:** 10, 14, 16 f., 19 f., 48
- Vitamin A **Bd. 1:** 19, 25; **Bd. 2:** 51, 57, 59 f.; **Bd. 5:** 16
- Welternährung **Bd. 1:** 19; **Bd. 4:** 24 ff.; **Bd. 5:** 9
- Weltweit zugelassene GVO **Bd. 2:** 12 ff.
- Wurzelbärtigkeit **Bd. 2:** 44
- Zuckerrübe **Bd. 1:** 4, 27, 31, 33 f.; **Bd. 2:** 5, 7, 9, 12, 21, 27, 44 f., 71, 84, **Bd. 3:** 10, 14, **Bd. 4:** 7, 17, 21; **Bd. 5:** 21
- Zünslerlarve **Bd. 1:** 30; **Bd. 2:** 41; **Bd. 5:** 10

Impressum

Herausgeber:

BASF Plant Science
Agrarzentrum Limburger Hof,
67117 Limburgerhof
<http://www.basf.de/biotechnologie>

Bayer CropScience
Elisabeth Selbert Straße 4a,
40764 Langenfeld
<http://www.bayercropscience.de>

Dow AgroSciences
Truderinger Straße 15
81677 München
<http://www.dowagro.com>

DuPont/Pioneer Hi-Bred International
Apensener Straße 198
21614 Buxtehude
<http://www.pioneer.com>

Monsanto Agrar Deutschland
Vogelsangerweg 91
40470 Düsseldorf
<http://www.monsanto.de>

Syngenta Deutschland
Am Technologiepark 1-5
63477 Maintal
<http://www.syngenta.de>

Text und Redaktion:

GENIUS Biotechnologie GmbH
<http://www.genius-biotech.de>

Als ursprüngliche Textvorlage diente das:
Kompendium „Gentechnologie und Lebensmittel“ (1997)
InterNutrition – Schweizerischer Arbeitskreis für Forschung und Ernährung
<http://www.internutrition.ch>

Layout

Piva & Piva, Darmstadt
Nach grafischer Vorlage von:
magoo-design, Markus Kahlenberg, Bonn

Druck

Direkt Druck & Verlagsservice GmbH, Darmstadt

5. Auflage, Stand: März 2003

