



Universität Hamburg

BIOGUM-Forschungsbericht/BIOGUM-Research Paper

FG Landwirtschaft

Nr. 15

Gentechnisch veränderter Pflanzen mit zusätzlichem Verbrauchernutzen

Warum ist eine Vermarktung weiterhin nicht in Sicht?

Susanne Stirn

BIOGUM, Universität Hamburg
Hamburg, Oktober 2006

Der Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (BIOGUM) an der Universität Hamburg wurde 1993 als unmittelbare Einrichtung des akademischen Senats gegründet. Er dient der interdisziplinären Forschung über Voraussetzungen, Gestaltungsbedingungen und Folgen der wissenschaftlich-technischen Entwicklungen in der modernen Biotechnologie. Weitere Aufgaben liegen in der Lehre in Studiengängen zur modernen Biotechnologie, in der Förderung der gesellschaftlichen Diskussion sowie in der Politik- und Gesellschaftsberatung. Näheres siehe www.biogum.uni-hamburg.de

BIOGUM-Forschungsberichte/BIOGUM Research-Paper berichten aus laufender Forschung. Sie zielen auf zuverlässige, unabhängige Information und Förderung der Diskussion zwischen Wissenschaftsdisziplinen, Politik und Gesellschaft. Die Inhalte wurden einem internen Diskussionsprozess unterzogen, die Verantwortung liegt aber allein bei den Autorinnen und Autoren.

Stirn, Susanne:

**Gentechnisch veränderter Pflanzen mit zusätzlichem Verbrauchernutzen –
Warum ist eine Vermarktung weiterhin nicht in Sicht?**

**BIOGUM-Forschungsbericht/BIOGUM Research-Paper Nr. 15, FSP BIOGUM,
Universität Hamburg, Hamburg, Oktober 2006, 20 Seiten.**

ISBN: 3-937792-19-8

Veröffentlicht vom:

Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (FSP BIOGUM)

Forschungsgruppe Technologiefolgenabschätzung zur modernen Biotechnologie in der
Pflanzenzüchtung und der Landwirtschaft

Ohnhorststraße 18

22609 Hamburg

http://www.uni-hamburg.de/fachbereiche-einrichtungen/biogum/forschung_fg_landwirtschaft.html

Die Autorin:

Dr. rer. nat. Susanne Stirn (Zellbiologin)

Forschungsfelder: - Stand und Entwicklung der Technik,
 - gesundheitliche Implikationen von GVO,
 - gesetzliche Regelungen

e-Mail: stirn@botanik.uni-hamburg.de

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	4
(ZIEL)PROBLEMSTELLUNG	4
METHODISCHE GRUNDLAGEN	5
ERGEBNISSE	6
<i>Freisetzungsversuche in Deutschland</i>	6
<i>Freisetzungen in der EU</i>	7
<i>Freisetzungen in den USA</i>	9
<i>Anträge auf Inverkehrbringen in der EU</i>	10
<i>Deregulierungen in den USA</i>	11
<i>Internet-Seiten der Firmen</i>	12
<i>Diskussion</i>	14
<i>Literatur</i>	17

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wurde untersucht, in welcher Entwicklungsphase sich gentechnisch veränderte Pflanzen mit einem gesundheitlichen Zusatznutzen befinden. Es gibt eine Vielzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu diesen Pflanzen, und auch auf der Ebene der Freisetzungsversuche ist die Kategorie „Veränderungen der Produktqualität“ hinter Herbizid- und Insektenresistenz an dritter Stelle zu finden. Im Unterschied dazu finden sich bei den bereits zur Vermarktung zugelassenen bzw. beantragten gentechnisch veränderten Pflanzen keine, die einen gesundheitlichen Zusatznutzen aufweisen. Dies trifft sowohl auf den europäischen als auch auf den amerikanischen Markt zu. Wir haben die Frage gestellt, welche Rahmenbedingungen zu der beobachteten Entwicklung beigetragen haben könnten. Als Ergebnis haben wir nicht einen „bottle neck“ identifiziert, sondern eine Vielzahl von Unsicherheiten sowohl bei den naturwissenschaftlichen Kenntnissen über Stoffwechselzusammenhänge, den rechtlichen Rahmenbedingungen als auch beim Zusammenspiel der „major players“ entlang der Vermarktungskette.

ABSTRACT

Our focus was on the actual development status of genetically modified plants with consumer benefits, one example of the so called “next generation of genetically modified plants”. There exists a multitude of scientific literature concerning these plants and looking at databases on experimental releases, the category “product quality” is ranking third behind “herbicide resistance” and “insect resistance”. Contrarily, only few applications for marketing of these genetically modified plants have been submitted in Europe as well as in the USA. Trying to identify the frame conditions responsible for this development we did not find one specific bottle neck but a variety of possible restraints ranging from insufficient scientific knowledge on metabolic interrelationships to uncertainty in regulatory framework (e.g. “health claims”) to poor interactions between major players alongside the commercialisation chain.

(ZIEL)PROBLEMSTELLUNG

Seit mehr als 10 Jahren sind gentechnisch veränderte Nutzpflanzen auf dem Markt (USA: 1994, EU: 1996). Diese gehören in den meisten Fällen zu der so genannten „ersten Generation“ gentechnisch veränderter Pflanzen mit veränderten agronomischen Eigenschaften (Herbizid- und Insektenresistenz). Während sie in den USA, Kanada, Argentinien und weiteren amerikanischen sowie einigen asiatischen Staaten z.T. großflächig angebaut werden, finden sie z.B. in Europa oder Japan nur geringe Akzeptanz. Dies wird auch darauf zurückgeführt, dass herbizid- und insektenresistente Pflanzen keinen direkten Nutzen für den Verbraucher aufweisen. Deshalb werden in der Debatte um gentechnisch veränderter Pflanzen von Seiten der Gentechnikbefürworter immer wieder die Chancen gentechnisch veränderter Pflanzen zur Herstellung gesünder Lebensmittel betont. Insbesondere sei es durch den Einsatz der Gentechnik bei der Lebensmittelproduktion möglich, Substanzen in Lebensmitteln anzureichern, die für die Gesundheit der Bevölkerung vorteilhaft seien. Zu diesen Substanzen

zählten u.a. Vitamine und Mineralstoffe sowie sekundäre Pflanzenstoffe (z.B. Isoflavone) oder bestimmte Fettsäuremuster. Dies sei in Hinblick auf die Zunahme ernährungsbedingter Krankheiten und die damit verbundene Steigerung der Kosten im Gesundheitswesen von großer Bedeutung.

Auf der anderen Seite wird die Gentechnikindustrie von Kritikern und Verbraucherorganisationen mit eben diesen Versprechungen konfrontiert: Seit Jahren wird verkündet, diese Pflanzen mit zusätzlichem Verbrauchernutzen seien „just around the corner“. Nichtsdestotrotz seien diese Pflanzen z.Z. weder auf dem Markt erhältlich noch in einer Entwicklungsphase, die eine baldige Markteinführung annehmen ließe. Wir haben uns daraufhin angesehen, wie der Entwicklungsstand dieser viel beschworenen Pflanzen ist und welche Hemmnisse unserer Einschätzung nach zu der verzögerten Entwicklung beigetragen haben.

