

5. Auflage

Kompendium Gentechnologie und Lebensmittel

Band 4: Nachhaltigkeit, Biosicherheit und Ethik



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 4 – **Nachhaltigkeit, Biosicherheit und Ethik** – informiert Sie über Sicherheitsaspekte der Grünen Gentechnik, die Zusammenhänge zwischen Gentechnik und nachhaltiger Landwirtschaft sowie über die ethische Bewertung der Grünen 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 5: Meinungen und Stellungnahmen

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 4: Nachhaltigkeit, Biosicherheit und Ethik

8.	NACHHALTIGE ENTWICKLUNG	4
9.	SICHERHEIT UND GESUNDHEITLICHER WERT VON GVO-PRODUKTEN	12
10.	WELTERNÄHRUNG UND ARMUTSBEKÄMPFUNG	24
11.	GENTECHNIK UND ETHIK	28
	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 5: Meinungen und Stellungnahmen

12. Themen in der Diskussion – Meinungen und Stellungnahmen

8. Nachhaltige Entwicklung

- 8.1 Landwirtschaft und Ökologie
- 8.2 Entlastung der Umwelt
- 8.3 Schutz der Artenvielfalt
- 8.4 Umweltschonende Herstellungsverfahren
- 8.5 Müllberge vermeiden
- 8.6 Bestehende Umweltschäden beheben

„Nachhaltige Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ So definierte eine UN-Kommission unter Leitung der früheren norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland 1987 den Begriff einer nachhaltigen Entwicklung. Seit dem Erdgipfel in Rio de Janeiro 1992 wurde Nachhaltigkeit zum Leitbegriff in Fragen der Umwelt und Entwicklung. Das Abschlussdokument dieser UN-Konferenz, „Die Agenda 21“, wurde von 173 Staaten unterzeichnet. Das „Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert“ formuliert sowohl umwelt- als auch entwicklungspolitische Ziele.

Die Brundtland-Kommission legte zwei Hauptaspekte einer nachhaltigen Entwicklung fest:

1. Befriedigung der Grundbedürfnisse der Armen weltweit
2. Verfolgen eines Entwicklungsmusters, das die begrenzten Naturressourcen auch zukünftigen Generationen erhält

Nachhaltigkeit erfordert also Lebensweisen innerhalb der regenerativen Kapazitäten der Erde. Aber bereits seit den achtziger Jahren verbraucht der Mensch die natürliche Ressourcen schneller, als sie sich regenerieren können. Die amerikanische Umweltorganisation „Refinding Progress“ kommt in einer Studie zu dem Ergebnis, dass die Erde inzwischen 1,2fach übernutzt wird. Im Vergleich dazu lag der Wert der Ausnutzung der sich regenerierenden Ressourcen in den sechziger Jahren bei 0,7.

Eine Aufschlüsselung der einzelnen Bereiche zeigt:

- Die Fläche für den Pflanzenbau reicht heute gerade aus, aber nicht bei dem zu erwartenden Bevölkerungswachstum. Die Weltbevölkerung wird nach Schätzungen der Vereinten Nationen von derzeit 6 Milliarden Menschen auf 8 Milliarden im Jahr 2015 wachsen. Im Jahr 2050 werden es 9 bis 10 Milliarden sein. 95 Prozent dieses Wachstums findet in Entwicklungsländern statt. Um die Nahrungsmittelversorgung zu sichern, werden zusätzliche Flächen in Ackerland umgewandelt. Diese Flächen werden an erster Stelle in Gebieten mit sehr hoher Biodiversität erschlossen, z. B. in tropischen Regenwäldern. Ihre Zerstörung gefährdet die Biodiversität daher im besonderen Maße. Von den ursprünglich 16 Mio. km² Regenwald ist heute nur noch rund die Hälfte erhalten, alle fünf bis zehn Jahre werden weitere 1 Mio. km² Regenwald zerstört.
- Die Fischerei in den Weltmeeren überschreitet schon heute das vertretbare Limit.
- Beim Weideland und in der Forstwirtschaft gibt es noch Kapazitäten.

Dem Schutz und Erhalt der Artenvielfalt und der Ökosysteme obliegt ein besonderes Interesse. Der Brundtland-Report schlägt zur Erhaltung der Biodiversität eine biologisch produktive Fläche von 12 Prozent vor. Wird dieser Wert in die Betrachtung eingerechnet, liegt der übermäßige Ressourcenverbrauch nicht bei 20 Prozent, sondern bereits bei 40 Prozent. Die Nachhaltigkeitsgrenze wäre demnach bereits in den siebziger Jahren überschritten worden.

Nachhaltige Produktionsweisen sind also bei globaler Betrachtung schon seit Jahren nicht mehr die Realität. Besonders dort, wo sich die Grenzen der Kapazität abzeichnen, wie in der Landwirtschaft und speziell im Pflanzenbau, werden dringend nachhaltige Techniken benötigt. Ziel ist eine Landwirtschaft, die umweltverträglicher ist und die natürlichen Ressourcen weniger belastet als die jetzige. Gentechnik kann hier wertvolle Unterstützung leisten, um auf der gleichen oder auf weniger Fläche mehr zu produzieren und gleichzeitig die negativen Umweltauswirkungen zu minimieren.



8.1 Landwirtschaft und Ökologie

8.1.1 Sortenvielfalt und Gentechnik

8.1.2 Artenvielfalt und Gentechnik

8.1.3 Ausbreitungsverhalten gentechnisch veränderter Pflanzen

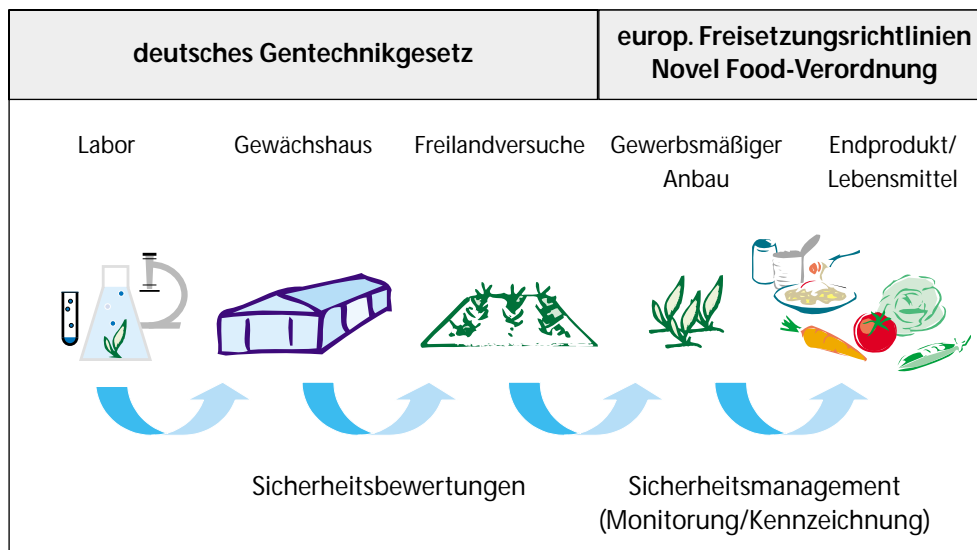
8.1.4 Bt-Mais und Schmetterlinge

8.1 Landwirtschaft und Ökologie

Eine nachhaltige, umweltgerechte Landwirtschaft setzt voraus, dass langfristig keine schädlichen Folgen für die Umwelt und die natürlichen Ressourcen zu erwarten sind. Das gilt gleichermaßen für den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen wie für andere landwirtschaftliche Konzepte.

