

Diskursprojekt
"Szenario Workshops: Zukünfte der Grünen Gentechnik"

Grundlagen der Grünen Gentechnik

BASISINFORMATION NR. 1

In dieser Basisinformation werden Unterschiede zwischen Grüner Gentechnik und konventioneller Züchtung beschrieben, sowie die technischen Grundlagen molekularbiologisch unterstützter Pflanzenzüchtung eingeführt. Die grundlegenden Arbeitstechniken und Verfahren des Gentransfers werden erklärt und biotechnologische Fachbegriffe erläutert. Der aktuelle Stand bei der Anwendung gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen wird kurz umrissen und eine weitere molekularbiologische Technik, die markergestützte Züchtung (Smart Breeding) vorgestellt. Abschließend wird ein Einblick in grundsätzliche Positionen bei der Bewertung des Charakters gentechnischer Eingriffe gegeben, der in den Basisinformationen dieser und der folgenden Informationseinheiten vertieft wird.

PFLANZENZÜCHTUNG UND GRÜNE GENTECHNIK

Bei der Entwicklung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen aus Wildpflanzen wurden durch den Menschen Körner derjenigen Getreidepflanzen, die besonders große Erträge hervorbrachten, bei jeder Ernte gezielt ausgelesen und zur nächsten Aussaat weiterverwendet. In den längsten Phasen der seit etwa 14.000 Jahren bestehenden Ackerbautradition wurde allein dadurch die Vermehrung von Pflanzen mit hohem Ertrag erreicht. In gleicher Weise wurden auch andere Eigenschaften gezielt weiterentwickelt. Seit etwa 100 Jahren wurde dieses Vorgehen durch gezielte Kreuzung ergänzt. Die Methodik der konventionellen Pflanzenzüchtung wurde seither kontinuierlich und mit stetig beschleunigter Entwicklung verbessert. Die moderne Hybridzüchtung bedient sich zur Kreuzung definierter Zuchtlinien, die in ihren Eigenschaften optimiert wurden. Die Kombination und Verteilung der vererbten Eigenschaften der Elternteile auf die Nachkommen erfolgt bei allen diesen Methoden letztlich immer zufällig.

Mit der markergestützten Züchtung besteht im Gegensatz dazu erstmals die Möglichkeit, gezielt nach Genen für bestimmte Merkmale zu suchen. Darüber hinaus gehend können diese Erbinformationen mit Hilfe der Grünen Gentechnik unter Beibehaltung der vorhandenen gewünschten Eigenschaften auf andere Pflanzen übertragen werden. Dabei kann auch Erbmaterial von außerhalb der züchterisch bearbeiteten Art verwendet werden, wo-

durch neue Eigenschaften von außerhalb des Genpools derselben Pflanzenfamilie eingebracht werden können. Durch die Nutzung der Grünen Gentechnik kann die moderne Pflanzenzüchtung Nutzpflanzen mit bisher in den jeweiligen Pflanzengruppen nicht vorhandenen Eigenschaften entwickeln (Müller-Röber et al. 2007).

BEGRIFFE, VERFAHREN UND DEFINITIONEN

Unter dem Begriff Gentechnik werden auf den Erkenntnissen der Molekularbiologie aufbauende Verfahren zusammengefasst, bei denen gezielte Eingriffe in das Erbgut von Organismen vorgenommen werden. Je nach Nutzung unterscheidet man zwischen „Weißer Gentechnik“ (Industrie, Mikroorganismen), „Grüner Gentechnik“ (Landwirtschaft, Pflanzen und Tiere) und „Roter Gentechnik“ (Medizin, menschliche und tierische Zellen) (BVL 2008). Die Erbinformation ist bei allen höheren Lebewesen in der Desoxyribonukleinsäure (DNS oder englisch DNA) in den Zellkernen verschlüsselt. Einzelne Abschnitte, die Gene, enthalten die Information für jeweils ein Eiweiß, meist ein Enzym. Kulturpflanzen besitzen in der Regel ein Genom (die Gesamtheit aller Gene) von etwa 25 000 einzelnen Genen, die immer paarweise in zu gleichen Teilen vom Vater und der Mutter ererbt so genannten Allelen vorliegen (MPIZ 2008). Wurden bestimmte Zielgene – und mit ihnen gewünschte Eigenschaften – von einem Organismus auf einen anderen übertragen, spricht man von gentechnisch veränderten Organismen (GVO), bzw. gentechnisch veränderten (gv) Pflanzen.

