

BioFokus

Forschung mit gentechnisch
veränderten Pflanzen:
Ein Risiko für die Nahrung?

Dr. Christof Sautter

Forschung für Leben



Impressum

Der Verein «Forschung für Leben», gegründet 1990, bezweckt die Information der Bevölkerung über die Ziele und die Bedeutung der biologisch-medizinischen Forschung. Er bringt den Nutzen, aber auch die Gefahren, die sich aus der Forschung ergeben, einfach und klar zur Sprache.

Weitere Informationen:

Geschäftsstelle: Verein «Forschung für Leben»

Postfach, 8033 Zürich

Präsident: Prof. Dr. Adriano Aguzzi

Redaktion: Prof. Dr. Vladimir Pliska,
Astrid Kugler, dipl. geogr.

Gestaltung: Barbara Pfister

Tel. 01 365 30 93, Fax 01 365 30 80

E-Mail: contact@forschung-leben.ch

Internet: <http://www.forschung-leben.ch>

Bankverbindung:

ZKB Wiedikon, Kto. 1115-1277.952

Forschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen: Ein Risiko für die Nahrung?

Grundlagenforschung braucht Gentechnik

Die Gentechnik ist aus dem molekularbiologischen Methodenarsenal der Forschung nicht mehr wegzudenken. Sehr viele Erkenntnisse über die Funktion der Gene sind mit gentechnischen Methoden gewonnen worden. Dazu braucht man den Gentransfer als Standardmethode bei sehr vielen Gelegenheiten. Der Grundlagenforschung geht es fast immer um Erkenntnisse, deren spätere Anwendung mit Gentechnik dann gar nichts zu tun hat.

Doch wie vieles Neue stösst auch die Gentechnik in der Pflanzenforschung auf grosse gesellschaftliche Skepsis. Das ist durchaus natürlich und einer der wichtigsten Gründe für die Arbeit an gentechnisch veränderten Pflanzen: Der wichtigste Auftrag der Forschung besteht gerade darin, mit wissenschaftlichen Methoden zur Klärung der Fragen beizutragen, welche die Gesellschaft zu recht stellt. Inzwischen ist jedoch die gesellschaftliche Skepsis gegenüber gentechnisch veränderten Organismen (GVO) so gross, dass die Experimente, welche die noch offenen Fragen beantworten könnten, nicht mehr möglich sind. Ich melde mich deshalb hier als Forscher zu Wort und nicht etwa als Befürworter der Gentechnik in der Landwirtschaft.

Weltweiter GVO-Anbau

Im Jahre 2002 waren weltweit mehr als 50 Millionen Hektaren gentechnisch veränderte Nutzpflanzen (GV-Nutzpflanzen) im Anbau. Das entspricht etwa der zehnfachen Gesamtfläche und etwa der dreissigfachen Landwirtschaftsfläche der Schweiz. Der

Zuwachs in den letzten Jahren war zwar nicht konstant, doch hat die Anbaufläche stetig zugenommen (Abb. 1 a). Aller Voraussicht nach wird sie auch 2003 weiter zunehmen. Dabei haben die drei Länder USA, Kanada und Argentinien den Löwenanteil am Anbau von GV-Nutz-

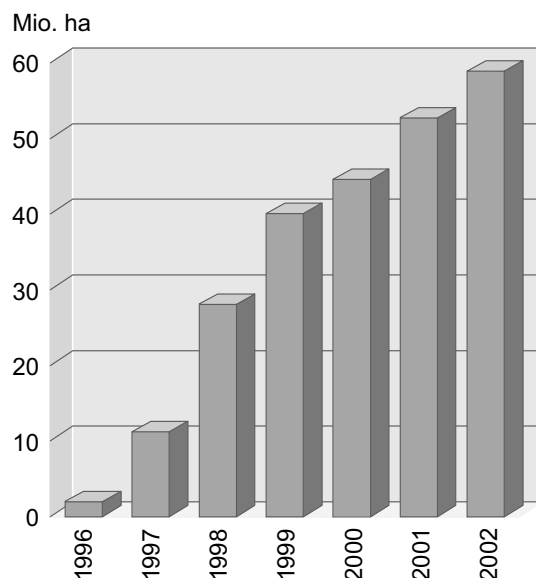


Abb. 1a: Anbauflächen mit GV-Pflanzen in Mio. Hektar: Gesamtflächen weltweit
Quelle: www.gruenegentechnik.de

pflanzen. In anderen Ländern sind dagegen deren Anbauflächen noch weitgehend unbedeutend. Lässt man Europa, das gegenwärtig sein *de-facto*-Moratorium überdenkt, einmal ausser Acht, so eröffnet sich für gewisse Entwicklungsländer wie etwa Indien oder China mit dem Anbau von GV-Nutzpflanzen ein beachtliches Entwicklungspotential (Abb. 1 b). Gerade diese Länder werden sich wahrscheinlich sehr pragmatisch verhalten müssen, wollen sie auch in Zukunft ihre schnell wachsende

