

## Diskursprojekt "Szenario Workshops: Zukünfte der Grünen Gentechnik"

### Transgene Pflanzen mit neuen Nutzungseigenschaften

#### BASISINFORMATION NR. 3

Diese Basisinformation behandelt den Forschungs- und Entwicklungsstand bei gentechnisch veränderten Pflanzen mit geänderten Nutzungseigenschaften. Hierbei dient die gentechnische Veränderung nicht einem erleichterten oder effizienteren landwirtschaftlichen Anbau (siehe Basisinformation Nr. 2), wie es bei den bislang verbreiteten gv Pflanzen der Fall ist (siehe Basisinformation Nr. 4). Stattdessen sollen die neuen Inhaltsstoffe der transgenen Pflanzen zur Produktion von gesundheitsfördernden, sogenannten "funktionellen" Lebensmitteln (Health Foods), zur industriellen oder zur pharmazeutischen Nutzung verwendet werden („plants as factories“). Hieraus resultiert möglicherweise ein direkter Verbrauchernutzen, gleichzeitig werden aber neue Fragen der Sicherheit und der Regulierung aufgeworfen. Das Potenzial dieser nutzungsveränderten so genannten 2. und 3. Generation von gv Pflanzen wird insgesamt sehr unterschiedlich eingeschätzt.

#### KATEGORIEN NUTZUNGSVERÄNDERTER GV PFLANZEN IM ÜBERBLICK

Die derzeit absehbaren gv Pflanzen mit neuen Nutzungseigenschaften lassen sich sechs Kategorien zuordnen (Sauter/Hüsing 2005):

1. Nahrungsmittelpflanzen mit neuen Inhaltsstoffen (»Functional Food«);
2. Futtermittelpflanzen mit neuen Inhaltsstoffen;
3. Nutzpflanzen für die industrielle Stoffproduktion, darunter auch für die Biokraftstoffgewinnung (»PMI« = Plant Made Industrials);
4. Nutzpflanzen zur Produktion pharmazeutischer Substanzen für die Human- und Tiermedizin (»PMP« = Plant Made Pharmaceuticals);
5. Pflanzen für die sogenannte Phytosanierung, d.h. die Entgiftung belasteter Böden durch Pflanzen;
6. Zierblumen bzw. -pflanzen mit geänderten Eigenschaften (Blütenfarbe, Haltbarkeit; "Belastbarkeit", z.B. von Rasen für Golfplätze).

Im weltweiten Anbau spielen entsprechende transgene Pflanzen gegenwärtig keine Rolle, hier dominieren die gv Pflanzen mit den Eigenschaften Herbizid- und Insektenresistenz (Basisinformation Nr. 4). Bisher gibt es erst wenige gv Pflanzen mit veränderten Nutzungseigenschaften, die für den Anbau zugelassen wurden. Dazu gehören länger haltbare

Tomaten, länger haltbare sowie blau blühende Nelken oder ein nikotinreduzierter Tabak. Sie werden bislang praktisch nicht genutzt.

Die folgende Darstellung geht auf die drei wichtigsten Hauptgruppen nutzungsveränderter gv Pflanzen ein: zur Produktion funktioneller Lebensmittel bzw. von »Functional Food« (»FF gv Pflanzen«), zur Produktion pharmazeutisch nutzbarer Proteine (»PMP gv Pflanzen«) sowie zur Produktion industriell nutzbarer Stoffe (»PMI gv Pflanzen«).