Ziel des Eingriffs ist es, eine gewünschte Änderung von Merkmalen, Eigenschaften und Stoffwechselvorgängen der Organismen hervorzurufen. Bedient man sich dazu Genen, die aus der gleichen Pflanzenart stammen und prinzipiell auch durch Kreuzung übertragen werden könnten, spricht man von cisgenen Pflanzen. Da die Art der Informationsverschlüsselung, der genetische Code, bei allen Lebewesen gleich ist kann man auch auf die Gene nicht verwandter Pflanzen oder von Tieren und Mikroorganismen zurückgreifen. Nach deren Übertragung erhält man so genannte transgene Pflanzen (Kempken/Kempken 2006). Bevor sie für den großflächigen kommerziellen Anbau und die landwirtschaftliche Produktion zugelassen wird, durchläuft jede gv Nutzpflanze ein Sicherheitsbewertungsverfahren und wird im Labor und im Gewächshaus umfangreichen Tests unterzogen. Anschließend werden Freisetzungsversuche durchgeführt, bei denen die gv Pflanzen im kleinen Maßstab im Freiland angebaut werden, (siehe Basisinformation Nr. 12).

METHODEN DES GENTRANSFERS

Zur Übertragung von DNS in das Genom einer andern Zelle (Transformation) werden hauptsächlich zwei Verfahren angewendet. Eine davon ist die indirekte Übertragung von Fremd-DNS durch das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens*. Das Bakterium

schleust dazu mit Hilfe eines ringförmigen Gen-Stranges, dem so genannten Ti-Plasmid, seine Gene in Pflanzenzellen ein. Diese werden anschließend ins Pflanzengenom integriert und bewirken von dort aus die Bildung eines Tumorgewebes, in dem sich das Bakterium vermehrt. Diesen natürlichen Vorgang macht man sich bei der Gentechnik zu Eigen: Die gewünschten Zielgene werden an Stelle der tumorauslösenden Gene in das Ti-Plasmid eingebaut und mit Hilfe des Agrobakteriums in die Pflanze eingeführt (Kempken/Kempken 2006).

Da das Agrobakterium bestimmte Pflanzengruppen von Natur aus nicht befällt, darunter viele Getreidearten, wird häufig eine weitere Möglichkeit genutzt: der Beschuss pflanzlichen Materials mit DNS-überzogenen Wolfram- oder Goldpartikeln. Diese als biolistische Transformation bezeichnete Methode wird mit Hilfe einer so genannten Genkanone durchgeführt, die die Partikel mittels Gasdruck beschleunigt und in die Zellen schießt.

Fremdgene können auch mit Hilfe modifizierter wirtsspezifischer Pflanzenviren, durch Injektion, unter Zuhilfenahme chemischer und elektrischer Reize oder mittels Liposomen direkt in pflanzliche Embryonen, Gewebe oder zellwandlose Einzelzellen übertragen werden (Brandt 2004). Diese letztgenannten Verfahren werden jedoch aufgrund geringerer Erfolgsquoten seltener angewendet.

Allen momentan gebräuchlichen Methoden des Gentransfers ist gemein, dass mit ihnen kein zielgerichteter Einbau der Fremdgene an einem bestimmten Einbauort möglich und die Erfolgsrate sehr gering ist. Die neu einzuführenden Gene werden zudem in nur einem Bruchteil der Fälle auch in das Genom der Zielzellen eingebaut und die Information anschließend abgelesen und umgesetzt (Zarzer 2006).