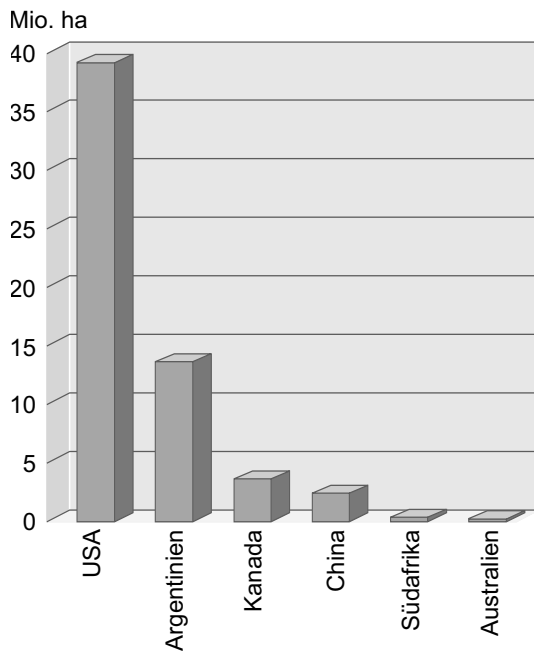


Abb. 1b: Anbauflächen mit GV-Pflanzen 2002 in Mio. Hektar: Nach Weltgegenden sortiert
Quelle: www.gruenegentechnik.de/pdf/dokumente/ISAAA2002.pdf

Bevölkerung ernähren können. Schon heute muss Indien auf drei Prozent des landwirtschaftlich bebaubaren Landes ein Fünftel der Weltbevölkerung ernähren. China stellt der öffentlichen Forschung mit GV-Nutzpflanzen nach den USA das zweitgrößte Budget zur Verfügung. Sowohl China als auch Indien machen gegenwärtig positive Erfahrungen mit gentechnisch veränderter Baumwolle.

Entwicklungsländer könnten eines Tages in ähnlichem Umfang GV-Nutzpflanzen anbauen wie gegenwärtig die USA, Kanada und Argentinien. Man sollte sich auf diese Entwicklung vorbereiten. Gerade Entwicklungsländer, die wenig industrialisiert sind, haben neben Bodenschätzen vor allem landwirtschaftliche Produkte zu exportieren. Gentechnisch veränderte Pflanzenprodukte sind jetzt schon auf den internationalen Märkten zu haben, sie könnten es in Zukunft in noch größerem Umfang sein (Abb. 2). Gehandelt wird nicht nur mit Erntegut als Rohstoff für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion, sondern auch mit Saatgut. Geringe Vermischungen wer-

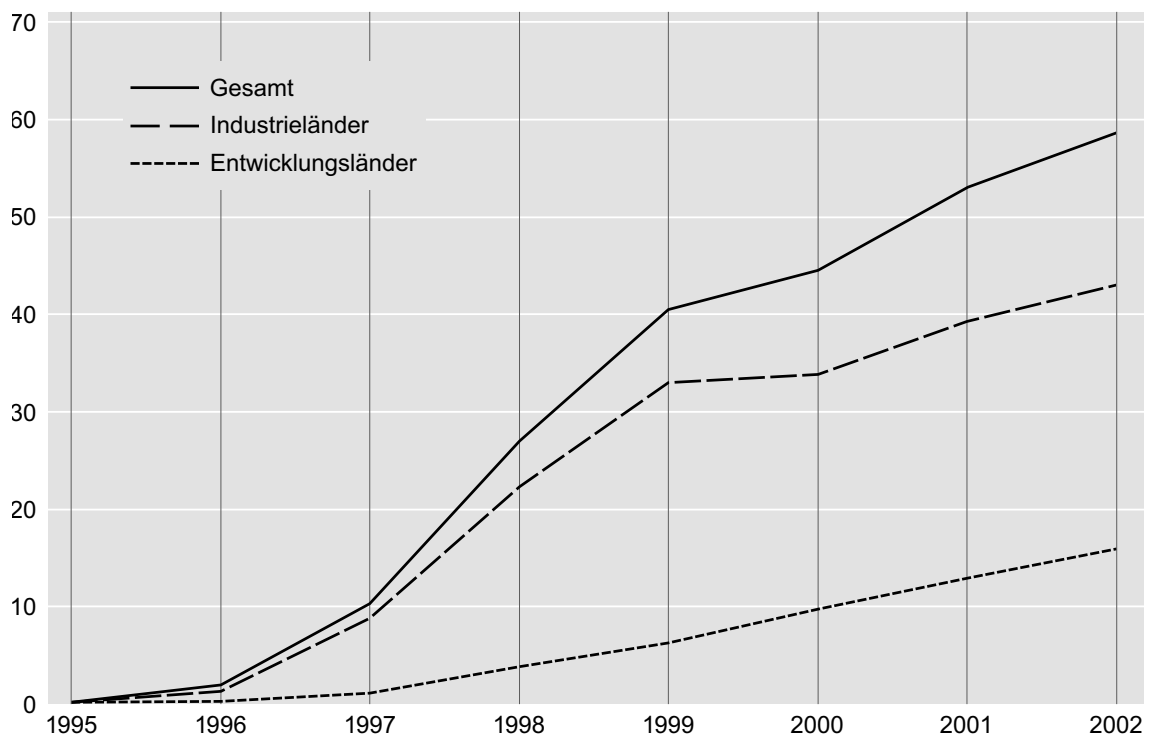


Abb. 2: Zunahme der Anbauflächen mit GV-Pflanzen in Entwicklungsländern im Vergleich zu Industrieländern in Mio. Hektar.
Quelle: www.gruenegentechnik.de/pdf/dokumente/ISAAA2002.pdf

den sich schon aus mechanischen Gründen nicht vermeiden lassen. Die Frage ist also weniger: kann man Vermischungen vermeiden? als vielmehr: sind sie überhaupt gefährlich? und: wie kontrolliert man sie?