Dem kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen gehen jahrelange Vorstudien im Labor, im Gewächshaus und auf dem Versuchsfeld voraus. Die Unbedenklichkeit einer Freisetzung wird durch das Robert-Koch-Institut (RKI) im Einvernehmen mit der Biologischen Bundesanstalt für Landwirtschaft (BBA) und dem Umweltbundesamt (UBA) geprüft und bewertet. Aus den eingereichten Zulassungsunterlagen muss ersichtlich sein, dass der gentechnisch veränderte Organismus mindestens genauso sicher ist wie der Herkunfts- und der Empfängerorganismus. So müssen sowohl der Organismus, aus dem das übertragene Gen stammt, als auch der Organismus, auf den die neue Eigenschaft übertragen wird, genau charakterisiert sein. Der neue Organismus darf keine ökologischen Auffälligkeiten zeigen.

Vor einer Zulassung zum kommerziellen Anbau muss durch umfangreiche Sicherheitsuntersuchungen die Unbedenklichkeit der transgenen Pflanze und ihrer Ernteprodukte bestätigt werden. Zur Prüfung auf Leistungsfähigkeit, Aussehen, Krankheitsresistenz und Qualität baut der Züchter die Pflanzen im Zuchtgarten an. Es folgen mehrjährige Prüfungen an verschiedenen Standorten. Vor der Erteilung einer Genehmigung zum Vertrieb und zum kommerziellen Anbau untersucht und bewertet das Bundessortenamt als unabhängige staatliche Stelle für zwei bis drei Jahre im Feld die Leistungsfähigkeit, die Qualität und die Eigenschaften der neuen Sorten. Ein mehrjähriges Technikfolgenabschätzungsprojekt in Deutschland (TAB, 1998) kam zu dem Schluss, dass die Nutzung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzucht im Vergleich zu konventionellen Methoden keinen negativen Einfluss auf die biologische Vielfalt haben wird.



Sicherheitsüberprüfung und Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen und daraus hergestellter Lebensmittelprodukte erfolgen Schritt für Schritt. Über 30 europäische Behörden sind an der Sicherheitsbewertung beteiligt.

8.1.1 Sortenvielfalt und Gentechnik

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 Sojaanbau in den USA hat damit nicht zu einer Einengung des Sortenspektrums geführt.

8.1.2 Artenvielfalt und Gentechnik

Die bisher durchgeführten Untersuchungen haben keine Unterschiede in der Artenvielfalt beim Anbau von konventionellen und neuartigen Pflanzen ergeben. In mindestens einem Fall konnte im Gegenteil sogar eine Erhöhung der Artenvielfalt von Insekten beim Anbau von herbizidtoleranten Futterrüben gefunden werden.

8.1.3 Ausbreitungsverhalten gentechnisch veränderter Pflanzen

Kulturpflanzen sind auf die ständige Pflege durch den Menschen angewiesen. Keine Kulturpflanzenart kann außerhalb von Ackerflächen langfristig überleben. Es gibt bisher keine Erfahrungen oder stichhaltigen Argumente, dass ein oder zwei gentechnisch übertragene Eigenschaften dies grundsätzlich ändern könnten. Die bisher durchgeführten Untersuchungen bestätigen dies. Beispielsweise wurden GV-Raps, -Kartoffeln, -Mais und -Zuckerrüben über zehn Jahre im Freiland beobachtet. In keinem Fall verhielten sich die Pflanzen anders als die entsprechenden konventionellen Pflanzen.

8.1.4 Bt-Mais und Schmetterlinge

Vor zwei Jahren wurde nach Laborexperimenten vermutet, dass der Anbau von Bt-Mais in den USA die Population des Monarchfalters gefährden könnte. Nachfolgend durchgeführte Untersuchungen unter realen Freiland-Bedingungen konnten dies ausschließen.

8.2 Entlastung der Umwelt

Der Anbau herbizidtoleranter sowie schädlingsresistenter Pflanzensorten ist für den Landwirt die effektivste Methode, die Ernte zu sichern und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren. Die Gentechnik hilft, entsprechende Sorten zu züchten. In einigen Fällen beschleunigen gentechnische Verfahren diesen Züchtungsprozess, in anderen Fällen sind sie die einzige Möglichkeit, um das Ziel überhaupt erreichen zu können. Der Anbau transgener Pflanzen kann in vielen Fällen durch reduzierte Pflegemaßnahmen zum Erhalt der Boden- und Wasserqualität beitragen. Aus den USA und Kanada, wo gentechnisch veränderte Kulturpflanzen seit 1995 angebaut werden, liegen hierzu umfangreiche Daten vor.

Beispiele werden in Band 2, Kapitel 5 erläutert:

- herbizidtolerante Sojabohne (Kap. 5.1)
- züchlerresistenter Mais (Kap. 5.2)
- herbizidtoleranter Raps (Kap. 5.6)
- schädlingsresistente Baumwolle (Kap. 5.8)

Mit gentechnisch gezüchteten herbizid-, schädlings-, pilz- und virusresistenten Pflanzen sparen die Landwirte Pflanzenschutzmittel, Energie, Zeit und Geld. Langfristig soll auch der Einsatz von Düngemitteln reduziert werden können. Damit wird ein wichtiger ökologischer Beitrag zur Entlastung unserer Böden und Gewässer geleistet und die Forderung nach umweltgerecht produzierten Lebensmitteln erfüllt.

8.3 Schutz der Artenvielfalt

Die Produktivität der Landwirtschaft muss bis zum Jahr 2025 weltweit enorm gesteigert werden, um die dann schätzungsweise 8,5 Milliarden Menschen auf der Erde ernähren zu können. In Schwellenländern wird schon jetzt durch Brandrodung von Wäldern die landwirtschaftliche Nutzfläche vergrößert, um den Mehrbedarf an Nahrung zu decken; Grasland wird überweidet. Das zerstört unwiederbringlich Lebensräume für Pflanzen und Tiere. Die Stabilität des Klimas wird gefährdet.

International angesehene Organisationen wie die IUCN (World Conservation Union) und das Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen UNDP (United Nations Development Programme) haben dazu aufgerufen, der unzureichenden Nahrungsmittelproduktion mit einer intensiveren Landwirtschaft zu begegnen und letzte naturnahe, artenreiche Gebiete vor der Bewirtschaftung zu schützen.

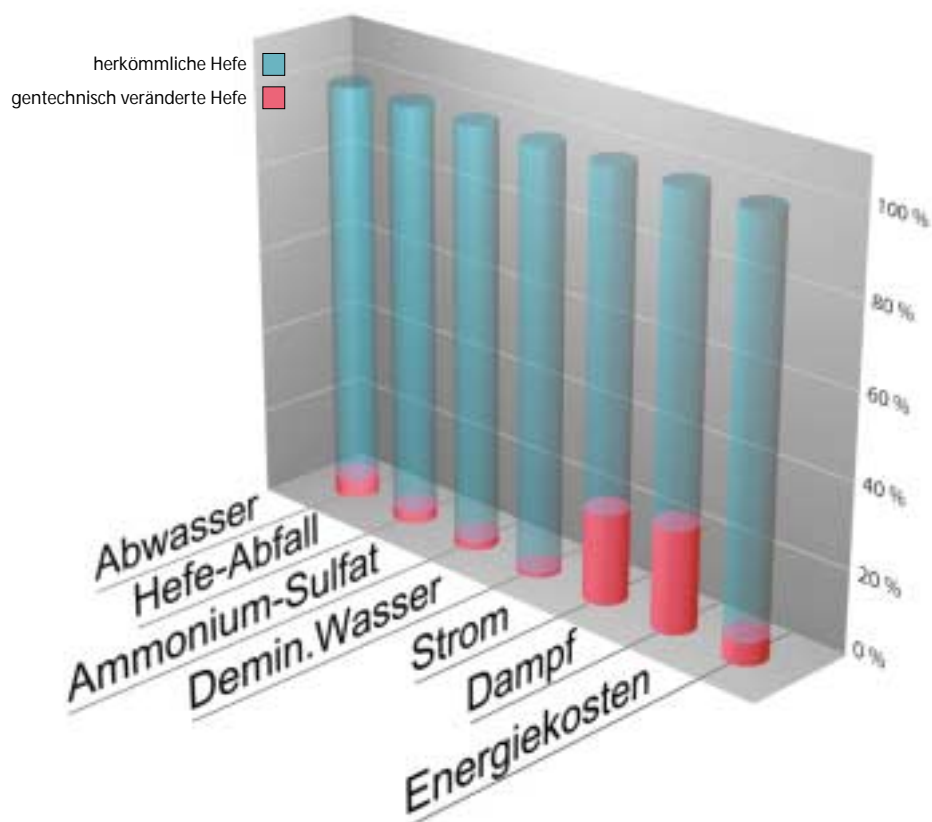
Die Gentechnik allein kann die negative Entwicklung nicht aufhalten, aber mit optimierten Kulturpflanzen dagegenwirken. Verbesserte Pflanzeigenschaften wie höherer Nährwert, Resistenzen gegen Pflanzenschädlinge und -krankheiten bedeuten sichere Ernten und höhere Erträge auf den vorhandenen Nutzflächen. Im Idealfall reichen sogar geringere Flächen aus. Die freiwerdenden Flächen könnten anderweitig landwirtschaftlich genutzt werden, oder Lebensräume zum Schutz von Artenvielfalt und des Klimas könnten geschaffen beziehungsweise erhalten werden.