METHODISCHE GRUNDLAGEN

Datengrundlage unserer Auswertung sind die frei zugänglichen Datenbanken der EU zu Anträgen auf Freisetzung und Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO), die Liste der amerikanischen Landwirtschaftsbehörde USDA (US Department of Agriculture) zu Anträgen auf Erteilung eines deregulierten Status (dieser erlaubt den freien Anbau, Import und Transport von GVO) und der Datenbank des „Information Systems for Biotechnology“ der Virginia Tech Universität, Blacksburg, Virginia, USA, über Freisetzungsversuche in den USA. Die jeweiligen Internet-Adressen sind im Folgenden aufgeführt (alle abrufbar im Oktober 2006):

- Anträge auf Freisetzungen in Deutschland:
http://www.bvl-berlin.de/cgi/lasso/fsl/liste_d.lasso (Liste der Freisetzungsvorhaben des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit mit Kurzbeschreibung)
- Anträge auf Freisetzungen EU-weit:
<http://www.bba.de/gentech/genright.htm> (BioSearch-Datenbank der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft)
- Anträge auf Freisetzungen in den USA:
<http://www.isb.vt.edu/CFDOCS/fieldtests1.cfm> (Datenbank mit Suchmöglichkeiten)
- Anträge auf Inverkehrbringen in der EU:
http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/authorisation/index_en.htm
<http://www.transgen.de/zulassung/> (Übersicht über die Zulassung gentechnisch veränderter Lebens- und Futtermittel mit links zu externen Datensätzen, wie z.B. Gutachten der EFSA)
- Anträge auf Erteilung des „deregulated status“ in den USA:
http://www.aphis.usda.gov/brs/not_reg.html (Liste mit links zu Sicherheitsabschätzungsdokumenten)
<http://www.isb.vt.edu/cfdocs/biopetitions1.cfm> (Datenbank mit Suchmöglichkeiten)

Darüber hinaus wurden die Internetseiten der großen „life science industries“ auf Aussagen zum Entwicklungsstand gentechnisch veränderter Pflanzen mit gesundheitlichem Zusatznutzen hin untersucht.

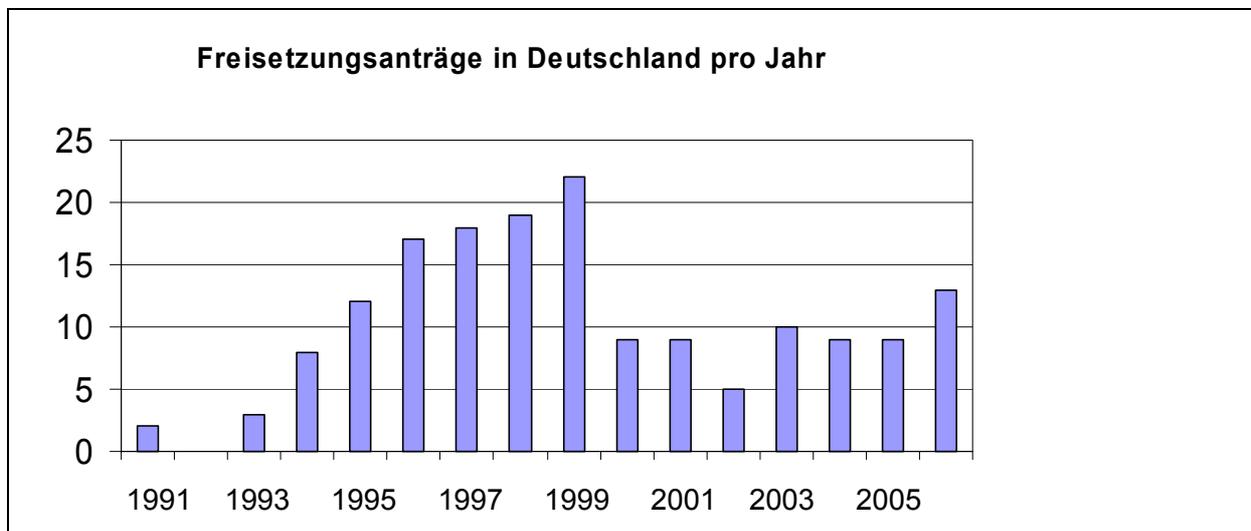
ERGEBNISSE

Zunächst habe ich die Anträge auf Freisetzung in Deutschland, in der EU und in den USA angesehen, um einen Überblick über den Stand der gentechnisch veränderten Pflanzen zu bekommen, die dem Laborstadium entwachsen sind und damit die erste Hürde in Richtung einer möglichen Vermarktung genommen haben.

Freisetzungsversuche in Deutschland

Sieht man sich die Gesamtzahl der Freisetzungsanträge seit 1991 an, so fällt auf, dass diese seit 1999 deutlich gesunken ist und seit 2003 wieder ansteigt (s. Abb. 1).

Abb. 1: Anzahl der Freisetzungsanträge in Deutschland (1991-2006)



Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus <http://www.bvl-berlin.de/GENTEC/FREISETZUNGEN/FREISETZ.HTM> (Stand: Mai 2006)

Der Abfall in der Anzahl der Freisetzungsanträge spiegelt in etwa die Zeit des „de facto-Moratoriums“ in der EU wider (1998-2004), während dessen keine Anträge auf Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen genehmigt wurden.

Sieht man sich die Qualität der Anträge an, so fällt auf, dass insbesondere bei den seit 2004 neu beantragten gentechnisch veränderten Pflanzen Insektenresistenz und/oder Herbizidtoleranz wenig vertreten sind, während neue Eigenschaften insbesondere bei Kartoffeln vermehrt beantragt wurden.

Tab. 1: Anzahl der Freisetzungsanträge in Deutschland (2000-2005), aufgeschlüsselt nach Pflanzen und übertragenen Eigenschaften

