

## **Gentechnik-Nachrichten Spezial 8**

**Oktober 2001**

unterstützt durch

**Gerling-Stiftung, Triodos-Stichting, Mahle-Stiftung &  
Zukunftsstiftung Landwirtschaft**

### **Transgene Pflanzen für die Industrie – Produktion von Rohstoffen durch transgene Pflanzen**

#### **INHALT**

Vorwort.....	1
Gentechnische Veränderung in pflanzlichen Stoffwechselkreisläufen.....	2
Amylosefreie Kartoffel.....	2
Laurinreicher Raps.....	2
Reduktion des Ligningehaltes in Gehölzen.....	3
Baumwolle: bunt und reißfester.....	3
Fructankartoffel als Benzinersatz.....	4
Produktion pflanzenfremder Rohstoffe in Modellpflanzen.....	4
Polyesterproduktion in Modellpflanzen.....	4
Spinnenseide produzierende Modellpflanzen.....	5
Allgemeine Risikoaspekte und offene Fragen.....	6
Literatur.....	7

#### **Vorwort**

In der ersten Generation transgener Pflanzen wurden gentechnische Veränderungen an Kulturpflanzen zur Ertragssteigerung oder –stabilität vorgenommen ("Input-Traits"). Die zweite und dritte Generation transgener Pflanzen soll nun industrielle Rohstoffe liefern ("Output-Traits"): Unter dem Stichwort "Pflanzen als Bioreaktoren" hat sich in den letzten zehn Jahren dieses Forschungsfeld rasant entwickelt.

Dabei werden zum einen Kohlenhydrat- und Fettsäuremuster optimiert, wie z. B. Veränderungen der Speicherstoffe in der Kartoffel. Die natürlichen Stoffwechselwege werden manipuliert, so dass ein bestimmter Rohstoff in höherer Konzentration oder in einem für die industrielle Nutzung günstigeren Mischungsverhältnis mit anderen Inhaltsstoffen vorliegt. Die industrielle Weiterverarbeitung soll so schneller oder sogar umweltfreundlicher vonstatten gehen. Zum anderen werden transgene Pflanzen zur Produktion pflanzenfremder Rohstoffe entworfen, um Produktionskosten zu senken oder neue Produkte auf den Markt zu bringen. Dieses "Spezial" stellt in Fallbeispielen die Bandbreite der gentechnischen Veränderungen im Bereich der "Bioreaktoren" dar.

## Gentechnische Veränderung in pflanzlichen Stoffwechselkreisläufen

### Amylosefreie Kartoffel

Der Speicherstoff Stärke besteht zu 20-30% aus dem schwer löslichen Polysaccharid Amylose, und zu 70-80% aus dem leicht löslichen Amylopektin. Amylopektin wird in der Textil-, Papier- und Bauwirtschaft als Bindemittel und Kleister eingesetzt und muss vorher von Amylose aufgereinigt werden. Um dieses Verarbeitungsverfahren zu vereinfachen, findet vor allem in Europa gentechnische Forschung zur Veränderung des Stärkegehalts und zur amylosefreien Kartoffel statt. Mithilfe der Antisense-Strategie (s. u.) wird die Herstellung des Enzyms, das für die Synthese von Amylose verantwortlich ist, der Amylosesynthetase, gehemmt. Antisense-Strategie bedeutet, dass sogenannte DNA-Gegenstücke des Gens, das für die Amylosesynthetase codiert, in das Genom eingebaut werden. Die daraus abgeleitete mRNA (Messenger = Boten-RNA)<sup>1</sup> lagert sich als passendes Gegenstück an die mRNA der Amylosesynthetase an, die dann nicht abgelesen und deshalb das Protein Amylosesynthetase nicht hergestellt werden kann (KULL et al. 1995). Bei Versuchspflanzen in Deutschland und den Niederlanden konnte der Amylosegehalt auf ein Fünftel des ursprünglichen Gehaltes gesenkt werden. Die amylosefreie Stärke soll für industrielle Zwecke inklusive Lebensmittelherstellung genutzt werden.