Die molekulare Basis

– Gene:

Gentechnisch veränderte Pflanzen enthalten ein oder mehrere zusätzliche Gene (Erbfaktoren). Die Erbsubstanz besteht nur aus wenigen molekularen Grundelementen, welche sich ständig wiederholen, so wie die Buchstaben in der Schrift, nur mit dem Unterschied, dass das genetische Alphabet mit vier Buchstaben auskommen muss, das Schriftalphabet aber, je nach Sprache, etwa 26 Buchstaben zur Verfügung hat. Diese genetischen «Buchstaben» sind in allen Organismen gleich. Die genetische Information wird durch deren Reihenfolge bestimmt. Da die zusätzlichen Gene aus einem anderen natürlichen Organismus stammen, sind sie im Prinzip gleich wie die Gene, die schon vorher in der Pflanze waren. Diese Gene werden, wie alle anderen Gene, die über die Nahrungsmittel aufgenommen werden, im Magen bzw. Darm verdaut, d.h. in ihre molekularen Bestandteile zerlegt. Ihre genetische Information wird dabei unwirksam, so wie Texte unverständlich werden, wenn man sie in ihre Buchstaben zerlegt. Ähnlich wie beim Scrabble baut der Mensch aus den zerlegten Genen seine eigenen genetischen Wörter.

Wäre die Befürchtung mancher Skeptiker wahr, dass Gene aus der Nahrung in das eigene Erbgut aufgenommen würden, gäbe es keine verschiedenen Arten, denn die Unterschiede würden durch Genaustausch immer wieder verwischt.

– Eiweisse (Proteine):

Die Produkte der Gene sind die Eiweisse. Jedes Gen stellt den Bauplan für ein bestimmtes Eiweiss dar. Ähnlich wie die Wörter aus 26 Buchstaben und die Gene aus vier Grundelementen bestehen, sind Eiweisse aus Aminosäuren zusammengesetzt. Das molekulare Alphabet der Eiweisse ist jedoch etwas umfangreicher als jenes der

Gene, es umfasst 20 Aminosäuren. Die Reihenfolge der Aminosäuren bestimmt dabei die charakteristischen Eigenschaften eines bestimmten Eiweisses. Auch die Eiweisse werden im Magen von den Verdauungssäften in ihre Bestandteile zerlegt. Die einzelnen freien Aminosäuren werden vom Organismus aufgenommen. Er baut daraus seine eigenen Eiweisse auf. Fast die Hälfte dieser Aminosäuren kann der Mensch übrigens nicht selbst produzieren. Er ist daher darauf angewiesen, diese so genannten essentiellen Aminosäuren durch die Nahrung aufzunehmen.

Es gibt in der Natur viele Eiweisse mit unangenehmen Eigenschaften, welche sie entfalten, ehe sie vollständig in ihre Bestandteile zerlegt sind. Zwar verlieren die weitaus meisten bekannten Eiweisse ihre charakteristischen Eigenschaften schon dann, wenn bereits wenige Aminosäuren abgespalten sind. Gefährliche Gifte sind hingegen oft gegen die Verdauung ziemlich widerstandsfähig oder entfalten ihre Wirkung bevor sie im Verdauungstrakt angelangt sind, z.B. an den Schleimhäuten des Mundes. Ausserdem gibt es Eiweisse, die zwar nicht giftig sind, aber Allergien auslösen können (Allergene). Auch relativ kleine Bruchstücke eines Eiweisses können unter bestimmten Umständen als Allergene wirken. Gene, welche ein Toxin oder ein Allergen produzieren, kommen für die Freisetzung in Nahrungspflanzen nicht in Frage. Deshalb werden Pflanzen, ehe sie zum Anbau im Freiland zugelassen werden, auf mögliche Giftigkeit und Allergenität speziell untersucht.

Ein fremdes Gen bzw. ein fremdes Eiweiss verhält sich beim Verzehr einer GV-Nutzpflanze genau so wie jedes andere, natürlicherweise in dieser Pflanze enthaltene Gen bzw. Eiweiss. Es spielt deshalb keine Rolle, ob in den etwa 30 bis 90 Tausend Genen bzw. Eiweissen ein oder zwei zusätzliche enthalten sind.

In Nahrungsmitteln, die nicht als GVO deklariert werden müssen, ist ein Anteil von höchstens einem Prozent gentechnisch veränderter Substanz zulässig. Das Verhältnis der Transgene zu den anderen Genen beträgt bei einem Anteil von einem Prozent GVO etwa eins zu zehn Millionen. Somit ist ein einzelnes fremdes Gen beim Verdauen für die Gesundheit bedeutungs-

los. Da dieses Verdünnungsverhältnis mehr oder weniger auch für Proteine gilt, wäre mit grosser Wahrscheinlichkeit auch ein von einem Transgen produziertes giftiges oder allergenes Protein unbedenklich. Für Gene, welche solche Eiweisse produzieren, würde ein Forscher jedoch nie die Bewilligung für Freisetzen erhalten. Darüber wacht in der Schweiz das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) zusammen mit vielen Ämtern und Kommissionen.