---

## PRODUKTION FUNKTIONELLER LEBENSMITTEL BZW. INHALTSSTOFFE

Unter funktionellen Lebensmitteln ("Functional Food", "Health Foods") werden Lebensmittel verstanden, die einen zusätzlichen Nutzen für die Konsumenten aufweisen, der über die reine Sättigung, die Zufuhr von Nährstoffen und die Befriedigung von Genuss und Geschmack hinausgeht. Dieser Zusatznutzen kann in einer Verbesserung des Wohlbefindens, des individuellen Gesundheitszustands oder in einer Verringerung des Risikos bestehen, dass sich bestimmte Krankheiten (z.B. Diabetes, Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Erblindung) entwickeln. Die Wirkungen funktioneller Lebensmittel beruhen auf ihrem erhöhten Gehalt bestimmter Inhaltsstoffe (z.B. Vitamine, Mineralstoffe, Omega-3-Fettsäuren, probiotische Bakterien). Auch Lebensmittel, aus denen potenziell schädliche Bestandteile wie z.B. Allergene entfernt wurden, werden zu funktionellen Lebensmitteln gezählt.

Funktionelle Lebensmittel werden seit längerem angeboten und finden aufgrund der wachsenden Verbraucherwünsche nach gesunder Ernährung einen zunehmenden Absatz. Der überwiegende Teil der funktionellen Lebensmittelinhaltsstoffe wird zurzeit aus natürlichen Quellen extrahiert, gefolgt von der Herstellung mithilfe von Bakterien oder Hefen, wobei letztere zum Teil gentechnisch verändert sind. Von geringer Bedeutung sind chemisch synthetisierte Inhaltsstoffe. In verschiedenen Stadien der Erforschung und Entwicklung befindet sich eine Vielzahl von gv Nutzpflanzen zur Produktion funktioneller Lebensmittel bzw. Inhaltsstoffe. Dabei handelt es sich insbesondere um Pflanzen mit veränderten Kohlenhydrat- oder Fettsäuremustern, verringerten Anteilen Allergie-auslösender oder sonstiger unerwünschter Stoffe (z.B. Bitterstoffe), erhöhtem Mineralstoff- oder Antioxidantiengehalt sowie zur Produktion von sogenannten Phytosterinen (BMBF 1998; PTJ 2002; Transgen).

## EINSCHÄTZUNGEN UND BEWERTUNGEN ZU POTENZIAL UND PERSPEKTIVEN

Derzeit befinden sich gv Pflanzen, die als Functional Food eingesetzt werden sollen, im Forschungsstadium. Entwickelt wurden Prototypen zum grundsätzlichen Nachweis der Machbarkeit. Für eine kommerzielle Anwendung müssen diese weiter entwickelt und im Freiland getestet werden. Falls gv Inhaltsstoffe aufgrund ihrer Neuartigkeit unter die No-

vel-Food-Verordnung (siehe Basisinformation Nr. 5) fallen sind vor der Zulassung auch Verzehrsstudien am Menschen notwendig.

Für die meisten funktionellen Inhaltsstoffe reichen die bislang verfolgten Gentechnikan-sätze – das Übertragen einzelner Gene, die direkt an den relevanten Stoffwechselwegen beteiligt sind – nicht aus, um wirtschaftlich attraktive Gehalte der funktionellen Inhaltsstoffe in den gv Pflanzen zu erzielen. Die Hoffnung richtet sich auf konzeptionelle und methodische Weiterentwicklungen des »Metabolic Engineering«, durch das ganze Stoffwechselwege und Regulationsnetzwerke koordiniert beeinflusst werden sollen (Sauter/Hüsing 2005).

Ob sich FF gv Pflanzen mittelfristig für die Bereitstellung von funktionellen Lebensmittelroh- und -inhaltsstoffen etablieren können, hängt wesentlich davon ab, inwieweit sich eine kostengünstigere Produktion funktioneller Inhaltsstoffe in gv Nutzpflanzen gegenüber etablierten Produktionsverfahren tatsächlich realisieren lässt. Dabei stellt die ressourcenintensive und vergleichsweise lange Entwicklungs- und Zulassungszeit für neue Varianten von gv Pflanzen einen Nachteil dar.

