



Grüne Gentechnik in der Schweiz

Chancen nutzen, Risiken vermeiden, Kompetenzen erhalten

«Mir ist bekannt, dass es schwierig ist, politische Entscheidungen immer auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen. Ich erkenne an, dass es viel mehr Faktoren gibt, welche die Politik beeinflussen, wie zum Beispiel ethische, soziale und ökonomische Faktoren. Aber wenn wissenschaftliche Erkenntnisse nicht genutzt werden, ist es die Pflicht der Politiker, zu erklären, warum diese Erkenntnisse keine Berücksichtigung finden. Ich denke, solange dies erklärt und dadurch Transparenz erzeugt wird, wäre es zufriedenstellend für mich.»

Anne Glover

Chief Scientific Advisor, Europäische Kommission

Diese Broschüre fasst die zentralen Aussagen des Nationalen Forschungsprogramms «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen» (NFP 59) zusammen. Die Publikation versteht sich, neben den wissenschaftlichen Artikeln aus den einzelnen Projekten, der vollständigen Programmsynthese und drei umfassenden Literaturstudien, als allgemeinverständliche Zusammenfassung, die sich an eine breite Leserschaft aus Politik und Schulen sowie an interessierte Laien richtet.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	Chancen nutzen, Risiken vermeiden, Kompetenzen erhalten	4
GESCHICHTE	Die Geschichte der Gentechnik	10
AKZEPTANZ	Konsumenten stehen der Gentechnik kritisch gegenüber, wünschen aber Wahlfreiheit	12
NACHHALTIGKEIT	Gentechnik in den Dienst einer nachhaltigen Landwirtschaft stellen	18
RISIKOBEWERTUNG	Die Risikobewertung auf die Pflanze und nicht auf das Zuchtverfahren ausrichten	26
FREILANDVERSUCHE	Freilandversuche sind wichtig und müssen erleichtert werden	34
GESUNDHEIT	Eine Langzeitbeobachtung von Gesundheitseffekten ist sinnvoll	42
KOEXISTENZ	Ein Nebeneinander von Landwirtschaftsformen mit und ohne genetisch veränderte Kulturpflanzen ist in der Schweiz möglich	48
WIRTSCHAFTLICHKEIT	Der wirtschaftliche Nutzen der heute verfügbaren GVP wäre in der Schweiz gering	52
ÖKOLOGISCHER LEISTUNGSNACHWEIS	Die Berechnung des ökologischen Leistungsnachweises sollte GVP nicht diskriminieren	60
ANHANG	Glossar	66
	Impressum	72

Chancen nutzen, Risiken vermeiden, Kompetenzen erhalten

Das Nationale Forschungsprogramm «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen» (NFP 59) hat über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt 30 Forschungsprojekte durchgeführt und relevante weltweit verfügbare Studien ausgewertet. Damit schafft es wissenschaftliche Grundlagen für sachgerechte politische Diskussionen und Entscheidungen zur Grünen Gentechnik in der Schweiz.

Der Mensch züchtet Kulturpflanzen seit Jahrtausenden und passt sie immer wieder seinen Bedürfnissen an. Das klassische Verfahren der Pflanzenzucht beruht darauf, durch die gezielte Auslese nützlicher Eigenschaften genetische Veränderungen in einer bestimmten Pflanze zu fördern. Heute bietet die sogenannte «Grüne Gentechnik» Möglichkeiten, die weit über jene der herkömmlichen Pflanzenzüchtung hinausgehen: Genetische Veränderungen können gezielt in die Pflanzen eingebracht werden und die Selektion der gewünschten Eigenschaften einer Pflanze lässt sich effizienter steuern.

Gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) werden seit über 15 Jahren in vielen Ländern der Welt kommerziell genutzt. Der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen nimmt weltweit zu. 2012 sind die Flächen noch einmal um 6 Prozent auf nun 170 Millionen Hektar gestiegen. Mehr als die Hälfte davon liegen in Entwicklungs- und Schwellenländern. In elf Ländern betragen die mit GVP bewirtschafteten Flächen mehr als eine Million Hektar. Europa dagegen bleibt skeptisch – mit einer Ausnahme: In Spanien stehen auf 30 Prozent der Maisanbauflächen gentechnisch veränderte Sorten.

Die Grüne Gentechnik bietet Möglichkeiten, die weit über jene der herkömmlichen Pflanzenzüchtung hinausgehen. Gentechnisch veränderte Pflanzen werden seit über 15 Jahren in vielen Ländern der Welt kommerziell genutzt. Die Anbauflächen nehmen stetig zu.

