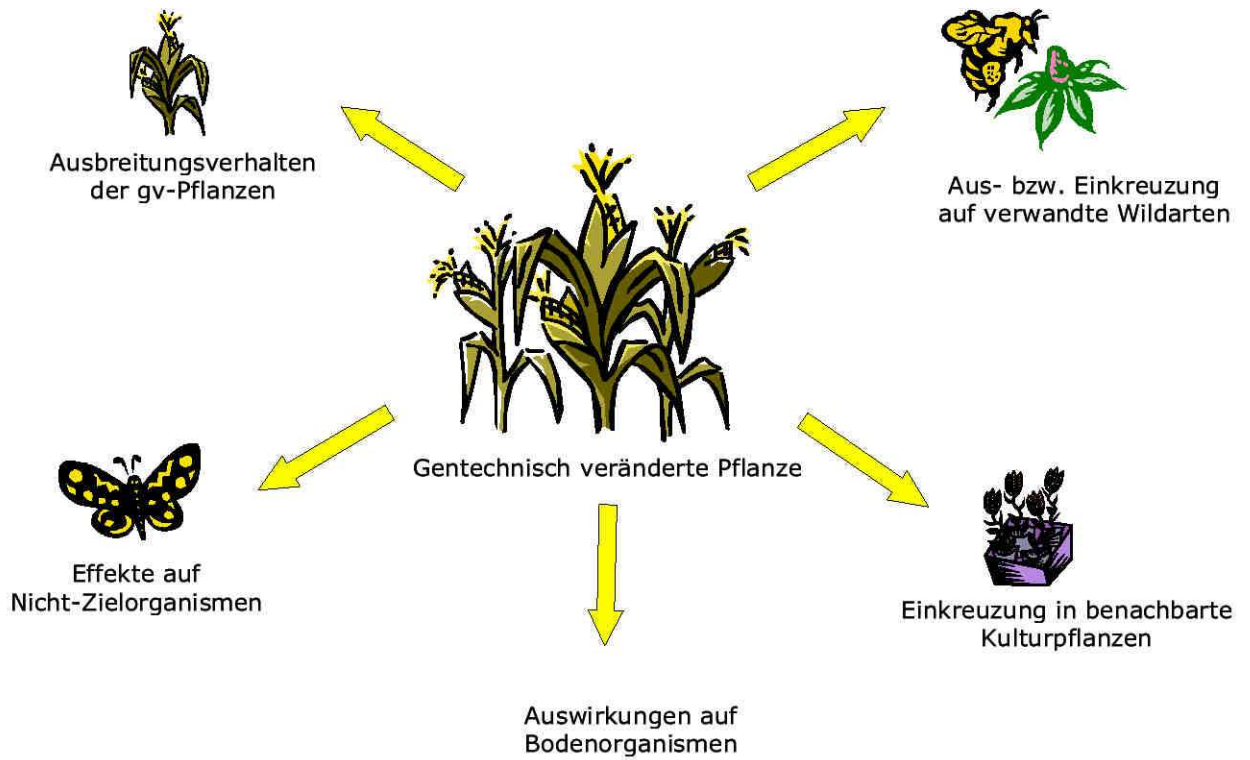


1. Mögliche Interaktionen von transgenen Pflanzen mit ihrer Umwelt
2. Zeitungsartikel „Früchte auf Rezept“
3. Risiko-Szenarien der Auskreuzung von Fremdgenen
4. Auskreuzung kann verhindert werden

Mögliche ökologische Wechselwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen



Früchte auf Rezept

Erstmals wurden Impfpflanzen aus dem Genlabor an Menschen getestet / VON JÖRG BLECH

Der Strauch, den der Zahnarzt Julian Ma am Londoner Guy's Hospital zusammen mit amerikanischen Forschern gezüchtet hat, ist die einzige Tabakpflanze der Welt, die gesund macht. Sie wird keinesfalls als Kraut gepafft, sondern zu einer Tinktur gepreßt, die vor Karies schützen soll. Ein Grünzeug der anderen Art hat auch Carol Tacket an der Universitätsklinik in Baltimore geschaffen: Kartoffeln, deren Verzehr Durchfall vorbeugt.