GENKONSTRUKT: ZIELGEN, PROMOTOREN UND MARKER

Zielgene lassen sich zwar mit Hilfe molekularbiologischer Methoden im Reagenzglas isolieren, können aber nicht in dieser Form übertragen werden. Man benötigt hierzu so genannte Vektoren, die als Träger für die Gene fungieren. Wie beim oben beschriebenen Agrobakterium bedient man sich hierzu meist ringförmiger Plasmid-DNS aus Bakterien, in die neue DNS-Bestandteile mit Hilfe von Enzymen eingebaut werden. Ein Bestandteil dieses einzuführenden Genkonstruktes ist das Zielgen. Damit dieses nach der Übertragung auch abgelesen werden kann, müssen weitere DNS-Abschnitte, so genannte Promotoren, integriert werden, die als Startpunkt und Regulator für die Ablesung in der Zielzelle fungieren. (Kempken/Kempken 2006).

Um später überprüfen zu können, ob Übertragung und Einbau erfolgreich waren und auch eine Ablesung erfolgt, werden an das Zielgen so genannte Markergene gekoppelt. Diese erlauben die Auswahl der Zellen, bei denen die Transformation geglückt ist. Der Einbau eines Terminator-Bereichs, an dem später die Ablesung endet, schließt das Genkonstrukt

ab. Danach überträgt man den so veränderten Vektor, der diese vier DNS-Bestandteile (Zielgen, Promotor, Markergen, Terminator) enthält, mit Hilfe der zuvor erläuterten Methoden in den Empfängerorganismus. Anschließend werden die erfolgreich transformierten Zellen zu neuen Pflanzen herangezogen (Brandt 2004).

Als Markergene wurden anfänglich meistens solche für Resistenz gegen bestimmte Antibiotika verwendet. Über mögliche gesundheitliche Auswirkungen dieser Antibiotikaresistenzgene wird in Wissenschaft und Gesellschaft kontrovers diskutiert (siehe Basisinformation 19). Da die Mehrheit der Bevölkerung trotz positiver Sicherheitsbewertung durch die Behörden ihren Einsatz mehrheitlich ablehnt (vgl. Basisinformation 10), wird in den letzten Jahren alternativ verstärkt auf andere Markergene zurückgegriffen. Sie verleihen den transformierten Zellen beispielsweise eine Herbizidresistenz oder die Fähigkeit Farbstoffe zu bilden bzw. bestimmte Stoffwechselreaktionen zu beeinflussen (Brandt 2004).

STAND GENTECHNISCH VERÄNDERTER NUTZPFLANZEN

1983 wurde die erste gv Pflanze entwickelt. Amerikanischen Forschern gelang es, ein Gen für eine Antibiotikaresistenz aus einem Bakterium auf eine Tabakpflanze zu übertragen. Darauf aufbauend wurde die Verbesserung agronomischer, d.h. für den landwirtschaftlichen Anbau relevante Eigenschaften bei Nutzpflanzen in Angriff genommen – die so genannten **Input-Traits** (siehe Basisinformation Nr. 2). Ziele waren vor allem die Resistenz gegen Schadinsekten, Viren und Pilze sowie Herbizidtoleranz, eine Verbesserung der Nährstoff-Effizienz und der Frosttoleranz.