Inwieweit sich die ablehnende Haltung speziell der EU-Verbraucher gegenüber gentechnisch veränderten Lebensmitteln auch auf funktionelle Lebensmittel aus gv Pflanzen erstrecken würde, bei denen ein Verbrauchernutzen durch eine gentechnische Veränderung herbeigeführt würde, ist eine offene Frage (vgl. Basisinformation Nr. 5). Kritiker stellen häufig das Gesamtkonzept der funktionellen Lebensmittel infrage, weil es zu stark auf eine einzelstoffliche Wirkung ähnlich wie bei pharmazeutischen Ansätzen abziele. Die Komplexität der gesundheitsfördernden Wirkungen z.B. von pflanzlichen Inhaltsstoffen könne mit Methoden der Gentechnik nicht adäquat in neue Produkte eingebracht werden (Boysen 2007).

Entwickler und Befürworter hingegen betonen, dass es gerade zur Wirkung von Einzelstoffen wissenschaftliche Belege für eine positive Wirkung gebe, so dass die gezielte Anreicherung einzelner Komponenten besonders naheliege. Functional Foods könnten dadurch beispielsweise auch dazu beitragen Mangelernährung zu beheben – eine aufgrund soziokultureller und ökonomischer Rahmenbedingungen vor allem jenseits der Industrieländer auftretendes Problem (siehe Basisinformation Nr. 7)

---

## PLANT MADE PHARMACEUTICALS

Pflanzen spielen seit jeher eine zentrale Rolle bei Gewinnung von pharmazeutischen Wirkstoffen: 20–40 % der auf Einzelstoffen basierenden Medikamente werden entweder direkt aus Pflanzen isoliert oder chemisch-synthetisch »nachgebaut«. Die Gentechniknutzung in der Arzneimittelproduktion beschränkt sich bislang nahezu ausschließlich auf so genannte Zellkulturen mit Bakterien, Hefen, anderen einzelligen Lebewesen oder aus tierischen Geweben. Diese werden in geschlossenen Anlagen betrieben (sog. Fermenterproduktion). Die Arzneimittelerzeugung mit transgenen Tieren erfolgt erst in Einzelfäl-

len im Produktionsmaßstab. Ein erstes Medikament, menschliches Antithrombin aus transgenen Ziegen, wurde im August 2006 in der EU zugelassen.

Bei den gegenwärtig mit Hilfe gentechnischer Methoden hergestellten Produkten handelt es sich ganz überwiegend um Eiweißstoffe (Proteine bzw. Peptide), die auch als »Biopharmazeutika« bezeichnet werden. Ihre therapeutische Bedeutung nimmt stark zu, ebenso wie ihre Umsatzanteile am Weltarzneimittelmarkt (Sauter/Hüsing 2005). Häufig sind es menschliche, körpereigene Proteine, z.B. Blutgerinnungsfaktoren oder Hormone (z.B. Insulin, Wachstumshormone), aber auch therapeutische Enzyme (z.B. Blutgerinnsel auflösende Enzyme zur Therapie von Herzinfarkt) oder Impfstoffe. Diese Biopharmazeutika werden von Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Hefen) produziert, in die mit Hilfe der Gentechnik meist menschlichen Gene eingebracht wurden.

Gv Nutzpflanzen werden mittlerweile seit vielen Jahren als viel versprechender neuer Weg für die Herstellung von Biopharmazeutika diskutiert. Hoffnungen richten sich insbesondere auf eine kostengünstige Produktion in großen Mengen. Die intensivsten Forschungs- und Freisetzungstätigkeiten sind in den USA und Kanada zu verzeichnen, in der EU sind vor allem zwei französische Firmen aktiv. Unter den verwendeten Pflanzenarten dominieren Mais sowie Tabak, es folgen Raps und Soja.

Eine Zulassung als Arzneimittel für Menschen besitzt derzeit kein Plant Made Pharmaceutical, allerdings wurden und werden etwa 20 PMP in klinischen Prüfungen getestet. Alle stammen von gv Pflanzen aus experimentellen Freisetzungen. Die kubanischen Behörden haben 2006 einen in Tabakpflanzen produzierten Antikörper zugelassen, der zur Reinigung eines (nicht in Pflanzen hergestellten) Hepatitis-B-Impfstoffes eingesetzt werden soll (Schillberg/Twyman 2007).