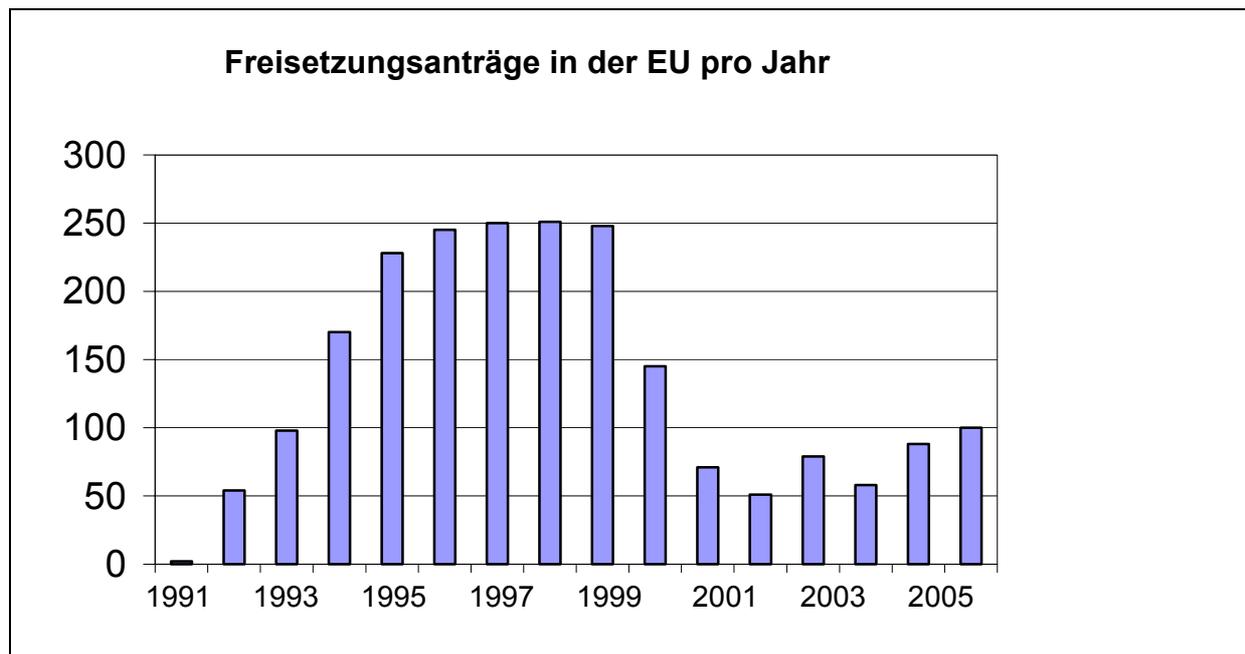
Pflanze	übertragene Eigenschaften	Anzahl der Anträge
Kartoffel / Raps / Erbse	Metabolismus-Veränderungen	23 / 2 / 1
Mais / Raps / Zuckerrübe / Sojabohne	Herbizidtoleranz	4 / 2 / 2 / 1
Weizen / Gerste	Pilzresistenz	3 / 1
Schwarzer Nachtschatten / Mais	Insektenresistenz	3 / 1
Kartoffel	Virusresistenz	1
Kartoffel / Pappel	andere (Spaltöffnungsichte, Schwermetall-sanierung, Knollenertrag, Markierung)	5

Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus http://www.bvl-berlin.de/cgi/lasso/fsl/liste_d.lasso (Stand: Juni 2006)

Freisetzungen in der EU

Sieht man sich die Anzahl der Freisetzungsanträge in der EU an, so erhält man ein ähnliches Bild (s. Abb. 2). Die meisten Freisetzungsanträge wurden in der EU in den Jahren 1995 bis 1999 eingereicht. Die Anzahl der Freisetzungsanträge fällt danach bis 2002 ab, um danach wieder anzusteigen. Hier kann die Entwicklung nicht alleine auf das EU-Moratoriums zum Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen zurückgeführt werden: Sieht man sich die Entwicklung in einzelnen EU-Mitgliedsstaaten, fallen z.T. gegenläufige Tendenzen auf: Während in Italien (seit 2001) und Großbritannien (seit 2004) die Anzahl der Freisetzungsanträge drastisch abgesunken sind, hat sich die Anzahl der Freisetzungversuche in Spanien seit 2002 verfünffacht. Auch die neuen EU-Mitgliedsstaaten Slowenien und Ungarn zeigen steigende Anzahlen an Freisetzungsanträgen (BBA, 2006a).

Abb. 2: Anzahl der Freisetzungsanträge in der EU (1991-2006)



Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus http://www.bvl-berlin.de/FREISETZUNGEN/EU_YEAR_1.HTM
(Stand: Mai 2006)

Schwieriger ist es, sich EU-weit ein Bild von der Entwicklung der zur Freisetzung beantragten neuen Eigenschaften zu machen, da hier keine Aufschlüsselung nach Jahren zur Verfügung steht (<http://www.bvl-berlin.de/GENTECH/FREISETZUNGEN/FREISETZ.HTM>). Aufgeschlüsselt nach der Kategorien der eingeführten Eigenschaften nimmt die Kategorie „Metabolismus-Veränderungen“ mit 488 Freisetzung den zweiten Platz hinter „Herbizid-resistenz“ (1337) ein, knapp vor „Insektenresistenz“ mit 429 Freisetzung¹ (BBA, 2006b; Stand April 2006).

Sieht man sich die Anzahl der Freisetzungsanträge aufgeschlüsselt nach Pflanze und übertragener Eigenschaft an, zeichnet sich ein differenziertes Bild ab (s. Tab. 2):

¹ Die Zahlen aus der BBA-Datenbank liegen höher als die des BVL, da die BBA die Anzahl der beantragten Freisetzungversuche zu Grunde legt, während das BVL mit der Anzahl der Freisetzungsanträge arbeitet. Die Anzahl der Freisetzungversuche ist deutlich höher, da in den meisten Fällen die Freisetzung eines GVO an mehreren Standorten über mehrere Jahre beantragt wurde.

Tab. 2: Anzahl der Freisetzungsanträge in der EU (1991-2005), aufgeschlüsselt nach Pflanzen und übertragenen Eigenschaften

Pflanze	übertragene Eigenschaften	Anzahl Anträge	Anträge insgesamt
Mais	Herbizidtoleranz	180	467
	Herbizidtoleranz + Insektenresistenz	159	
	Insektenresistenz	56	
	Inhaltsstoffe, Kohlenhydratstoffwechsel	18	
	Pilzresistenz	5	
	Stressresistenz	4	
Raps	Herbizidtoleranz	140	350
	männl. Sterilität	112	
	Fettsäuremuster	34	
	Pilzresistenz	27	
Kartoffel	Inhaltsstoffe, Kohlenhydratstoffwechsel	117	218
	Virusresistenz	28	
	Pilzresistenz	22	
Tabak	Inhaltsstoffe	21	54
	Herbizidtoleranz	11	
Weizen	Inhaltsstoffe, Kohlenhydratstoffwechsel	9	27
	Pilzresistenz	5	

Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus <http://www.bvl-berlin.de/GENTEC/FREISETZUNGEN/FREISETZ.HTM> (Stand 20.01.2006)

Während bei den am häufigsten freigesetzten Pflanzen Mais und Raps Herbizidtoleranz und Insektenresistenz dominieren, werden bei Kartoffeln, Tabak und Weizen vor allem Inhaltsstoffe verändert. Dies sind im Falle der Kartoffel bevorzugt Veränderungen in Hinblick auf eine bessere industrielle Nutzung (Stärkekartoffeln).

Freisetzen in den USA

Über die Datenbank des „Information Systems for Biotechnology“ (www.isb.vt.edu) können Freisetzen in den USA abgerufen werden.

Die Freisetzen-datenbank listete 2507 Freisetzen mit GVOs mit veränderter Produktqualität seit 1987 auf (Stand: Dezember 2005). Damit rangiert die Kategorie „Produktqualität“ an dritter Stelle in der Freisetzen-datenbank hinter „Herbizidtoleranz“ (3723 Anträge) und Insektenresistenz (3215 Anträge).

