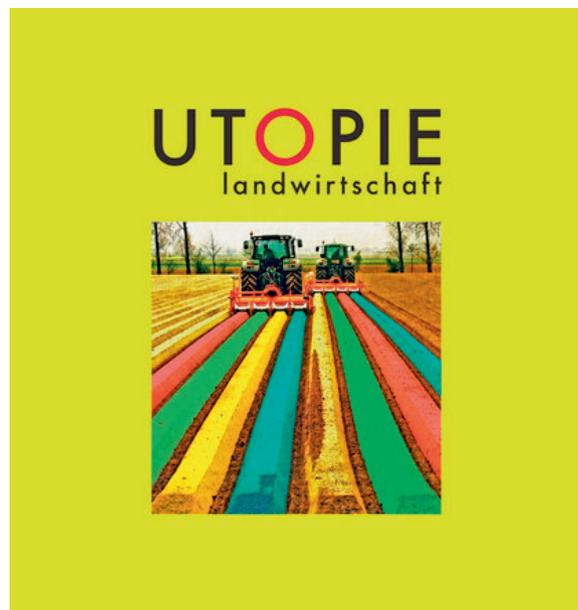


Gentechnik und Landwirtschaft: Zwischen Utopie und Dystopie

von Christoph Then



Sonderdruck

anlässlich des 10-jährigen Jubiläums von Testbiotech e.V. (2019)

Entnommen aus dem Begleitband zur Ausstellung „Utopie Landwirtschaft“

herausgegeben von

Max Böhm, Birgit Angerer, Jan Borgmann, Birgit Jauernig, Ruth Kilian und Bertram Popp
Ingolstadt 2018. Bild: Thomas Neumaier.

Stand: Mai 2018

Gentechnik und Landwirtschaft: Zwischen Utopie und Dystopie

Christoph Then (Abbildungen: Testbiotech: Claudia Radig-Willy)

Gentechnik in der Landwirtschaft ist seit über 20 Jahren ein kontrovers diskutiertes Thema. Während die Industrie stets bemüht ist, das Thema als eine weltweite Erfolgsgeschichte darzustellen, zieht dieser Beitrag eine kritische Bilanz der bisher vorliegenden Erfahrungen. Davon ausgehend wird dann der Ausblick auf Utopien, beziehungsweise Dystopien versucht, die weitgehend unbemerkt schon ganz nahe gerückt sind. Bisher hat die Gentechnik in der europäischen Landwirtschaft nur oberflächliche Spuren hinterlassen. Doch durch die Einführung neuer Gentechnik-Verfahren (Genome Editing) könnte sich das in naher Zukunft ändern.

1. Gentechnisch veränderte Pflanzen und Tiere in der Landwirtschaft – wo stehen wir heute?

Auf dem Acker werden gentechnisch veränderte Pflanzen vor allem auf dem amerikanischen Kontinent auf Millionen Hektar angebaut. In den Tier Ställen dagegen werden bis heute keine gentechnisch veränderten „Superbullen“ oder „Riesenschweine“ gehalten.

Am deutlichsten sieht man die Folgen des Einsatzes der Gentechnik im internationalen Saatgutgeschäft. Hier bestimmen inzwischen Konzerne wie Monsanto aus dem Bereich der Agrochemie, die das Geschäft mit den Gentechnik-Saaten kontrollieren, auch weitgehend den Markt für konventionelle Züchtung.

Die Vorteile des Gentechnik-Saatguts für Landwirte sind sehr umstritten: Zwar hält es zunächst teilweise, was es verspricht. Auf lange Sicht kehren sich die scheinbaren Vorteile aber meist ins Gegenteil um. Gentechnisch veränderte Pflanzen, die einen nennenswerten Nutzen für die VerbraucherInnen bieten, gibt es bis heute nicht.

Gentechnik-Saatgut: Um welche Eigenschaften geht es?

Die gentechnisch veränderten Pflanzen, die heute auf dem Markt sind, wurden in ihrem Grundprinzip bereits in den 1980er Jahren entwickelt: Der Einbau der neuen Gene erfolgt

über Verfahren wie den Partikelbeschuss der Zellen (sogenannte „Genkanone“). Dabei werden Metallpartikel mit DNA-Sequenzen beschichtet und so beschleunigt, dass sie in die Zellen eindringen. Dort werden dann einige der Gen-Sequenzen nach dem Zufallsprinzip in das Erbgut der Pflanzen eingebaut.

Ob die Pflanzen, die aus diesem Verfahren hervorgehen, überhaupt lebensfähig sind und das zusätzliche Gen so intakt ist, dass es auch biologisch aktiv ist, stellt sich erst hinterher, bei der Auswahl der Pflanzen und im Versuchsanbau, heraus. Dabei sind unerwartete Nebeneffekte des Eingriffes in das Erbgut die Regel. Bei einer anderen, oft verwendeten Methode werden die zusätzlichen Gene über gentechnisch veränderte Bakterien übertragen (*Agrobacterium tumefaciens*). Auch dabei gibt es keine Kontrolle über den Einbau der DNA. Diese Verfahren sind bis heute im Einsatz. Fast alle derzeit angebauten Gentechnik-Pflanzen wurden mit diesen Methoden erstellt.

Übertragen werden bisher insbesondere genetische Veranlagungen aus Bakterien: Gene für Enzyme, welche die Pflanzen resistent gegenüber Herbiziden machen sollen, oder Gene für die Produktion von Insektengiften, die sonst nur in Bodenbakterien vorkommen. Fast alle heute angebauten Gentechnik-Pflanzen sind insektengiftig und/oder gegen Herbizide wie Glyphosat resistent gemacht.

Weltweit werden gentechnisch veränderte Pflanzen nach Angaben der Industrie auf etwa 180 Millionen Hektar angebaut. Das Geschäft konzentriert sich im Wesentlichen auf fünf Länder: USA, Brasilien, Argentinien, Kanada und Indien. In Nordamerika werden unter anderem gentechnisch veränderter Raps, Baumwolle, Mais und Soja angebaut. In Argentinien und Brasilien spielt insbesondere der Anbau transgener Soja für den Export eine große Rolle, während in Asien (Indien, China) vor allem Gentechnik-Baumwolle Marktbedeutung erlangt hat.

Die Entwicklung blieb bis zum Jahr 2018 also mehr oder weniger bei den Produkten stehen, die von der Agrochemie bereits in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelt wurden. Damit bleiben die auf dem Markt befindlichen Produkte weit hinter dem zurück, was beispielsweise 1992

als Prognose der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) veröffentlicht wurde. Diese Vorhersage beruhte auf Aussagen der Industrie (Tabelle 1).

Nur in wenigen Ländern der EU, vor allem in Spanien, wird gentechnisch veränderter Mais angebaut, der ein Insektengift produziert. Andere transgene Pflanzen, v.a. Soja, Mais, Baumwolle, Raps und Zuckerrüben, werden zwar in die EU importiert, nicht aber angebaut. Bereits über 60 verschiedene Varianten von Gentechnik-Pflanzen (Events) sind für den Import zugelassen. Dabei ist vor allem Soja als Eiweißfuttermittel wirtschaftlich bedeutend. 30 bis 40 Millionen Tonnen werden

1990-1993	Herbizid- und Pestizidtoleranz
1993-1996	Verbesserung in der Verarbeitung
1996-1999	Industrielle Produktion pharmazeutischer Produkte
1999-2003	Umwelttoleranz
2003-2006	Direkte Ertragssteigerungen

Tabelle 1: „Voraussichtliche Entwicklung der Agrobiotechnologie“, OECD 1992 (entnommen aus: Handbuch Agrogentechnik, C. Then, Oekom Verlag, 2015)

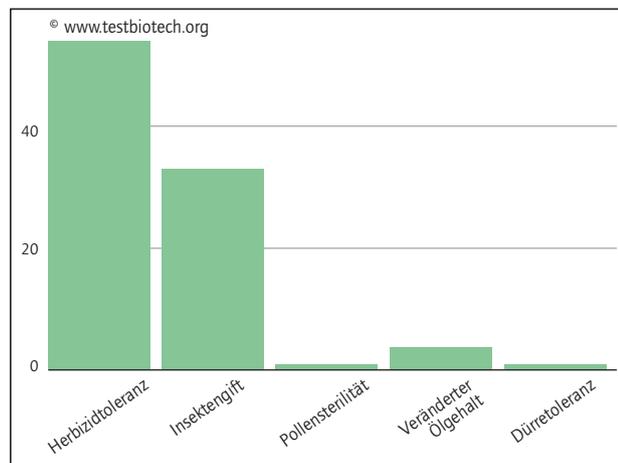


Abbildung 1: Eigenschaften der zum Import in die EU zugelassenen Pflanzen (Stand Anfang 2018). Quelle: EU-Kommission/Testbiotech www.testbiotech.org/database

jedes Jahr in die EU importiert. Fleisch, Milch und Eier von Tieren, die damit gefüttert wurden, müssen nicht als „gentechnisch verändert“ gekennzeichnet werden.

Gentechnik-Pflanzen finden in Europa bisher kaum Verwendung in Lebensmitteln. Produkte, die aus gentechnisch veränderten Organismen hergestellt werden, unterliegen, anders als in den USA, einer Kennzeichnungspflicht und sind damit für die VerbraucherInnen erkennbar. Diese lehnen den Kauf derartiger Produkte aber mehrheitlich ab. Das hat dazu geführt, dass der Lebensmittelhandel bisher auf die Einführung dieser Produkte verzichtet hat.