Einige PMP werden derzeit für veterinärmedizinische Anwendungen entwickelt, mit der Option, diese im Erfolgsfall später möglicherweise auch beim Menschen anzuwenden. Im Februar 2006 in den USA zugelassen wurde ein Impfstoff gegen ein Geflügelvirus, der mithilfe einer Zellkultur von gv Tabakzellen in einem geschlossenen System produziert wird. Die Herstellerfirma wollte dieses PMP nach eigener Aussage jedoch nicht auf den Markt bringen, sondern lediglich die grundsätzliche Zulassungsfähigkeit von PMPs für veterinärmedizinische Anwendungen eruieren.

Daneben gibt es eine kaum überschaubare Vielzahl von PMP in frühen Stadien der Forschung und Entwicklung. Ein Schwerpunkt liegt bei der Entwicklung von Antikörpern, die vor allem in der modernen Krebstherapie zunehmend und in großen Mengen eingesetzt werden, so dass hier ein besonderer Bedarf an zusätzlichen Produktionskapazitäten absehbar ist.

## EINSCHÄTZUNGEN UND BEWERTUNGEN ZU POTENZIAL UND PERSPEKTIVEN

Mögliche Vorteile von PMP gv Pflanzen gegenüber den etablierten Produktionssystemen, d.h. vor allem Zellkulturen, werden von Forschern und Entwicklern, die an solchen gv Nutzpflanzen arbeiten, in drei Eigenschaften gesehen (Wilke/Katzek 2003):

- > in der Freiheit von menschlichen Krankheitserregern;
- > einer besseren Wirksamkeit der Medikamente verglichen mit der Produktion z.B. in bakteriellen Zellkulturen;
- > und vor allem in Kostenvorteilen, wenn einfach durch eine Steuerung des Anbauumfangs beliebig große Mengen produziert werden könnten.

Nicht nur Kritiker, sondern auch unabhängige Beobachter bezweifeln vor allem die prinzipiellen Kostenvorteile einer Produktion von pharmazeutischen Stoffen mit gv Pflanzen (Sauter/Hüsing 2005). Zwar entfalle die Errichtung teurer Zellkulturanlagen, aber es sei absehbar, dass eine Produktion im Gewächshaus und vor allem im Freiland nur unter umfassenden Sicherheitsauflagen erlaubt werden können. Dabei handelt es sich um Maßnahmen, die ein Entweichen der gv Pflanzen bzw. der in sie eingebrachten "Medikamentengene" verhindern können muss (entweder "physikalisch" durch Abtrennung oder biologisch durch Verhinderung jeglicher Auskreuzungsmöglichkeiten). Kritiker von PMP-Ansätzen bezweifeln grundsätzlich, dass dies im Freilandanbau möglich ist. Anders als bei gv Pflanzen zur Nutzung als Lebens- oder Futtermittel könne es hier keine Toleranzschwelle für eine Vermischung geben, weil die in den Pflanzen enthaltenen pharmazeutischen Stoffe wie jedes Medikament ein gesundheitliches Risiko für Menschen, aber ggf. auch für Tiere, bei unkontrollierter Aufnahme bedeuteten (Näheres zu Zulassung, Koexistenz und Risiken in den Basisinformationen Nr. 12,13 und 19). Allerdings ist davon auszugehen, dass die nötigen Produktionsflächen für einzelne Medikamente so klein sind, dass sie tatsächlich in Gewächshäusern untergebracht werden können (Sauter/Hüsing 2005).

Darüber hinaus entstehen hohe Kosten bei der Extraktion und Reinigung der pharmazeutischen Wirkstoffe, die bei pflanzlichen Geweben aufwendiger als bei Zellkulturen sein können. Insgesamt dürften die zukünftigen Chancen der Produktion von Plant Made Pharmaceuticals vor allem durch die Entwicklung des Gesamtmarkts für Biopharmazeutika bestimmt werden. Je stärker dieser wächst, desto intensiver wird die Suche nach Produktionsalternativen zu den Zellkulturanlagen, wie transgene Pflanzen und transgene Tiere, werden (Engelhard et al. 2007).