Die futuristisch anmutenden Feldfrüchte stammen vom neuesten Zweig der Gentechnik: Ärzte und Botaniker basteln im Labor an neuartigen Gewächsen, die als grüne Biofabriken billige und verzehrbare Impfstoffe produzieren sollen, idealerweise verpackt in Bananen. Der Anti-Karies-Tabak und die Darmschutz-Kartoffel sind die ersten Pflanzen, die man jemals in klinischen Studien an Menschen getestet hat. Über ihre Versuche berichten die Forscherteams um Julian Ma und Carol Tacket in der Mai-Ausgabe der Fachzeitschrift *Nature Medicine* (Bd. 4, S. 601 und 607). Zum einen überstanden ihre Testpersonen die Immunisierung ohne nennenswerte Nebenwirkungen, zum anderen schützten die geprüften Stoffe tatsächlich die Gesundheit. „Dieser Ansatz ist interessant. Er könnte neue Wege zeigen, um Impfstoffe billig und tonnenweise herzustellen“, kommentiert Paul-Henri Lambert die Versuche mit den Impfkartoffeln. Der Mediziner leitet bei der Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Abteilung für die Entwicklung neuer Impfstoffe.

Beide Studien, an denen neben der Londoner Gruppe fünf amerikanische Universitäten und Firmen beteiligt sind, verdeutlichen, mit welchem Tempo in den USA die Pflanzenzucht vorangetrieben wird. Während europäische Verbraucher das herkömmliche Gen-Food, also Pflanzen mit Resistenzgenen gegen Schädlinge und Pestizide, noch nicht geschluckt haben, entwickeln Gentechniker jenseits des Atlantiks bereits voller Eifer eine Generation neuartiger Pflanzen: Sie sollen „gesünder“ sein als natürliches Obst und Gemüse, weil sie zum Beispiel verträgliche Fettsäuren oder vielfältige Aminosäuren enthalten.

An apple a day keeps the doctor away – der alte Reim der Angelsachsen, wonach ein Apfel pro Tag den Arzt fernhält, bekommt im Zeitalter der Gentechnik eine tiefere Bedeutung und soll auch skeptischen Verbrauchern gentechnisch veränderte Nahrung schmackhaft machen.

In ihren Studien haben Forscher unterschiedliche Strategien verfolgt. Eine Art passiver Immunisierung war das Ziel der Gruppe um Julian Ma in London: Sie hat eine Tabaksorte gentechnisch so verändert, daß sie einen tierischen Antikörper herstellt. Der bindet wie ein lästiger Klebstoff an *Streptococcus mutans*, jene Mundbakterien, die zur ebenso gefürchteten wie verbreiteten Zahnfaule führen. Hierbei wird das Immunsystem selbst nicht angeregt, sondern es bleibt passiv.

Die Kariesbakterien in den Mündern der insgesamt fünfzehn Probanden haben die Forscher zunächst mit einer chemischen Lösung abgetötet. Über einen Zeitraum von drei Wochen pinselten sie dann einem Teil der Probanden wirkungslose Kontrolltinkturen auf die Zähne, dem anderen Teil einen Antikörperextrakt aus dem Tabak: Dieses Extrakt verhinderte bis zum Ende der Studie nach vier Monaten die Wiederbesiedlung des Zahnbelags durch die Streptokokken. Bei den Kontrollpersonen dagegen kehrten die Mikroben Wochen früher zurück.

Eine pflanzliche Zahnpasta gegen Karies wäre allerdings noch viel zu teuer. Ebenso bleiben Impfstoffe, die man nicht erst umständlich aus den Pflanzen isoliert, sondern gleich mit einer Frucht verzehrt, noch ein fernes Ziel. Doch auch hier machen die Wissenschaftler Fortschritte, wie die Genkartoffel von Carol Tacket zeigt. Die Knolle enthält ein fremdes Gen, das jenes bakterielle Eiweiß eines *Escherichia coli*-Stammes produziert, das Durchfall bewirkt. Elf Probanden bissen in die rohen Erdäpfel. Wie von den Forschern erhofft, mobilisierte das Bakterienprotein die Abwehrkräfte, denn die Zahl bestimmter Immunzellen im Körper stieg deutlich. Offenbar wirkte das Fremdprotein aus der Kartoffel wie das Antigen bei einer aktiven Immunisierung, folgern die Wissenschaftler.

Dieser „erste Versuch mit einer Pflanzenvakzine beweist, daß die Aufnahme eßbaren Pflanzengewebes, welches Antigene produziert, eine bequeme, schmerzlose, preisgünstige und wirksame Methode ist für die aktive Immunisierung“, kommentiert William Langridge von der Loma-Linda-Universität in Kalifornien.

Der Molekularbiologe kennt sich aus: Er hat selbst eine Kartoffelsorte gezüchtet, deren Genuß vor Cholera schützen soll. Eine Pflanzenvakzine gegen Cholera wäre eine Sensation, sterben doch jedes Jahr an der bakteriellen Durchfallseuche 200 000 Menschen.