Innerhalb der Kategorie „Produktqualität“ ist eine Zuordnung zu einzelnen Eigenschaften schwierig, da die Beschreibung der veränderten Eigenschaft sehr allgemein ist und die Firmen

die eingeführten Gene fast immer als „confidential business information“ (CBI) kennzeichnen.

Die überwiegende Mehrzahl der Freisetzungsanträge in der Kategorie „Produktqualität“ betrifft Veränderungen des Primärstoffwechsels (Kohlenhydrate, Proteine, Fette) (s. Tab. 6, im Anhang). Zu welchem Verwendungszweck diese Veränderungen durchgeführt worden sind, ist den Angaben in den meisten Fällen nicht zu entnehmen. Unter Produktqualität werden Eigenschaften zusammengefasst, die von verzögerter Fruchtreife über verbesserte Futtermittelqualität bis hin zu funktionellen Lebensmitteln (Lebensmittel mit einem gesundheitlichen Zusatznutzen für die Verbraucher) reichen können.

Im Fall des „high-lysin“ Mais (163 Freisetzungsanträge) liegt die Verwendung als Futtermittel nahe, da dieser Mais mit diesem Verwendungszweck bei der USDA zur Deregulierung eingereicht wurde (s. Deregulierung in den USA).

Die Daten aus den Freisetzungsdatenbanken können somit ebenso wie eine Literaturrecherche nur einen Überblick über die gentechnisch veränderten Pflanzen geben, an denen geforscht wird. Ob diese Pflanzen unter Umweltbedingungen konventionell gezüchteten Pflanzen gleichwertig bzw. überlegen sind und in ihre Vermarktung investiert werden wird, ist aus diesen Daten nicht zu schließen.

Die nächste Hürde, die alle gentechnisch veränderten Pflanzen nehmen müssen, ist eine Zulassung vor ihrer Vermarktung. In der EU muss zunächst ein Antrag auf Inverkehrbringen bei der EU-Kommission gestellt werden, gefolgt von einer Sortenzulassung. In den USA sind bis zu drei Behörden in eine Zulassung involviert, je nach eingeführter Eigenschaft und Verwendungszweck: US Department of Agriculture (USDA), Environmental Protection Agency (EPA) and Food and Drug Administration (FDA) (s.u. „Deregulierungen in den USA“).

Anträge auf Inverkehrbringen in der EU

In der EU sind für 68 gentechnisch veränderte Pflanzen Anträge auf Inverkehrbringen gestellt worden (TRANSGEN 2006). Dies klingt zunächst nach einer hohen Zahl, sieht man sich die Anträge allerdings genauer an, so sind es nur 32 verschiedene Transformationsereignisse („events“) (s. Tab. 3). Eine Vielzahl der Anträge bezieht sich auf bereits zugelassene GVOs, die nach den Bestimmungen der neuen EU-Verordnung über gentechnisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel geprüft werden, bzw. auf einen erweiterten Verwendungsbereich bereits zugelassener GVO (z.B. neben Import auch Anbau in der EU) oder auf konventionelle Kreuzungsprodukte zweier bereits zugelassener GVOs, die in der EU ebenfalls zugelassen werden müssen. Die Anträge, die „neue“ gentechnisch veränderte Pflanzen betreffen, beziehen sich in den meisten Fällen auf die schon bekannten Eigenschaften Herbizid- und Insektenresistenz. Zu den neuen GVOs zählen Kartoffeln mit veränderter Stärkezusammensetzung (Industrie-Kartoffel) sowie zwei Maislinien, die einen erhöhten Lysin-Gehalt aufweisen (Futtermais) bzw. eine hitzestabile Amylase exprimieren (zur Bioethanolproduktion).

Tab. 3: In der EU zur Vermarktung zugelassene und beantragte GVOs

Pflanze	Anzahl Anträge (Anzahl „events“)	Eigenschaften	davon GVOs mit neuen Eigenschaften
Mais	46 (13)	Herbizidresistenz, Insektenresistenz veränderte Inhaltsstoffe	Resistenz gegenüber dem Maiswurzelbohrer (2), neuer Selektionsmarker (1) erhöhter Lysin-Gehalt (1), thermostabile Amylase, höhere Effek- tivität bei der Bioethanol-Herstellung (1)
Baumwolle	13 (6)	Herbizidresistenz, Insektenresistenz	erweiterte Resistenz gegenüber mehreren Schmetterlingsarten (1)
Raps	12 (10)	Herbizidresistenz, männliche Sterilität	keine
Sojabohne	3 (2)	Herbizidresistenz	Glufosinat-Resistenz (1)
Zuckerrüben	3 (2)	Herbizidresistenz	keine
Kartoffel	2 (1)	Produktqualität	Industriekartoffel mit erhöhtem Amylopektingehalt (1)
Reis	1 (1)	Herbizidresistenz	Glufosinat-Resistenz (1)

Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus transgen.de (Stand: Oktober 2006)

In der EU sind danach in nächster Zeit (< 5 Jahre) keine gentechnisch veränderten Pflanzen zu erwarten, die einen direkten Nutzen für Verbraucher haben.

Da Europa im internationalen Vergleich eine eher mittlere Position in Bezug auf Forschung und Entwicklung zu gentechnisch veränderten Pflanzen einnimmt, haben wir uns die Situation in den USA als Hauptanbauland von gentechnisch veränderten Pflanzen angesehen.

Deregulierungen in den USA

In den USA ist das Landwirtschaftsministerium USDA für die Zulassung zu Anbau, Transport und Import gentechnisch veränderter Pflanzen zuständig. Ziel der Regulierung ist, dass der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen keine schädlichen Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Praxis hat. Die absichtliche Freisetzung eines GVOs muss von USDA genehmigt werden.

Vor einer Kommerzialisierung wird im Allgemeinen durch eine „Petition for Determination of Nonregulated Status“ beantragt, dass ein bestimmter GVO nicht mehr der Regulierung durch USDA unterliegt. Wird ein GVO durch USDA dereguliert, kann dieser jederzeit ohne Genehmigung seitens dieser Behörde freigesetzt, importiert oder zwischenstaatlich transportiert werden. Die Anträge auf Deregulierung geben daher vergleichbar den Anträgen

auf Inverkehrbringen in der EU einen Überblick über die gentechnisch veränderten Pflanzen, deren Entwicklung schon weit fortgeschritten ist.

Zurzeit sind 68 gentechnisch veränderte Pflanzen dereguliert; zusätzlich ist die Deregulierung weiterer 8 GVOs beantragt (Stand: Oktober 2006). Davon betreffen 13 Anträge „Veränderungen der Produktqualität“. Diese Kategorie steht damit zahlenmäßig an dritter Stelle der Anträge auf Deregulierung hinter „Herbizid-Toleranz“ (33 Anträge) und „Insektenresistenz“ (23 Anträge).