Gentransfer ist etwas Natürliches

Gentransfer kommt auch in der Natur vor. Zum Beispiel verfügt das Agrobakterium über ein natürliches Gentransfersystem: es kann bei Verletzungen von Pflanzen einen Teil seiner Erbsubstanz in die Pflanzenzelle übertragen. Die so übertragenen Bakteriengene veranlassen die Pflanzenzelle spezielle Nährstoffe für das Agrobakterium herzustellen. In der Pflanzengenetik wird die «Genfähre» Agrobakterium für die meisten Genübertragungen benutzt. Sie ist im Begriff die anderen Methoden zur Übertragung von Genen zu verdrängen.

Umgekehrt sind Nutzpflanzen bei weitem nicht so natürlich, wie man gern annehmen möchte. Sie haben mit ihren natürlichen Vorfahren nur noch wenig gemeinsam. Seit man Pflanzen kultiviert, versucht man ihre Erbsubstanz so zu verbessern –

also zu verändern – dass die Ernte von besserer Qualität ist und reichhaltiger ausfällt. Beim Weizen zum Beispiel dauert der Prozess, in dem er auf Grösse und Anzahl seiner Fortpflanzungsorgane optimiert wurde, nun schon etwa zehntausend Jahre (Abb. 3). So ist der moderne Saatweizen ein Bastard aus drei verschiedenen Grasarten. Bereits zu Zeiten Josephs in Ägypten (ca. 3000 v. Christus) gab es diesen abstrusen Bastard, der noch um eine Stufe unnatürlicher erscheint als ein Maulesel. Mais, Kartoffel, Zuckerrübe sind weitere, jüngere Beispiele, die mittlerweile genetisch ebenfalls sehr weit von ihren natürlichen Verwandten entfernt sind.

Insgesamt sind Nutzpflanzen in der Natur nicht sehr konkurrenzfähig, weshalb sie vom Bauern umhegt werden müssen. Die möglichen Auswirkungen auf die Umwelt halten sich demnach in engen Grenzen. Vergleicht man eine gentechnisch veränderte Pflanze etwa mit der Einführung exotischer Organismen, welche einen kompletten Erbsatz unbekannter Gene mitbringen und meist sehr konkurrenzfähig sind, weil in unseren Gegenden ihre natürlichen Feinde fehlen, so ist die Gefahr aus exotischen Organismen um Grössenordnungen höher, als jene durch GV-Pflanzen. So verbreitete sich in den letzten Jahrzehnten die kanadische Goldraute (*Solidago spec.*) sehr stark in Mitteleuropa, wo sie einheimischen Arten den Lebensraum nimmt. Das drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) wurde erst um 1920 aus dem Himalaja bei uns als

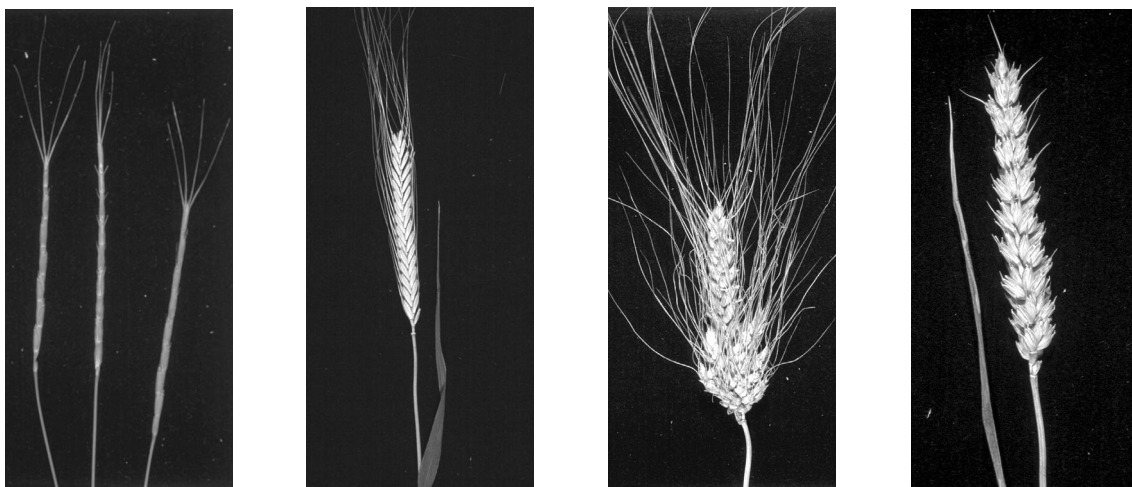


Abb. 3: Zylindrischer Walch (1 Erbsatz), Emmer (2 Erbsätze), «Ägyptischer Wunderweizen» (3 Erbsätze), Moderner Brotweizen (3 Erbsätze)

Zierpflanze eingebürgert und dominiert inzwischen bereits die Uferflora von manchen Bächen und Flüssen.

Potentielle Risiken.

Zwei Risiken sind besonders im Auge zu behalten:

- Es besteht die Möglichkeit, dass sich Gene durch Auskreuzung (Verbreitung über Blütenstaub) oder horizontalen Gentransfer (siehe unten) unerwünscht verbreiten.
- Es ist denkbar, dass Gene resp. zugehörige Eiweisse toxische oder allergene Wirkungen entfalten.