Der kommerzielle Anbau der amylosefreien Kartoffel durch die niederländische Firma Avebe wurde durch die Europäische Kommission jedoch nicht zugelassen. Das "Scientific Committee on Plants" der Europäischen Kommission lehnte 1998 die amylosefreie Kartoffel vor allem deshalb ab, weil der eingebaute Genabschnitt Markergene<sup>2</sup> beinhaltet, die gegen das Antibiotikum Amikazin Resistenz vermitteln. Amikazin ist im klinischen Bereich das Reserveantibiotikum. Das Risiko des potentiellen Gentransfers auf andere Organismen und damit der unkontrollierten Ausbreitung der Antibiotikaresistenz hielt das Committee für nicht akzeptabel.

### Laurinreicher Raps

Seit 1995 wird in den USA gentechnisch veränderter Laurin-Raps von der Firma Calgene kommerziell gehandelt. Durch den Einbau eines Gens aus der Lorbeere beträgt der Gehalt von Laurinsäure in den Samen statt 0,1% bis zu 40%. Das Lorbeergen codiert für ein Enzym, das ein verfrühtes Abbrechen der Kettenverlängerung in der Fettsäurebiosynthese bewirkt. Laurinsäure wird in zahlreichen Produkten von Seife, Zahnpasta bis hin zu Lacken verwendet und wird herkömmlicherweise aus den Samen der Kokos- und Ölpalmen gewonnen, die zu über 30% Laurinsäure enthalten (MURPHY 1996). Transgene Ölpflanzen liefern keine neuen Öle oder Produkte. Vielmehr wird der natürliche Gehalt bestimmter wirtschaftlich interessanter Öle in transgenen Pflanzen erhöht. Das kann dazu führen, dass andere Ölpflanzen wirtschaftlich uninteressant werden, wie das Öl von Kokos- und Ölpalmen im Fall des Laurinreichen Raps. Der Anbau und die Ernte des Laurin-Raps ist in den Industrieländern selber einfacher und billiger (OMAHEN 1998).

Derzeit existieren eine Reihe gentechnisch veränderter Rapslinien, die unterschiedliche Zusammensetzungen an Fettsäuren in den Samen aufweisen. Auch an anderen ölliefernden Kulturpflanzen werden gentechnische Veränderungen vorgenommen, z. B. an Lein. Die meisten Veränderungen des Fettsäuremusters umfassen Änderungen der Kettenlänge und Änderungen im Verhältnis gesättigter und ungesättigter Fettsäuren und sind für den Nahrungsbereich bestimmt.

---

<sup>1</sup> Die Boten-RNA ist eine Kopie des Genabschnittes der DNA. Sie dient der Zelle als Bauplan für die Proteinherstellung.

<sup>2</sup> Markergene codieren für eine leicht erkennbare Eigenschaft, in der Regel für eine Antibiotikaresistenz. Mit den Markergenen wird der Erfolg der gentechnischen Übertragung festgestellt.

Ein weiteres Ziel ist die Anreicherung einer bestimmten Fettsäure von bis zu 90% im Samen, um die Ausbeute weiter zu erhöhen. Dafür wird das Gen einer weiteren Acyl-Transferase eingebaut (MURPHY 1996). Acyl-Transferasen sind für den Transport der Fettsäuren in das Cytoplasma, die Grundsubstanz der Zellen, verantwortlich. Dort werden sie verändert und als Tröpfchen gespeichert. Die Acyl-Transferasen sind also entscheidend für die Effizienz der Speicherkapazität. Durch Acyl-Transferasen können in transgenen Pflanzen auch andere Organe zum Ölspeicher der Pflanze umfunktioniert werden. So können z. B. Knollen, die viel Biomasse aufweisen, in Ölspeicher umgewandelt werden (MURPHY 1999).

Selbst wenn ein Großteil der an der Fettspeicherung beteiligten Enzyme bereits bekannt sind, gibt es noch keine ausreichende Kenntnis über mögliche Wechselwirkungen. Die Produktion exotischer Fettsäuren in transgenem Raps führte in Versuchen zu einer Aktivierung von Stoffwechselkreisläufen, die Fett wieder abbauen (MURPHY 1999).

Fettsäuren haben nicht nur die Funktion von Speicherstoffen, sondern sind auch Grundsubstanz der Membranen und können in der Signalvermittlung und damit der Stoffwechselregulation beteiligt sein. Gentechnische Veränderungen des Fettsäuremusters können sich auf andere Reaktionen der Pflanze auswirken. Transgene Rapsorten mit verändertem Fettsäuremuster zeigten z. B. ein verändertes Verhalten in der Keimung (LINDER et al. 1995).