### ESSBARE IMPFSTOFFE AUS TRANSGENEN PFLANZEN?

Eine Analyse der Chancen, essbare Impfstoffe aus gv Pflanzen herzustellen, hat gezeigt, dass die – immer noch recht häufig geäußerte – Vorstellung einer Aufnahme in Form unverarbeiteter Früchte völlig unrealistisch ist. Die Produktion von oralen Impf-

stoffen in transgenen Pflanzen ist prinzipiell möglich, aber allein aufgrund der stark schwankenden Gehalte an Inhaltsstoffen ist es ausgeschlossen, dass ein Teil einer Pflanze (z.B. eine Banane) ohne weitere Behandlung jemals pharmazeutische Standards für die Humanmedizin erfüllen könnte. Denkbar ist dies in der Tiermedizin – weil hier die Ansprüche an die Produktsicherheit lange nicht so hoch sind wie in der Humanmedizin. Weiterhin könnten transgene Pflanzen als Ausgangspunkt für eine Impfstoffgewinnung dienen, wobei sich Aufreinigung, Standardisierung und Verwendung anschließen würden (Sauter/Hüsing 2005).

---

## PLANT MADE INDUSTRIALS

Die Nutzung von gv Nutzpflanzen zur Produktion industriell nutzbarer Stoffe wird auch als »Molecular Farming« bezeichnet. Als Hauptziele der gentechnischen Veränderung gelten:

- > Modifikation des Fettsäurespektrums (»Öl-Design«)
- > Modifikation von Kohlenhydraten (»Stärke-Design«)
- > Produktion industrieller Enzyme
- > Produktion von Biopolymeren (»Biokunststoffe«)
- > Veränderung der Holz- und Fasereigenschaften von Bäumen
- > Produktion spezieller Inhalts-/Speicherstoffe (z.B. Spinnenseidenprotein)

Erste gv-Pflanzen mit diesen Eigenschaften sind bereits zugelassen. Hierbei handelt sich um eine Rapsvariante und eine Sojabohnenvariante mit geänderter Ölzusammensetzung, optimiert sowohl für eine Nutzung als Lebensmittel wie als Industrierohstoff. Die Sorten konnten sich aber gegenüber den konventionellen Alternativen (aus Kokos- und Palmöl) nicht durchsetzen und werden daher praktisch nicht angebaut.

In absehbarer Zeit steht in der EU nur die "Amylopektinkartoffel" der Fa. BASF PlantScience zur Zulassung an. Ihre Zusammensetzung wurde dahingehend verändert, dass die spezielle Stärkegewinnung z.B. für die Papierherstellung material- und energiesparender erfolgen kann. Die Zulassung wurde bereits 1997 beantragt, im Dezember 2006 wurde die transgene Kartoffel von der europäischen Lebensmittelzulassungsbehörde EFSA (siehe Basisinformation Nr. 12) als unproblematisch bewertet.

Die Kartoffel weist außer der veränderten Stärkezusammensetzung auch ein Markergen (siehe Basisinformation Nr. 1) für eine Antibiotikaresistenz auf - einer der zentralen Streitpunkte in der Debatte über mögliche gesundheitliche Risiken von GVP (siehe Basisinformation 19). Die EU-Kommission hat ihre Zulassungsentscheidung im Frühjahr 2008 erst einmal weiter verschoben, da diese Punkte nun erneut diskutiert werden.

Ein weiterer Zulassungsantrag aus dem Bereich der PMI wurde in der EU 2006 gestellt. Es handelt sich dabei um eine Maissorte der Fa. Syngenta, die ein gentechnisch übertragenes Enzym (eine hitzestabile Alpha-Amylase) enthält, wodurch die Maisstärke ohne

Zugabe weiterer Enzyme aufgeschlossen werden kann und die Ethanolherstellung als Treibstoff erleichtert werden soll. Ansonsten spielen gentechnologische Methoden in der Züchtung von Energiepflanzen derzeit vor allem eine Rolle in der Grundlagenforschung (Meyer et al. 2008).