8.4 Umweltschonende Herstellungsverfahren

Neben einer nachhaltigen Bevölkerungs- und Umweltpolitik ist eine ökologische Neuorientierung innerhalb der Forschung und Entwicklung nötig. Energie- und rohstoffintensive industrielle Produktion muss durch umweltschonendere Verfahren ersetzt werden. Gentechnische Methoden können dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen: Im Gegensatz zur klassischen Chemie arbeiten Fermenter, in denen Mikroorganismen nachwachsende Rohstoffe und Endprodukte für die Industrie herstellen können, mit niedrigen Temperaturen und Drücken. Sie verbrauchen weniger fossile Brennstoffe wie Erdöl oder Erdgas. Dies gilt auch für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen in Pflanzen. Sie beziehen ihre Energie nahezu vollständig aus dem Sonnenlicht.

Ein Vergleich der Ökobilanzen der Enzymherstellung in gentechnisch veränderten und natürlich vorkommenden Mikroorganismen zeigt die enorme Einsparung von Ressourcen. So können Rohstoff-, Energiebedarf und Abfallmenge fallweise um bis zu 80 Prozent reduziert werden.



Herstellung des Enzyms α -Glucosidase zur Zuckergewinnung, Vergleich der Produktion in gentechnisch veränderten und herkömmlichen Hefen.

Quelle: Boehringer Mannheim, verändert

8.5 Müllberge vermeiden

Ein dringendes Umweltproblem sind die stetig wachsenden Müllberge. Die Umweltbelastung durch konventionelle Kunststoffe könnte durch Bioplastik aus gentechnisch veränderten Pflanzen reduziert werden. Allerdings muss zur weltweiten Verbreitung von abbaubaren Kunststoffen deren Preis sinken. Dazu werden auch staatliche Steuerungsanreize erforderlich sein.

8.6 Bestehende Umweltschäden beheben

Die Gentechnik kann nicht nur dabei helfen, Umweltschäden zu vermeiden, sondern auch bestehende Umweltschäden zu beheben, z. B. durch die Bodendekontamination von ehemaligen Industriestandorten durch schadstoffabbauende oder -tolerante Mikroorganismen oder Pflanzen. Beispiele wurden in Kapitel 5.10.2. beschrieben.

9 Sicherheit und gesundheitlicher Wert von GVO-Produkten

- 9.1 Lebensmittelsicherheit**
- 9.2 Allergierisiko**
- 9.3 Giftstoffe**
- 9.4 Antibiotikaresistenzgene**
- 9.5 Entwicklung resistenter Schädlinge**
- 9.6 Ausbreitungsverhalten von gentechnisch veränderten Pflanzen**
- 9.7 Auskreuzung**

9.1 Lebensmittelsicherheit

Die Sicherheit der Verbraucher hat oberste Priorität. Deutschland und die EU verfügen über strenge und umfassende Regelwerke im Bereich der Gentechnikgesetzgebung. Lebensmittel, Zusatzstoffe, Aromen, Verarbeitungshilfsstoffe und Futtermittel, die aus gentechnisch veränderten Organismen hergestellt werden, bedürfen einer behördlichen Zulassung, die nur nach Durchlaufen einer umfassenden wissenschaftlichen Sicherheitsbewertung ausgesprochen wird. Die Auflagen sind ähnlich streng wie bei Arzneimitteln. Dadurch beabsichtigt der Gesetzgeber, gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel besonders sicher zu machen. Die entsprechenden Gesetze und EU-Verordnungen werden in Kapitel 6 erläutert.

Für die Sicherheit und Unbedenklichkeit gilt:

- Die Sicherheit des Verbrauchers hat oberste Priorität. Dieser Grundsatz gilt gleichermaßen für herkömmliche wie auch mit Hilfe der Gentechnik hergestellte Lebens- und Futtermittel.
- Die gesundheitliche Unbedenklichkeit ist Voraussetzung für die Vermarktung.
- Beim Einsatz gentechnischer Verfahren greift eine spezielle Sicherheitsprüfung. Es wird untersucht, ob sich aufgrund des gentechnischen Eingriffs toxische Stoffe bilden oder ob die neuen Pflanzenbestandteile ein erhöhtes Allergiepotenzial besitzen. Produkte, die dem Verbraucher letztendlich angeboten werden, sind damit mindestens so sicher wie herkömmliche Lebensmittel.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat sich intensiv mit Sicherheitsfragen beim Einsatz gentechnischer Verfahren im Ernährungsbereich beschäftigt. Sie kam zu folgendem Schluss: „Die Senatskommissionen sehen im Einsatz gentechnischer Verfahren im Ernährungsbereich prinzipiell keine Risikofaktoren, die nicht zu erkennen und zu beherrschen sind.“



9.2 Allergierisiko

Gerade auf Grund der Gentechnologie sind Lebensmittelallergien heute besser erforscht als noch vor wenigen Jahren. Ungefähr 2 Prozent aller Erwachsenen und 5 Prozent aller Kinder in Deutschland zeigen nach dem Konsum bestimmter Lebensmittel allergische Reaktionen. Für 90 Prozent aller Lebensmittelallergien sind nur zehn verschiedene Lebensmittel verantwortlich. Dabei sind immer die Proteine des betreffenden Lebensmittels der kritische Faktor.

Die wichtigsten allergenen Lebensmittel

Verantwortlich für 60 Prozent der Lebensmittelallergien von Kindern	Verantwortlich für 90 Prozent der Lebensmittelallergien von Erwachsenen
Weizen	Weizen
Kuhmilch	Kuhmilch
Hühnerei	Hühnerei
Fisch	Fisch
Erdnuss	Erdnuss
Soja	Soja
	Nüsse (verschiedene)
	Meeresfrüchte (Weich- und Krustentiere)
	Früchte (z. B. Äpfel)
	Gemüse (z. B. Sellerie, Karotten)

Quelle: Schweizerischer Nationalfonds 1996

Heute sind viele wichtige Nahrungsmittelallergene mit Hilfe gentechnischer Verfahren charakterisiert. Relativ neu ist die Erkenntnis, dass viele Allergene ähnliche Eigenschaften besitzen, und zwar beispielsweise die Molekülgröße oder die Schnelligkeit, mit der sie im Magen-Darm-Trakt abgebaut werden. Diese Tatsache erlaubt es, potenzielle Allergene mit gentechnischen und biochemischen Testmethoden zu identifizieren.