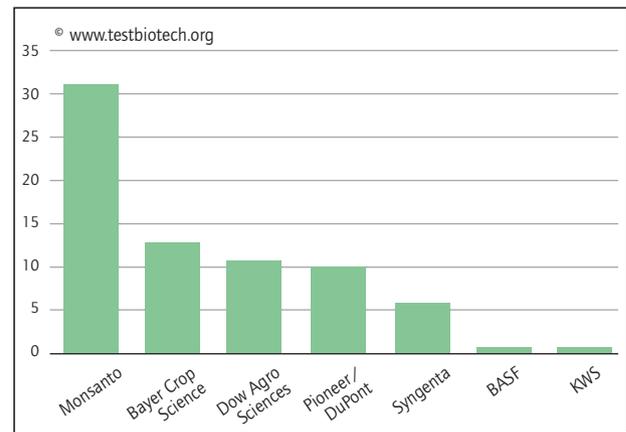


Abbildung 2: Konzerne, die gentechnisch veränderte Pflanzen in der EU zur Zulassung anmelden (Stand Anfang 2018). Quelle: EU-Kommission/Testbiotech www.testbiotech.org/database

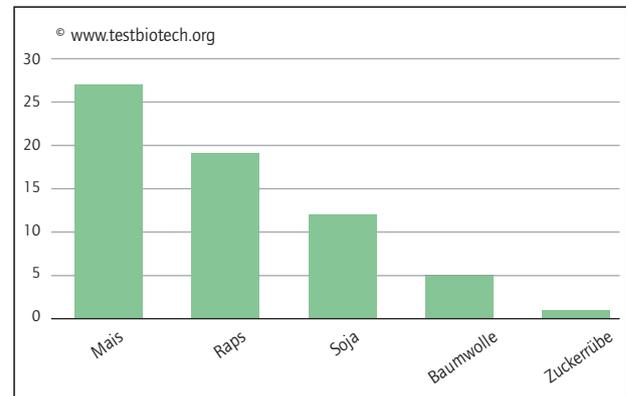


Abbildung 3: Anzahl der verschiedenen „Events“ gentechnisch veränderter Pflanzen, die zum Import in die EU zugelassen sind, nach Arten (Stand Anfang 2018). Quelle: EU-Kommission/Testbiotech www.testbiotech.org/database

Gentechnik-Pflanzen: Ein Geschäft für Konzerne

Beim Anbau kommt Saatgut zum Einsatz, das überwiegend von Konzernen der Agrochemie-Branche angeboten wird. Milliarden schwere Konzerne wie Monsanto oder DuPont liefern patentierte Gene, kaufen Saatgutfirmen auf und können mittels Patenten oft die gesamte Wertschöpfung bis hin zu den VerbraucherInnen kontrollieren. Auch in Europa wurden bereits rund 2.500 Patente auf Gentechnik-Pflanzen erteilt. Mögliche Märkte und Absatzwege für Gentechnik-Produkte wurden schon sehr früh systematisch analysiert, um die Gewinnstrategien der Konzerne abzusichern. 1992 veröffentlichte die OECD eine Umfrage bei den Firmen, die im Bereich Agrotechnik tätig waren. Das Ergebnis: Die Firmen wollten von Anfang an „Kontrolle über strategische Saatgutmärkte gewinnen“ und auch auf den „nachgelagerten Märkten Fuß fassen“ (OECD, 1992), also in der Landwirtschaft und Lebensmittelherstellung.

Gentechnik und Patentrecht wurden hier also von Anfang an planmäßig dazu eingesetzt, die Kontrolle über die genetischen Ressourcen und die Lebensmittelherstellung zu erlangen. In den letzten Jahren hat der Konzentrationsprozess im Bereich der Saatgutproduktion immer weiter zugenommen – und ein Ende dieses Trends ist nicht in Sicht: Bayer hat den US-Konzern Monsanto übernommen, auch die Konzerne DuPont und Dow AgroSciences sind bereits fusioniert, entstanden ist der weltgrößte Chemiekonzern mit dem Namen DowDuPont. Zusammen mit dem Syngenta-Konzern, der von ChemCina übernommen werden soll,

kontrollieren diese (dann nur noch) drei Konzerne mehr als 50 Prozent des globalen Marktes für kommerziell gehandeltes Saatgut.

Welche Vorteile bietet das Gentechnik-Saatgut?

Bei der Einführung der Agro-Gentechnik profitierten die Landwirte kurzfristig vor allem bei der Bekämpfung von Unkräutern. Der Anbau von Soja, Baumwolle und Mais wurde durch den Einsatz des Herbizids Glyphosat (Roundup), gegen das die Nutzpflanzen resistent gemacht wurden, vereinfacht. Es wurden Arbeitszeit und andere Spritzmittel eingespart. Das Totalherbizid kann auch dann ausgebracht werden, wenn die Nutzpflanzen bereits auf dem Feld wachsen und wirkte zunächst gegen alle Unkrautarten. Nur die Gentechnik-Pflanzen überlebten. Das führte zu einer raschen Adaption des Gentechnik-Saatgutes. In Argentinien, Brasilien und den USA sind 80 bis 100 Prozent der Sojapflanzen gentechnisch verändert.

Auch bei der Bekämpfung von Schädlingen wie dem Maiszünsler oder dem Wurzelbohrer hilft das Gentechnik-Saatgut den Landwirten. Fressen diese Schädlinge an Pflanzen wie Mais oder Baumwolle, sterben sie an einem Insektengift, das ursprünglich nur in Bodenbakterien produziert wurde.

Dagegen haben gentechnisch veränderte Pflanzen, die für die VerbraucherInnen einen Nutzen haben könnten, bislang keine Bedeutung erlangt. Die mit großem Medienrummel 1994 in den USA eingeführte „Anti-Matsch-Tomate“ war ein teurer Flop. Die Tomate, die länger frisch bleiben soll-

If the antitrust says "yes"

The possible scenario is that of a market controlled for over 60% by only 3 companies. They are not directly affecting farmers. But they have a strong lobbying power.

And regulation is what really makes the difference in terms of protecting intellectual property rights as well as farmers' rights to use their genetic resources, and to enter the market without having to pay royalties.

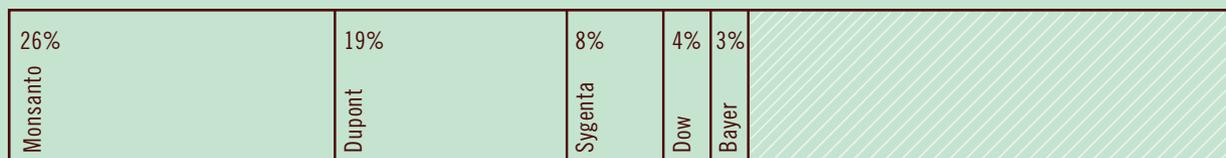


Abbildung 4: Nach der Übernahme von Monsanto durch Bayer, werden ungefähr 60 Prozent des internationalen Saatgutmarktes von nur drei Unternehmen kontrolliert. Quelle: <http://seedcontrol.eu/en/market.php>

te, ließ sich nur mit erhöhtem Aufwand ernten und fand bei den Verbrauchern in den USA wenig Zustimmung. Schon 1997 war die Tomate wieder vom Markt verschwunden. Seitdem wurde immer wieder angekündigt, dass Produkte von gentechnisch veränderten Pflanzen mit speziellem Nutzen für die VerbraucherInnen (wie der „Golden Rice“, siehe unten) hergestellt würden – bisher ist aber nichts auf den Markt gekommen, das eine tatsächliche Bedeutung für die VerbraucherInnen hat.

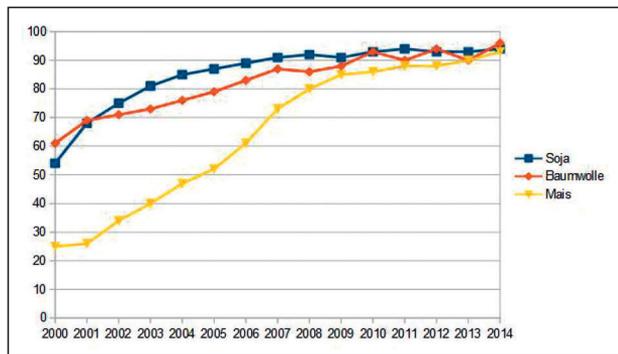


Abbildung 5: Prozentualer Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen beim Anbau von Mais, Soja und Baumwolle von 2000–2014 (USA). Quelle: USDA, <http://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us.aspx> (Auswertung: Testbiotech)

Was ist über die Nachteile bekannt?

In der Datenbank „Weedscience“ (www.weedscience.org) wird seit einigen Jahren das vermehrte Auftreten glyphosat-resistenter Unkräuter in den Anbauländern der Gentechnik-Soja registriert. Diese Unkräuter können mit Glyphosat entweder gar nicht mehr oder nur noch mit sehr hohen Dosierungen bekämpft werden. Ein wesentlicher Grund für die Ausbreitung dieser Unkräuter ist der übermäßige Gebrauch von Glyphosat auf Feldern mit gentechnisch veränderten Pflanzen.

Weltweit werden inzwischen 38 Unkrautarten aufgeführt, die sich an Glyphosat angepasst haben, davon kommen 17 in den USA vor, 10 in Argentinien und 8 in Brasilien. Nach Angabe von Experten stieg der Aufwand an Glyphosat beim Anbau von Sojabohnen in Südamerika seit Einführung der Gentechnik-Pflanzen von zunächst rund 1 kg/Hektar auf gegenwärtig über 4 kg/Hektar.

In den USA sind bereits über die Hälfte der Anbaufläche von gentechnisch veränderter Soja von der Ausbreitung resistenter Unkräuter betroffen. Zum Teil müssen die meterhohen Unkräuter per Hand aus den Feldern entfernt werden. Die wirtschaftlichen Schäden sind erheblich. Die Industrie verdient an dieser Situation: Sie verkauft inzwischen patentiertes Saatgut, das gleich gegen mehrere Herbizide resistent gemacht ist. So profitieren die Konzerne doppelt: Am Verkauf des Saatguts und am Verkauf von immer mehr Pestiziden.