### **Reduktion des Ligningehaltes in Gehölzen**

Bei der Cellulosegewinnung zur Papierherstellung muss Lignin aus den Holzfasern herausgelöst werden. Gentechnik Nachrichten Spezial 7 berichtete über gentechnische Veränderungen an Gehölzen und Versuchen, den Ligningehalt im Holz zu verringern.

### **Baumwolle: bunt und reißfester**

Die Idee von Biotechnologen, verschiedenfarbige Baumwollfelder nebeneinander anzulegen, ist bisher noch nicht umgesetzt worden. Gene, die für Pigmentsynthesen zuständig sind, z. B. für das blaue Indigo-Pigment, wurden in Baumwolle eingebracht. Dadurch könnte das chemikalienaufwendige Färbeverfahren gespart werden. Derartige Veränderungen hatten allerdings Einfluss auf Ertrag und Faserqualität. Außerdem war die Baumwolle nur sehr schwach gefärbt (YUAN et al. 1997).

Studien zu stärkerer Baumwollfaser befassen sich vor allem mit der Cellulose-Synthese (YUAN et al. 1997) oder mit noch unbekanntem Genen, die nur in Faserzellen der Baumwollkapseln aktiv sind (MAY & JOHN 2001). Diese "Faser-spezifischen" Gene werden über die Antisense-Strategie (siehe amylosefreie Kartoffel) gehemmt. Die Genübertragung in die Baumwolle erfolgte durch Bombardierung von einzelnen Zellen mit DNA beschichteten Partikeln. MAY und JOHN, die ihre Versuche für die Firma Agracetus durchführten, werteten ihre Versuche als Misserfolg, da sich die Expression und Vererbung der eingebrachten Gene als instabil erwies. Die Nachkommenschaft wies in der Stärke der Baumwollfasern so große Unterschiede auf, dass MAY und JOHN unter anderem 'Gene-Silencing' vermuteten. 'Gene-Silencing' umschreibt einen nicht vollständig geklärten Mechanismus, durch den Gene "abgeschaltet" werden. Agracetus, 1997 von Monsanto aufgekauft, reduzierte diese "Output-traits" Forschung zugunsten der Forschung an Insekten- und Herbizidresistenz (ISB News Report August 2001).

In einem weiteren Versuch, Baumwollfasern reißfester zu machen, wurden bakterielle Gene zur Synthese von Polyester in Baumwolle eingebracht. Die transgenen Fasern enthielten bis zu 0,3% Polyhydroxybutyrat (siehe Polyesterproduktion in Modellpflanzen) und wiesen eine veränderte Wärmekapazität auf (POIRIER 1999).

## Fructankartoffel als Benzinersatz

Fructan, ein Polymer aus Fructose, ist für den Menschen unverdaulich und dient als "Functional Food". Die Forschung zu fructanproduzierenden Pflanzen findet hauptsächlich in Europa statt, zumal dort der Konsum wesentlich höher ist als in den USA (HEYER et al. 1999). Zu Ethanol vergoren soll Fructan auch als Benzinersatz dienen.

Durch Einschleusen von zwei bakteriellen Genen wird Fructan in Kartoffelknollen angereichert. Ein Gen codiert dabei für das Enzym der Amylase, das die gespeicherte Stärke abbaut, wobei Glucose anfällt, und das zweite für die Glucose-Isomerase, die Glucose in Fructose umwandelt (SANGWAN et al. 2001). Ein ähnlicher Ansatz wird mit Zuckerrüben verfolgt (FLAVELL et al. 1996).

Ein erhöhter Fructangehalt kann allerdings die Standorteigenschaften und damit die Konkurrenz-eigenschaften von Kartoffel und Zuckerrübe drastisch ändern. Fructan wird, da es im Gegensatz zu Stärke wasserlöslich ist, eine vor Kälte schützende Wirkung und eine Funktion im Wasserhaushalt zugeschrieben (nach EBSKAMP 1996). Die meisten Pflanzen, die Fructan besitzen, kommen in saisonal trockenen und kalten Gebieten vor.