#### EINSCHÄTZUNGEN UND BEWERTUNGEN ZU POTENZIAL UND PERSPEKTIVEN

Bei allen anderen Ansätzen (ob beim »Öl-Design« oder »Stärke-Design«, bei der Produktion von industriellen Enzymen, von Biopolymeren oder anderen speziellen Inhaltsstoffen) ist es sehr schwer zu beurteilen, welchen Entwicklungsstand die Ansätze bisher erreicht haben. Häufig handelt es sich um firmeninterne Entwicklungen, über die nur sehr allgemeine Informationen vorliegen. In vielen Fällen ist die Entwicklung nicht so schnell vorangeschritten wie erhofft und von den Wissenschaftlern und Firmen seit vielen Jahren auch angekündigt. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Gewinnung von »Biokunststoff« aus gv Pflanzen, die nach Ansicht der Befürworter dieses Ansatzes einen enormen ökologischen Vorteil gegenüber der Herstellung auf Erdölbasis bieten könnte – wenn sie denn ökonomisch wäre. Die Gründe für das langsame Vorankommen sind je nach Entwicklungsziel und Pflanzenart unterschiedlich, doch lassen sich einige wichtige Ursachen benennen (Sauter/Hüsing 2005):

- > In einigen Fällen sind die Erwartungen vor allem bezüglich erreichbarer Produktausbeuten auch nach vielen Jahren der Entwicklung nicht erfüllt worden. Im Zuge der Steigerung der Gehalte eines bestimmten Inhaltsstoffes treten in vielen Fällen unerwünschte Nebeneffekte auf, die dann zu einem allgemeinen Ertragsrückgang führen.
- > In einigen Fällen gelang der Übergang von viel versprechenden Modellpflanzen auf nutzbare Kulturpflanzen nicht wie erhofft, weil die Gene dort nicht entsprechend »funktionierten«.
- > In einigen Fällen entwickelten sich die alternativen Produktionssysteme (zellbasierte Systeme, transgene Tiere), die auch für die industrielle Stoffproduktion genutzt werden können, schneller bzw. erreichen höhere Ausbeuten.
- > Zudem ist das Zulassungsverfahren für gv-Pflanzen mit einem hohen bürokratischen Aufwand und hohen Kosten verbunden, so dass derzeit nur große Unternehmen überhaupt in der Lage sind, dieses zu durchlaufen. Viele mögliche Neuentwicklungen bleiben somit im Forschungsstadium.

Ein umfänglicherer Anbau erscheint auf absehbare Zeit unwahrscheinlich, vor allem, weil (abgesehen von der BASF-Stärkekartoffel und dem Syngenta-Mais) kaum fortgeschrittene Entwicklungen von gv Nutzpflanzen erkennbar sind. Zumindest in der EU wären große Auseinandersetzungen über die Sicherheit absehbar, wenn mögliche gv "Industrie"-Pflanzen gesundheitlich problematisch wären und deshalb nicht auch als Lebens- oder zumindest Futtermittel zugelassen werden können.

Gentechnisch veränderte Bäume für eine Plantagenwirtschaft könnten weltweit durchaus an Bedeutung gewinnen, ein Anbau in der EU dürfte aus Sicherheitsgründen auf lange

Zeit wenig wahrscheinlich bleiben, weil die Risiken von mehrjährigen, langlebigen Pflanzen noch viel schwerer im Vorhinein zu analysieren sind als bei den üblichen einjährigen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen.

Entwickler und Befürworter sehen dennoch insgesamt die Gentechnik als zentrale Technologie, um nachwachsende Rohstoffe effizienter produzieren und nutzen zu können, sowohl für stoffliche als auch für energetische Anwendungen (DIB 2006). Unsicher seien höchstens die Zeiträume, bis entsprechende gv Nutzpflanzen marktreif seien. Bereits heute sind 11% der Rohstoffe der Chemischen Industrie aus nachwachsenden Quellen. Es bestünde die Möglichkeit diese Rohstoffe zu optimieren, vor allem aber die Konkurrenz mit den Zielen der Ernährungssicherung abzufedern.

