



Überlegungen der EFBS zur Grünen Gentechnologie

Hintergrundpapier vom 15. November 2012

Grüne Gentechnologie ist keine Risiko-Technologie

Obwohl die Grüne Gentechnologie eine vergleichsweise junge Technologie ist, werden gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) schon seit 1996 kommerziell angebaut¹ und auf ihre biologische Sicherheit hin geprüft. Es gibt keine Hinweise darauf, dass die Gentechnologie im Vergleich zu traditionellen Züchtungsmethoden eine besonders risikoreiche Technologie ist. Die heute nach OECD-Standard zugelassenen GVP sind so sicher wie kömmlich gezüchtete Pflanzen. Aus den weltweit durchgeführten Studien wird deutlich, dass das Anwenden der Gentechnologie nicht *per se* zum Auftreten zusätzlicher Risiken führt. In bestimmten Fällen können Risiken sogar vermindert werden (siehe Abschnitt «Nutzen von GVP»).

Die Beurteilung der Sicherheit von gentechnisch veränderten Pflanzen

Sind GVP sicher für Menschen, Tiere und die Umwelt? Diese Frage kann nicht *a priori* mit ja oder nein beantwortet werden. Die Veränderungen an den Pflanzen, die mittels dieser Technologie vorgenommen werden können, sind vielfältig. Daher lassen sich keine Pauschalurteile zur Biosicherheit von GVP machen. Wie bei anderen Technologien durchlaufen alle GVP ein Bewilligungsverfahren, in dem die Biosicherheit einzeln überprüft wird. Ohne diese Bewilligung dürfen GVP (und auch alle anderen GV Organismen) weder in die Umwelt gebracht, also versuchsweise freigesetzt oder kommerziell angebaut, noch als Nahrungs- oder Futtermittel verwendet werden.

Nach Meinung der EFBS sind einzig die Produkte der Gentechnologie relevant für die Beurteilung der Sicherheit. Der Herstellungsprozess wird in der Risikoermittlung zwar berücksichtigt, ist aber nicht ausschlaggebend für die Sicherheit der GVP.

Was ist Grüne Gentechnologie?

Die Gentechnologie - auch Gentechnik genannt - umfasst verschiedene Verfahren und Methoden, mit denen das Erbgut von Organismen gezielt verändert werden kann. Sie baut auf dem Wissen der Genetik und Molekularbiologie auf und reicht vom Verändern einzelner Bestandteile eines Gens (Mutation) bis hin zum Ersetzen eines Gens durch eine andere Variante desselben Gens. Ausserdem können verschiedene Gene neu kombiniert oder auch teilweise oder ganz aus dem Erbgut entfernt werden (Deletion). Nach ihrem Anwendungsbereich benannt, umfasst die Grüne Gentechnologie Veränderungen an Pflanzen, hauptsächlich im Agrarbereich.

¹ Übersicht des ISAAA (International Service for the Acquisition of Agro-Biotech Applications) <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/43/executivesummary/default.asp>

In den letzten Jahren wurde dank Fortschritten in der Sequenzieretechnologie das Erbgut vieler Pflanzenarten und verschiedener Sorten entschlüsselt². Dadurch können Forschende unter anderem mehr über die genetischen Veränderungen erfahren, die Zuchtpflanzen gegenüber ihren wilden Verwandten haben (siehe Kasten). Ausserdem lassen sich gentechnische Veränderungen mit natürlichen oder bei der Mutationszüchtung entstandenen genetischen Veränderungen vergleichen.

Die EFBS ist der Meinung, dass dieses Wissen zu einer präziseren Risikoermittlung und -bewertung (siehe unten) beiträgt.

Änderungen im Erbgut herkömmlich gezüchteter Pflanzen

Die Züchtung zielt auf die Verbesserung der vererbbaaren Eigenschaften ab. In den Anfängen der klassischen Züchtung nutzten die Züchter die natürliche Variation aus. Sie säten von ihrer Ernte beispielsweise nur die grössten Getreidekörner aus, um dann wieder grosse Körner zu ernten. Diese sogenannte Auslesezüchtung oder Selektionszüchtung wurde durch Kombinationszüchtung erweitert: durch Kreuzung wurden unterschiedliche gute Eigenschaften kombiniert, zum Beispiel grosse und süsse Früchte. Damit wurde die genetische Vielfalt erhöht. In der Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Mutationszüchtung durch Strahlen oder bestimmte mutagene Chemikalien eingeführt. Diese klassische Züchtungsmethode kann neben den erwünschten Mutationen auch zu nicht genauer charakterisierten Mutationen führen. Im Gegensatz zu den gezielten Änderungen von GVP sind solche genetischen Veränderungen und deren Auswirkungen bei klassisch gezüchteten Pflanzen oft nicht genau untersucht. Wenn negative Auswirkungen beobachtet werden, werden diese Pflanzen nicht weiter entwickelt.