## Produktion pflanzenfremder Rohstoffe in Modellpflanzen

### Polyesterproduktion in Modellpflanzen

Der Motor für die Entwicklung von biologisch abbaubarem Polyester waren die zunehmenden Probleme der Müllentsorgung.

Viele Bakterien bilden bei ausreichendem Kohlenstoffangebot Polyester als Reservestoffe. Die Polyester bestehen aus aneinander gehängten einfachen Kohlenwasserstoffketten. Etwa 90 Polyester als Reservestoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften wurden bisher identifiziert (JENDROSSEK et al. 1996). Im folgenden wird auf ein Polyester, das aus kurzen Kohlenwasserstoffketten, der Polyhydroxybuttersäure (PHB), besteht, näher eingegangen. PHB wird u. a. von dem Bakterium *Ralstonia eutropha* (= *Alcaligenes eutrophus*) in Körnchen abgespeichert (POIRIER 1999). Diese Eigenschaft nutzt Monsanto bereits länger zur Herstellung des "biologischen Plastiks" Biopol®. Kulturen von *Ralstonia eutropha* werden nach einiger Zeit geerntet und die PHB aufbereitet. Dieses Verfahren ist allerdings aufwendig und kostenintensiv. Deshalb versuchen verschiedene Biotechnologie-Konzerne, in Pflanzen die entsprechenden bakteriellen Gene einzubringen, damit sie den gewünschten Polyester produzieren.

Die ersten Versuche zur Produktion des Polyesters im Cytoplasma, der Grundsubstanz der Zelle, erfolgten bei der Ackerschmalwand, *Arabidopsis thaliana*, durch Genübertragung mit *Agrobacterium tumefaciens* (POIRIER et al. 1992). Dabei wurden zwei Gene aus *Ralstonia eutropha* in zwei verschiedene Linien von *A. thaliana* eingebracht. Die beiden *Arabidopsis*-Linien wurden miteinander gekreuzt, so dass anschließend Pflanzen beide zur PHB-Produktion nötigen Gene enthielten. Die Produktion an PHB war allerdings nur sehr gering (STEINBÜCHEL et al. 1998). Außerdem zeigten die Pflanzen verzögertes Wachstum und eine stark reduzierte Samenproduktion. Im Elektronenmikroskop wurden Ansammlungen von PHB als leuchtende Körnchen sichtbar, die sich im Kern und in der Vakuole, allerdings nicht wie erwartet im Cytoplasma von *A. thaliana* sammelten. Bei einer Bildung von PHB im Chloroplasten von *A. thaliana* erbrachten die transgenen Pflanzen bei normalem Wuchs mehr PHB. Allerdings zeigten die Blätter Schädigungen in Form von entfärbten Stellen. PHB-Produktion wurde ansonsten in Kartoffeln und Sojabohnen (STEINBÜCHEL et al. 1998) und neuerdings auch in der Alge *Spirulina* erreicht.

Es gibt eine Reihe offener Fragen zum natürlichen Polyester. Zum einen gibt es noch keine Untersuchungen zu Extraktionsmethoden. Das Polyester kann nicht einfach durch mechanischen Druck aus den Pflanzen heraus gepresst werden. Eine effiziente und umweltfreundliche Extraktion ist noch nicht erarbeitet worden (STEINBÜCHEL et al. 1998).

Die biologische Abbaubarkeit dieser Polyester ist noch weitgehend ungeklärt. JENDROSSEK et al. (1996) identifizierten einige abbauende Mikroorganismen. Die Abbaurate wurde allerdings nur an gelöstem Polyester erprobt. Diese Ergebnisse können nicht auf verarbeitetes Polyester übertragen werden. WITT et al. (1997) weisen in der Studie "Biologisch abbaubare Polymere" des "Wissenschaftlichen Forums Interdisziplinärer Polymerforschung e. V." darauf hin, dass die Herkunft der Ausgangsmaterialien aus natürlichen Quellen nicht zwingendermaßen mit einer biologischen Abbaubarkeit des Polymers selbst verbunden ist. Ausschlaggebend für die Abbaubarkeit ist vielmehr die Zusammensetzung und Struktur des fertigen Materials, die einen effektiven enzymatischen Angriff ermöglichen muss. Zusammenhänge zwischen Polymerstruktur und Bioabbaubarkeit müssen in Zukunft noch näher untersucht werden. Ebenso fehlt eine Bewertung der Kompostierung im Vergleich mit anderen Entsorgungsstrategien (WITT et al. 1997).