Auch beim Anbau von Pflanzen, die ein Insektengift produzieren, zeigen sich beim großflächigen Anbau ernsthafte Probleme: Sowohl bei der Baumwolle als auch beim Mais passten sich die Schädlinge an. Es wurden dabei einerseits Resistenzen gegen die Gifte beobachtet, andererseits aber auch das vermehrte Auftreten anderer Schädlinge. Auch hier reagiert die Industrie nach dem Motto „viel hilft viel“ und vermarktet inzwischen Saatgut, das sechs verschiedene Insektengifte produziert – und trotzdem ist der Schutz gegen Schädlinge wie den Wurzelbohrer in vielen Regionen nicht mehr gegeben.

Aus den bisherigen Erfahrungen kann man die Tendenz ableiten, dass wirtschaftliche Nachteile der Agro-Gentechnik desto deutlicher zu Tage treten, je länger die gentechnisch

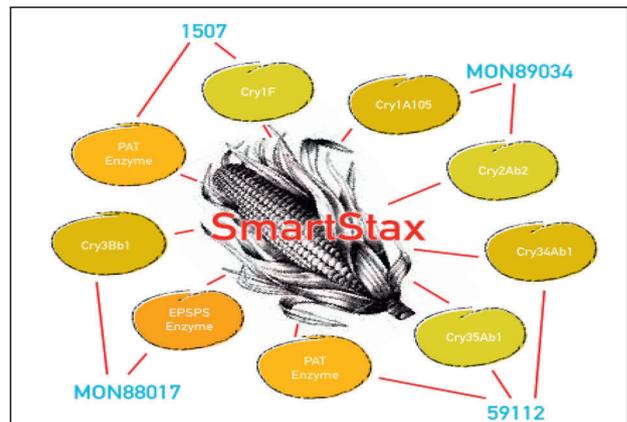


Abbildung 6: Das Produkt SmartStax der Firmen Monsanto und Dow AgroSciences. Der Mais ist eine Kombination aus vier gentechnisch veränderten Events (MON88017, MON89034, DP59122, DP1507). Er produziert sechs Bt-Insektengifte (Cry-Toxine aus verschiedenen Bacillus-thuringiensis-Stämmen, eines davon, Cry1A105, ist synthetisch hergestellt) und ist tolerant gegen zwei Herbizide (Glufosinat durch das PAT-Enzym und Glyphosat durch das EPSPS-Enzym). Grafik: IStockfoto/nicoalayh

veränderten Pflanzen angebaut werden. Mit der zunehmenden Anpassung von Unkräutern und Insektenschädlingen an den Anbau der Gentechnik-Pflanzen steigt die Giftbelastung für die Umwelt ebenso wie die Arbeitsbelastung für die Landwirte.

Selbst wenn die Gentechnik-Pflanzen bei ihrer Einführung Vorteile wie eine vereinfachte Unkrautbekämpfung geboten hatten, verschwanden diese anfänglichen Vorteile nach mehrjährigem Anbau oft. Zugleich zeigt sich eine deutliche Tendenz von steigenden operativen Kosten und stagnierenden Erntemengen.

Parallel führt die marktbeherrschende Stellung von Konzernen wie Monsanto zu mangelndem Wettbewerb bei den Anbietern von Saatgut und zu einer technologischen Pfadabhängigkeit. Mangels Alternativen verlieren die Landwirte die Möglichkeit zur Auswahl.

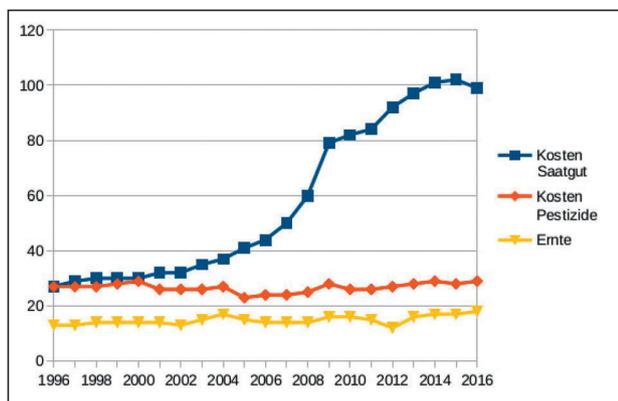


Abbildung 7: Entwicklung der Kosten für Saatgut (seed, US Dollar pro acre), Kosten für Pestizide (Chemicals, US Dollar pro Acre) und Ernteerträge (Yield, Bushel pro Acre, Angaben in 10% der üblichen Maßeinheiten) beim Anbau von Mais (Corn) in den USA von 1996-2016. Quelle: Zahlen des USDA www.ers.usda.gov/data-products/commodity-costs-and-returns (Auswertung: Testbiotech)

Gentechnik und Welternährung

Der Beitrag der Gentechnik zur Welternährung ist umstritten. Deutlich wird das zum Beispiel beim sogenannten „Golden Rice“, der zur Versorgung mit Vitamin A in den Entwicklungsländern beitragen soll. Befürworter dieses Projektes gehen soweit, den KritikerInnen der Gentechnik einen „Holo-caust“ an Millionen Menschen vorzuwerfen, weil sie die Einführung des Gentechnik-Reis erschweren würden. Dabei

fehlen bis heute ganz offensichtlich entscheidende Daten, welche die Sicherheit und die technische Qualität des Reises betreffen: So gibt es Unklarheit darüber, wie viel von dem entscheidenden Beta-Carotin im Reis noch vorhanden ist, wenn dieser über mehrere Wochen oder Monate gelagert wird. Zudem wurden auch keine Fütterungsversuche mit den Pflanzen zur Überprüfung gesundheitlicher Risiken veröffentlicht. Aus Daten, die bei den Behörden in Neuseeland und Australien vorgelegt wurden, ist abzulesen, dass der Reis wesentlich weniger Carotine produziert, als ursprünglich angegeben wurde: Statt 30 mg/kg werden demnach nur rund 7 mg/kg erreicht.

Fehlgeleitete Nobelpreisträger?

Im Juni 2016 unterzeichneten mehr als 100 Nobelpreisträger einen Aufruf für den Anbau des sogenannten Golden Rice. Die Initiative, die sich vor allem gegen Kritiker der Verwendung gentechnisch veränderter Pflanzen in der Landwirtschaft richtet, wurde von Sir RICHARD ROBERTS angestoßen, der 1993 den Nobelpreis für Medizin erhalten hatte. Roberts arbeitet seit vielen Jahren für die Firma New England Biolabs und ist dort als wissenschaftlicher Leiter tätig. Zu deren Kunden gehören Konzerne wie Monsanto, Syngenta und DowAgroSciences. Es ist durchaus möglich, dass die finanziellen Interessen von New England Biolabs einem Großteil der Unterzeichnenden des Aufrufs nicht bekannt gewesen ist und diese davon ausgingen, einen Aufruf zu unterzeichnen, der ausschließlich von humanitärem Engagement geleitet ist.

Zudem scheinen die Nobelpreisträger auch davon auszugehen, dass es bereits geeignete Sorten gäbe. Bisher gibt es aber noch keine „Golden Rice“-Sorten, die ausreichend für den kommerziellen Anbau getestet sind. Bis 2018 ist der Gentechnik-Reis nirgendwo auf der Welt zum Anbau zugelassen.

Das International Rice Research Institute (IRRI) hat im Jahr 2016 in Australien und Neuseeland einen Antrag auf Importzulassung für den sogenannten „Golden Rice“ beantragt. Offensichtlich startete die Gentechnik-Industrie eine Unterstützungskampagne für die Zulassung: Bei der zuständigen Behörde Food Standards Australia New Zealand (FSANZ) gingen entsprechende Briefe von Konzernen wie Bayer, Dow und Syngenta ein.

Die vorgelegten Daten zeigen, dass die Reispflanzen auf dem Feld wesentlich geringere Mengen an Carotinoiden produzieren, als aufgrund von bisherigen Labordaten

angenommen wurde. Nämlich nur 3,5 –10.9 µg/g anstatt 30 µg/g. Zudem lag der Anteil des besonders wichtigen Beta-Carotins nur bei 59 Prozent der Gesamt-Carotinoide, anstatt wie erwartet bei 80 Prozent. Es ist unklar, ob dieser wesentlich niedrigere Gehalt durch die verwendeten Sorten oder durch die Reaktion der Pflanzen auf bestimmte Umweltbedingungen bedingt ist. Weitere deutliche Verluste an Beta-Carotinen treten durch Lagerung, Verarbeitung und Kochen auf. Insgesamt kann aus den vorgelegten Daten gefolgert werden, dass die Erwartungen an die Gesundheitseffekte des „Golden Rice“, die unter anderem durch die Eingaben der Industrie geweckt werden, unter realistischen Bedingungen nicht erfüllt werden können.

Insgesamt gibt es trotz vieler Versprechungen bisher kaum Beispiele für Anwendungen der Gentechnik, die geeignet sein könnten, die Welternährung zu sichern, mehr Ertrag zu bringen oder eine bessere Anpassung der Pflanzen an den Klimawandel zu ermöglichen.