Einsatz in der Landwirtschaft: Grüne Gentechnik

In der Grünen Gentechnik werden neue Pflanzensorten nicht mit traditionellen Züchtungsverfahren, sondern mit Hilfe gentechnischer Methoden entwickelt. Die neuen, landwirtschaftlich genutzten Sorten sind zum Beispiel resistent gegen verschiedene Pflanzenkrankheiten oder Schädlinge. Durch das Einsetzen bestimmter Gene kann aber auch die Ernährungsqualität der Pflanze verbessert werden.



Schädlingsresistenter Mais wächst unter anderem in Spanien



Soja: Über 70 Prozent des weltweiten Anbaus sind GVP



Transgene Äpfel könnten dereinst den Einsatz von Antibiotika reduzieren

In der EU sind mehr als 40 verschiedene GVP zur Verwendung als Lebens- und Futtermittel zugelassen. Aber nur gerade zwei gentechnisch veränderte Kulturpflanzen sind für den Anbau zugelassen: neben schädlingsresistentem Mais auch Kartoffeln, die einen erhöhten Anteil an Stärke haben. Sie werden nicht gegessen, sondern bei der Herstellung industrieller Produkte wie Leim verarbeitet.

Einsatz in der Medizin: Rote Gentechnik

Die Rote Gentechnik bezeichnet den Gebrauch von Gentechnik im medizinischen Bereich. Anwendungen sind zum Beispiel die Herstellung von Medikamenten und Lebendimpfstoffen oder die Diagnostik von Krankheiten. In der Schweiz sind heute bereits über 500 Arzneimittel auf dem Markt, die mit Gentechnik hergestellt wurden.



Diagnose von Krankheiten



Medikamenten-Produktion



Entwicklung von Impfstoffen

Doch praktisch überall in Europa wird die Gentechnik kontrovers diskutiert. So auch in der Schweiz. Am 27. November 2005 beschloss das Schweizer Volk ein fünfjähriges Moratorium für die kommerzielle Nutzung von GVP. Dieses Moratorium wurde inzwischen durch das Parlament bis 2017 verlängert. Nicht betroffen ist die Forschung. Diese Ausnahme dient unter anderem dem Ziel, die Vor- und Nachteile der

Grünen Gentechnik eingehender zu untersuchen. So beauftragte der Bundesrat denn auch den Schweizerischen Nationalfonds im Dezember 2005, das NFP 59 durchzuführen. Im Zentrum des Programms stand die Frage, ob aus Sicht der

Die Forschung hat keine speziell von der Grünen Gentechnik ausgehenden Risiken für die Umwelt festgestellt. Die Technik kann, je nachdem wie sie eingesetzt wird, bereits bekannte landwirtschaftliche Nutzen und Risiken verstärken oder verringern.

Ökologie, der Landwirtschaft sowie der Gesellschaft der Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen in der Schweiz langfristig von Nutzen sein könnte. Zudem sollte das Forschungsprogramm untersuchen, ob sich für die Schweiz mit ihrer kleinräumig

strukturierten Landwirtschaft besondere Probleme oder auch besondere Chancen ergeben und ob ein Nebeneinander (Koexistenz) von Landwirtschaftsformen mit und ohne Gentechnik möglich ist. Die Forschung wurde mit öffentlichen Geldern finanziert und unabhängig durchgeführt. Es war ausdrücklich nicht Ziel des Programms, neue Pflanzen zu erzeugen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Forschung in diesem Programm keine speziell von der Grünen Gentechnik ausgehenden Risiken für die Umwelt festgestellt hat.

Die Technik kann, je nachdem wie sie eingesetzt wird, bereits bekannte landwirtschaftliche Nutzen und Risiken verstärken oder verringern. Allerdings ist der erwartete wirtschaftliche Nutzen der derzeit verfügbaren GVP unter den heutigen Bedingungen der Schweizer Landwirtschaft noch bescheiden. Er könnte in Zukunft aber steigen, wenn neu entwickelte Pflanzen mit kombinierten Merkmalen, beispielsweise Herbizid- und Krankheitsresistenzen, zum Einsatz kommen.

Das Programm liefert mit seinen wichtigsten Aussagen und Empfehlungen eine wissenschaftliche Grundlage für Politik und Gesellschaft, um entscheiden zu können, ob und wie die Grüne Gentechnik ihren Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft in der Schweiz leisten kann.

Die Geschichte der Gentechnik

In ihren Anfängen war die Gentechnik sowohl im Bereich der Medizin wie auch der Landwirtschaft umstritten. Die Chronik zeigt, wie sich im Verlauf der Jahre die Akzeptanz der Technologie in verschiedenen Anwendungsbereichen verändert hat.