Auch das Argument, dass "Bioplastik" umweltfreundlich sei, weil es ein nachwachsender Rohstoff ist, muss erst überprüft werden (WITT et al. 1997). Der Aufwand des agrarischen Anbaus sowie der Produktisolierung und gegebenenfalls der notwendigen Weiterverarbeitung können die Vorteile natürlicher Ausgangsprodukte hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Bilanz wieder zunichte machen. Der Studie "Biologisch abbaubare Polymere" zufolge wurden zu diesem Aspekt noch keine Ökobilanzen angefertigt (WITT et al. 1997).

Forscher sehen den Einsatz von biologisch abbaubarem Plastik bisher nur in einigen Nischen, zumal die Bioplaste nicht sehr belastbar und dauerhaft sind. Anwendungsmöglichkeiten werden übereinstimmend im Bereich der Wegwerfprodukte gesehen, wie Fast- und Fertig-Food-Verpackung, Shampooflaschen und Abdeckfolien in der Landwirtschaft, eventuell auch in der Medizin als Knochenplatten und Nahtmaterial. Die Frage der Umweltfreundlichkeit stellt sich erneut, wenn weiterhin mit dem einmaligen Gebrauch von Produkten gerechnet wird.

### **Spinnenseide produzierende Modellpflanzen**

Spinnenseide ist eine sehr reißfeste und ungeheuer dehnbare Faser, die sich aus verschiedenen Proteinen zusammensetzt. Die Erkenntnisse, die in den letzten Jahren über den Aufbau der Spinnenseide gewonnenen wurden, eröffnen die Möglichkeit, Spinnenseide in transgenen Pflanzen herzustellen. Für Spinnenseide als "Biostahl" wird vor allem mit Anwendungen im medizinischen Bereich geworben: als Wundverschlussystem auch bei Gefäßen, als Nahtmaterial, Ersatz für Bänder, als Ausgangsmaterial für kugelsichere Westen und als Material in der Faseroptik.

Die Proteine der fertigen Spinnenseide liegen in halb-kristalliner, sozusagen halbgeordneter, Struktur vor: Proteinabschnitte, die feste kristalline Pakete aus ineinander gestapelten, sogenannten Faltblattstrukturen bilden, liegen in Abschnitten, die zufällige Spiralen ausbilden, eingebettet. Bei hohem Zug gehen diese zufällig verteilten Spiralen auf und tragen so zu der sehr hohen Elastizität bei (VOLLRATH 1999; HINMAN et al. 2000).

Bei der Genübertragung und der Synthese der Proteine ergeben sich allerdings technische Probleme: Die DNA-Sequenzen der Spinnenfasern sind sehr reich an den Basen Guanin (G) und Cytidin (C). Die G/C reichen Sequenzen lagern sich aneinander an. Während der Proteinsynthese führen solche Sequenzen außerdem zu Pausen und zum Abbruch der Proteinherstellung (HINMAN et al. 2000).

Die fertige Spinnenseide enthält im Vergleich zu anderen Proteinen überdurchschnittlich viel Alanin und Glycin. Dies kann dazu führen, dass bei der Proteinsynthese in fremden Organismen nicht genügend von diesen beiden Aminosäuren angeliefert werden kann, was als "Hungry-Codon-Syndrom" bezeichnet wird. Es kommt zum Einbau einer anderen Aminosäure oder zu einem "Frame-Shifting", einer Verschiebung des Ableserasters, und damit zu stark unterschiedlichen Proteinen (KURLAND et al. 1996). Um die Synthese zu ermöglichen und zu optimieren, werden künstliche Genkonstrukte verwendet. Trotzdem ist die Ausbeute in Mikroorganismen gering (HINMAN et al. 2000).

SCHELLER et al. (2001) gelang die Produktion von Proteinen der Spinnenseide mit künstlich hergestellten Genkonstrukten in Tabak und Kartoffel. Dieses Projekt läuft in Kooperation mit der amerikanischen Firma Nexia Biotechnologies. Die Proteine der so hergestellten Spinnenseide waren bis zu 100 kD gross und wiesen eine bis zu 90%ige Ähnlichkeit zu Proteinen der natürlichen Spinnenseide auf.