Um die Nahrungsmittelsicherheit zu gewährleisten, werden diese Risiken von den Behörden speziell und sehr sorgfältig untersucht. Das Ergebnis ihrer Beurteilung ist sehr eng mit der Pflanzenart verknüpft, die das zusätzliche Gen enthält, sowie mit dem Gen selbst und in gewissem Umfang auch mit dem Organismus, aus dem das übertragene Gen stammt. So ist zum Beispiel Auskreuzung durch Pollen von einem Feld auf das nächste beim Raps und beim Mais unvermeidlich, beim Weizen aber sehr selten. Daher muss bei GV-Raps und GV-Mais der Abstand zu Nachbarfeldern gross sein, was sich nicht überall leicht verwirklichen lässt. Beim Weizen dagegen genügt ein Abstand von dreissig Metern, um Auskreuzung vollständig zu verhindern. Diese Tatsache macht Weizen zur idealen Versuchspflanze für allgemeine Fragestellungen.

– Auskreuzung:

Was aber passiert in der Nahrungsmittelproduktion, wenn ein Transgen mit Blütenstaub auf ein Nachbarfeld auskreuzt? Dann werden wenige Pflanzen auf dem Nachbarfeld das fremde Gen in einigen ihrer Samen enthalten. Bei der Ernte werden diese Samen mit den nicht transgenen sehr verdünnt. Enthält ein Hektar Weizen 200 transgene Samen (das ist für einen Selbstbestäuber wie den Weizen schon sehr viel), entspricht dies bezogen auf die Körner einer Verdünnung von etwa 1:1 Million. Bezogen auf die Gene bzw. die Proteine ist

die Verdünnung etwa 1:100 Milliarden. Die Ernte wird verzehrt und damit verschwindet das Gen wieder aus dem Verkehr. Der Bauer kauft für die nächste Aussaat neues Saatgut, das von den Saatgutproduzenten speziell angezogen wurde. Selbst wenn Auskreuzung stattfindet, tauchen die Gene bzw. Genprodukte nur kurzzeitig und sehr verdünnt in der Nahrung auf, und aus dem Saatgut sind sie bereits in der nächsten Vegetationsperiode wieder verschwunden.

Neben der Auskreuzung in andere Kultursorten derselben Art könnte es bei manchen Arten auch zu Auskreuzungen in Wildsorten kommen. Bei Raps ist das in Europa möglich und auch nachgewiesen worden. Bei Mais ist es in Europa nicht möglich, weil es in Europa keine wilden Verwandten des Maises gibt. Bei Weizen gibt es wilde Verwandte in Südeuropa und Kleinasien, wo der Weizen ursprünglich herkommt. Von diesen mit Weizen kreuzbaren Pflanzen kommt in der Schweiz nur der zylindrische Walch vor. Er ist jedoch Wärme liebend und wächst nur an sehr bevorzugten Standorten. Überall dort, wo er nicht vorkommt, kann man, ohne das Risiko der Auskreuzung in Wildarten einzugehen, Experimente mit Weizen machen.

– Horizontaler Gentransfer:

Neben der Auskreuzung über Pollen wird als weitere Möglichkeit der Genübertragung der so genannte horizontale Gentransfer diskutiert. Darunter versteht man einen nicht geschlechtlichen, auf natürlichem Weg zustande gekommenen Genaustausch über die Artgrenzen hinweg. Eigentlich handelt es sich genau um die gleiche Art der Genübertragung, wie sie die Biotechnologie unter grossem Aufwand macht. Ein denkbare Risiko bestünde in der Übertragung einer Antibiotikaresistenz (siehe Glossar) aus einer gentechnisch veränderten Pflanze auf ein Bodenbakterium und von dort auf einen menschlichen Krankheitserreger, den man dann mit dem entsprechenden Antibiotikum nicht mehr bekämpfen könnte. Das will natürlich niemand. Dieses Szenario ist politisch weidlich ausgenutzt worden, jedoch von der Biologie her nicht besonders realistisch. Antibiotikaresistente Krankheitserreger werden zwar in den nächsten Jahrzehnten eine der grössten Herausforderungen der Medizin

sein, aber mit gentechnisch veränderten Pflanzen haben sie so gut wie nichts zu tun. Trotzdem empfiehlt selbstverständlich niemand die Anwendung von Antibiotikaresistenz-Genen in GV-Nutzpflanzen für die Landwirtschaft, zumal die Industrie Alternativen zu diesen Resistenz-Markergenen entwickelt (und patentiert) hat. Diese Alternativen werden nun von Industrie und Gentechnik-skeptischen Organisationen in trauerer Eintracht propagiert. Die EU hat eine Karenzzeit bis 2005 für landwirtschaftlichen Anbau und bis 2008 für Forschungszwecke eingeräumt, dem sich die Schweiz angeschlossen hat. Diese lange Frist kann als Hinweis auf die relative Unbedenklichkeit der Antibiotikaresistenzen gedeutet werden, denn wenn diese wirklich gefährlich wären, hätte man sie sofort verboten.