Bei einer Genübertragung werden einzelne und gut charakterisierte Gene beziehungsweise die entsprechenden Proteine verwendet. Deren Eigenschaften wurden zuvor genau untersucht. So kann das Allergierisiko von gentechnisch hergestellten Nahrungsprodukten detailliert beschrieben werden.

Im Vergleich dazu wird das menschliche Immunsystem beim Essen von neu eingeführten Pflanzen wie früher Kartoffeln, Reis, Mais oder neuerdings exotischer Früchte wie Papaya oder Kiwi mit Tausenden von neuen Eiweißen konfrontiert, die nie zuvor Bestandteil der Nahrung eines Europäers waren.



Um das allergene Potenzial des neu in die transgene Pflanze eingebrachten Eiweißes aufzuklären, werden folgende Tests durchgeführt:

Überprüfung der Allergenität

Antikörpertest	Mit einem einfachen Labortest kann festgestellt werden, ob im Blut von Allergikern Antikörper gegen das neu in die Pflanze eingebrachte Eiweiß vorkommen.
Hauttest	Winzige Mengen des neu in die Pflanze eingebrachten Eiweißes werden unter die Haut von Allergikern gespritzt. Der Arzt kann mit bloßem Auge erkennen, ob es dadurch zu einer lokalen Entzündung (Rötung) kommt.
Vergleich der Eigenschaften	Im Gegensatz zu anderen Eiweißen sind Allergene meist stabil, z. B. gegen Säuren, eiweißabbauende Enzyme und Hitze. Deshalb passieren sie den Verdauungstrakt unbeschädigt und werden vom Immunsystem erkannt. Das neu in die Pflanze eingebrachte Eiweiß wird auf diese „verdächtigen“ Eigenschaften hin untersucht.
Verfütterung an Tiere	Das gentechnisch hergestellte Lebensmittel wird Versuchstieren verabreicht. In einigen Fällen können Rückschlüsse auf die Allergenität bei Menschen gezogen werden.

Für bisher zugelassene gentechnisch veränderte Pflanzen wurde auf der Grundlage umfangreicher Untersuchungen kein erhöhtes Allergierisiko im Vergleich zu herkömmlichen Pflanzen und deren Produkten festgestellt. Die verwendeten Gene beziehungsweise Eiweiße stammen weder aus Quellen mit bekannt allergenem Potenzial, noch ergab der Vergleich mit bekannten Allergenen Ähnlichkeiten.

Die Vermeidung neuer Allergierisiken durch GVO-Lebensmittel durch die oben genannten Tests ist ein wichtiger Sicherheitsaspekt. Bedeutender wird aber in Zukunft der Beitrag der Gentechnik zur Verhinderung vorhandener Lebensmittelallergien sein:

Allergene können mittels Gentechnik inaktiviert oder entfernt werden. Dies wird beispielsweise in Japan an Reis versucht, der ein Eiweiß enthält, auf das viele Japaner allergisch reagieren. Entsprechende Bemühungen, einen allergenfreien (hypoallergen) Reis zu züchten, werden in verschiedenen Labors unternommen, führten jedoch bisher nur zu Teilerfolgen.

Auch für die Erkennung (Diagnostik) und Aufklärung der Ursachen von Allergien ist die Gentechnik sehr hilfreich. So wurden bereits neue Allergie-Medikamente entwickelt, die derzeit klinisch erprobt werden.



9.3 Giftstoffe

Gift ist nicht gleich Gift. Viele Organismen besitzen Abwehrgifte mit einem eng begrenzten Wirkungsspektrum. Das heißt, sie sind nur für ganz bestimmte natürliche Feinde und Schädlinge giftig. Andere Abwehrgifte haben ein breites Wirkungsspektrum und sind für eine größere Zahl von Schädlingen, aber häufig auch für Mensch und Tier giftig.

In transgenen Pflanzen produzierte Abwehrgifte haben ein begrenztes Wirkungsspektrum. Das insektentoxische Eiweiß aus *Bacillus thuringiensis* (siehe Kapitel 5.2) wirkt gezielt und spezifisch gegen wenige, bestimmte Schädlinge. Das Bt-Eiweiß ist schon seit langem Bestandteil der Nahrung. Wer rohes Gemüse oder Salate isst, verzehrt Millionen von Bodenbakterien und damit auch jenes Eiweiß, das im Bt-Mais vorkommt. Außerdem wird das Bt-Eiweiß seit etwa vierzig Jahren im Ökolandbau zur Abwehr von Schädlingen eingesetzt.

Im Gegensatz zu konventionell gezüchteten Pflanzen werden bei gentechnisch gezüchteten Pflanzen das neu eingeführte Eiweiß und mögliche Stoffwechselprodukte eines eventuell neu eingebrachten Markergens gezielt toxikologisch geprüft. Diese Untersuchungen sind obligatorischer Bestandteil des behördlichen Zulassungsverfahrens für gentechnisch hergestellte Lebensmittel.

In einer Nutzen-Risiko-Abwägung wird im Einzelfall die mögliche Gefahr durch neue gentechnische Resistenzstrategien mit denen der Alternativstrategien verglichen, als da sind mögliche Belastung der Nahrungsmittel durch Pflanzenschutzmittelrückstände oder Anreicherung der Nahrungsmittel mit Stoffwechselprodukten des Schaderregers und etwaiger Sekundärschaderreger bei Verzicht auf Pflanzenschutzmaßnahmen.

9.4 Antibiotikaresistenzgene

Einige gentechnisch veränderte Pflanzen enthalten Antibiotikaresistenzgene als Markierung, um sie im Labor erkennen zu können. Kritiker der Gentechnik befürchten, dass bei der Aufnahme der neuen Gene mit der Nahrung die Antibiotikaresistenz auf Bakterien im Darm übertragen werden könnte. Dann könnten Antibiotika zur Behandlung von Infektionskrankheiten ihre Wirkung verlieren. Bisher wurde eine solche Genübertragung nicht beobachtet.

Umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass Erbmaterial während der Verdauung größtenteils abgebaut und dadurch inaktiviert wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass danach funktionsfähige Einheiten vorliegen, die von Darmbakterien aufgenommen und stabil in ihr eigenes Erbgut eingebaut werden können, ist gering.

Bakterien tauschen untereinander Genmaterial aus oder nehmen aktiv mikrobielles Genmaterial auf und integrieren es. Laborversuche mit Bienen ergaben erste Anhaltspunkte, dass Teile des Erbmaterials von gentechnisch verändertem Raps, das die Bienen mit dem Pollen aufgenommen hatten, in Mikroorganismen im Bienendarm wiederzufinden waren. Sollten sich diese vorläufigen Ergebnisse bestätigen, wäre eine solche Genübertragung wahrscheinlich nicht auf transgenes Erbmaterial beschränkt. Auch bei anderem pflanzlichen Erbmaterial, das mit der Nahrung aufgenommen wird, wäre es in gewissem Ausmaß möglich und damit ein wahrscheinlich seltener, aber vollkommen natürlicher Vorgang. Es wurde zudem nicht gezeigt, dass die Gen-Bruchstücke auf Dauer erhalten blieben und funktionstüchtig waren. Es ist daher auch nicht zu erwarten, dass intakte Antibiotikaresistenzgene von gentechnisch veränderten Pflanzen nach Verzehr durch Mensch oder Tier dauerhaft auf Darmbakterien in deren Darm übertragen werden.



Resistenzgene, die in gentechnisch veränderten Pflanzen eingebaut werden, sind in der Umwelt ohnehin weit verbreitet. In Deutschland sind im Schnitt mindestens 50 Prozent der Darmbakterien aus untersuchten Darmproben resistent gegen das Antibiotikum Kanamycin. Daran sind gentechnisch veränderte Pflanzen in keiner Weise beteiligt. Die ersten dieser Resistenzen traten vor vielen Jahren auf, lange bevor die ersten Pflanzen gentechnisch verändert wurden. Selbst bei der sehr unwahrscheinlichen Übertragung von Resistenzgenen aus Pflanzen auf Bakterien käme es deshalb zu keiner messbaren Erhöhung der Zahl von natürlich vorkommenden resistenten Bakterien. Verantwortlich für die Probleme mit resistenten Krankheitserregern sind der übermäßige und häufig unsachgemäße Antibiotikaeinsatz in der Humanmedizin und der Tierfütterung.