GUDA et al. (2000) brachten ein synthetisches Gen für ein elastin-ähnliches Protein in Chloroplasten von Tabak ein. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass die DNA in Chloroplasten viel häufiger abgelesen wird. Das Protein wurde allerdings nicht hergestellt, weil die Aminosäure Glycin nur in geringen Mengen in Chloroplasten vorhanden ist.

Die künstliche Spinnenseide wurde nur in Einzelfällen auch versponnen. Das Verspinnen ist ein wichtiger Schritt bei der Herstellung der Spinnfaser. O'BRIAN et al. (1998) versponnen aus Bakterien und Hefe gewonnenes Protein der Spinnenseide. Es erreichte allerdings nicht die Stärke und Belastbarkeit der natürlichen Faser. SEIDEL et al. (2000) brachten Fasern der Kugelnetzspinne in Lösung, die dann künstlich versponnen wurden. Aber auch diese Fasern zeigten nicht die ursprünglichen mechanischen Eigenschaften.

Die Expression von Spinnenseide in transgenen Organismen wird von anderen Wissenschaftlern deshalb grundsätzlich in Frage gestellt. Nach VOLLRATH et al. (2001) und LEWIS (1992) ruft nicht die Abfolge der Aminosäuren die besonderen Eigenschaften der Spinnenseide hervor, sondern die Bildung der räumlichen Struktur bei der Passage durch die Spinndrüsen.

Ein unerwünschter Effekt der Spinnenseide ist außerdem die Fähigkeit zur Superkontraktion, wodurch die Anwendbarkeit und die Nutzung von Spinnenseide begrenzt ist (GOSLINE et al. 1999). Bei Feuchtigkeit kontrahiert sich die Faser um mehr als 60%, was einen 1000-fachen Verlust der Elastizität bewirkt, und wird gummiartig. Die Superkontraktion ist wiederholbar und macht die Unlöslichkeit in Wasser aus (LEWIS 1992).

Die biologische Abbaubarkeit von Spinnenseide wird zwar angenommen, es gibt aber noch keine Untersuchungen dazu. Von den bekannten proteinauflösenden Enzymen ist keines in der Lage, das feste Protein der Spinnenseide zu verdauen. Die feste Spinnfaser ist nur durch stark chaotrope Agentien (Mittel, die Wasserstoffbrückenbindungen lösen, z.B. Trichloracetat) wieder in Lösung zu bringen (LEWIS 1992).

## **Allgemeine Risikoaspekte und offene Fragen**

### **Nutzbare Flächen sind begrenzt**

Der Anbau transgener Pflanzen zur Produktion von Rohstoffen in großem Maßstab würde Flächen in Anspruch nehmen, die ansonsten für die Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden. Hier stellt sich also die Frage nach der Flächenkonkurrenz. Angesichts der wachsenden Weltbevölkerung ist es fraglich, ob ein Flächenverbrauch durch die Produktion von Rohstoffen in gentechnisch veränderten Pflanzen vertretbar ist.

### **Auskreuzung**

Die gentechnischen Veränderungen zur Produktion unterschiedlicher industrieller Rohstoffe finden an wenigen, agronomisch interessanten Nutzpflanzen statt, nämlich an Raps, Kartoffel, Tabak und Zuckerrübe. Dies hat zunächst den banalen Grund, dass diese Pflanzen sich einfach gentechnisch verändern lassen. Raps ist außerdem mit der Modellpflanze der genetischen Forschung, der Ackereschmalwand *Arabidopsis thaliana*, nahe verwandt. Beide gehören zu der Familie der Kreuzblütler. Die umfangreichen Ergebnisse über Genfunktionen an *A. thaliana* lassen sich ohne große Probleme auf Raps übertragen.

Für die Landwirtschaft stellt sich daraus das Problem, dass es bei der gleichen Nutzpflanzenart eine Reihe äußerlich nicht unterscheidbarer Sorten gibt, die aber völlig unterschiedliche Produkte liefern.

Diese Sorten können sich kreuzen. So könnte beispielsweise Raps, der Bioplastik produziert, und Raps, der zur Gewinnung von Speiseöl angebaut wurde, auskreuzen. Ein unkontrollierter Eintrag von Fremdstoffen in Nahrungsmittel wird dadurch sehr wahrscheinlich.