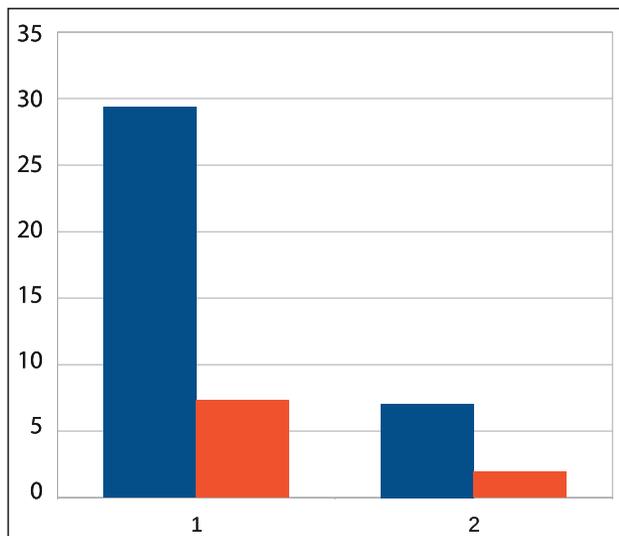


Abbildung 8: Überblick über maximal und minimal gemessene Werte an Beta-Carotin in Linien des sogenannten Golden Rice 2 nach (1) Paine et al. (2005) [Linien „GR2“] und nach (2) IRRI/ Phil Rice (2016) [Linie „PSB RC82“]. Die Messdaten von Paine et al wurden auf den Gehalt an Beta-Carotene umgerechnet (basierend auf der Angabe, dass der Gehalt an Beta-Carotenen rund 80 Prozent des Gesamtgehaltes an Carotenen entsprach). www.testbiotech.org/node/2150

Gentechnik-Tiere kein Erfolg

Die ersten gentechnisch veränderten Säugetiere entstanden noch vor den ersten transgenen Pflanzen: 1974 erschien die erste Publikation über gentechnisch veränderte Mäuse, 1983 wurden die ersten Gentechnik-Pflanzen hergestellt. 1985 gab es bereits erste gentechnisch veränderte Schafe und Schweine. In den 1980er und 1990er Jahren arbeitete man u.a. an Schweinen, die grippeeresistent sein sollten, andere wurden in ihren Wachstumshormongenenen manipuliert. Schafe sollten Wolle produzieren, ohne dass sie geschoren werden müssen, Kühe sollten menschliche Muttermilch geben und Schweine sollten ihr Futter besser verdauen. Bekannt wurden u.a. Schweine mit zusätzlichen Wachstumshormonen, die schneller wuchsen, aber gleichzeitig an Organ- und Gelenkschäden litten. Einen erheblichen Schub erhielten die Bemühungen mit KlonSchaf Dolly: Vor Dolly war jedes Gentechnik-Tier eine Art Einzelstück, jetzt konnte man weitgehend identische Kopien von gentechnisch manipulierten Tieren herstellen.

Ein besonderes Problem, das sich schon bei den Schweinen zeigte, die ein zusätzliches Wachstumshormon produzieren: Die gentechnische Veränderung von Säugetieren ist ethisch nicht neutral. Für die Erzeugung einzelner gentechnisch veränderter Säugetiere müssen hohe Tierverluste in Kauf genommen werden, da viele Tiere aufgrund von Gen-Defekten nicht lebend geboren werden oder aber getötet werden müssen, weil sie krank sind oder die gentechnische Veränderung nicht erfolgreich war. Zudem werden weitere Tiere als Leihmütter, Eizellen- oder Embryonen-Spender genutzt, was für diese Tiere ebenfalls mit Leiden und Schmerzen verbunden ist.

Bei Nutztieren wie Kühen sind einige hundert Versuche nötig, um einzelne der „erwünschten“ gentechnisch veränderten Tiere zu erhalten. Dabei werden in der Regel Klon-Verfahren als Zwischenschritte genutzt, die zu hohen Tierverlusten und Krankheitsraten führen. Die „erfolgreich“ gentechnisch veränderten Tiere leiden oft lebenslang an ihren gewollten oder ungewollten Gen-Defekten oder auch an der Produktion von zusätzlichen Stoffwechselprodukten, die ihren Organismus belasten.

Bisher gelangte keines der gentechnisch veränderten Nutztiere zum Zwecke der Lebensmittelgewinnung zur Vermarktung. Mit einer Ausnahme: 2017 wurde laut Medienberichten erstmals gentechnisch veränderter Lachs in Kanada verkauft, ohne als gentechnisch verändert gekennzeichnet

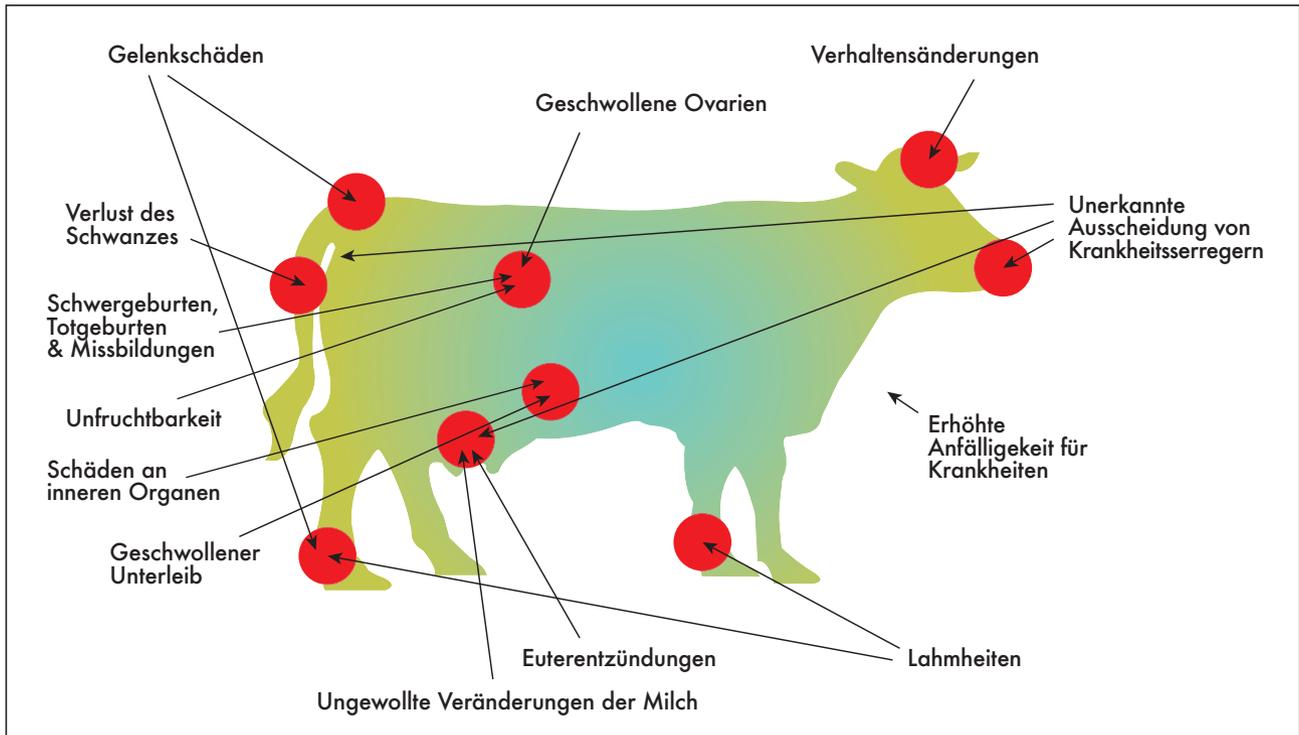


Abbildung 9: In verschiedenen Publikationen beschriebene Folgen des Eingriffes ins Erbgut von Nutztieren www.testbiotech.org/sites/default/files/Testbiotech_Ethik_Gentechnik-Tiere-Patente.pdf
 Kuh-Silhouette nach fotolia/andrew7726

zu sein. Dieser Lachs ist eine Art Gentechnik-Dino: Das Patent auf den Lachs (EP578653) wurde schon 1992 eingereicht und 2001 in Europa erteilt. Das Patent ist inzwischen erloschen und die Firma Aquabounty stand zwischenzeitlich sogar kurz vor dem Bankrott. Finanziert wird die Produktion des Gentechnik-Lachs inzwischen von der US Firma Intrexon, die auch an Klonbullen, gentechnisch veränderte Schimpansen und Gentechnik-Insekten verdienen will.

In den nächsten Jahren soll eine neue Generation von Gentechnik-Tieren zur landwirtschaftlichen Nutzung auf den Markt gebracht werden, über die in den nächsten Abschnitten berichtet wird.

2. Gene Drive and Genome Editing: Die neue Gentechnik

Die Anwendungen von neuen Gentechnikverfahren betreffen wie die bisherige Gentechnik Nutzpflanzen und Nutztiere, ge-

hen aber darüber hinaus: Die möglichen Anwendungen erstrecken sich auch auf natürliche Populationen wie Insekten, Wildtiere, Bäume und Gräser. Der Mensch plant gewissermaßen einen Eingriff in die „Keimbahn“ der biologischen Vielfalt. Die möglichen Folgen betreffen auch die Landwirtschaft der Zukunft.

Genome Editing: Worum geht es?

Neue Gentechnikverfahren, auch *Genome Editing* genannt, versprechen präzisere Veränderungen des Erbguts als bisherige Verfahren der Gentechnik. Während die bisherigen Verfahren zum Beispiel mittels sogenannter „Schrotschussverfahren“ oft artfremde Gene ungezielt in das Erbgut eines Organismus einschleusen, sollen es die neuen Verfahren ermöglichen, Abschnitte auf der DNA (Gene) gezielter zu verändern.