Folgende Beispiele zeigen einige genetische Veränderungen, die zu besonderen Merkmalen führten:

Gewisse Apfelsorten haben rotes Fruchtfleisch, weil ein sehr kurzes Stück ihres Erbgutes fünfmal hintereinander anstatt nur einmal vorkommt (Espley et al., 2009). Hüpfende Gene, sogenannte Transposons, wechseln ihren Ort im Erbgut oder verdoppeln sich, wobei die Kopie an einer neuen Stelle im Erbgut eingefügt wird. Manchmal treffen sie dadurch Gene und zerstören diese oder verändern deren Aktivität. Barbara McClintock hatte diese mobilen Gene als Ursache von unterschiedlichen Färbungen von Maiskörnern entdeckt und erhielt 1983 dafür den Nobelpreis. Durch solche hüpfenden Gene entstanden beispielsweise auch aus blauen Trauben weisse (Kobayashi et al., 2004), wurden aus blonden die dunkelroten Blutorangen (Butelli et al., 2012) und bildeten sich kernlose Äpfel (Yao et al., 2001) und gelbfleischige Tomaten (Fray and Grierson, 1993). Manchmal werden benachbarte Gene ebenfalls verdoppelt und an einen neuen Ort im Erbgut eingebaut – so entstanden etwa längliche Tomaten (Xiao et al., 2008).

² Hamilton JP, Buell CR (2012) Advances in plant genome sequencing. *The Plant Journal* 70: 177–190

Von Fall zu Fall beurteilen, denn auf die Veränderungen kommt es an

Es gibt keine für die Gentechnologie spezifischen Risiken. Für die EFBS ist es wichtig, dass die Sicherheit der gentechnisch hergestellten Pflanzen und deren Produkte - beispielsweise Früchte und Körner – beurteilt wird, und nicht die Sicherheit der Gentechnologie als solche.

Den modernen Pflanzenzüchtern steht ein breites Spektrum an gentechnischen Methoden offen, um das Erbgut von Pflanzen gezielt zu verändern. So lässt sich zum Beispiel der so genannte „Golden Rice“ herstellen, Reis, der dank dem Hinzufügen von Genen aus Mais und einem Bakterium erhöhte Mengen an Beta-Carotin enthält, das im menschlichen Körper dann zu Vitamin-A umgewandelt wird³. Die Unterversorgung mit Vitamin A (Vitamin-A-Defizienz oder VAD) führt zu erheblichen Mangelerscheinungen und Gesundheitsproblemen, bis hin zu Erblindung und Tod. Jährlich sterben in Entwicklungsländern etwa eine Million Kinder an VAD.



Beta-Carotin ist für die Färbung der Reiskörner verantwortlich und gibt dem „Golden Rice“ seinen Namen.

Quelle: http://www.goldenrice.org/Content2-How/how1_sci.php

Beim „Golden Rice“ ist es wichtig zu testen, dass sich die Körner für den menschlichen Verzehr eignen und sie anderen Reissorten in ihrem Nährwert entsprechen. Andere GVP sind resistent gegen Pflanzenschädlinge - Insekten, die in der klassischen Landwirtschaft mit Insektiziden bekämpft werden. Solche Sorten werden unter anderem darauf geprüft, ob sie keine negativen Auswirkungen auf andere Insekten haben. Wichtig ist auch die Beurteilung der Umwelt, in die eine GVP ausgebracht wird: wenn eine GVP wilde Artverwandte hat, mit denen eine Auskreuzung möglich ist, eignet sie sich unter Umständen nicht oder nur begrenzt für den Anbau in dieser Region.