### **Eingriffe in den pflanzlichen Stoffwechselkreislauf**

Nur selten sind alle Funktionen der Stoffwechselprodukte, die verändert werden, bekannt. Kohlenhydrate spielen in Stresssituationen der Pflanze, als Regulatoren im Wasserhaushalt der Zellen, als Radikalfänger und als Signalmoleküle eine wichtige Rolle. Die funktionelle und energetische Kopplung der Kohlenhydratsynthese und ihre Beteiligung an anderen Stoffwechselprozessen, wie Protein- und Fettsäuresynthese, ist ungeklärt. So haben die Veränderungen im Stoffwechselkreislauf vielfach unerwartete Nebenwirkungen hervorgerufen: Veränderungen im Kohlenhydratstoffwechsel beispielsweise führte in transgenen Pflanzen zu absterbendem Gewebe (Nekrose) (DIXON et al. 1999). Der erhöhte Fructosegehalt in der transgenen Fructankartoffel kann die Standorteigenschaften und das Konkurrenzverhalten der Pflanze gravierend verändern. Dies würde zu einer Änderung in der Verbreitung der Pflanzen führen.

Auch bei Veränderungen des Fettsäuremusters gibt es noch keine ausreichende Kenntnis über mögliche Wechselwirkungen. Fettsäuren spielen nicht nur als Speicherstoffe, sondern auch im Aufbau der Membrane und in der Signalübertragung eine Rolle. Exotische Fettsäuren, durch gentechnische Veränderung in Raps produziert, wurden durch ungewollte Aktivierung anderer Stoffwechselwege umgehend wieder abgebaut (MURPHY 1999).

### **Effekte auf Pflanzenfresser, Bodenorganismen und Pathogene**

Die gentechnischen Veränderungen in Stoffwechselkreisläufen können tiefgreifende Veränderungen auf die Eigenschaften der Pflanzen haben. Dies wirkt sich auf alle Organismen in der Nahrungspyramide aus: Tiere, die diese Nutzpflanzen als Nahrung verwenden, von Wirbeltieren bis zu Insekten, Pathogene, die diese gentechnisch veränderten Pflanzen als Wirt benutzen oder Pflanzenteile abbauende Bodenorganismen. Ungeklärt ist auch, ob ein großflächiger Anbau solcher transgener Pflanzen das Verbreitungsmuster von Pathogenen und Mikroorganismen im Boden beeinflussen könnte (DE KATHEN 2001).

## **Literatur**

- DE KATHEN A (2001): "Gene-Farming" Stand der Wissenschaft, mögliche Risiken und Management Strategien; Umweltbundesamt Texte 15/01.
- DIXON R A, ARNTZEN C J (1997): Transgenic plant technology is entering the era of metabolic engineering; Trends in Biotechnology Vol 15: 441-444.
- EBSKAMP M J M (1996): The Fructan Page; <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/4409/>.
- FLAVELL R (1996): Redirecting carbohydrate flow in plant cells; Project of Technological Priority Report 3.
- GOSLINE J M, GUERETTE P A, ORTLEPP C S, SAVAGE K N (1999): The mechanical design of spider silks: From fibroin sequence to mechanical function; The Journal of Experimental Biology 202: 3295-3303.
- GUDA C, LEE S-B, DANIELL H (2000): Stable expression of a biodegradable protein-based polymer in tobacco chloroplasts; Plant Cell Reports 19: 257-262.
- HEYER A G, LLOYD J R, KOSSMANN J (1999): Production of modified polymeric carbohydrates; Current Opinion of Biotechnology 10: 169-174.
- HINMAN M B, JONES J A, LEWIS R V (2000): Synthetic spider silk: a modular fiber; Trends in Biotechnology Vol 18: 374-379.
- ISB News Report – August 2001: Information System for Biotechnology <[isb@nbiap.biochem.vt.edu](mailto:isb@nbiap.biochem.vt.edu)>.
- JENDROSSEK D, SCHIRMER A, SCHLEGEL H G (1996): Biodegradation of polyhydroxyalkanoic acids; Applied Microbiological Biotechnology 46: 451-463.