Zwischen Bakterien kommt horizontaler Gentransfer (HGT) sehr häufig vor. Im Gegensatz dazu scheint der HGT zwischen Pflanzen und Bodenbakterien sehr selten zu sein. Zwar konnte die Aufnahme von Genen aus verrottenden Pflanzen durch Bakterien unter bestimmten Umständen im Labor nachgewiesen werden. In der Natur scheint dieser Vorgang jedoch so selten zu sein, dass man ihn bisher nicht nachweisen konnte. Dafür findet man Antibiotikaresistenzen sehr häufig in der Natur. Antibiotika sind ja natürliche Substanzen, welche von Mikroorganismen (Bakterien oder Pilzen) abgesondert werden, um sich vor anderen Mikroben zu schützen. Jeder Organismus, der ein Antibiotikum absondert, hat gleichzeitig eine Resistenz für dieses Antibiotikum, damit er sich nicht durch seine eigenen Waffen zerstört. Untersucht man beispielsweise das Antibiotikum Ampicillin – eines von vielen natürlichen Antibiotika – so findet man allein pro Quadratmeter Boden etwa eine Milliarde Ampicillin-resistenter Bakterien. Ein Krankheitserreger muss daher nicht auf das seltene Ereignis des horizontalen Gentransfers von der Pflanze auf ein Bakterium warten. Er kann sich diese Resistenz durch den häufigen horizontalen Gentransfer zwischen Bakterien direkt von seinen Kollegen im Boden holen.

– «Superkräuter»

Resistenzen gegen Unkrautvernichtungsmittel (Herbizide) sind ganz anders zu bewerten als Antibiotikaresistenzen. Unkrautvernichtungsmittel sind in der Regel keine Naturprodukte, sondern künstliche Chemikalien. Dennoch gibt es gegen die meisten Herbizide natürliche Resistenzen in den wichtigen Nutzpflanzen. Daher ist es möglich, diese Herbizide in der Landwirtschaft anzuwenden. Beispielsweise ist das Atrazin ein Herbizid, gegen das der Mais eine natürliche Resistenz hat. Daher hat man dieses Herbizid jahrzehntelang im Maisanbau benutzt. Viele dieser alten Herbizide sind jedoch Umweltgifte und häufig schlecht abbaubar. So konnte man zeitweise in gewissen Gegenden, in denen viel Mais angebaut wurde, im Juni Spuren von Atrazin sogar im Trinkwasser finden. Atrazin ist inzwischen in Europa verboten.

Moderne Alternativen zu diesen alten Herbiziden sind zum Beispiel Round-up oder Basta, Herbizide mit guter Abbaubarkeit und geringen toxischen Werten. Leider sind diese neuen Herbizide zugleich Totalherbizide, d. h. sie töten alle Pflanzen ab. Daher sind sie in der Landwirtschaft nur anwendbar, wenn man Nutzpflanzen gentechnisch mit der entsprechenden Herbizidresistenz ausstattet. Da Herbizid und Resistenz wie Schlüssel und Schloss zusammenpassen, ist klar, warum die Industrie Herbizid und Saatgut zusammen verkaufen muss.

Herbizidresistenzen kreuzen aus wie andere Gene auch. Nun fürchtet man, dass durch zufällige Kreuzungen so genannte «Super-Unkräuter» entstehen, welche mehrere Herbizidresistenzen in sich vereinigen. Das gibt es auch mit Resistenzen gegen klassische Herbizide, ist jedoch kein Problem für die Gesundheit, sondern ein Problem für die Landwirtschaft. Ausserdem gibt es immer noch andere Herbizide zur Bekämpfung dieser Pflanzen. Mit vernünftigen Anbaumethoden kann man aber die Entstehung solcher Superunkräuter vermeiden. Das Worst-Case-Szenario wäre allenfalls, dass die Landwirtschaft diese umweltverträglichen Herbizide nicht mehr brauchen könnte.

Freilandexperimente der Grundlagenforschung.

Kleinparzellen-Experimente finden zwar im Freien statt, sind aber keine Freisetzung im eigentlichen Sinne, da im Kleinparzellenexperiment die Auskreuzung durch allerlei Barrieren verunmöglicht wird. Bevor ein Kleinparzellen-Experiment durchgeführt wird, werden selbstverständlich alle Fragen der Giftigkeit und Allergenität weitgehend überprüft. Trotzdem kann man, wie immer im Leben, ein minimales Restrisiko nicht ausschliessen. Nicht nur der landwirtschaftliche Anbau, sondern auch Experimente setzen daher die gesellschaftliche Toleranz einer vorübergehenden, geringfügigen Vermischung voraus. Diese Toleranz wird von der Gesellschaft in allen Lebensbereichen mehr oder weniger gewährt. Bei der Gentechnik hingegen gilt Null-Toleranz, d.h., es wird kein einziges Molekül, kein Millionstel Gramm Transgen pro Tonne Nahrungsmittellieferung geduldet.

Null-Toleranz heisst nicht Null-Risiko.