Wenn Pflanzen punktuell verändert oder arteigene Gene eingeführt werden – wie bei dem weiter unten beschriebenen Apfel –, lässt sich im Nachhinein nicht immer feststellen, ob die genetischen Veränderungen natürlicherweise oder mittels Gentechnologie entstanden sind.

Aus Sicht der EFBS ist die derzeitige Regelung sinnvoll, jede neue GVP einzeln zu beurteilen. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Verwendungszweck und die jeweilige Umwelt.

Bewilligungspflicht sorgt für Sicherheit

GVP müssen vom Bund bewilligt werden. Dabei wird zwischen Bewilligungen für Feldversuche - auch Freisetzungsversuche genannt - und für das Inverkehrbringen unterschieden. Unter Inverkehrbringen versteht man einerseits den kommerziellen Anbau von GVP und andererseits die Verwendung als Nahrungs- und Futtermittel.

In der Schweiz wurden Freisetzungsversuche bisher nur von Wissenschaftler/-innen aus der Grundlagenforschung durchgeführt. In Zukunft könnten auch Firmen GVP im Feld testen, um z. B. Daten zur Biosicherheit zu gewinnen, welche für die Bewilligung zum Inverkehrbringen notwendig sind. Derzeit werden in der Schweiz keine GVP kommerziell angebaut. Dagegen sind eine Soja- und mehrere GV Maissorten als Futtermittel zugelassen. Verschiedene Gesuche für dieselben Soja- und Maissorten als Nahrungsmittel sind in Bearbeitung. Teilweise handelt es sich dabei um Erneuerungsgesuche bereits bewilligter Sorten.

³ Informationen zum so genannten „Golden Rice“ <http://www.goldenrice.org>

Risikoermittlung und -bewertung

Es ist gesetzlich festgelegt, welche Unterlagen eingereicht werden müssen, um eine Bewilligung für einen Freisetzungsversuch oder das Inverkehrbringen von GVP zu beantragen. Dazu gehört auch eine Risikoermittlung und -bewertung. Gesuchsteller müssen diese nach wissenschaftlichen Kriterien und Methoden durchführen und darlegen, ob die GVP oder ihre Produkte Risiken darstellen für:

- 1) die Gesundheit von Mensch und Tier
- 2) die Umwelt und die biologische Vielfalt (z.B. durch Ausbreitung, Genfluss auf Wildpflanzen, Veränderungen des Bodens, Resistenzbildung)
- 3) den Anbau ohne GVP (z.B. durch Auskreuzung oder Vermischung).

Der Gesuchsteller muss nachvollziehbar belegen und begründen, wieso aus seiner Sicht ein Freisetzungsversuch oder das Inverkehrbringen beantragt werden kann.

Bei den Bewilligungsverfahren steht eine Risikoermittlung und -bewertung im Zentrum. Ausgehend von den gentechnisch eingeführten Veränderungen und den Eigenschaften der GVP werden mögliche unerwünschte Auswirkungen abgeschätzt (siehe Kasten). Zudem werden Tests durchgeführt, die Hinweise auf nicht unmittelbar erwartete mögliche Schäden geben. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass es unmöglich ist, die komplexen Vorgänge in einer GVP und Wechselwirkungen zwischen der GVP und ihrer Umwelt zu erfassen. So wird z. B. mit verschiedenen Methoden getestet, ob Körner von herbizidtolerantem Mais konventionellen Maiskörnern entsprechen.

Eine wichtige Vorschrift der Gesetzgebung ist das schrittweise Vorgehen. Konkret bedeutet das, dass zuerst Daten aus Experimenten im Labor und Gewächshaus vorliegen müssen. Erst danach können Freisetzungsversuche durchgeführt und in einem weiteren Schritt GVP für das Inverkehrbringen bewilligt werden.

Viele der heute als sicher geltenden Pflanzen waren früher toxisch oder enthielten allergene Komponenten, die im Laufe der Zeit

mit traditionellen Züchtungsverfahren eliminiert wurden. Traditionell gezüchtete Pflanzen werden durch die Behörden nicht auf Biosicherheits- und Gesundheitsrisiken hin geprüft. Der Züchter untersteht lediglich der Sorgfaltspflicht. Im Gegensatz dazu werden GVP im Rahmen des Bewilligungsverfahrens in jedem Fall auf toxische und allergene Komponenten hin untersucht.