Von den 13 Anträgen auf Deregulierung in der Kategorie „Produktqualität“ stammen 11 Anträge aus der Zeit von 1992-1997 und beziehen sich auf Tomaten mit verzögerter Reife (9 Anträge) sowie Raps und Sojabohnen mit veränderten Ölprofil. Beim Raps wurde der Laurat-Gehalt erhöht, bei der Sojabohne der Ölsäure-Gehalt. Beide sind für industrielle Zwecke entwickelt worden. Seit 2001 sind in der Kategorie „Produktqualität“ nur ein Tabak mit reduziertem Nikotingehalt sowie ein Futtermais mit erhöhtem Lysingehalt dereguliert worden. Über die Deregulierung des Industrie-Maises mit einer hitzestabilen Amylase zur Steigerung der Effektivität der Bioethanol-Herstellung ist noch nicht entschieden worden (s. Tab 4)

Tab. 4: Gentechnisch veränderte Pflanzen mit veränderter Produktqualität, deren Anbau in den USA nicht mehr reguliert wird

Pflanze	Firma	Eigenschaften	Verwendungszweck
Tomate	Calgene (6 Anträge), DNA Plant Tech, Zeneca & Petoseed, Monsanto (je 1 Antrag)	verzögerte Fruchtreife	Lebensmittel (Vermarktung eingestellt)
Raps	Calgene	erhöhter Lauringehalt	verarbeitende Industrie (Seife, Detergenzien)
Sojabohne	DuPont	erhöhter Ölsäuregehalt	verarbeitende Lebensmittelindustrie (erhöhte Stabilität)
Tabak	Vector	reduzierter Nikotingehalt	Tabakwarenindustrie
Mais	Monsanto	erhöhter Lysin-Gehalt	Futtermittel
Mais ²	Syngenta	hitzestabile Amylase	Bioethanol-Herstellung

Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus http://www.aphis.usda.gov/brs/not_reg.html (Stand: Oktober 2006)

Auch in den USA wird danach in nächster Zeit keine gentechnisch veränderte Pflanze auf den Markt kommen, die einen direkten Vorteil für die Verbraucher hat.

Internet-Seiten der Firmen

Da in den meisten Fällen die großen „Agribusiness-Unternehmen“ die Kommerzialisierung neuer gentechnisch veränderter Organismen vorantreiben, haben wir uns zusätzlich die Internet-Seiten der großen „life science industries“ angesehen. Von den 72 Firmen, die zwischen 1985 und 2003 Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen in den

² Eingereicht, noch keine Entscheidung

USA durchgeführt haben, zählen Syngenta, Monsanto, Dupont/Pioneer Hi-Bred, Bayer CropScience, BASF und Dow zu den „Top Five Agrobiotech“-Firmen³. Von diesen gehen nur Monsanto und Dupont/Pioneer Hi-bred auf ihren Internet-Seiten direkt auf künftige Entwicklungen und Forschungsinteressen im Bereich gentechnisch veränderter Pflanzen ein. Beide Firmen differenzieren dabei nach dem unterschiedlichen Entwicklungsstand der Arbeiten. Bei Syngenta findet man lediglich im Jahresbericht einen kurzen Überblick über neue Eigenschaften, die auf Mais übertragen werden sollen (Kombinationen von Herbizidtoleranz und Insektenresistenz, Phytase-Futtermais und Biotreibstoff). BASF Plant Science präsentiert sehr allgemein Forschungsinteresse an stresstoleranten Pflanzen, verbesserten Pflanzen für eine gesündere Ernährung sowie Pflanzen als „grüne“ Fabriken. Bei Bayer CropSciences und Dow AgroSciences findet man keine Aussagen zu zukünftigen Entwicklungen oder Forschungsinteressen.

Tab. 5: Forschungsinteressen der Firmen im Bereich gentechnisch veränderte Pflanzen

Firma	Pflanzen ⁴	Eigenschaften	Verwendungszwecke	Zeitplan
Monsanto (2006)	Soja, Raps	ungesättigte Fettsäuren	Ernährung („functional food“)	5 - 7 Jahre
	Soja	erhöhter Ölgehalt	Biodiesel	5 – 7 Jahre
	Mais, Soja, Baumwolle	Stresstoleranz	effizientere Wassernutzung	7 – 9 Jahre
DuPont/ Pioneer Hi-Bred (2006)	Mais	verbesserte Verdaubarkeit (Phosphor)	Futtermittel	< 5 Jahre
	Mais	erhöhter Ölgehalt	Futtermittel	< 5 Jahre
	Mais	verbesserte Eisenabsorption	Ernährung (“biofortified food”)	5 - 10 Jahre
	Sojabohnen	erhöhter Isoflavon-Gehalt	Ernährung („functional food“)	> 10 Jahre
	Sojabohnen	verringerte Allergenität	Ernährung	> 10 Jahre
Syngenta (2005)	Mais	Phytase-Expression	Futtermittel	< 5 Jahre
BASF (2006)	Ölpflanzen	ungesättigte Fettsäuren	Ernährung („functional food“)	5 – 10 Jahre
	Arabidopsis (Ziel: Weizen, Mais, Soja)	Trockentoleranz	wassereffizienterer Anbau	> 10 Jahre

Quelle: Stirn, eigene Zusammenstellung aus den Internet-Seiten der jeweiligen Firmen (Stand: Mai 2006)

³ gemessen am Verhältnis ihrer Ausgaben im Bereich Forschung und Entwicklung zum Umsatz im Bereich Landwirtschaft (Runge und Ryan, 2003)

⁴ Dies ist jeweils nur eine Auswahl gentechnisch veränderter Pflanzen, an denen geforscht wird. Es sind insbesondere diejenigen Produkte, die einem zusätzlichen Verbrauchernutzen haben, aufgeführt.

Diskussion

Wenn man die Frage stellt, warum in nächster Zeit keine gentechnisch veränderten Pflanzen mit einem Zusatznutzen für den Verbraucher auf den Markt kommen werden, ist die Antwort nicht einfach. Hemmnisse können auf allen Stufen von der Entwicklung im Labor über die Marktzulassung bis zu Angebot und Nachfrage im Lebensmitteleinzelhandel auftreten.

Eine früher durchgeführte Literaturrecherche belegte eine Vielzahl von wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu gentechnisch veränderten, angereicherten Pflanzen (vgl. Stirn und Lörz, 2005). Diese Veröffentlichungen beziehen sich zumeist darauf, eine mögliche Veränderung des ernährungsphysiologischen Wertes nachzuweisen, wobei oft Modellpflanzen wie *Arabidopsis thaliana* verwendet wurden („proof of concept“). Anschließend erfolgt eine Übertragung auf Nutzpflanzen und erste Tests im Freiland.

Die hier dargestellten Ergebnisse aus den Freisetzungsdatenbanken belegen, dass auf dieser Entwicklungsstufe noch eine Vielzahl von verschiedenen gentechnisch veränderten Pflanzen getestet werden: So steht die Kategorie „Veränderung der Produktqualität“ mit 2507 Freisetzungen in den USA an dritter Stelle und die komplementäre Kategorie „Metabolismus-Veränderungen“ (488 Anträge auf Freisetzung) in der EU sogar an zweiter Stelle hinter Herbizidtoleranz (1337, Stand: April 2006) (BBA, 2006). Auch wenn diese Kategorien Pflanzen mit einer Vielzahl verschiedener Verwendungszwecke enthalten, belegen die Daten dennoch, dass aktiv an gentechnisch veränderten Pflanzen der nächsten Generation geforscht wird.