Wichtigstes Werkzeug hierbei sind sogenannte „Genscheren“ (oder „Nukleasen“) und hier insbesondere CRISPR/Cas9. Mithilfe sogenannter „Guide-RNA“ werden diese in der

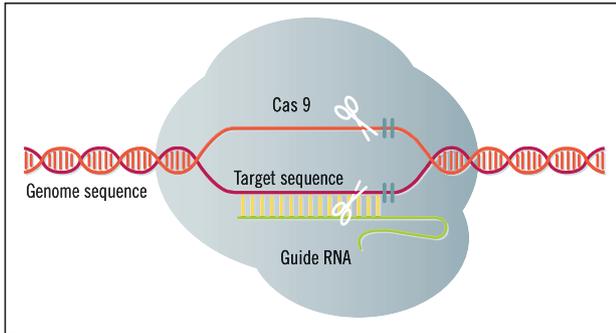


Abbildung 10: Schematische Darstellung der Nuklease CRISPR/Cas 9 (Testbiotech)

Zelle zum Zielort im Erbgut geführt und wirken dort wie molekulare Scheren: Sie fügen einen Bruch in die DNA ein. An dieser Bruchstelle können so mithilfe von CRISPR/Cas Gene entfernt und/oder stillgelegt, zusätzliche Gene eingebaut und/oder die Aktivität von natürlichen Genen (durch Eingriffe in die Epigenetik) verändert werden.

Welche Anwendungen gibt es bereits und welche Ziele werden verfolgt?

Die Zahl der Publikationen, in denen beschrieben wird, welche Tier- und Pflanzenarten mithilfe der Genome Editing-Methoden bereits „erfolgreich“ verändert wurden, nimmt stetig

zu. Zugelassen, aber noch nicht auf dem Markt verfügbar, sind in den USA u.a. bereits ein Mais mit veränderter Stärkezusammensetzung sowie Speisepilze mit verzögerter Bräunung. In vielen weiteren Fällen liegt bereits ein ‚proof of concept‘, ein Beweis der Machbarkeit, vor. Unter anderem gibt es Publikationen über den Einsatz von CRISPR an Luzerne, Gerste, Kartoffeln, Mais, Petunien, Reis, Salat, Soja, Sorghum, Tomaten, Weizen sowie Zitrusbäumen und Pappeln. Genome Editing und Nukleasen werden auch bei Nutztieren wie Schweinen, Kühen, Schafen, Geflügel und Insekten wie Bienen, aber auch an Fliegen, Mücken und Schmetterlingen erprobt.

Bekannte Akteure wie Bayer, Monsanto und DuPont wollen ihre Geschäfte ausweiten, auch große Tierzuchtkonzerne wie Genus bringen sich in Position. Sie versprechen wie bisher die „Rettung der Welternährung“, werden dabei nach wie vor vorwiegend von kurzfristigen Profit-Interessen gesteuert, die durch Patente auf Pflanzen und Tiere zum Ausdruck kommen.

In vielen Fällen wird Genome Editing dabei auch nur als Fortsetzung der bisherigen Ziele der Gentechnik gesehen. Neue Anwendungen, die Nutzen für die VerbraucherInnen bringen sollen, lassen oft gar keine „echten“ Vorteile erwarten, wie zum Beispiel Pilze oder Kartoffeln, die sich nach dem Aufschneiden nicht mehr braun verfärben sollen. Projekte,

Anmeldenummer	Ansprüche
WO 2012116274	Verfahren unter Verwendung von Nukleasen, um Muskelwachstum bei Rindern und Schweinen zu erhöhen.
WO 2013192316	Verfahren unter Verwendung von Nukleasen, um Muskelmasse bei bestimmten Rinderrassen zu erhöhen sowie für Hornlosigkeit
WO 2014070887	Nutztiere, die nicht geschlechtsreif werden und länger gemästet werden können. Landwirte können die Tiere nicht für die Zucht nutzen.
WO 2014110552	Hornlose Rinder, wobei sowohl natürliche genetische Veranlagungen als auch synthetische Gene zur Anwendung kommen sollen
WO 2015168125	Mehrfach gentechnisch veränderte Tiere

Tabelle 2: Beispiele für Patentanträge der US-Firma Recombinetics auf Nutztiere, die mit Nukleasen gentechnisch verändert werden. Quelle: www.testbiotech.org/node/2077

deren Nutzen man ernsthaft diskutieren kann, betreffen beispielsweise Ertragssteigerungen oder die Anpassung von Pflanzen an den Klimawandel. Bisher war die konventionelle Züchtung hier aber wesentlich erfolgreicher als die Gentechnik. Das hat gute Gründe: Anders als die Gentechnik arbeitet die konventionelle Pflanzenzüchtung mit dem ganzen System der Zelle und der natürlichen Genregulation. So lassen sich Aktivität und kombinatorische Wirkungen von tausenden Erbanlagen auf einmal nutzen. Dagegen arbeitet die Gentechnik mit einzelnen „Bausteinen“, die oft nicht ausreichend an das Gesamtsystem angepasst sind.

Gene Drives: Turbo Gentechnik

Bei einem sogenannten Gene Drive wird ein Gen, das für die Bildung der Nuklease („Gen-Schere“) verantwortlich ist, dauerhaft im Erbgut verankert. Der Mechanismus der gentechnischen Veränderung wird vererbt und soll sich selbstorganisiert, ohne weiteres Zutun des Menschen und außerhalb der Kontrolle des Labors, in jeder Generation wiederholen.

Damit werden die natürlichen Regeln der Vererbung außer Kraft gesetzt: Wird nach der Paarung mit einem natürlichen Partner das ursprüngliche Gen auf die Nachkommen vererbt, wird diese Erbvariante von der Nuklease erkannt und entsprechend verändert. Das führt im Ergebnis dazu, dass sich die neuen Erbanlagen wesentlich schneller in den Populationen ausbreiten können, als das sonst der Fall wäre.

In der Landwirtschaft gibt es verschiedene Anwendungsmöglichkeiten von Gene Drives. Diskutiert werden u.a. die Möglichkeiten, Schadinsekten oder Nagetiere zu dezimieren oder auszurotten, indem man bei ihnen Gene implantiert, die zu Unfruchtbarkeit führen. Eine andere Möglichkeit wäre zum Beispiel, Unkräuter empfindlicher gegen Herbizide zu machen.

Während Gentechnik im Bereich der Landwirtschaft bisher vor allem an Nutzpflanzen zum Einsatz kommt, sollen diese neuen Methoden künftig auch an natürlichen Populationen angewandt werden. Die Ausbreitung gentechnisch veränderter Organismen in der Umwelt wäre somit nicht mehr wie bisher unerwünscht und zu vermeiden, sondern das ausdrückliche Ziel. Der Prozess der gentechnischen

Veränderung würde sich vom Labor in die Organismen verlagern – und sich dort selbstorganisiert in jeder Generation wiederholen.

Damit ergeben sich Risiken einer neuen Dimension: Natürliche Populationen weisen oft große Unterschiede in ihrem Erbgut auf. Das kann zu Wechselwirkungen mit den neu eingefügten Genen und Veränderungen in den biologischen Eigenschaften der Organismen führen, die man bei Laborversuchen nicht vorhersehen kann. Die Vermehrung und Ausbreitung der Gentechnik-Organismen kann vielleicht im Computer simuliert werden. Wie jene sich in der Umwelt aber tatsächlich verhalten, wird sich erst zeigen, nachdem sie freigesetzt wurden. Geht der Versuch schief, kann die biologische Vielfalt genau wie die Landwirtschaft erheblichen Schaden nehmen.

Bisher sind diese Anwendungen noch nicht praxisreif. Vielmehr zeigen Laborexperimente, dass die bisher entwickelten Gene Drives nach einigen Generationen nicht mehr funktionieren. Stattdessen treten gehäuft ungewollte Mutation im Erbgut auf. Viele ExpertInnen warnen davor, dass die Folgen einer Freisetzung von Organismen, die mit Gene Drives ausgestattet sind, nicht mehr rückgängig gemacht werden könnten.

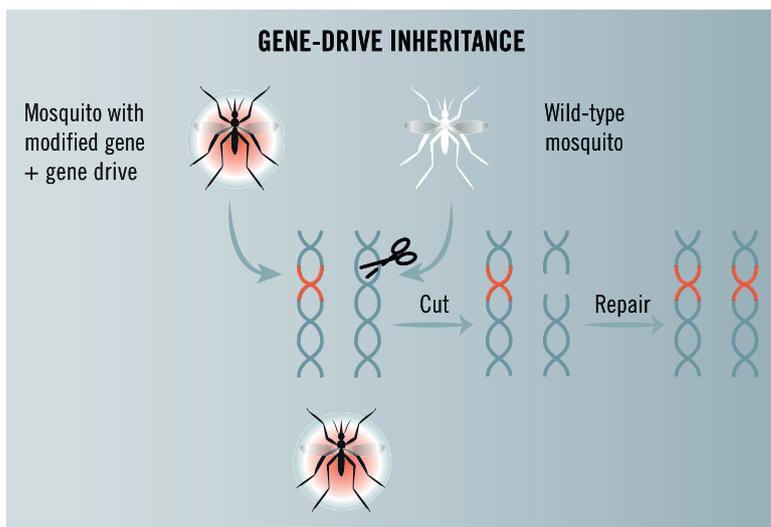


Abbildung 11: Gene-Drive (Mutagenic Chain Reaction) basiert auf Verfahren der Synthetischen Gentechnik und „CRISPR“, die es ermöglichen, dass sich eine gentechnische Veränderung in jeder Generation auch auf das Partner-Chromosom überträgt. Im Ergebnis wird sich die neue Gen-Information damit wesentlich schneller in einer Population verbreiten (Testbiotech, adaptiert nach Ledford, 2015, www.testbiotech.org/node/1338)

Wie sollen die neuen Gentechnik-Verfahren reguliert werden?

Die Befürworter der Gentechnik sprechen sich dafür aus, dass viele Pflanzen und Tiere, die mit den neuen Gentechnikverfahren verändert wurden, von der Gentechnik-Regulierung ausgenommen werden. Die Begründung: Die Veränderungen seien oft nur gering und manchmal kaum von konventionell gezüchteten Pflanzen zu unterscheiden. Oft wird deshalb von „neuen Züchtungsmethoden“ oder „Mutagenese“ gesprochen. Werden die neuen Verfahren nicht als Gentechnik eingestuft, würden auch eingehende Zulassungs- und Risikoprüfungen neuer Organismen wegfallen. Begründet wird diese Forderung mit dem Argument, dass keine artfremde DNA in den jeweiligen Organismus eingebracht wird und sich gen-editierte Pflanzen deshalb nicht von „natürlichen“ oder auch konventionell gezüchteten Pflanzen unterscheiden würden.