Biosicherheitsstudien verhindern Entwicklung einer GV Sojapflanze

Es gibt Fälle von GVP, bei denen während des mehrstufigen Verfahrens Probleme aufgetaucht sind und deren Entwicklung zur marktreifen Sorte deshalb gestoppt wurde. Ein Beispiel dafür ist eine Sojasorte, in die ein Gen der Paranuss eingeführt worden war, um die Nahrungsqualität zu verbessern. Im Rahmen der Risikoermittlung stellte sich heraus, dass dieses Gen für die Bildung eines starken Allergens verantwortlich war. Die Weiterentwicklung dieser Sorte wurde gestoppt (Nordlee et al., 1996).

Überwachungsplan und «Notbremse»

Wie bei der Zulassung von Medikamenten, Nahrungsmittelzusätzen oder Pflanzenschutzmitteln gibt es auch bei der Zulassung von GVP keine absolute Sicherheit. Selbst die normale Pflanzenzüchtung birgt Risiken. Da in der Grünen Gentechnologie im Vergleich zur klassischen Züchtung weniger Erfahrungen gesammelt wurden, unterstützt die EFBS den in der

Gesetzgebung vorgeschriebenen Überwachungsplan. Mit diesem Monitoring sollen allfällige unerwünschte Auswirkungen, die im Zusammenhang mit den GVP stehen, systematisch erfasst werden. Falls solche festgestellt werden, werden Massnahmen ergriffen, die bis hin zum Entzug der Bewilligung führen können.

Nutzen von GVP

Heutzutage werden weltweit hauptsächlich GVP mit den Merkmalen Herbizidtoleranz und Insektenresistenz angebaut. In Forschungslaboratorien wird an einer Vielzahl anderer Eigenschaften gearbeitet. Bei einigen dieser Pflanzen kann die gentechnische Veränderung zu einer Reduktion von Biosicherheits- oder Gesundheitsrisiken führen. Beispielsweise sind GVP in Entwicklung, die weniger Allergene enthalten. Lebensmittel, die Spuren solcher GVP enthalten können, lösen bei Allergikern weniger oder keine allergischen Reaktionen aus.

Geforscht wird auch an GVP, von denen positive Effekte auf die Umwelt erwartet werden, da sie weniger Bewässerung, Dünger oder Spritzmittel brauchen. Lassen sich diese Ziele nicht auch mit klassischer Züchtung erreichen? Es gibt Wildapfelsorten, die resistent gegen Pilzkrankheiten sind, während viele Kulturäpfel befallen werden. Solche Resistenzen können tatsächlich mit herkömmlichen



Unbehandelte Äpfel weisen häufig Zeichen von Pilzbefall auf.
Quelle: Cesare Gessler, ETH Zürich

Züchtungsmethoden in moderne Apfelsorten eingekreuzt werden. Allerdings werden so auch unerwünschte Eigenschaften eingekreuzt, die z. B. den Ertrag mindern oder den Geschmack verändern. Nur in einem sehr aufwändigem Prozess erhält der Züchter wieder einen marktfähigen Apfel – dies dauert etwa 30 Jahre. Die Pilzresistenz kann aber mithilfe der Gentechnologie auch direkt vom Wildapfel auf den modernen Apfel übertragen werden. Im Endprodukt ist wieder nur apfeleigenes Erbgut enthalten. Der Vorteil der gentechnischen Methode ist, dass dabei die Apfelsorte erhalten bleibt. Bei der herkömmlichen Züchtung hingegen entsteht eine neue Sorte. Gegen Apfelschorf hat dieser Ansatz bereits funktioniert⁴. So kann mit Gentechnologie auch ein Apfel entwickelt werden, der gegen Feuerbrand resistent ist. Dies hätte den grossen Vorteil, dass Apfelbäume nicht mit Antibiotika besprüht werden müssen, um der Krankheit entgegen zu wirken.

Schlussbemerkung

Zusammenfassend kommt die EFBS einstimmig zum Schluss, dass die Biosicherheit von GVP in der Schweiz ausreichend eingeschätzt werden kann. Das strenge Bewilligungsverfahren - es liefert den Zugang zu den relevanten Daten - und der Stand der Wissenschaft stellen dies sicher. Falls es im Einzelfall nicht gelingt, wird eine GVP vorsorglich nicht bewilligt. Die EFBS vertritt klar die Meinung, dass sich eine Verlängerung des Gentech-Moratoriums einzig aus Gründen der Biosicherheit nicht rechtfertigen lässt.