Daneben wurden Ansätze zu einer Veränderung von Produkteigenschaften der aus den Pflanzen gewonnenen Agrarrohstoffe verfolgt – die so genannten **Output-Traits** (siehe Basisinformation Nr. 3). Hierbei werden einerseits für die Industrie besser verwertbare pflanzliche Inhaltsstoffe erforscht, wie z.B. Kartoffeln mit veränderter Stärkequalität als Ausgangsstoffe für Klebstoffe und Bindemittel. Weitere Entwicklungsziele sind Nahrungsmittel mit verbessertem Nährwert und geschmacklichen Eigenschaften, die Entfernung unerwünschter Inhaltsstoffe und die Verzögerung des Reifeprozesses von Früchten und Gemüse. Beispiele hierfür sind ein Reis mit höherem β -Carotin-Gehalt oder Soja- und Raps-Varianten mit einer gesünderen Fettsäurezusammensetzung (MPIZ 2008).

Forschungen zu gentechnischen Veränderungen wurden schon bei zahlreichen Pflanzengruppen vorgenommen (Getreide, Gemüse, Blumen, Bäume). Viele dieser Entwicklungen gelangten nicht zur Marktreife, einige wenige wurden für den Markt zugelassen. Eine reiferverzögerte Tomate wurde unter dem Namen "FlavrSavr" („Anti-Matsch-Tomate“) in den 1990er Jahren als eine der ersten gentechnischen Sorten in den USA kommerziell angeboten, konnte sich jedoch trotz des Vorteils der Reiferverzögerung nicht am Markt

durchsetzen. Einige gv Pflanzensorten werden aktuell kommerziell angebaut (siehe Basisinformation 4), weitere befinden sich in der industriellen Entwicklung, (siehe Basisinformationen 2 und 3).

"SMART BREEDING" - MARKERGESTÜTZTE ZÜCHTUNG

Die moderne Pflanzenzüchtung bedient sich auch ohne Pflanzen gentechnisch zu verändern molekularbiologischer Methoden. Beim so genannten „Smart Breeding“ (Präzisionszucht) erleichtern molekularbiologische Techniken das Auffinden der gewünschten genetischen Eigenschaften. Bei der Auswahl geeigneter Kreuzungspartner und bei der Selektion der Kreuzungsprodukte können erwünschte oder zu vermeidende Eigenschaften effektiver aufgespürt werden als bei der Selektion nach dem äußeren Erscheinungsbild der Pflanzen (Müller-Röber et al. 2007). Dazu werden die die gewünschten Zielgene mit Hilfe so genannter molekularer Marker identifiziert. Gentechnische Verfahren werden somit nicht genutzt, um gewünschte Zielgene auf Nutzpflanzen zu transferieren, sondern um die Zuchtziele bei der klassischen Züchtung effizienter zu erreichen.

Diese Ergänzung klassischer Methoden der Pflanzenzüchtung wird von Gegnern Grüner Gentechnik als Schlüsseltechnologie der zukünftigen Pflanzenzüchtung angesehen (Zarzer 2006). Da bei dieser Methode keine gezielten gentechnischen Veränderungen am Genom der Pflanze selbst vorgenommen werden, sind die Vorbehalte in der Öffentlichkeit geringer als bei der Herstellung transgener Pflanzen. Befürworter transgener Methoden führen an, dass dadurch das Problem der beschränkten Auswahl von Eigenschaften nur aus artverwandten Pflanzen nicht gelöst werden kann. Es sei zwar möglich den Genpool der jeweiligen Art effektiver zu nutzen, dadurch werde aber keine ausreichende Antwort auf die Herausforderungen an die Landwirtschaft gegeben (Müller-Röber et al. 2007).

POSITIONEN ZUM CHARAKTER GENTECHNISCHER EINGRIFFE

An der Grünen Gentechnik scheiden sich die Geister und das quer durch Gesellschaft und Wissenschaft. Die unterschiedlichen Positionen zu vielen Einzelaspekten sind bereits auf der Ebene der Technologie selbst erkennbar. Streitpunkt ist hier vor allem, was die Neuartigkeit gentechnischer Eingriffe gegenüber bisherigen klassischen Methoden der Pflanzenzüchtung ausmacht.