Diese gesellschafts-psychologische Grundhaltung macht den Umgang mit gentechnisch veränderten Pflanzen in der Öffentlichkeit sehr schwierig. Wissenschaftlich kann man die Null-Toleranz nicht begründen. Von winzigen, ungiftigen, nicht allergenen Vermischungen in Nahrungsmitteln geht keine Gefahr aus. Null-Toleranz verlangt jedoch absolute Reinheit. Das ist technisch auch mit sehr grossem Aufwand nicht zu erreichen. Auch die Trennung der Transportwege und die Rückverfolgbarkeit werden das nicht gewährleisten können. So wird die Vermischung allenfalls vermindert, aber nicht beseitigt. Die Null-Toleranz verhindert auch vernünftige Grenzwerte und ihre Kontrollen. Bei jeder Messung hat man eine Art «Grundrauschen» in Kauf zunehmen, d.h. Messungen müssen einen bestimmten Wert überschreiten, damit man sie sehen kann (Nachweisgrenze). Zum Beispiel muss beim Tachometer der Grenzwert deutlich über der Nachweisgrenze liegen. Das heisst, dass der Fahrer – je nach Autotyp – eine Geschwin-

digkeit von mindestens 15km/h erreichen muss, damit der Tacho überhaupt etwas anzeigt. Das sind bei 150 km/h Höchstgeschwindigkeit immerhin zehn Prozent. Die molekularbiologischen Methoden sind genauer. Man kann ein GV-Korn in etwa 5000 nicht transgenen Körnern nachweisen. Das ist etwas weniger als 1 Promille. Ein Prozent Vermischung ist also ein messtechnisch vernünftiger Grenzwert. Die Null-Toleranz, d.h. diese Forderung nach absoluter genetischer Reinheit, verhindert jeden Kompromiss. Dies erschwert gegenwärtig den gesellschaftlichen Dialog. Die Anzahl der Feldexperimente nimmt europaweit ab, was darauf zurückgeführt werden könnte, dass der öffentliche Druck auf die Forschung zunimmt.¹⁾

Wenn wir in der Schweiz die weltweite, unaufhaltsame Entwicklung mitgestalten wollen, dann müssen wir die Expertise pflegen, Wissen beschaffen, auch mit Feldexperimenten, auch und gerade über die Biosicherheit. Wir müssen jungen Leuten auf diesem Gebiet attraktive Forschungsprojekte anbieten können. Das schliesst Kleinparzellen-Experimente mit gentechnisch veränderten Pflanzen im Freiland ein. Hält man sich dabei an den Sicherheitsstandard, der im Gesuch des Instituts für Pflanzenwissenschaften der ETH Zürich für den Freilandversuch für gentechnisch veränderten Weizen vorgegeben wurde, dann ist das Risiko der Unterlassung grösser als das Experiment. Die gegenwärtige gesellschaftliche Stimmung verhindert nicht nur den Anbau von GVO, sondern indirekt auch Experimente und damit den Erkenntnisgewinn. Dieses Risiko wird öffentlich kaum wahrgenommen. Ein Ausweg aus dieser Sackgasse setzt den Konsens mit jener kleinen Minderheit voraus, welche ihrer privaten forschungsfeindlichen Ansicht notfalls mit illegalen Mitteln Geltung verschafft. Einer Minderheit übrigens, die selbst keine gesellschaftliche Verantwortung übernimmt und es damit der Wissenschaft sehr erschwert, ihre gesellschaftliche Verantwortung wahrzunehmen.

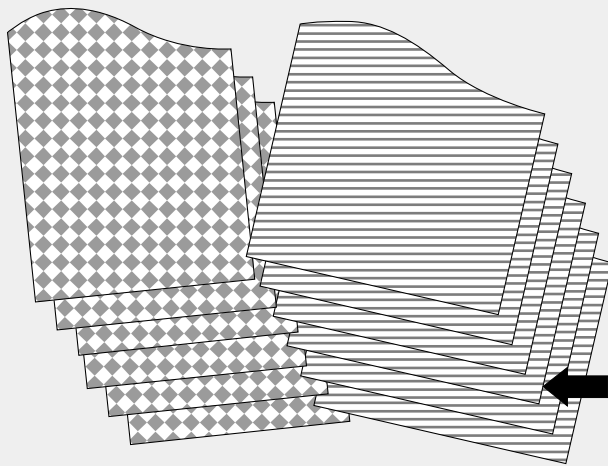
¹⁾ Quelle: www.transgen.de

(Anwendungen Pflanzen/weniger Freisetzungsversuche)

Züchtung versus Gentechnik

Die klassische Züchtung, mischt die Erbsubstanz beider Eltern, ähnlich wie beim Mischen von Karten. Jede Karte entspricht einer Erbeigenschaft, d.h. einem Gen (siehe Abb. a).

Abb. a

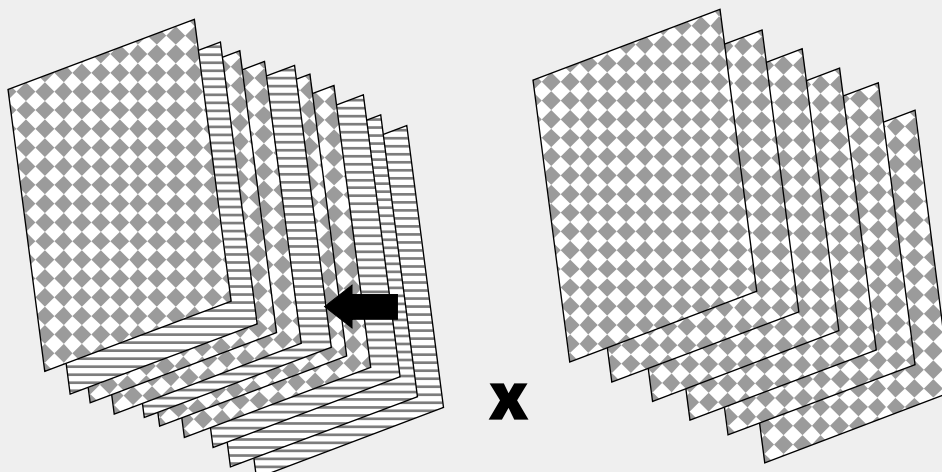


Die klassische Züchtung will in der Regel ein nützliches Gen aus einer sonst nicht brauchbaren Sorte in eine Kultursorte überführen. Dazu führt sie Kreuzungen durch.