Dass zugelassene GVP sicher sind und die Gentechnologie *per se* nicht risikoreicher ist als andere Züchtungsmethoden, geht auch aus dem Schlussbericht des Nationalen For-

⁴ Vanblaere T, Szankowski I, Schaart J, Schouten H, Flachowsky H, Broggini GAL, Gessler C (2011) The development of a cisgenic apple plant. *Journal of biotechnology* 154: 304–311

schungsprogramms «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen» (NFP 59) hervor⁵.

Die in den letzten Jahren in der Schweiz durchgeführten Feldversuche mit GVP waren mehrmals Gegenstand von Vandalenakten. Deshalb findet die EFBS die Schaffung von *protected sites* sehr wichtig – Forschungsstandorte, zu denen nur die Forschenden Zugang haben. Sie dienen einzig dem Schutz des Versuchsgeländes und nicht dem Schutz von Mensch und Umwelt vor den Versuchen. Die Erschaffung solcher Standorte für Forschungstätigkeiten ist äusserst wichtig, will die Schweiz weiterhin Experimente mit GVP durchführen. Gerade eine eigenständige Biosicherheitsforschung in der Schweiz erachtet die EFBS als essentiell.

Die EFBS hat als interdisziplinäres Team den Auftrag, Fragen der Biosicherheit unabhängig zu beurteilen. Sie beschränkt sich deshalb in ihren Ausführungen auf die Biosicherheit. Themen wie Koexistenz, Wahlfreiheit, Kennzeichnungspflicht und ökonomische sowie soziale Aspekte werden nicht behandelt. Namentlich die Koexistenz, also das Nebeneinander von GVP und konventionell gezüchteten Pflanzen auf den Feldern sowie im Handel, ist keine Frage der Biosicherheit, da nur die als genügend sicher beurteilten GVO zum Anbau zugelassen werden.

Literaturverzeichnis

- Butelli E, Licciardello C, Zhang Y, Liu J, Mackay S, Bailey P, Reforgiato-Recupero G, Martin C (2012) Retrotransposons control fruit-specific, cold-dependent accumulation of anthocyanins in blood oranges. *Plant Cell* 24: 1242–1255
- Easley RV, Brendolise C, Chagné D, Kutty-Amma S, Green S, Volz R, Putterill J, Schouten HJ, Gardiner SE, Hellens RP, et al. (2009) Multiple repeats of a promoter segment causes transcription factor autoregulation in red apples. *Plant Cell* 21: 168–183
- Fray RG, Grierson D (1993) Identification and genetic analysis of normal and mutant phytoene synthase genes of tomato by sequencing, complementation and co-suppression. *Plant Molecular Biology* 22: 589–602
- Hamilton JP, Buell CR (2012) Advances in plant genome sequencing. *The Plant Journal* 70: 177–190
- Kobayashi S, Goto-Yamamoto N, Hirochika H (2004) Retrotransposon-induced mutations in grape skin color. *Science* 304: 982
- Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK (1996) Identification of a brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *The New England Journal of Medicine* 334: 688–692
- Telias A, Lin-Wang K, Stevenson DE, Cooney JM, Hellens RP, Allan AC, Hoover EE, Braeden JM (2011) Apple skin patterning is associated with differential expression of MYB10. *BMC Plant Biology* 11: 93
- Vanblaere T, Szankowski I, Schaart J, Schouten H, Flachowsky H, Brogini GAL, Gessler C (2011) The development of a cisgenic apple plant. *Journal of biotechnology* 154: 304–311
- Yao J, Dong Y, Morris B (2001) Parthenocarpic apple fruit production conferred by transposon insertion mutations in a MADS-box transcription factor. *PNAS* 98:1306-1311
- Xiao H, Jiang N, Schaffner E, Stockinger EJ, van der Knaap E (2008) A retrotransposon-mediated gene duplication underlies morphological variation of tomato fruit. *Science* 319: 1527–1530

⁵ Schlussbericht NFP59 http://www.nfp59.ch/d_resultate.cfm