Sieht man sich dagegen die Daten der zur Vermarktung beantragten GVO an, so sind sowohl in den USA als auch in der EU die Pflanzen mit veränderter Produktqualität deutlich geringer vertreten: In der EU liegen bis auf drei Anträge nur Anträge auf Inverkehrbringen herbizidtoleranter bzw. insektenresistenter Pflanzen vor. Dies liegt z.T. an dem „de facto-Moratorium“, dem Zeitraum zwischen 1998 und 2004, während dessen keine gentechnisch veränderten Pflanzen in der EU zugelassen wurden. Dadurch ergibt sich ein „Rückstau alter Anträge“ auf Inverkehrbringen, die sich alle auf gentechnisch veränderte Pflanzen der ersten Generation (HR, IR) beziehen. Aber auch bei den neu eingereichten Anträgen finden sich nur eine gentechnisch veränderte Kartoffel, die für die industrielle Nutzung optimiert worden ist sowie zwei Maislinien, einen Futter- und einen Industrie-Mais („high lysin“ Mais und Mais mit einer hitzestabilen Amylase zur effizienteren Bioethanolherstellung).

In den USA ist die Anzahl der gentechnisch veränderten Pflanzen, deren Produktqualität verändert worden ist, zwar höher, der Großteil der gentechnisch veränderten Pflanzen dieser Kategorie besteht aber aus verschiedenen Tomatenlinien mit verzögerter Reife, die Mitte der 1990er Jahre dereguliert worden sind und deren Vermarktung mittlerweile eingestellt wurde⁵. Werden diese Linien nicht berücksichtigt, bleiben bei den neu eingereichten Pflanzen genau die drei GVOs mit veränderter Produktqualität übrig, die auch in der EU zur Vermarktung beantragt worden sind. In diesem Fall kann also von einer Vorreiterrolle der USA nur insofern die Rede sein, als die Zulassung zuerst in den USA und nachfolgend in der EU beantragt worden ist.

Da die Zulassung zum Inverkehrbringen eine Voraussetzung zur Vermarktung ist, zeigen diese Daten, dass in absehbarer Zeit (bis zu 5 Jahren) keine gentechnisch veränderten

⁵ Dies wird sowohl auf die hohen Entwicklungskosten, die Kosten der Segregation auf dem Markt als auch auf Missmanagement zurückgeführt (Soil Association, 2005)

Pflanzen mit einem zusätzlichen Gesundheitsnutzen für Verbraucher auf den Markt kommen werden.

Dies ist zunächst erstaunlich, da Pflanzen mit einem zusätzlichen Verbrauchernutzen in den Debatten um die Chancen gentechnisch veränderter Pflanzen schon seit Jahren angekündigt werden (Bomben, 1997; Breithaupt, 2004).

Die zögerliche (Weiter-)Entwicklung dieser Pflanzen kann sowohl naturwissenschaftliche als auch sozio-ökonomische Ursachen haben, die von der jeweilig veränderten Pflanze und dem veränderten Merkmal abhängen.

Bei den Pflanzen der nächsten Generation werden in den meisten Fällen nicht einzelne Gene übertragen, um die gewünschte Eigenschaft zu erzielen (wie z.B. bei der Herbizid- oder Insektenresistenz), sondern ganze Stoffwechselwege beeinflusst. Hier können unerwünschte Wirkungen viel häufiger auftreten: So kann die angestrebte Bildung einer gesundheitsrelevanten Substanz zu unerwarteten Stoffwechselverschiebungen führen (z.B. Bildung von Xanthophyllen beim „Golden Rice“, Hoa et al., 2003) die Veränderung der Speicherstoffzusammensetzung kann zu einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit führen (z.B. „high amylose-corn“, U.S. Grains Council, 2002) oder die neuen Eigenschaften sind nicht stabil, wie es bei der Veränderung des Fettsäuremusters in Raps beobachtet wurde, bei der die erwünschten hohen Konzentrationen wieder abgebaut wurden (EU, 2000).

Die Weiterentwicklung von den ersten erfolgreichen Freisetzungsversuchen bis zum Antrag auf Vermarktung dieser gentechnisch veränderten Pflanzen ist sehr kosten- und zeitintensiv. Neben dem Einkreuzen der erwünschten Eigenschaft in vermarktbar Sorten erfolgen in dieser Zeit auch die Tests zur Lebensmittelsicherheit sowie der Nachweis der postulierten gesundheitsbezogenen Wirkung.

Die Sicherheitsabschätzung der bisher zugelassenen gentechnisch veränderten Pflanzen mit Herbizid- oder Insektenresistenz erfolgte nach einem etablierten Schema, dem Konzept der substanziellen Äquivalenz: Dabei konzentriert man sich auf die Unterschiede zwischen der gentechnisch veränderten und der Ursprungspflanze (OECD, 1993). Die neu eingeführten Proteine werden hinsichtlich einer möglichen Toxizität und Allergenität geprüft. Zusätzlich werden die Hauptinhaltsstoffe („key nutrients“) und die Konzentration bekannter Toxine verglichen, um mögliche unerwartete Nebenwirkungen der Transformation zu erfassen (OECD, 2001).

Dieses Schema der Sicherheitsabschätzung muss für die gentechnisch veränderten Pflanzen mit Stoffwechselveränderungen ergänzt werden. An Kriterien für diese erweiterte Sicherheitsabschätzung wird auf EU-Ebene noch gearbeitet. Um mögliche Verschiebungen im Stoffwechsel und ihre Bedeutung für die Ernährungssicherheit und -ausgewogenheit zu erfassen, werden zur Zeit „profiling“-Methoden erarbeitet, wie z.B. das „metabolic profiling“, mit dem bestimmte Stoffwechselprofile und eventuell aufgetretene Verschiebungen erfasst werden sollen (entransfood, 2004). Darüber hinaus kann es durch die vermehrte Einführung von Lebensmitteln, die mit ernährungsphysiologisch wertvollen Substanzen angereichert sind (gentechnisch verändert oder nicht) zu einem übersteigerten Konsum bestimmter Inhaltsstoffe kommen, die dann einen negativen Effekt auf die Gesundheit haben. Ein Beispiel aus dem Bereich nicht gentechnisch veränderter, funktioneller Lebensmittel sind cholesterinsenkende Phytosterole, die in Form verschiedener Margarinen und Joghurts auf dem Markt sind. Der Verzehr hoher Dosen dieser pflanzlichen Sterole über einen langen Zeitraum kann zu einer verminderten Aufnahme fettlöslicher Vitamine führen. Eine vorgeschriebene Kennzeichnung

macht zwar darauf aufmerksam, bisher ist aber nicht bekannt, ob einzelne Konsumentengruppen die empfohlene Obergrenze durch Verzehr mehrerer Phytosterolhaltiger Produkte überschreiten. Eine Expertengruppe der WHO und FAO erarbeitet zur Zeit ein Modell zur Abschätzung der oberen Grenze der Aufnahme von Nährstoffen (WHO, 2006) und in Deutschland hat die DFG Senatskommission Beurteilungskriterien und Sicherheitsanforderungen an Funktionelle Lebensmittel zusammengefasst (DFG, 2004).