Bei genauerem Hinsehen zeigt sich jedoch, dass diese Argumente stark an wirtschaftlichen Interessen ausgerichtet sind: Die neuen Methoden sollen so als sicher präsentiert werden, damit sie möglichst ohne Zulassungsprüfung und Kennzeichnung vermarktet werden dürfen.

Die Genome Editing Verfahren werden von Fachleuten oft mit der Funktionsweise eines Textbearbeitungsprogramms verglichen: Teile des natürlichen Genoms können entfernt oder verändert werden – ähnlich wie Buchstaben oder Textabschnitte in einem Textbearbeitungsprogramm. Als Argument, dass es sich deshalb nicht um Gentechnik handle, eignet sich dies aber kaum. Um beim Vergleich mit der Textbearbeitung zu bleiben: Es würde ja auch niemand auf die Idee kommen, zu behaupten, dass die „Editierung“ folgender Aussage keinen Unterschied macht:

*DIE DNA BESCHREIBT ORGANISMEN
NICHT VOLLSTÄNDIG*

in:

*DIE DNA BESCHREIBT ORGANISMEN
VOLLSTÄNDIG*

Die Bedeutung des Satzes verändert sich radikal, obgleich keinerlei „fremde“ beziehungsweise externe Wörter eingefügt wurden.

Es gibt grundlegende Unterschiede zwischen Genome Editing und der in der konventionellen Pflanzenzüchtung ein-

gesetzten Mutagenese. Diese sind auch für die Risikobewertung und die Unterscheidbarkeit beziehungsweise Identifikation der veränderten Pflanzen wichtig. Beispielsweise hinterlassen die Verfahren des Genome Editing in der Regel einen spezifischen Fingerabdruck im Erbgut. Er ermöglicht nicht nur eine Identifizierung der damit veränderten Pflanzen, sondern ist auch für die Risikobewertung relevant. Die wichtigsten Unterschiede zwischen Genome Editing und Mutagenese werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Bislang gibt es mit Genome Editing und insbesondere CRISPR/Cas kaum Erfahrungen in der Praxis. Diese neuen Gentechnikverfahren und mit ihnen veränderte Pflanzen und Tiere müssen deswegen in jedem Fall besonders sorgfältig auf Risiken geprüft werden, bevor über ihren Einsatz in der Landwirtschaft oder sonstige Freisetzungen entschieden wird.

Tatsächlich sind nicht nur die Verfahren, sondern auch die Wirkungen der Nukleasen von spontanen beziehungsweise zufälligen Veränderungen des Erbgutes oft grundsätzlich verschieden, auch wenn keine zusätzliche DNA eingefügt wird. Zudem gibt es viele Hinweise auf Risiken und Nebenwirkungen. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass die neuen Gentechnikverfahren nicht so zuverlässig und präzise funktionieren, wie oft behauptet.

Sollten die neuen Gentechnikverfahren nicht unter das Gentechnikgesetz fallen, so würden auf diesem Wege entstandene Pflanzen und Tiere ohne Zulassungsverfahren und Kennzeichnung auf den Markt kommen. In diesem Fall gäbe es keine Möglichkeit, die Risiken durch unabhängige ExpertInnen zu untersuchen, keine geeigneten Nachweisverfahren und auch keine Möglichkeit, unkontrollierte Ausbreitungen zu verhindern oder die Organismen wieder aus der Umwelt zu entfernen. Von den Folgen könnten alle nachkommenden Generationen betroffen sein.

Gibt es keine Zulassungsverfahren, so gibt es oft auch nicht einmal Angaben über die genaue Art der gentechnischen Veränderung. Eine Ausbreitung kann so unkontrolliert erfolgen und über Jahre unbemerkt bleiben. In den USA ist dieser Zustand bereits Realität: Auch Organismen mit hohem Ausbreitungspotential wie gentechnisch veränderte Gräser sind dort oft von der Gentechnikregulierung ausgenommen. Unsere Generation wird Entscheidungen treffen, deren Folgen weit in die Zukunft reichen.

Kriterium	Züchtung / Mutagenese	Neue Gentechnik / Genome Editing
Zielsetzung	Zufallsmutagenese oder Mutationszüchtung erhöht die Bandbreite genetischer Varianten im Genom der Pflanzen innerhalb kürzerer Zeiträume, als dies normalerweise der Fall ist. Die erhöhte genetische Vielfalt ist dann der Ausgangspunkt für die Selektion, auf die weitere Kreuzungen und Selektion folgen.	Genome Editing dient nicht dazu, die Vielfalt der genetischen Variationen zu erhöhen. Vielmehr sollen nur ganz bestimmte Veränderungen im Erbgut herbeigeführt werden.
Eingriffstiefe	Die Verfahren zur konventionellen Züchtung setzen immer an der ganzen Zelle oder dem ganzen Organismus an und greifen nicht direkt in die DNA im Zellkern ein. Dies gilt auch für die Mutationszüchtung (Mutagenese). Die Pflanzen oder deren Zellen werden Reizen ausgesetzt, die von außen auf sie einwirken.	Es wird direkt auf der Ebene der DNA eingegriffen. Dazu muss in jedem Fall im Labor synthetisiertes Material von außen in die Zellen eingefügt werden (DNA, RNA, Enzyme).
Natürliche Genregulation	Das Ergebnis der Mutagenese ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu zählen die Art der mutationsauslösenden Reize, aber auch zelleigene Mechanismen wie der Gen-Ort, Reparaturmechanismen und andere Elemente der Genregulation.	Die erzielten Effekte können unter Umgehung der natürlichen Genregulation und den Regeln der Vererbung erzielt werden.
Muster der Gen-Veränderung im Erbgut	Speziell Pflanzen haben oft ein redundantes Genom, das heißt Gen-Informationen wiederholen sich. Gen-Sequenzen mit der gleichen Gen-Information werden durch Verfahren der konventionellen Züchtung und Mutationszüchtung in der Regel nicht gleichzeitig verändert.	Genome Editing verursacht in der Regel multiple Veränderungen: Alle Gen-Sequenzen / Gen-Cluster mit der gleichen Gen-Informationen werden auf einmal verändert.
Epigenetik	Im Erbgut existieren besonders konservierte Bereiche, in denen natürlicherweise keine oder nur selten Zufallsmutationen stattfinden und die evolutionär wenig Veränderung unterliegen. Dies betrifft unter anderem Gene, die für das Überleben des Organismus oder die Stabilität der Art besonders wichtig sind.	Auch besonders geschützte Bereiche sind der Veränderung durch CRISPR/Cas grundsätzlich zugänglich. Dabei kann die Effizienz aber jeweils unterschiedlich sein.
Reparaturprozesse im Erbgut	Oft bleiben im Erbgut neben der neuen, mutierten Gen-Version auch ursprüngliche Gen-Versionen bestehen. Diese können als Vorlage für Reparaturprozesse dienen.	Wird eine durch CRISPR/Cas veränderte DNA durch die zelleigenen Reparaturmechanismen wieder in den ursprünglichen Status zurückversetzt, erkennt die Nuklease ihre Zielregion erneut und wird dort solange aktiv, bis die ursprüngliche Struktur der DNA zerstört ist.
Mehrfache Gen-Veränderungen	Bei der Mutagenese werden in der Regel mehrere Gen-Orte auf einmal verändert. Das Ergebnis der Veränderung ist für das jeweilige Verfahren aber nicht spezifisch.	Genom-Editierung ermöglicht es, mehrere gleiche oder auch unterschiedliche Gene auf einmal zu verändern. Solche Veränderungen erschaffen spezifische neue Kombinationen an genetischen Eigenschaften. Auch wenn die einzelnen Veränderungen dabei nur kleine Abschnitte der DNA umfassen, können diese spezifischen Veränderungen in der Summe zu erheblichen Veränderungen in den Eigenschaften der Organismen führen.
Unterscheidbarkeit	Die Pflanzen sind in der Regel durch einen oder einige spezifische Gen-Orte identifizierbar.	Die Pflanzen sind oft am speziellen Muster (Fingerabdruck) der gentechnischen Veränderungen erkennbar. Dazu kommen oft weitere gewollte oder ungewollte Veränderungen, die beim Zulassungsverfahren erfasst werden können.

Tabelle 3: Unterschiede zwischen Züchtung bzw. Mutagenese und den neuen Gentechnikverfahren

Pflanze	Eigenschaft	Entwickler	Technologie	Bescheid erteilt
Grüne Borstenhirse	Verzögerte Blüte	Danforth Center	CRISPR/Cas9	2017
Kartoffel	Resistenz gegen Colletotrichum-Welkekrankheit (PPO5-Kartoffel)	Simplot	TALEN	2016
Kartoffel	Verbesserte Verarbeitung (PPO_KO-Kartoffel)	Calyxt	TALEN	2016
Wachsmais	Veränderte Stärkegehalt	Pioneer	CRISPR/Cas9	2016
Champignon	Nicht bräunend	Penn State University	CRISPR/Cas9	2016
Weizen	Mehltau-Resistenz	Calyxt	TALEN	2016
Mais	Erhöhter Stärkeanteil	Agrivida	Meganuklease	2015
Reis	Krankheitsresistenz	Iowa State University	TALEN	2015

Tabelle 4: Beispiele für mit neuen Gentechnik-Verfahren veränderte Organismen, die in den USA keiner speziellen Regulierung unterliegen. Quelle: www.testbiotech.org/node/2077

Gibt es keine Zulassungspflicht und keine Kennzeichnung der Produkte für die neuen Gentechnik-Organismen, würde das in der EU bisher maßgebliche Vorsorgeprinzip ausgehebelt und so der Schutz der gentechnikfreien Landwirtschaft unmöglich gemacht. VerbraucherInnen und Landwirte würden so die notwendige Auswahl- und Entscheidungsmöglichkeit verlieren.