Ein Untersuchungsbeispiel:

Studien zur Sicherheitsbeurteilung der FlavrSavr-Tomate beschreiben ein theoretisches Szenario: Die Gene überstehen die Verdauung unbeschädigt, werden von Bakterien aufgenommen, in deren Erbgut eingebaut und produzieren das für die Resistenz maßgebende Eiweiß. Nach diesem äußerst unwahrscheinlichen Szenario beträgt die maximale Zunahme antibiotikaresistenter Bakterien beim Essen von FlavrSavr-Tomaten in der Nahrung 0,000001 Prozent.

Der Erfolg medizinischer Behandlungen mit Antibiotika wird durch die zugelassenen gentechnisch veränderte Pflanzen mit Antibiotikaresistenzgenen daher nicht beeinträchtigt.

Da es mittlerweile alternative Techniken gibt, werden neu entwickelte transgene Pflanzen in Zukunft keine Antibiotikaresistenzgene mehr enthalten. Ein Beispiel ist das Positech-System: Pflanzenzellen, denen zusammen mit dem Ziel-Gen das Positech-Markergen übertragen wird, sind in der Lage, den Einfachzucker Mannose als Nährstoff zu verwerten. Normalerweise sind Pflanzen dazu nicht in der Lage. Zieht man dann die Pflanzenzellen in einem Medium heran, das nur Mannose als Kohlenhydratquelle enthält, können nur die Zellen überleben und wachsen, die das Mannose-Gen enthalten: ein Beweis, dass die Genübertragung funktioniert hat und somit ein geeignetes Merkmal zur Markierung der auszuwählenden Zellen zur Verfügung steht.

9.5 Entwicklung resistenter Schädlinge

Die Resistenzmechanismen von Pflanzen können im Laufe der Zeit durch Anpassungsprozesse der Schädlinge überwunden werden. Das gleiche gilt bekanntermaßen für chemische Pflanzenschutzmaßnahmen. Die Anpassungsfähigkeit von Insekten und anderen Schädlingen ist nicht zu unterschätzen und Pflanzenschutz heißt letztlich konsequente Weiterentwicklung von Schutzstrategien im Wettlauf mit den Schädlingen.

Die Entwicklung resistenter Schädlinge hängt nicht von der Züchtungsmethode ab. Es spielt keine Rolle, ob der Pflanzenschutzmechanismus durch traditionelle oder gentechnische Methoden in die Pflanze eingebracht wurde.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit resistenter Schädlinge hängt ab von:

- den Resistenzstrategien der Pflanze (z. B. Anzahl der Resistenzgene),
- der Biologie des Schädlings (z. B. Vermehrungsgeschwindigkeit),
- den Anbaubedingungen wie beispielsweise Fruchtwechsel.



In der Landwirtschaft sind „Resistenzdurchbrüche“ ein bekanntes Phänomen und unter anderem ein zwingender Grund für einen ständigen Saatgut- und Sortenwechsel.

Das Bt-Protein wird im Ökolandbau seit etwa vierzig Jahren als Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Es ist bekannt, dass auch vor dem Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen Bt-resistente Schädlinge vorhanden waren. Schon aus kommerziellen Gründen sind die Hersteller gentechnisch gezüchteter Pflanzen daran interessiert, die Entwicklung resistenter Schädlinge zu verhindern oder wesentlich zu verlangsamen. Damit soll der langfristige Verkauf des Saatguts gesichert werden.

In den USA wurden Strategien zur Verzögerung von Schädlingsresistenzen entwickelt: Etwa 40 Prozent des Feldes sind für nicht-insektenresistente Pflanzen reserviert und dienen als Überlebensraum (Refugium) für nicht-resistente Schädlinge. Auf diese Weise sollen nicht nur die möglicherweise resistenten Insekten auf dem Feld überleben und sich vermehren, sondern weiterhin auch nicht-resistente Insekten. Zwangsläufig kommt es zur Paarung mit resistenten Insekten. Da die daraus hervorgehenden Nachkommen keine Resistenz mehr zeigen, wird die Resistenzbildung so deutlich verlangsamt. Inzwischen wurde in den USA die Einhaltung von so genannten Rückzugsarealen beim Anbau insektenresistenter Kulturpflanzen gesetzlich verankert.

Weitere Forschungsstrategien, um die Insektenresistenz von Pflanzen zu verbessern:

- Einbau mehrerer Resistenzgene gegen den Pflanzenschädling. Da die Pflanze dadurch verschiedene Resistenzmechanismen besitzt, ist es sehr unwahrscheinlich, dass ein Insekt gegen alle Mechanismen gleichzeitig eine Resistenz entwickelt und überleben kann.
- Eine zeitlich und auf bestimmte Pflanzenorgane begrenzte Produktion des resistenzvermittelnden Eiweißes in der transgenen Pflanze. Damit wird vermieden, dass die Schädlinge permanent dem Selektionsdruck durch den Resistenzmechanismus ausgesetzt sind, sondern nur in der Zeit, in der die Pflanze und die entsprechenden Pflanzenteile wirklich geschützt werden müssen.

9.6 Ausbreitungsverhalten von gentechnisch veränderten Pflanzen

Im Zusammenhang mit dem Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen werden oftmals ökologische Bedenken angeführt. Insbesondere wird die Möglichkeit einer erhöhten „Überlebensfitness“ und in der Folge eine unkontrollierte Ausbreitung der gentechnisch veränderten Pflanzen außerhalb der Ackerfläche genannt.

Ergebnisse einer britischen Langzeitstudie aus dem Jahr 2001 bestätigen jedoch, dass die derzeit angebauten gentechnisch veränderten Kulturpflanzen den normalen Sorten in der Natur nicht überlegen sind. Bereits 1990 wurden gentechnisch veränderte herbizidtolerante Sorten von Raps, Mais und Zuckerrüben sowie insektenresistente Kartoffeln an zwölf Standorten versuchsweise ausgesät bzw. gepflanzt und über zehn Jahre beobachtet.

Spätestens nach vier Jahren waren sowohl die gentechnisch veränderten als auch die konventionell gezüchteten Raps-, Mais- und Rübenpflanzen an den Standorten ausgestorben, lediglich eine Kartoffelanpflanzung überdauerte zehn Jahre. In allen Fällen waren die Gen-Varianten nicht fitter als die normalen Sorten. Unter den überlebenden Kartoffeln fanden sich keine gentechnisch veränderten Exemplare.



Die Resultate bestätigen, dass bei den untersuchten Sorten die Sorge unbegründet ist, gentechnisch veränderte Kulturen könnten sich zu „Super-Unkräutern“ entwickeln.

Bei anderen gentechnisch veränderten Pflanzen wie dem insektenresistenten Bt-Mais besteht ebenfalls keine Gefahr einer unkontrollierten Ausbreitung. Mais kann ohne Pflege durch den Menschen nicht überleben, da er viele Wildeigenschaften verloren hat. So trennen sich z. B. seine Samen nicht mehr vom Kolben, wodurch seine Fortpflanzungsfähigkeit eingeschränkt ist. Der Bt-Mais wie auch der herkömmlich gezüchtete Mais sind nicht winterhart. Maiskörner, die bei der Ernte auf den Boden fallen, überleben den Winter normalerweise nicht. Mais kann deshalb nicht verwildern oder zu einem Unkraut werden. Er kann mit Wildpflanzen nicht erfolgreich konkurrieren.