Für die Befürworter stellt die Grüne Gentechnik neue Lösungsansätze für einige ungelöste methodische Probleme der Pflanzenzüchtung zur Verfügung, z.B. für die Unüberwindbarkeit der Artbarriere zwischen nicht eng verwandten Arten. Gentechnische Veränderungen sind nach Ansicht vieler Pflanzenzüchter nichts als eine Weiterentwicklung von Methoden, die seit Jahrtausenden angewendet werden und die eine kontinuierliche geneti-

sche Veränderung der Arten bewirkt haben. Im Gegensatz zur klassischen Züchtung müssten bei der Verwendung molekularbiologischer Methoden nicht zehntausende von Genen kombiniert und selektiert werden, stattdessen könnten gezielt einzelne Gene in Pflanzen eingebracht und dadurch neue und definierte Eigenschaften erzielt werden (Müller-Röber et al. 2007).

Kritiker bewerten hingegen die Überschreitung der Artbarriere als eine Grenzüberschreitung, bei der eine vollkommen neue Qualität von Veränderung der ursprünglichen Arten erreicht wird, die im Falle eines Fehllaufs nicht mehr zurückgeholt werden kann (Zarzer 2006). Zudem werde mit den übertragenen Genen keineswegs nur einzelne, gewünschte Eigenschaften verändert. Es wird befürchtet, dass durch die Übertragung unter Umständen in genregulatorische Vorgänge und Strukturen der Pflanze eingegriffen wird, was unbeabsichtigte Effekte zur Folge haben könnte (Moch 2006) (siehe Basisinformation Nr. 19).

Von vielen Menschen werden die möglichen Risiken der Pflanzengentechnik deutlich stärker wahrgenommen als ein möglicher Nutzen. Dies und andere Gründe sind die Ursache für die geringe Verbraucherakzeptanz Grüner Gentechnik nicht nur in Deutschland sondern auch in den meisten Ländern der EU (siehe Basisinformation 10). Interessant ist hierbei der Vergleich mit medizinischen molekularbiologischen Anwendungen der Roten Gentechnik, die auf deutlich weniger Skepsis treffen. Es bleibt abzuwarten, ob Anwendungen der Grünen Gentechnik, die unmittelbare Verbrauchervorteile versprechen, tatsächlich eine höhere Akzeptanz erreichen und die Skepsis der Verbraucher gegen gv Pflanzen insgesamt verringern.

LINKS ZU VERTIEFENDEN INFORMATIONEN

MPIZ, Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung: Was ist Grüne Gentechnik?

http://www.mpiz-koeln.mpg.de/downloads/publicRelation/Bro_grueneGentechnik.pdf

BVL, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: Die Grüne Gentechnik - Ein Überblick.

http://www.bmelv.de/cln_045/nn_750598/SharedDocs/downloads/01-Broschueren/GrueneGentechnik_28BVL_29.html_nnn=true

LITERATUR

Brandt, Peter (2004): Transgene Pflanzen: Herstellung Anwendung , Risiken und Richtlinien. Birkhäuser, Basel.

Moch, K. (2006): Epigenetische Effekte bei transgenen Pflanzen: Auswirkungen auf die Risikobewertung. *BfN-Skripten* 187. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn-Bad Godesberg.

Müller-Röber, B., Hucho, F., van den Daele, W., Köchy, K., Reich, J., Rheinberger, H.-J., Sperling, K., Wobus, A.M., Boysen, M., Kölsch, M. (2007): Grüne Gentechnologie. Aktuelle Entwicklungen in Wissenschaft und Wirtschaft. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München.

Kempken, F; Kempken, U. (2006): Gentechnik bei Pflanzen. Chancen und Risiken. Springer Verlag, Berlin.

Zarzer, B. (2006): Einfach GEN:ial. Die Grüne Gentechnik: Chancen, Risiken, Profite. Heise Zeitschriften Verlag, Hannover.

veröffentlicht am 13.08.2008

Autoren:

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

Diskursprojekt durchgeführt von



Gefördert durch