3. Die Risiken

Der Mensch hat bei der Nutzung der biologischen Vielfalt im Rahmen der Züchtung bisher auf Mechanismen vertrauen können, die sich im Laufe der Evolution entwickelt und erprobt haben. Auch bei Verfahren wie der Mutationszüchtung werden diese Grenzen nicht überschritten.

Die Eigenschaften gentechnisch veränderter Pflanzen und Tiere stammen dagegen nicht aus der Nutzung der natürlichen biologischen Vielfalt. Sie wurden nicht durch die Evolution an die Umwelt angepasst.

Anders als bei den Verfahren der konventionellen Züchtung, greifen die Verfahren der Gentechnik direkt ins Erbgut ein und umgehen und verändern die natürlichen Mechanismen der Vererbung und Genregulation. Dabei kann es zu

ungewollten Veränderungen der Struktur der Gene, der Genregulation und der Wechselwirkungen und genetischen Netzwerke kommen.

Das kann bei den gentechnisch veränderten Pflanzen und Tieren unabhängig davon, ob diese mit neuer oder alter Gentechnik manipuliert werden sehr unterschiedliche Folgen haben.

Einige Beispiele:

- Die Widerstandskraft der Pflanzen oder Tiere kann durch den gentechnischen Eingriff geschwächt werden, wodurch sie anfälliger gegenüber Umwelteinflüssen werden würden. Eine schnelle Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen wäre die Folge.
- Veränderungen in der Zusammensetzung der assoziierten Mikroorganismen (Mikrobiom) sind in der Lage, deren Netzwerke zu unterbrechen oder zu stören.
- Veränderungen in der Zusammensetzung von biologisch aktiven Substanzen (miRNA, volatile Stoffe) können die Kommunikation zwischen den Arten stören, was unter anderem auch Bestäuber betreffen würde.
- Die natürlichen Populationen und damit die biologische Vielfalt könnten beeinträchtigt werden, wenn GVOs bei-

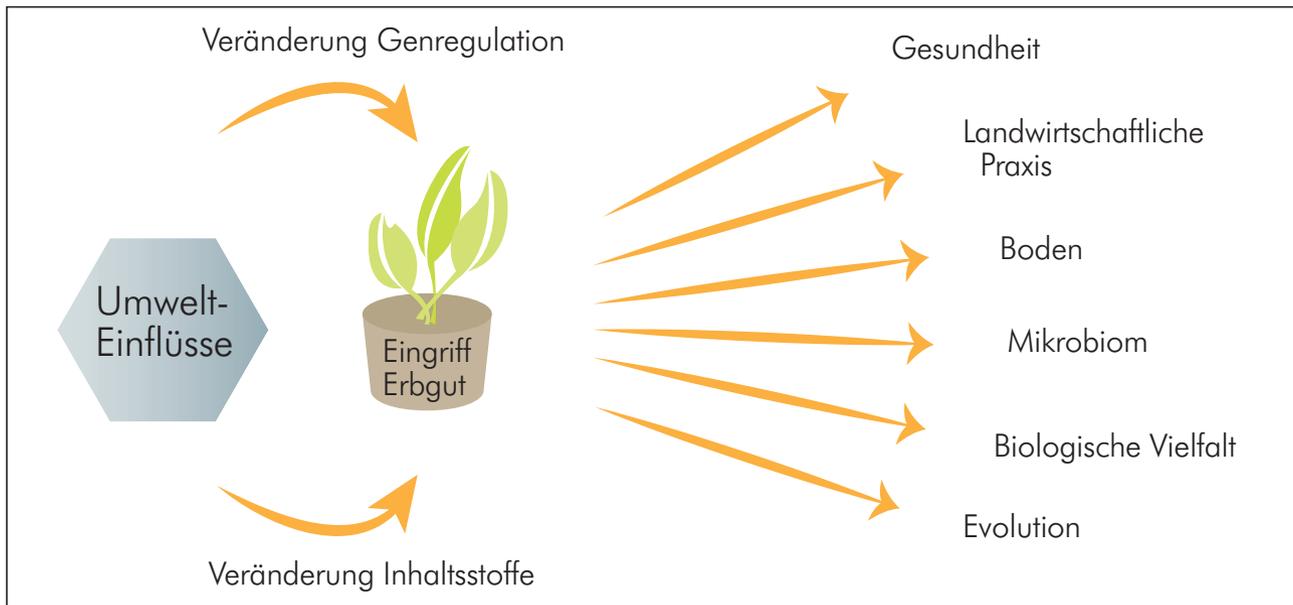


Abbildung 12: Überblick über einige Risiken gentechnisch veränderter Pflanzen unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen mit der Umwelt (Handbuch Agrogentechnik, Oekom Verlag 2015)

spielsweise invasive Eigenschaften erlangen oder die Menge der eingesetzten Spritzmittel zunimmt.

- Veränderungen in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe von Pflanzen führen möglicherweise zu Beeinträchtigungen bei denen, die sich von diesen Pflanzen ernähren, wie Menschen, Nutztiere, Wildtiere und/oder assoziierte Nahrungsnetze.
- Geschützte Arten wie Schmetterlinge: Deren Raupen können das von den GV-Pflanzen produzierte Insektengift zum Beispiel über Pollen aufnehmen.

Ein einzelner „Unfall“ kann erhebliche Folgen für die Umwelt haben. Wie groß die Schäden bei Mensch, Tier und Umwelt tatsächlich sind, hängt auch von der Zahl der freigesetzten Organismen und dem Ausmaß der betroffenen Flächen ab. Inwieweit gesundheitliche Schäden verursacht werden können, ist oft schwer zu sagen – geeignete Methoden zur Beobachtung von Langzeitwirkungen fehlen, akute Beeinträchtigungen wären leichter zu identifizieren.

Besonders problematisch für die Bewertung der Umweltrisiken sind gentechnisch veränderte Pflanzen und Tiere, die die Fähigkeit haben, in der Umwelt zu überdauern und sich dort zu vermehren. Verschiedene Gentechnik-Pflanzen

breiten sich tatsächlich bereits über den Acker hinaus unkontrolliert in der Umwelt aus. Dazu gehören Gentechnik-Baumwolle, die sich in den Populationen wilder Baumwolle in Mexiko wiederfindet, Gentechnik-Gräser, die in den USA von Versuchsflächen entkommen sind, und Gentechnik-Raps. Niemand kann vorhersagen, welche Folgen eine unkontrollierte Ausbreitung derartiger Pflanzen langfristig haben wird.

Tatsächlich ist das Risiko der Ausbreitung der Gentechnik-Pflanzen höher als bisher angenommen: 2018 bestätigten Wissenschaftler aus China, wovor auch andere Experten bereits gewarnt hatten: Die zusätzlich in die Pflanzen eingebauten Gene können das Risiko für deren Ausbreitung in der Umwelt wesentlich erhöhen. Das wurde bei Gentechnik-Pflanzen nachgewiesen, die gegen das Spritzmittel Glyphosat resistent gemacht sind. Kreuzen sich die Gentechnik-Pflanzen mit natürlichen Populationen, haben die Nachkommen einen deutlichen Überlebensvorteil und können die transgene DNA wesentlich schneller verbreiten als bisher angenommen. Die neuen Untersuchungen zeigen, dass dieses Umweltrisiko einzig vom zusätzlich eingefügten Gen abhängig ist, nicht aber, wie bisher angenommen, vom Einsatz von Glyphosat.

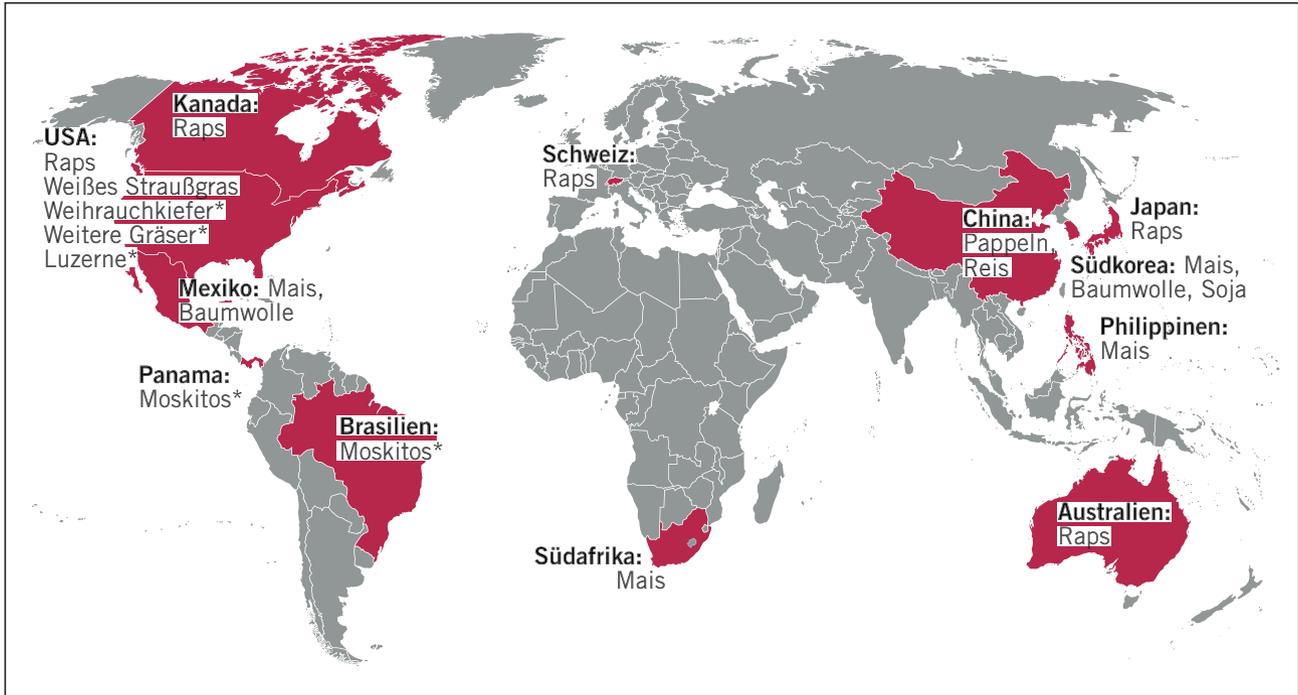


Abbildung 13: Fälle von unkontrollierter Ausbreitung gentechnisch veränderter Pflanzen (zusammengestellt von Testbiotech, www.testbiotech.org/node/1338)
Silhouette: IStockfoto/Jakataka