---

Gentechnik Nachrichten Spezial im Internet unter: <http://www.oeko-institut.org/bereiche/gentech/newslet/news.html> oder <http://www.biogene.org/themen/biotech/news.html>

- KULL B, SALAMINI F, ROHDE W (1995): Genetic engineering of potato starch composition: Inhibition of amylose biosynthesis in tubers from transgenic potato lines by expression of antisense sequences of the gene for granule-bound starch synthase; *Journal of Genetics and Breeding* 49: 69-76.
- KURLAND C, GALLANT J (1996): Errors of heterologous protein expression; *Current Opinion in Biotechnology* 7: 489-493.
- LEWIS R V (1992): Spider Silk: The Unravelling of a Mystery; *Acquired Chemical Research*; 25: 392-398.
- LINDER C R, SCHMITT J (1995): Potential persistence of escaped transgenes: Performance of transgenic, oil-modified Brassica seeds and seedlings; *Ecological Applications* 5 (4): 1056-1068.
- MAY O L, JOHN M E (2001): Transgenically enhanced cotton fiber strength exhibits vanishing act; *Information System for Biotechnology* August 2001.
- MURPHY D J (1996) Engineering oil production in rapeseed and other oil crops; *Trends in Biotechnology* 14: 206-213.
- MURPHY D J (1999): Production of novel oils in plants; *Current Opinion in Biotechnology* 10: 175-180.
- O'BRIAN J P, FAHNESTOCK S R, TERMONIA Y, GARDNER K C H (1998): Nylons from Nature: Synthetic Analogs to Spider Silk; *Advanced Materials* 10, No 15: 1185-1195.
- OMAHEN S (1998): New Canola Oil Mocks Palm, Coconut Oils; *Research and Extension News*; [www.ces.uga.edu/news/0506news](http://www.ces.uga.edu/news/0506news).
- POIRIER Y (1999): Production of new polymeric compounds in plants; *Current Opinion in Biotechnology* 10: 181-185.
- POIRIER Y, DOUGLAS E D, KLOMPARENS K, SOMERVILLE C (1992): Polyhydroxybutyrate, a Biodegradable Thermoplastic, Produced in Transgenic Plants; *Science* Vol. 256: 520-523.
- SANGWAN R (2001): Potatoes to power cars, make soft drinks!; *AGNET* 30.07.2001.
- SHELLER J, GÜHRS K-H, GROSSE F, CONRAD U (2001): Production of spider silk in tobacco and potato; *Nature Biotechnology* Vol 19: 573-577.
- SCIENTIFIC COMMITTEE ON PLANTS (1998): Opinion of the Scientific Committee on Plants regarding submission for placing on the market of genetically modified high Amylopectin potato cultivars apriori and apropos notified by Avebe (Notification C/NL/96/10) – SCP/GMO/044 – (Opinion adopted on October 2, 1998).
- SEIDEL A, LIIVAK O, CALVE S, ADASKA J, GENDING J, YANG Z, GRUBB D, ZAX D B, JELINSKI L W (2000): Regenerated Spider Silk: Processing, Properties and Structure; *Macromolecules* 33: 775-780.
- STEINBÜCHEL A, FÜCHTENBUSCH B (1998): Bacterial and other biological systems for polyester production; *Trends in Biotechnology* 16: 419-427.
- VOLLRATH F (1999): Biology of spider silk; *International Journal of Biological Macromolecules* 24: 81-88.
- VOLLRATH F, KNIGHT D P (2001): Liquid crystalline spinning of spider silk; *Nature* Vol 420: 541-548.
- WITT U, MÜLLER R J, KLEIN J (1997): Biologisch abbaubare Polymere – Status und Perspektiven; *Studie des FPZ, Wissenschaftliches Forum für Interdisziplinäre Polymerforschung e. V.*
- YUAN L, KNAUF V C (1997): Modification of plant components; *Current Opinion in Biotechnology* 8: 227-233.

-----  
**Hinweise:** Wenn Sie ein besonderes Interesse an Informationen zu speziellen Themen im Bereich der Gentechnik haben, die wir im Rahmen eines Spezial-Newsletters bearbeiten können, dann schicken Sie doch Ihre Anfrage an per mail oder Post folgende Adresse:

- via email an: [j.teufel@oeko.de](mailto:j.teufel@oeko.de)
  - via Post: Dr. Jennifer Teufel; Öko-Institut e.V.; Postfach 6226; 79038 Freiburg.
- Der Text wurde ausgearbeitet von: Katja Moch.
-