Mit der Entwicklung neuer Pflanzen, etwa mit verbesserter Dürre-Resistenz oder erhöhter Abwehrkraft gegen natürliche Feinde und Krankheitserreger, muss deren Verhalten in der Umwelt erneut sorgfältig geprüft werden.

In Zukunft sollen – gemäß der Neufassung der europäischen Freisetzungsrichtlinie für gentechnisch veränderte Organismen (2001/18/EG) – mögliche Langzeitauswirkungen beim Praxisanbau von GVO-Pflanzen obligatorisch durch ein anbaubegleitendes Beobachtungsprogramm (Monitoring) überprüft werden. Damit soll gewährleistet werden, dass unerwartete negative Auswirkungen auf die Umwelt möglichst früh erkannt werden. Damit wird in vorbildlicher Weise Vorsorge zur Sicherheit der Umwelt getroffen (siehe Kasten).

Monitoring: Der großflächige Anbau gentechnisch veränderter Kulturpflanzen wird von Langzeitbeobachtungen begleitet

Gemäß der novellierten Freisetzungsrichtlinie (2001/18/EG) wird eine „Umweltüberwachung“ vorgeschrieben, um mögliche Langzeitwirkungen eines großflächigen, landwirtschaftlichen Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen frühzeitig erkennen zu können und eine sichere Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen zu gewährleisten.

Gentechnisch veränderte Kulturpflanzen unterliegen – bevor sie großflächig angebaut werden dürfen – umfangreichen Sicherheitsüberprüfungen. Eine Genehmigung zum Anbau wird dann erteilt, wenn schädliche Einwirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt nicht zu erwarten sind. Für die Umweltverträglichkeitsprüfung liefern Labor-, Gewächshaus- und Freilandversuche wichtige Entscheidungsgrundlagen.

Die im Rahmen der novellierten Freisetzungsrichtlinie nach Erteilung der Anbaugenehmigung geforderte „Umweltüberwachung“ soll die Erfahrungen im Umgang mit gentechnisch veränderten Pflanzen erweitern. Insbesondere sollen in der Umweltverträglichkeitsprüfung getroffene Annahmen in der Praxis überprüft werden. Diese „Umweltüberwachung“ (englisch: monitoring) wird ein generelles und ein fallspezifisches Monitoring umfassen:

Das „generelle Monitoring“ soll seltene und unerwartete Ereignisse feststellen (z. B. Einfluss auf die Artenvielfalt).

Beim „fallspezifischen Monitoring“ können für einige gentechnisch veränderte Kulturpflanzen spezielle wissenschaftliche Fragestellungen untersucht werden. (z. B. Auswirkungen auf spezifische Nichtzielorganismen, Überprüfung des Sicherheitsmanagements in Bezug auf Auskreuzungen in Wild- und Kulturpflanzenarten).



Die aufzubauende „Umweltüberwachung“ für gentechnisch veränderte Kulturpflanzen soll mit bestehenden Prüf- und Kontrollnetzen im Bereich Umwelt und Landwirtschaft eng verknüpft werden. Arbeitsgruppen unter Federführung des Umweltbundesamtes (UBA) und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) erarbeiten für Deutschland Konzepte zur inhaltlichen Ausgestaltung.



9.7 Auskreuzung

9.7.1 Vertikaler Gentransfer

9.7.2 Horizontaler Gentransfer



9.7.1 Vertikaler Gentransfer

Eine Genübertragung durch Pollen zwischen Pflanzen einer Art oder eng verwandter Arten ist ein natürlicher Vorgang. Ein Austausch von Krankheits- und Schädlingsresistenzen von Kulturpflanzenarten auf verwandte Wildarten und umgekehrt fand schon immer statt. Auch die Ausbildung neuer Spezies mit „Unkrautcharakter“ ist in der konventionellen Züchtung bekannt. Beispielsweise existieren Auskreuzungsnachkommen von Kulturzuckerrüben und Wildrüben.

Denkt man an die „Staubwolke“ von Pollen über einem blühenden Roggenfeld, wird schnell klar, dass Genaustausch zwischen Millionen von Pflanzen ein wichtiger Teil lebender Systeme ist. Natur ist dynamisch und auch die Genetik ist nicht stabil, sondern evolutionär. Vor diesem Hintergrund ist der gigantische Gentransfer jeder Vegetationsperiode eine wichtige Überlebensstrategie aller lebenden Organismen. Auskreuzung ist wichtig und notwendig. Nur solche Gene breiten sich aus, die der Pflanze einen selektiven Vorteil verschaffen.

Ein Gentransfer ist in der Regel nur möglich, wenn Auskreuzungspartner in der Nähe blühen und nach der Befruchtung fortpflanzungsfähige Nachkommen entstehen können. Einige Pflanzen wie Mais, Soja, Tomate oder Kartoffel haben in Europa keine verwandten Wildpflanzen. Der Transfer eines neuen Gens zu Wildpflanzen kann deshalb bei diesen Kulturarten ausgeschlossen werden. Im Gegensatz dazu können Pflanzen wie Zuckerrübe, Raps und Luzerne mit verwandten Wildpflanzen Gene austauschen.

Ein Genaustausch von der Kultur- zur Wildpflanze bedeutet, dass sich ein neu eingefügtes Gen aus dem landwirtschaftlichen Ökosystem in das natürliche Ökosystem integriert. Das bedeutet nicht, dass es sich dort zwangsläufig manifestiert. Beispielsweise könnten Kreuzungen von Kultur- und Wildpflanze auf Dauer nicht überleben.

Raps kann sich insbesondere mit zwei Wildarten kreuzen, dem Rübsen und dem Hederich. Untersuchungen in Frankreich haben gezeigt, dass nach einer Kreuzung von Raps und Hederich die entstandenen Hybridpflanzen nur eine gewisse Zahl von Generationen überleben. Dann baut sich eine Inkompatibilität in diesen Pflanzen auf, die Pollen- und Samenproduktion sinkt. Am Ende gehen diese Pflanzen verloren. Ein dauerhafter Übergang von Rapsgenen in den Hederichbestand findet daher offenbar nicht statt.

Wenn Nachkommen aus einer Kreuzung zwischen Kulturpflanze und Wildpflanze auf lange Sicht überleben können, muss vor dem großflächigen landwirtschaftlichen Anbau transgener Pflanzen sorgfältig geprüft werden, ob das neue Gen der Wildpflanze einen Konkurrenzvorteil verschaffen könnte. Für die bisher zugelassenen gentechnisch veränderten Linien konnte auf Grund ihrer neuen Eigenschaften kein besonderer Selektionsvorteil nachgewiesen werden.



9.7.2 Horizontaler Gentransfer

Die Übertragung von Pflanzengenen auf Mikroorganismen – durch den Verzehr von pflanzlichen Nahrungsmitteln oder bei der Verrottung von Pflanzenmaterial im Boden – konnte unter natürlichen Bedingungen trotz umfangreicher Untersuchungen bislang nicht nachgewiesen werden. Ungeachtet dessen werden für die gegenwärtig zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzen und Produkte selbst für den Fall bisher nicht beobachteter horizontaler Gentransfers Gefährdungen ausgeschlossen. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, dass ein großer Teil der heute in gentechnisch veränderte Pflanzen übertragenen Gene ursprünglich aus Bodenbakterien stammen und damit bereits Teil des Bodenökosystems sind.

Gene beziehungsweise DNA zu essen ist nicht gefährlich. Wir nehmen mit unserer Nahrung täglich einige Gramm DNA auf. Mit den neu in transgene Pflanzen eingebrachten Genen – die der Natur entnommen wurden – geschieht im Verdauungstrakt genau dasselbe wie mit allen anderen Genen, die wir mit der Nahrung aufnehmen: Sie werden innerhalb kurzer Zeit in ihre Bestandteile zerlegt. In einer normalen Mahlzeit wie beispielsweise einer Portion Sauerbraten ist etwa ein Gramm oder rund ein Teelöffel DNA enthalten.