Doch viele Teufel stecken im Detail. Von den billigen Impfbananen beispielsweise gegen das Hepatitis-B-Virus, die püriert und wie Baby-nahrung in Gläschen abgefüllt, in Entwicklungsländern verteilt werden sollten, hat man seit Jahren nichts mehr gehört. Die Biologen tun sich noch schwer, Bananen nach Wunsch zu züchten.

Ein großes Problem ist auch die natürliche Toleranz des Menschen gegen Fremdstoffe, die er mit der Nahrung aufnimmt. Ohne diesen Mechanismus könnte jede Mahlzeit leicht zu einer überschießenden Immunantwort führen, wie bei Lebensmittelallergikern. Für die Forscher heißt dies, daß ihre Impfstoffe möglicherweise Magen und Darm passieren, ohne die Körperabwehr hinreichend zu aktivieren. Bei der Kartoffelstudie haben die Wissenschaftler in diesem Punkt sogar ein wenig getrickelt: Sie haben ein Fremdprotein in den Erdäpfel geschleust, das eine ungewöhnlich heftige Immunantwort hervorruft.

„Es wird wohl noch einige Rückschläge geben“, urteilt Johannes Löwer, Direktor am Bundesamt

für Sera und Impfstoffe im hessischen Langen. Skeptisch bleibt auch WHO-Experte Paul-Henri Lambert: „Von einem richtigen Impfstoff aus Pflanzen sind wir weit entfernt.“ Beispielsweise müßte auch eine Impfbanane unabhängig von Wind und Wetter den Wirkstoff in stets gleich hohen Konzentrationen herstellen.

Andererseits könnten gerade leckere Früchte wie Bananen, die jedes Kind essen kann, die globalen Impfprogramme entscheidend voranbringen. Die WHO fördert deshalb immerhin drei Projekte, in denen Grünzeug per Gentechnik zu Impfstoffen umgemodelt werden sollen.

Dabei haben Botaniker weniger Hürden zu überwinden als andere Gentechniker, weil sich Pflanzenzellen schneller und wirksamer gentechnisch verändern lassen als Tiere und Bakterien. Auch die Entschlüsselung der Pflanzengene dürfte bis zum Jahr 2004 abgeschlossen sein. Forscher in den USA, Japan und Europa haben sich darauf geeinigt, gemeinsam das kompakte Genom der Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana* zu entziffern. Das daumengroße Modellpflänzchen soll Aufschluß über die wichtigsten Pflanzengene geben. Die Erbanlagen könnten dann je nach Wunsch von einer Sorte zur anderen verschoben werden. Die Botaniker stützen ihre Hoffnung auf die Tatsache, daß alle 250 000 Pflanzenarten vergleichsweise eng verwandt sind.

Eine Kartoffelsorte der US-Firma Monsanto, die gleich acht verschiedene Fremdgene in sich trägt, wird nach Einschätzungen des US-Landwirtschaftsministeriums in zwei Jahren marktreif sein. „In zwanzig Jahren werden wir ganz neue Pflanzen haben“, prophezeit Rich Lotstein von der Firma Novartis Seeds im US-Bundesstaat North Carolina. Einige der maßgeschneiderten Varietäten lassen den Unterschied zwischen Medikament und Nahrungsmittel verschwinden: sogenannte Nutraceuticals. Der Begriff setzt sich zusammen aus den englischen Worten für Nahrungsmittel und Pharmaka und kennzeichnet Genfrüchte, die angeblich gesünder sein sollen als herkömmliches Obst und Gemüse. „Stellen Sie sich Pommes frites und Kartoffelchips mit weniger Fett vor – Snacks, die Sie ohne Schuldgefühle essen können“, wirbt der Konzern Monsanto in einem Prospekt.

Mit den auf gesund getrimmten Früchten wollen die US-Züchter auch die Schlappe vergessen machen, die sie mit dem Gen-Food der ersten Generation in Europa erlitten. „Wir hoffen, daß der Nutzen der neuen Produkte jetzt klarer wird“, sagt Monsanto-Sprecherin Karen Marshall.

Die vollmundig angekündigte Anti-Krebs-Tomate etwa enthält mehr des Krebshemmers Beta-Carotin als herkömmliche Früchte. Doch schon spucken die Kritiker den Genköchen in die Töpfe. „Wer aber jubelt über die Karotte“, fragt Greenpeace, „die ohne Gentechnik sechzehnmal mehr Beta-Carotin enthält als gewöhnliche Tomaten?“

Quelle: DIE ZEIT, Nr. 19 vom 29.4.1998, S. 31/32

Risiko-Szenarien der Auskreuzung von Fremdgenen



Pharmapflanze



- Kleinflächiger Anbau
- Samen, die erst im folgenden Jahr keimen, sog. Durchwuchspflanzen (Vermengung mit Lebensmittelkette)
- Auskreuzung: Wild- und Kulturpflanzen (Vermengung mit Lebensmittelkette)