Eine weitere bisher noch unklare Situation herrscht auch auf dem Gebiet der gesundheitsbezogenen Werbeaussagen: Wenn gentechnisch veränderte Produkte einen zusätzlichen Gesundheitsnutzen für Verbraucher aufweisen, ist es im Interesse der Produzenten diesen Zusatznutzen zu bewerben, auch um einen Preisaufschlag gegenüber konventionellen Produkten zurechtfertigen. Lebensmittel mit einem gesundheitlichen Zusatznutzen für Verbraucher fallen allerdings in die Grauzone zwischen Lebensmittel- und Arzneimittelrecht. Bisher galt für Lebensmittel ein Verbot für gesundheitsbezogene Werbeaussagen („health claims“), die eine Prävention oder Heilung von Krankheiten mit dem Verzehr bestimmter Lebensmittel in Verbindung brachten. Dies ist von der EU nun geändert worden, die Umsetzungsvorschriften, welche Lebensmittel beworben werden dürfen, müssen aber noch ausgearbeitet werden⁶. (EU, 2006).

Diese ungeklärten Rahmenbedingungen bei der Zulassung und Vermarktung gentechnisch veränderter Pflanzen mit gesundheitlichem Zusatznutzen müssen von den Entwicklern gentechnisch veränderter Pflanzen als Investitionsrisiko eingestuft werden. Demgegenüber stehen die Marktchancen der Produkte, die u.a. von der Verbraucherakzeptanz des Einsatzes der Gentechnik im Lebensmittelsektor beeinflusst werden. Da letztere in Europa niedrig ist, investieren die Firmen hier eher in Anwendungen der grünen Gentechnik im Nonfood-Sektor, der eine größere Akzeptanz aufweist (Eurobarometer, 2003; Volling, 2006). Dies belegen auch Untersuchungen zur Forschungsaktivität im Rahmen von EU-Forschungsprojekten: die Hälfte der Projekte im Zeitraum von 1990 bis 2002 bezog sich auf den Bereich Rohstoffnutzung (20 von 40) während jeweils 8 Projekte die Produktion von Pharmazeutika und die Verbesserung der Nahrungsmittelqualität betrafen (Pickart & de Kathen, 2004).

Auch in den USA ist eine uneingeschränkte Akzeptanz der Verbraucher nicht vorauszusetzen. Die Debatte um gentechnisch veränderte Lebensmittel begann hier zeitlich verzögert, da die meisten Amerikaner nicht um die Verwendung gentechnisch veränderter Pflanzen in der Lebensmittelherstellung wussten. Momentan wird vor allem über eine Kennzeichnung gentechnisch veränderter Lebensmittel diskutiert. Und gerade hier liegt ein entscheidender Punkt: bisher mussten die Lebensmittel, die aus gentechnisch veränderten Pflanzen hergestellt wurden, nicht gekennzeichnet werden, da sie als gleichwertig (substanziell äquivalent) zu herkömmlichen Lebensmitteln angesehen wurden. Dies ist hingegen bei den gentechnisch veränderten Pflanzen mit zusätzlichem Verbrauchernutzen nicht der Fall, was zu einer Kennzeichnungspflicht auch in den USA führen würde. Die Reaktionen der Verbraucher ist also auch dort eine Unbekannte (Shoemaker et al., 2003).

⁶ Im Grundsatz soll gelten, dass ein Lebensmittel nur mit gesundheitsbezogenen Angaben beworben werden darf, wenn nicht nur bestimmte Inhaltsstoffe von gesundheitlichem Nutzen sind (z.B. zugesetzte Vitamine), sondern das Lebensmittel ein bestimmtes Nährwertprofil aufweist, d.h. wenn es einen als bedenklich eingestuften Gehalt an Fett, gesättigten Fettsäuren, Zucker und Salz nicht übersteigt. Die Frage, ab wann genau der Zucker-, Fett-, oder Salzgehalt zu hoch ist, lässt die Verordnung noch offen. Dies soll von der EFSA in den nächsten zwei Jahren geklärt werden. Die VO wird wahrscheinlich im Frühjahr 2007 in Kraft treten.

Wenig beleuchtet wurde bisher der Einfluss der Lebensmittelverarbeitung und des -handels. Das Beispiel des insektenresistenten Mais Bt11 der Firma Syngenta belegt eine wenig öffentlich wahrgenommene, jedoch nicht minder machtvolle Position des Handels: Im Mai 2004 erhielt Syngenta die Zulassung für den ersten insektenresistenten Süßmais (Gemüsemais) in der EU. Aber schon eine Woche später verkündete das Unternehmen, dass es von der Vermarktung dieses Maises absehen werde, da keine interessierten Partner in der Lebensmittel verarbeitenden Industrie gefunden werden konnten.

Hier schließt sich der Kreis: zwar erhofft man sich von gentechnisch veränderten Pflanzen mit einem zusätzlichen Verbrauchernutzen eine erhöhte Akzeptanz der Verbraucher, keine der großen Lebensmittel verarbeitenden Firmen möchte aber die erste sein, die mit gentechnisch veränderten Pflanzen in Verbindung gebracht wird. Diese Reaktion ist z.T. auch verständlich, da die Macht der Nichtregierungsorganisationen, wie z.B. Greenpeace, Gentechnik verwendende Firmen an den Pranger zu stellen, gefürchtet wird.

So haben wir seit Jahren einen Stillstand bei der Weiterentwicklung gentechnisch veränderter Pflanzen mit einem Zusatznutzen für Verbraucher. Die großen „life science industries“ haben diese Pflanzen zwar in ihrer Entwicklungspipeline, setzen im Moment aber auf die Weiterentwicklung gentechnisch veränderter Pflanzen im Futtermittelsektor oder im Bereich nachwachsender Rohstoffe. Meiner Meinung nach ist in absehbarer Zeit keine Änderung zu erwarten. Sollte ich einen „good guess“ wagen, würde ich erste gentechnisch veränderte Produkte mit zusätzlichem Verbrauchernutzen im Bereich der allergenarmen Lebensmitteln erwarten, da in diesen Fällen der Nutzen für die Betroffenen sehr groß sein kann.

*Literatur*⁷

BASF Plant Science (2006) Ausblick.

<http://corporate.basf.com/de/produkte/biotech/plantscience/ausblick.htm?id=MavSe8pGlbcp1We>.

BBA (2006a) Gentechnik-Datenbank. Tabelle 6: Freisetzungen von GVO in der EU nach beantragten Orten und Jahren. <http://www.bba.de/gentech/tab6.htm>.

BBA (2006b) Gentechnik-Datenbank. Tabelle 3: Anträge zur Freisetzung von GVO: eingeführte Eigenschaften. <http://www.bba.de/gentech/tab3n.htm>.

Bomben, J.L. (1997) Neue Chancen für Lebensqualität, Gesundheit und Wohlstand der Menschheit. FUTURE, Das Hoechst Magazin, Biotechnologie Spezial, II/97, 58-61.