10. Welternährung und Armutsbekämpfung

- 10.1 Beitrag der Gentechnik**
- 10.2 Bekämpfung der Armut**

Die Gentechnologie kann einen Beitrag zur Sicherung der Welternährung und Bekämpfung der Armut in den Entwicklungsländern leisten. Weltweit leiden mehr als 800 Millionen Menschen Hunger. Rund 1,2 Milliarden Menschen leben von nur 1 US\$ am Tag. Die Nahrungsmittelproduktion muss in den kommenden fünfzig Jahren verdoppelt werden, wenn die Erdbevölkerung von dann etwa 9 Milliarden Menschen ausreichend ernährt werden soll. Nach Meinung vieler internationaler Entwicklungsexperten und Wissenschaftler werden konventionelle Züchtungsmethoden allein nicht ausreichen, um den globalen Nahrungsbedarf zu decken.

10.1 Beitrag der Gentechnik

Es ist aus strategischen Gründen notwendig, konventionelle und gentechnische Züchtung synergistisch einzusetzen. Das Erreichen von züchterischen Zielen sollte auf dem bestmöglichen Weg erfolgen, nicht unter allen Umständen durch die Anwendung von Gentechnik. Die Erträge in der Landwirtschaft haben sich in den letzten vierzig Jahren kontinuierlich gesteigert. Doch die Produktivitätssteigerung verlangsamt sich deutlich. In den sechziger und siebziger Jahren betrug die jährliche Steigerungsrate noch etwa 3 Prozent, heute ist sie auf 1,2 Prozent gesunken. Ein Grund dafür ist, dass die Verbesserung von Pflanzensorten durch die klassische Pflanzenzüchtung an ihre Grenzen stößt.

Mit gentechnischen Methoden könnte ein jährlicher Produktionszuwachs von mindestens 2 Prozent sichergestellt werden (C. James 2002). Auch wenn die Biotechnologie und gentechnisch veränderte Pflanzen kein Allheilmittel sind, können sie einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Ernährungssicherheit liefern. China und andere Schwellenländer in Asien, Afrika und Lateinamerika setzen schon heute auf gentechnische Methoden. Mehr als ein Viertel der weltweit angebauten transgenen Pflanzen wuchsen im Jahr 2001 in sechs Entwicklungsländern (C. James 2002).

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) bestätigte in ihrem „Statement on Biotechnology“ im März 2000 das Potenzial der Gentechnik für eine steigende Agrarproduktion: Durch Gentechnik können in Ländern, die ihre Bevölkerung nicht ernähren können, höhere Erträge erwirtschaftet werden. Es gibt außerdem Beispiele dafür, dass gentechnische Impfstoffe die Verbreitung von Krankheiten für Mensch und Tier reduzieren können; andere gentechnisch veränderte Organismen können eine bessere Lebensmittelqualität und -sicherheit besonders für einkommensschwache Bevölkerungen schaffen.

Der FAO sind die potenziellen Risiken für die Gesundheit von Mensch und Tier sowie der Einfluss auf die Umwelt bewusst. Deshalb unterstützt sie Systeme zur wissenschaftlichen Bewertung von Risiken und Nutzen jedes einzelnen GVOs. Ferner setzt sich die FAO dafür ein, dass die Entwicklungsländer und dort vor allem die Kleinbauern von den gentechnischen Entwicklungen der Industrienationen profitieren und daran teilhaben.

Der „Human Development Report 2001“ des Entwicklungsprogramms der Vereinten Nationen (UNDP) schreibt der Grünen Gentechnik eine Schlüsselfunktion für die Entwicklung der Drittweltstaaten zu. Das UNDP unterstützt besonders öffentliche Investitionen in die Weiterentwicklung von gentechnisch verbesserten Nutzpflanzen für Entwicklungsländer. Hervorgehoben wird beispielsweise die gemeinsame Entwicklung von neuen Reissorten durch das UNDP, die japanische Regierung und anderen internationalen Partnern.



Ansätze der Gentechnik zur Sicherung der Welternährung

1. Rückgewinnung von Kulturland

Durch Gentechnologie können in Zukunft möglicherweise ungünstige Standorte für die Landwirtschaft genutzt werden, beispielsweise durch die Züchtung von dürre- oder salztoleranten Pflanzen.

2. Höhere Ertragssicherheit

Langfristig können durch den Einsatz gentechnisch gezüchteter Pflanzen Ernteverluste vermindert werden. Die Erträge können gesichert und gesteigert werden, beispielsweise durch Resistenzen gegen Schädlinge oder Toleranz gegen Überschwemmungen.

3. Verbesserte Inhaltsstoffe, verbesserter Nährwert

Ernährungsphysiologisch optimierte Produkte werden in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Mit Hilfe der Gentechnologie können Pflanzen mit erhöhtem oder verbessertem Nährwert gezüchtet werden. Damit kann einer Fehl- oder Mangelernährung entgegengewirkt werden. Zum Beispiel kann der „Golden Rice“ mit mehr Provitamin A einer Mangelkrankung entgegenwirken.

10.2 Bekämpfung der Armut

Mehr als die Hälfte der Armen sind abhängig von der Landwirtschaft. Trotz schwieriger Bedingungen wie Dürre und anderen Naturkatastrophen haben sie keine Alternative, als weiter Ackerbau, Viehzucht und Fischerei zu betreiben. Eine Steigerung der Produktivität ist wichtig zur Sicherung ihres Lebensunterhalts.

Die Erfahrungen mit Bt-Baumwolle in China zeigen, wie Millionen von Kleinbauern von den ökonomischen und ökologischen Vorteilen profitieren. Im Jahr 1999 bauten rund 1,5 Millionen Bauern Bt-Baumwolle an, im Jahr 2001 bereits 5 Millionen. Durch die Verwendung dieser insektenresistenten Sorte konnten rund 80 Prozent der Insektizide eingespart werden. Das reduzierte die Produktionskosten um 20 bis 28 Prozent. Für die Landwirte entstand ein zusätzliches Einkommen von 185 bis 400 US\$ pro Hektar.

In China wurde eine eigene Bt-Baumwollsorte entwickelt und patentiert. China liefert damit ein Beispiel, wie die neuen Technologien zur Reduktion der Armut im Sinne des UNDP beitragen können (C. James 2002).

11. Gentechnik und Ethik

11.1 Ethische Denkweisen

11.2 Modell zur ethischen Urteilsbildung

11.3 Einordnung der Gentechnik

Ethik ist ein durch Zeit, Kultur, Religion und Gesellschaft geprägter und daher wandelbarer Begriff. Was ethisch ist und was nicht, steht nicht ein für allemal fest. Angesichts neuer Entwicklungen werden bestehende Weltbilder und Orientierungen immer wieder neu überdacht. Es gibt unterschiedliche Ansätze und Modelle zur ethischen Beurteilung und Entscheidungsfindung, die auch auf die Nutzung gentechnischer Verfahren angewandt werden können.

11.1 Ethische Denkweisen

Viele allgemeine ethische Prinzipien ergeben sich aus Vernunftgründen, ihnen kann sich jeder anschließen. Dies gilt etwa für das Prinzip der Universalität des gebotenen Verhaltens: Eine Regel muss für alle Menschen gelten können und jeder muss danach handeln können.

Darüber hinaus gibt es drei Denkweisen: Ordnungsethik, Gesinnungsethik und Verantwortungsethik. Diese drei ethischen Denkweisen sind nicht klar voneinander abgegrenzt, sondern werden in ethischen Entscheidungsprozessen mehr oder weniger nacheinander durchlaufen. Alle besitzen Elemente, die ihre Berechtigung haben. So wird man sich erst grundlegende Werte bewusst machen (Ordnungsethik), die Handlungsabsichten und Ziele beurteilen (Gesinnungsethik) und dann Chancen und Risiken der Handlungsalternativen gegeneinander abwägen (Verantwortungsethik).