Auskreuzungsbarriere notwendig, da **sicherheitsrelevant**



**Insektenresistente
GV-Pflanze**



- Großflächiger Anbau
- Auswirkung auf Boden / Nützlinge
- Ausbreitungsverhalten
- Auskreuzung: Wildpflanzen mit verbesserter Fitness



Auskreuzungsbarriere kann im Einzelfall notwendig sein, da **sicherheitsrelevant**



**Zugelassene
herbizidtolerante GV-Pflanze**



- Großflächiger Anbau
- Wahlfreiheit und Sicherstellung von Nicht-GVO-Landwirtschaft
- Schwellenwerte
- Auskreuzung: Barriere (z.B. Schutzhecken, Sicherheitsabstände)



Minimierung der Auskreuzung durch Koexistenz-Regeln ausreichend, da **nicht sicherheitsrelevant**

Auskreuzung kann verhindert werden

Pollenbildung wird unterbunden

Die Verbreitung von Transgenen kann durch männliche Sterilität der Pflanzen (keine Pollenbildung) verhindert werden. Dazu werden den Pflanzen sogenannte Sterilitäts-Gene eingeführt: in den Pflanzenzellen werden toxische Substanzen produziert, die zum Tod der Zellen führen.

Damit nur die männlichen Blütenteile davon betroffen sind, ist das Sterilitäts-Gen mit einem genetischen Zellschalter verknüpft. Dieser Schalter aktiviert das Gen ausschließlich in denjenigen Zellen, die an der Entwicklung der männlichen Blüte beteiligt sind. Prinzipiell ist diese Technologie für Kulturpflanzen jedoch nur dann sinnvoll, wenn das landwirtschaftliche Produkt weder Samen noch Frucht darstellt, da ohne männliche Befruchtung in der Regel keine Samen oder Früchte entstehen.

Pollen ohne Fremdgen

Um die Transgene in den gv-Pflanzen „gefangen“ zu halten, dürfen die Pollen nicht die neuen Erbinformationen enthalten. Um das zu erreichen macht man sich zwei Besonderheiten der Natur zu nutze:

1. In den Pflanzenzellen gibt es auch in den Plastiden Gene, beispielsweise in den Chloroplasten. Bis zu 100 Plastiden können in einer Pflanzenzelle enthalten sein, die jeweils 10-100 Kopien der eigenen Erbinformation enthalten.

2. Bei den meisten Blütenpflanzen kommen die Plastiden nicht in den Pollenzellen vor. Hier ist lediglich der Zellkern mit seinen Erbinformationen enthalten.

Plastiden können heute mit einer Reihe verschiedener Methoden transformiert werden (Genkanone, Mikroinjektion, etc.). Bislang gibt es jedoch nur wenige Kulturpflanzen, bei denen diese Art der Genübertragung funktioniert hat und die neuen Eigenschaften auch an die nachkommenden Generationen weitergeben werden konnten (z.B. Tabak).

Einen weiteren Vorteil hat diese Plastidentransformation: Transgene werden in Chloroplasten sehr viel stärker exprimiert und können einen Anteil von bis zu 40% des gesamten löslichen Proteinanteils der Pflanzenzelle einnehmen. Bei Pflanzen, die neue Gene in den Zellkern übertragen bekommen, liegt dieser Proteinanteil in der Regel bei weit unter einem Prozent. Damit eignen sich diese Methode beispielsweise besonders gut zur Produktion von pharmazeutischen Proteinen (Molecular pharming), da man hier ja sehr große Menge des Proteins haben möchte.

Samenkeimung wird verhindert

Im Zuge der sogenannten „Terminator-Technologie“ entwickeln die gentechnisch veränderten Pflanzen nur noch Samen, der nicht mehr keimfähig ist. Möglich wird dies, indem ein Toxin-Gen in die Pflanze eingebracht wird, das nur in bestimmten Zellen des Samens aktiv ist und damit die Keimung verhindert. Die Pollen dieser gv-Pflanzen können zwar immer noch artverwandte Pflanzen befruchten, der dabei entstehende Samen entwickelt sich jedoch nicht mehr zu einer Pflanze (ist also nicht mehr keimungsfähig). Die Terminator-Technologie wurde von der Öffentlichkeit stark kritisiert. Denn sie wurde ursprünglich entwickelt, damit Landwirte das GV-Saatgut nicht selbst vermehren können, sondern jedes Jahr neu kaufen müssen. Dies erhöht insbesondere in armen Ländern die Abhängigkeit der Bauern.

Quelle: verändert nach bioSicherheit 2002