Breithaupt, H. (2004) GM plants for your health. EMBO Reports 5 (11), 1031-1034.

BVL (2006) Freisetzungsdatenbank.

http://www.bvl.bund.de/cln_027/nm_491806/DE/06_Gentechnik/094_Register_Datenbanken/register_datenbanken_node.html_nnn=true.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2004) Funktionelle Lebensmittel – aber sicher. DFG-Senatskommission legt Symposiumsband vor. DFG Pressemitteilung Nr. 13, 2004.

http://www.dfg.de/aktuelles_presse/pressemitteilungen/2004/presse_2004_13.html.

⁷ Alle Internet-Verbindungen im Literaturverzeichnis waren im Juni 2006 aufrufbar

- DuPont (2006) Bringing the Benefits Home.
http://www2.dupont.com/Biotechnology/en_US/difference/benefits.html.
- Entransfood (2004) European Network Safety Assessment of Genetically Modified Food Crops. Main Conclusions & Recommendations.
http://www.entransfood.com/Entransfood_Flyer%20def_1%20March_2004.pdf.
- EU (2000) Fifth Framework Projekt QLK3-CT-1999-00213 (CONFAB): „Controlling fatty acid breakdown in order to produce viable oilseeds with increased yields of novel oils“. Project record abrufbar unter
http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5/ACTIONeqDndSESSIONeq112482005919ndDOCEq493ndTBLeqEN_PROJ.htm.
- Eurobarometer 58 (2003) Europeans and Biotechnology in 2002. abrufbar unter:
http://www.oew.ac.at/ita/ebene5/HT_1176.pdf
- Europaparlament (2006) Einigung zu Nährwertprofilen und Zusatzstoffen bei Lebensmitteln. Presseinfo vom 16.05.06.
http://www.europarl.europa.eu/news/expert/infopress_page/067-8214-136-05-20-911-20060512IPR08047-16-05-2006-2006-true/default_en.htm.
- Hoa, T.T.C., Al-Babili, S., Schaub, P., Potrykus, I. und Beyer, P. (2003) Golden Indica and Japonica Rice Lines Amenable to Deregulation. *Plant Physiol.* 133(1), 161–169.
- Jaffe, G. (2005) Withering on the vine: Will agricultural biotech’s promises bear fruit?
http://www.cspinet.org/new/pdf/withering_on_the_vine.pdf.
- Lheureux, K., Libeau-Dulos, M., Nilsagard, H., Cerezo, E.R., Menrad, K., Menrad, M. und Vorgrimler, D. (2003) Review of GMOs under research and development and in the pipeline in Europe. <http://www.jrc.es/gmoreview.pdf>.
- Monsanto (2006) Product pipeline.
http://www.monsanto.com/monsanto/layout/sci_tech/prod_pipeline/productpipeline.asp.
- OECD (1993) Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology. Concepts and principles. <http://www.oecd.org/dataoecd/57/3/1946129.pdf>.
- OECD (2001) Consensus Documents for the work on the Safety of Novel Foods and Feeds.
http://www.oecd.org/document/9/0,2340,en_2649_34385_1812041_1_1_1_1,00.html.
- Pickardt, T. und de Kathen, A. (2004) Gentechnisch veränderte Pflanzen mit neuen oder verbesserten Qualitäts- und Nutzungseigenschaften: Futtermittel- und Rohstoff liefernde Nutzpflanzen, Pflanzen zur Bodenansäuerung und Zierpflanzen. André de Kathen & Thomas Pickardt BioTechConsult GbR, Berlin. Abrufbar unter:
<http://www.biotech-consult.de/files/download-2004-TAB-PMI.pdf>.
- Pioneer Hi-Bred International (2006) Future Products.
http://www.pioneer.com/biotech/dp_biotech/future.htm.
- Runge, C.F. und Ryan, B. (2003) The economic status and performance of plant biotechnology in 2003: Adoption, Research and Development in the United States. <http://www.apec.umn.edu/faculty/frunge/plantbiotech.pdf>.
- Sauter, A. & Hüsing, B. (2005) TA-Projekt Grüne Gentechnik – transgene Pflanzen der 2. und 3. Generation. Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag TAB-Arbeitsbericht 104, 314 S.; abrufbar unter:
<http://www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab104.pdf>.
- Shoemaker, R., Johnson, D.D. und Golan, E. (2003) Consumers and the Future of Biotech Foods in the United States. USDA Economic Research Service, Amber Waves,

- November 2003.
<http://www.usda.gov/AmberWaves/November03/Features/futureofbiotech.htm>.
- Soil Association (2005) Flavr Savr tomato & GM tomato puree: The failure of the first GM foods.
<http://www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/0/80256cad0046ee0c80256d1f005b0ce5?OpenDocument> (Oktober 2006).
- Stirn, S. und Lörz, H. (2005) Transgenic Plants for Food Use. In: R. A. Meyers (ed.) Encyclopedia of Molecular Cell Biology and Molecular Medicine, Vol. 14. Wiley VCH, Weinheim, S. 547-578.
- Syngenta (2005) Jahresbericht 2005
http://www.syngenta.com/en/downloads/Syngenta_AR2005_en.pdf.
- U.S. Grains Council (2002) Value Enhanced Grain Report: High Amylose Corn.
http://www.vegrains.org/documents/2002veg_report/highamy/hamktdev.html.
- Volling, A. (2006) Nachwachsende Rohstoffe – Trojanisches Pferd für die Gentech-Industrie. Ökologie & Landbau 4: 25-27.
- World Health Organization (WHO) (2006) A Model for Establishing Upper Levels of Intake for Nutrients and Related Substances.
http://www.who.int/ipcs/highlights/full_report.pdf

Anhang:

Tab. 6: Anzahl der Freisetzungsanträge der Kategorie „Produktqualität“ in den USA, aufgeschlüsselt nach veränderter Eigenschaft und Pflanzenart

veränderte Eigenschaft		Anzahl Freisetzungsanträge	hauptsächlich veränderte Pflanzen (nach Anzahl Freisetzung)
Kohlenhydratstoffwechsel		349	Mais (229) Kartoffel (81) Weizen (10) Reis (9)
Aminosäurezusammensetzung		329	Mais (280) Sojabohne (38)
davon:	Lysingehalt erhöht	175	Mais (163) Sojabohne (9)
Ölprofil; Ölqualität; Fettsäurezusammensetzung		318	Mais (106) Sojabohne (129) Raps (20)
Proteingehalt, Proteinqualität		317	Mais (198) Sojabohnen (57) Weizen (23)
Samenzusammensetzung		198	Sojabohne (128) Mais (49) Raps (13)
Fruchtreife verzögert		93	Tomaten (86) Erdbeeren (3) Melonen (3)
Futterqualität verbessert		56	Mais (36) Sojabohnen (11)
davon:	Phytat reduziert	13	Mais (12) Sojabohne (1)
Nutritional Qualität		26	Mais (7) Tomaten (4) Sojabohnen (4) Weizen (3)

Quelle: eigene Zusammenstellung aus „Field Test Release Permits Database“

<http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldteests3.cfm> (Stand: Dezember 2005)