Hinweise auf ein erhöhtes Ausbreitungspotential transgener Pflanzen hatten sich bereits in früheren Untersuchungen gezeigt: Insbesondere Gentechnik-Raps und -Reis schafften es bereits mehrfach, ihre Gene in natürlichen Populationen zu verbreiten. Entgegen den Erwartungen konnten die daraus entstandenen Nachkommen oft in der Umwelt überdauern und sich weiter vermehren.

Die Wissenschaftler aus China erklären diese ungewollten Effekte durch Veränderungen im Stoffwechsel der Pflanzen: Das zusätzlich in den Pflanzen gebildete Enzym (abgekürzt EPSPS) führt nach den Forschungsergebnissen nicht nur dazu, dass die Pflanzen gegenüber Glyphosat resistent werden. Es greift auch in den Stoffwechsel der Pflanzen ein, der wiederum Wachstum und Fruchtbarkeit steuert. Das kann dazu führen, dass Nachkommen der Pflanzen mehr Samen bilden und resistenter gegen Umweltstress sind. Als mögliche Ursache für die beobachteten Effekte nennen die chinesischen Forscher eine vermehrte Bildung des Hormons Auxin in den Gentechnik-Pflanzen. Dieses pflanzliche Hormon ist an der Regulation für Wachstum, Fruchtbarkeit und die Anpassung an Umweltstress beteiligt. Interessanterweise können Stress-

faktoren wie Hitze und Trockenheit diese Tendenz zur unkontrollierten Ausbreitung verstärken. (Weitere Informationen und Quellen siehe: <http://www.testbiotech.org/node/2183>; zuletzt aufgerufen am 27.07.18).

Die Berücksichtigung von Nichtwissen und das Vorsorgeprinzip

Mit der Einführung von gentechnisch veränderten Tieren und Pflanzen gehen die bisherigen Selbstverständlichkeiten im Umgang mit der belebten Natur verloren.

Oft hat man es mit Risiken zu tun, die zunächst gering erscheinen. Über kurze Zeiträume kann man dieses Risiko ganz gut abschätzen. Man kann beispielsweise die genetische Stabilität gentechnisch veränderter Pflanzen über mehrere Generationen hinweg prüfen, bevor diese zur Vermarktung zugelassen werden. Beobachtet man dabei keine Instabilität, wird angenommen, dass die Pflanze auch auf dem Acker wahrscheinlich die Eigenschaften aufweist, die ihr vom Hersteller zugeordnet wurden.

Was aber, wenn den Pflanzen der Sprung vom Acker gelingt und sie sich unkontrolliert in der Umwelt ausbreiten und

dabei auch Kreuzungen mit anderen Pflanzen entstehen? Dann müsste man eine Risikoabschätzung für sehr lange Zeiträume vornehmen. Unerwartete Veränderungen im Genom müssten dann genauso wie Veränderungen der Umwelt mit einbezogen werden. Manche Risiken können sich erst auf der Ebene von großen Populationen zeigen, die sich über mehrere Generationen erstrecken. Auch veränderte Umweltbedingungen können zu Wechselwirkungen zwischen den Gentechnik-Pflanzen und der Umwelt führen, die man ursprünglich nicht erwarten konnte. Eine vernünftige Aussage darüber, wie groß das Risiko letztlich ist, lässt sich unter diesen Bedingungen tatsächlich nicht treffen.

Dabei handelt es sich nicht um eine Art „Nichtwissen“, das sich auf absehbare Zeit auflösen lassen wird. Wissenschaftstheoretiker sprechen von verschiedenen Kategorien des Nichtwissens (Cultures of Non-Knowledge), wobei zwischen dem Nichtwissen unterschieden wird, das man durch weitere Forschung wesentlich verringern kann, und demjenigen, das wir zumindest nach derzeitigem Kenntnisstand nicht auflösen können.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über verschiedene Arten des „Nichtwissens“. Die Probleme im Umgang mit der Gentechnik liegen demnach darin begründet, dass viele wichtige Fragen nicht gestellt werden können, weil wir gar nicht wissen, was wir fragen müssten (Dimension 1) oder weil zentrale Fragen mit dem derzeitigen Instrumentarium der Wissenschaft nicht beantwortet werden können (Dimension 3). Sie könnten aber auch gewollt sein: Weil man bestimmte Produkte gewinnbringend vermarkten möchte, werden Risiken negiert (Dimension 2).

Die Fragen nach den Grenzen des Wissens werden oft zugunsten wirtschaftlicher Interessen verdrängt. Jedoch: die Grenzen unseres Wissens anzuerkennen, ist wichtig, wenn

man sich für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Gen- und Biotechnologie einsetzt. Wo das gesicherte Wissen aufhört, müssen Vorsorge und Prävention einen hohen Stellenwert bekommen. Das gilt ganz besonders dann, wenn es um die Zukunft der Landwirtschaft und die unserer Ernährung geht.

In den USA wird deutlich, dass die verfügbaren Gentechnik-Pflanzen kaum dazu geeignet sind, eine nachhaltige und umweltfreundliche Landwirtschaft zu befördern. Statt eine effektive Bekämpfung der Unkräuter mit weniger Herbiziden zu ermöglichen, hat man durch ihren Einsatz immer neue Herbizidresistenzen bei Unkräutern regelrecht herangezüchtet. Zudem passen sich auch die Insektenschädlinge an die Gentechnik-Pflanzen an. Insgesamt geraten die Landwirte so in eine Produktionslogik, die die Industrialisierung der Landwirtschaft immer weiter vorantreibt und die Kosten für das Saatgut vervielfacht, ohne dass es zu bedeutsamen Zuwächsen bei der Ernte oder signifikanten Einsparungen bei den Spritzmitteln kommen würde.

Ob sich die Gentechnik für die Landwirtschaft als Utopie oder Alptraum (bzw. Dystopie) erweisen wird, hängt ganz wesentlich davon ab, ob wir es schaffen werden, dem Schutz von Mensch und Umwelt Vorrang vor kurzfristigen finanziellen Interessen einzuräumen.

Dabei müssen wir insbesondere die Grenzen unseres Wissens ausreichend berücksichtigen. Zwar ist unser Wissen im Bereich der Molekularbiologie in den letzten Jahren sprunghaft gewachsen. Damit sind aber auch viele neue Fragen über die Beherrschbarkeit und Vorhersagbarkeit der Gentechnik aufgetreten.

Und, wie das Beispiel des EPSPS-Enzyms zeigt, können sogar naheliegende Risiken über 20 Jahre lang falsch eingeschätzt werden: Wie bereits dargelegt, führt das Gen, das den Pflanzen eine Resistenz gegen Glyphosat verleiht, gleichzei-

Erste Dimension	Wahrnehmung des Nicht-Wissens vollständig bewusst ↔ unbemerkt
Zweite Dimension	Intention des Nicht-Wissens unbeabsichtigt ↔ gewollt
Dritte Dimension	Vergänglichkeit des Nicht-Wissens noch nicht bekannt ↔ kann nicht verstanden werden

Tabelle 5: Dimensionen des Nicht-Wissens (Nach: Boesch et al., 2006, entnommen aus: Handbuch Agrogentechnik, Oekom Verlag 2015)

tig dazu, dass auch das Risiko für eine unkontrollierte Ausbreitung der Pflanzen steigt. Bisher hatten Behörden und die Gentechnik-Industrie stets behauptet, dass das zusätzliche Gen keinen Überlebensvorteil für die Pflanzen bieten würde, wenn diese nicht zusätzlich mit Glyphosat behandelt werden. Jetzt zeigt sich, dass das Risiko auch dann gegeben ist, wenn kein Glyphosat zum Einsatz kommt.

Es gibt in diesem Zusammenhang einen weiteren Aspekt, der für die Landwirtschaft und die Bekämpfung von Unkräutern sehr wichtig werden könnte: Manche Unkrautarten verfügen natürlicherweise über Gene, die das EPSPS-Enzym bilden können. Doch die Aktivität dieser Gene ist normaler-

weise zu schwach, um die Unkräuter vor dem Einsatz von Glyphosat zu schützen. Mehrere Unkrautarten haben sich aber sehr erfolgreich an den Gebrauch von Glyphosat angepasst, indem sie die Aktivität der betreffenden Genabschnitte in ihrem Erbgut vervielfältigen und so auch die Wirkung ihrer EPSPS-Enzyme erhöhen. Man spricht von epigenetischer Anpassung. Die neuen Forschungsergebnisse legen nahe, dass die Unkräuter auf diesem Weg zusätzlich eine höhere biologische Fitness erlangen. Der großflächige Anbau der Gentechnik-Pflanzen führt demnach dazu, dass Superunkräuter entstehen, die sich noch schneller auf den Äckern ausbreiten können als je zuvor.