Stellen wir uns vor, das karierte Spiel sei das mütterliche Erbgut aus der Kultursorte, das gestreifte Spiel sei das väterliche Erbgut aus einer sonst nutzlosen Sorte, enthalte aber ein Gen, das zum Beispiel gegen eine Krankheit resistent mache. Nun werden die beiden Spiele gemischt resp. gekreuzt. Die Tochterindividuen enthalten nun kariertes und gestreiftes Erbgut. Unter den vielen nützlichen Genen der Kultursorte und dem erwünschten Resistenzgen der väterlichen Gene befinden sich auch solche,

die den Ertrag schmälern und andere landwirtschaftlich unerwünschten Eigenschaften mitbringen. Um die unerwünschten Eigenschaften los zu werden, halbiert man den Erbsatz und kreuzt das Tochterindividuum mit der nützlichen Sorte zurück (Abb. b). Aus der Nachkommenschaft muss der Züchter die richtigen Individuen auslesen und wieder mit der ursprünglichen Muttersorte zurückkreuzen. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt. So verdünnt sich der unerwünschte Erbsatz der Wildsorte langsam aus. Das ist nicht nur mühsam und langwierig, sondern auch sehr unvollständig, denn man wird nie alle

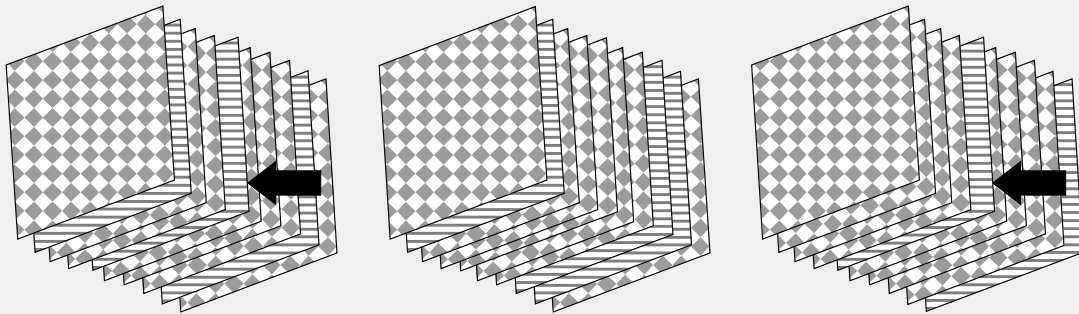
Abb. b



unerwünschten Gene los (Abb. c). In der Abbildung wird die Züchtung mit nur vier Genen veranschaulicht. Pflanzen haben aber zwischen dreissigtausend (Reis) und neunzigtausend (Weizen) Gene. Die Folge ist, dass immer eine grosse Anzahl unbekannter Gene von der Wildsorte mit dem erwünschten Gen zusammen verschleppt wird.

Begrenzend für die klassische Züchtung ist weiterhin, dass Gene nur innerhalb von Arten ausgetauscht werden können, also zwischen Sorten einer Art, gegebenenfalls auch zwischen Wildsorten und Kultursorten (z.B. Raps). Aber ein Gen der Gerste bekommt man auf diese Art nicht in den Weizen. Die klassische Züchtung kann auch die «Schalter» an den Genen nicht austauschen, welche bestimmen, wann und wo in der Pflanze das entsprechende Gen aktiv ist. Ein Beispiel für diese Fähigkeit der Gentechnik ist der «Golden Rice». Jene Gene, die in den grünen Blättern des Reises aktiv sind und dort Provitamin A produzieren, sind mit einem anderen Schalter (Promoter) versehen worden, so dass nun zusätzlich auch Provitamin A in den Körnern gebildet wird.

Abb. c



Glossar

Markergene und Antibiotikaresistenz

Weil der Gentransfer ein seltenes Ereignis ist, muss man aus den vielen nicht transgenen Zellen jene wenigen herauslesen, die das fremde Gen tatsächlich eingebaut haben. Neben dem erwünschten Gen wird daher häufig noch ein so genanntes Markergen mit übertragen, das der transgenen Zelle im Labor einen Vorteil bringt, zum Beispiel eine Resistenz gegen eine Substanz, zum Beispiel gegen ein Antibiotikum («Antibiotikaresistenz»). In Gegenwart der Substanz können dann nur die transgenen Zellen wachsen. Solche Markergene finden sich oft in den Prototypen, wie sie in der Forschung verwendet werden. In jüngerer Zeit hat man Alternativ-Markergene zur Verfügung, so dass man auf Antibiotikaresistenzgene als Marker verzichten kann.

Agrobakterium

Bodenbakterium, das einen Teil seines eigenen Erbguts in Pflanzenzellen einschleusen kann. Voraussetzung ist eine Verwundung an der Pflanze. Darauf produziert die Pflanzenzelle spezielle Nährstoffe für das Agrobakterium.

BUWAL

Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft. Zuständig für die Koordination und Bewilligung von Freisetzungsgesuchen nach der Freisetzungsverordnung.