Ordnungsethik arbeitet mit Wissensaussagen und daraus abgeleiteten kategorischen Forderungen. Die Ordnungsethik hat den Vorzug, grundlegende Werturteile liefern zu können. Beispielsweise ist es eine Tatsache, dass betrunkene Autofahrer sich und andere erheblich gefährden. Daraus leitet sich die Forderung ab, nicht betrunken Auto zu fahren.

Betrachtet man beispielsweise den Glauben an die gottgewollte Schöpfung wie eine Wissensgrundlage, so wäre eine andere ordnungsethische Aussage, dass der Mensch nicht in die Schöpfung eingreifen darf, weil er sich sonst die Rolle Gottes anmaßen würde. Auch unter der Annahme, dass „die Natur“ einen Eigenwert hat und außerdem von sich aus „gut“ ist, wären Eingriffe des Menschen prinzipiell problematisch. Dabei zeigt sich bereits, dass in vielen Fällen ein fließender Übergang zwischen Wissenssagen und Weltanschauung besteht.

Ein an den Schöpfungsgedanken angelehntes, verbreitetes Argument gegen die Gentechnik bei Pflanzen ist, dass die Pflanzen so verändert würden, wie die Natur sie nie verändern würde. Hier zeigen sich Grenzen der Ordnungsethik, die starr und kategorisch ist: Fast alle Nutz- und Zierpflanzen sind züchterisch so verändert worden, wie es „die Natur“ niemals „getan“ hätte. Sie sind den Bedürfnissen der Menschen schon vor Jahrtausenden stark angepasst worden. Die Forderung nach Rücknahme dieser Veränderungen, die sich zwangsläufig ergeben müsste, hätte schlimme Folgen wie die Rückkehr des Hungers auch in gemäßigte Zonen unserer Erde. Über die Pflanzen hinaus verändert der Mensch Dinge oder Lebewesen. Man denke nur an Hund und Wolf. Es wird auch darüber debattiert, was überhaupt als Eingriff in die Schöpfung bezeichnet werden kann: Inwieweit ist der Mensch mit seinen geistigen und schöpferischen Fähigkeiten und Handlungen selbst Teil der Schöpfung und inwieweit wird er selbst zum Schöpfer, wenn er in die Natur eingreift?

Streng genommene Ordnungsethik hat den Nachteil, dass ihre kategorialen Forderungen als unumstößlich und zeitlos gelten und zu Dogmatismus führen können. Welche Forderungen jedoch aus dem zeitlich bedingten Wissen zu ziehen sind, sollte im Dialog geklärt werden.



In der Gesinnungsethik sind die zugrundeliegenden Absichten und Ziele einer Handlung Maßstab für deren ethische Beurteilung. Die Absicht, trockenresistente Pflanzen mit Hilfe der Gentechnik herzustellen, um die Lebensmittelversorgung in Dürregebieten zu verbessern, wäre ein solches Beispiel: Gesinnungsethisch wäre dies gutzuheißen. Gesinnungsethik berücksichtigt nicht, dass eine ursprünglich gute Absicht auch schlechte Folgen haben könnte.

Die Verantwortungsethik bedenkt die Folgen des Handelns und wägt Chancen und Risiken gegeneinander ab. Weder eine einseitige Betrachtung der Risiken noch der Chancen kann als verantwortungsethisch gelten. Dabei müssen für eine verantwortungsbewusste Entscheidung die Risiken und Chancen jeder Handlungsalternative betrachtet und einander gegenübergestellt werden. Eine Alternative isoliert zu betrachten, führt nicht zum Ziel, die beste Alternative unter den realen Möglichkeiten zu finden. Deswegen sollte der Ablehnung einer Handlung eine bessere Alternative mit besserem Chancen-Risiken-Verhältnis zugrunde liegen. Da sich mit neuen Erkenntnissen oder Argumenten ein neues Bild der Chancen und Risiken aufbauen kann, bleiben verantwortungsethische Urteile revidierbar. Mit der Gentechnik als neuer Züchtungsmethode bei Pflanzen, deren Folgen sehr weit in die Zukunft reichen können, sind verantwortungsethische Entscheidungen mit Unsicherheit behaftet. Folgen, die vielleicht viele Generationen später auftreten können, sind nicht absehbar. Dies gilt aber im Prinzip für alle Züchtungsmethoden und auch für jede andere technische Anwendung.

11.2 Modell zur ethischen Urteilsbildung

Um Urteile oder Handlungen nach ethischen Kriterien fällen beziehungsweise bewerten zu können, gibt es verschiedene Modelle (mögliche Vorgehensweisen).

Entscheidungsmodell für gentechnische Eingriffe an Pflanzen

Bevor Unternehmen gentechnische Methoden in der Pflanzenzucht anwenden, treffen sie mehrere Entscheidungen, bis sie zur konkreten Handlung übergehen. Zuerst wird definiert, welches Problem züchterisch angegangen werden soll, zum Beispiel die Anfälligkeit einer bestimmten Pflanze für einen bestimmten Schädling. Daraus wird ein züchterisches Ziel abgeleitet wie beispielsweise eine schädlingsresistente Pflanzensorte. Im nächsten Schritt folgt die Wahl der Instrumente oder Mittel, mit denen das Ziel erreicht werden soll, also in diesem Fall die Züchtungsmethode. Das Modell definiert daher folgende Stufen der ethischen Entscheidungsfindung:

- Problemorientierter Frageansatz: Was soll in einer bestimmten Situation getan werden?
- Überprüfung der Ziele nach den Kriterien Erhaltung und Entfaltung: Schränkt die Verwirklichung der Ziele Menschen in ihrem Leben oder in der ihnen zustehenden Lebensführung ein?
- Überprüfung der Mittel (Alternativen) nach so genannten Sachgerechtigkeitskriterien (Funktionsfähigkeit, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit) und ethischen Kriterien (Human-, Sozial-, Umwelt- und Zukunftsorientierung)
- Abwägung des Für und Wider

11.3 Einordnung der Gentechnik

Die Gentechnik darf nicht allein aus ihrer spezifischen Natur heraus als unethisch bewertet werden, die Technologie als solche ist wertfrei. Entscheidend ist, wie und in welchem Zusammenhang ihre vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten eingesetzt werden. Diese müssen im Hinblick auf ethische Werte von Fall zu Fall geprüft werden. Zu erwähnen ist, dass die Gentechnologie dieselben Ziele verfolgt wie die traditionelle Züchtung. Mit ihrer Hilfe steht heute ein zusätzliches Instrument zur Verfügung, diese Ziele effizienter und gezielter zu erreichen.

Genauso wie es unethisch sein kann zu handeln, kann es unethisch sein, nicht zu handeln. Die Anstrengungen, mit Hilfe gentechnischer Methoden die Ernährungssituation in den Entwicklungsländern zu verbessern, dienen dem Ziel, Leiden zu mindern. Beiträge zur Reduktion von Energie- und Rohstoffverbrauch sowie von Abfallmengen bei zahlreichen Herstellungsverfahren, Einsatzmöglichkeiten zur Beseitigung von Umweltverschmutzungen oder die Entwicklung von nachhaltigen Anbaumethoden in der Landwirtschaft beinhalten gentechnische Anwendungen zugunsten der Natur. Diese Möglichkeiten nicht zu nutzen kann bei fehlenden realistischen Alternativen als unethisch angesehen werden.

Da die Gentechnologie auch das Potenzial hat, missbraucht zu werden, bedarf sie einer ständigen ethischen Begleitung, welche ihre Grenzen aufzeigt, verwerfliche Zielsetzungen und gefährliche Anwendungen verhindert, jedoch den sinnvollen und notwendigen Einsatz unterstützt.



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/ftch.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 Glucocerambrösidase
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 Bedarfsgegenstände-gesetz
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