Kritiker hingegen lehnen gerade für einen großmaßstäblichen Anbau nachwachsender Rohstoffe die Verwendung von gv Sorten ab, insbesondere weil sie eine Vermischung mit Nahrungs- und Futtermittelpflanzen befürchten. Mögliche Vorteile in der Umweltbilanz von gv Pflanzen werden meist bezweifelt, die größte Sorge gilt aber der Tatsache, dass ein positives Image von gv Nutzpflanzen als ökologische verträgliche Option ein "Einfallstor für die Gentechnik in der Landwirtschaft" darstellen könne (AbL et al. 2006).

---

## LINKS ZU VERTIEFENDEN INFORMATIONEN

Verbraucherinformationsplattform Transgen:

<http://www.transgen.de/pflanzenforschung/produkteigenschaften/>

[http://www.transgen.de/pflanzenforschung/nachwachsende\\_rohstoffe/](http://www.transgen.de/pflanzenforschung/nachwachsende_rohstoffe/)

Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag: <http://www.tab.fzk.de/>

---

## LITERATUR:

AbL (2006): Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft e.V., BUND, Institut Arbeit und Wirtschaft : Nachwachsende Rohstoffe – Einfallstor für die Gentechnik in der Landwirtschaft? <http://www.abl-ev.de/gentechnik/pdf/nachrohstoffe.pdf>

BMBF (1998): Bundesministerium für Bildung und Forschung. Leitprojekt „Ernährung – Moderne Verfahren der Lebensmittelerzeugung. <http://vvgvg.org/pdf/allgemein-dlg.pdf>

Boysen, M. (2007): Health Foods aus gentechnisch veränderten Pflanzen. Wissenschaftlicher Verlag Berlin.

DIB (2006): Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie. Die Folgegenerationen gentechnisch veränderter Pflanzen: Neue Optionen für Wertschöpfung und Innovation . BIOTECH BRIEF 02/2006 Spezial.

[http://www.dib.org/template\\_downloads/tmp\\_DIB/BB\\_2006\\_2\\_Special~DokNr~118481~p~110.pdf](http://www.dib.org/template_downloads/tmp_DIB/BB_2006_2_Special~DokNr~118481~p~110.pdf)

Engelhard, M., Hagen, K., Thiele, F. (2007) (Hrsg.): Pharming – A New Branch of Biotechnology. Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technologischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH, Graue Reihe Nr. 43.

- Meyer, R., Grunwald, A., Rösch, C., Sauter A. (2008): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen – Basisanalysen. TAB-Arbeitsbericht Nr. 121, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin.
- PTJ (2002): Projektträger Forschungszentrum Jülich. Förderschwerpunkte Biotechnologie für Ernährung. PTJ, Jülich.
- Sauter, A., Hüsing, B. (2005): Grüne Gentechnik - Transgene Pflanzen der 2. und 3. Generation. TAB-Arbeitsbericht Nr. 104, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Berlin: <http://www.tab.fzk.de/de/projekt/zusammenfassung/ab104.pdf>
- Schillberg, S., Twyman, R.M. (2007): Pharma-Planta: Recombinant Pharmaceuticals from Plants for Human Health. In: Engelhard et al. 2007, S. 13-30.
- Wilke, D., Katzek, J.A. (2003): Primary Production of Biopharmaceuticals in Plants – An Economically Attractive Choice? In: European BioPharmaceutical Review, S. 114–119.
- 

veröffentlicht am 13.08.2008

Autoren:

SAUTER, ARNOLD; MEYER, ROLF; KNAPP, MARTIN; BOYSEN, MATHIAS;  
SCHULZE, NICOLE

Diskursprojekt durchgeführt von



Gefördert durch