1970

1970er-Jahre: Der Anfang der Gentechnik als Forschungsrichtung. Wissenschaftler und Politiker diskutieren, welche Risiken von einer unbeabsichtigten Freisetzung von gentechnisch veränderter DNA aus dem Labor ausgehen könnten. Das Risiko wird als kontrollierbar beurteilt. Für die Schweiz gelten ab 1977, nach Beschluss der Kommission für experimentelle Genetik, die amerikanischen Richtlinien für sicheres Arbeiten mit rekombinanter DNA (NIH Guidelines for Research involving recombinant DNA molecules). Die Öffentlichkeit beteiligt sich noch wenig an der Diskussion.

1980er-Jahre: Die Schweiz gehört zu den führenden Nationen in gentechnischer Grundlagenforschung. Die politischen Institutionen vertrauen auf die Selbstkontrolle der Wissenschaft sowie auf die Aufsicht durch die Kommission für experimentelle Genetik und den schweizerischen Nationalfonds, weshalb die gesetzliche Regulierung der Gentechnik sehr zurückhaltend behandelt wird.

1980

Ab Mitte der 1980er-Jahre: Widerstand gegen Gentechnik bildete sich auch in der Schweiz. Neue Reproduktions- und Fertilisationstechniken, die sich der Gentechnik bedienen, heizen die Diskussion um die Rote Gentechnik an. Der Disput weitet sich dann auf die Grüne Gentechnik aus.

Im Jahr 1989: Erster Regulierungsvorschlag für die Rote Gentechnik. Der Bundesrat setzt eine Arbeitsgruppe ein, um die bestehenden Gesetze an die Sicherheitsanforderungen der Gentechnik anzupassen. Dazu gehört, das Austreten von gefährlichen Organismen aus geschlossenen Systemen zu verhindern und einen sicheren Umgang mit diesen Organismen in der Umwelt zu gewährleisten.

**1990**

Anfang der 1990er-Jahre: Der Protest gegen die Grüne Gentechnik nimmt erneut zu. Der erste Freilandversuch mit gentechnisch veränderten Kartoffeln wird bewilligt, was die Gentechnik-Diskussion in der Schweiz wieder anheizt. 1999 treten die Verordnungen über den Umgang mit Organismen im geschlossenen System und in der Umwelt in Kraft.

2000

Im Jahr 2004: Das Gentechnikgesetz tritt in Kraft. Seither hat die Akzeptanz der Roten Gentechnik in der Schweiz deutlich zugenommen. Gleichzeitig spricht sich die Bevölkerung in einer Volksabstimmung jedoch für ein fünfjähriges Einfuhr- und Anbauverbot von gentechnisch veränderten Pflanzen aus. Später stimmten National- und Ständerat der Verlängerung dieses Gentechnik-Moratoriums bis November 2013 erneut zu.

Ende 2005: Bundesratsbeschluss zur Durchführung des NFP 59 .
Im Jahr 2007: Beginn der öffentlich finanzierten, unabhängigen Forschung.

**2010**

Mitte des Jahres 2012: Das Nationale Forschungsprogramm NFP 59 publiziert die Ergebnisse. National- und Ständerat verlängern das Anbau- und Einfuhrverbot um vier weitere Jahre bis Ende 2017.

Anfang 2013: Das Bundesamt für Landwirtschaft schickt das überarbeitete Gentechnikgesetz und die Koexistenzverordnung in die Vernehmlassung. Der Bundesrat will ab 2018 gentechnisch veränderte Pflanzen in der Landwirtschaft zulassen.



Konsumenten stehen der Gentechnik kritisch gegenüber, wünschen aber Wahlfreiheit

Die Konsumentinnen und Konsumenten stehen der Gentechnik in Landwirtschaft und Ernährung mehrheitlich skeptisch gegenüber. Im Gegensatz dazu findet diese in der Medizin breite Akzeptanz. Ob sich Menschen für oder gegen eine Technologie entscheiden, ist letztlich eine Frage des erkennbaren Nutzens.

Eine Umfrage im Rahmen des NFP 59 untersuchte die Akzeptanz der Grünen Gentechnik. Aus der Befragung ergaben sich unter den Teilnehmern drei etwa gleich grosse Gruppen: Befürworter, Gegner und Unentschlossene. Gleichzei-

Je höher der erkennbare Nutzen eines Produkts oder einer Technologie ist, desto grösser ist deren Akzeptanz bei Konsumentinnen und Konsumenten. Ein solcher Nutzen kann zum Beispiel auch in einem tieferen Preis bestehen.

tig waren aber über 80 Prozent der Befragten für die Wahlfreiheit zwischen gentechnisch veränderten und konventionellen Produkten. Doch gibt es überhaupt eine Nachfrage nach gentechnisch veränderten Produkten?

Um das zu klären, boten Forscher an Marktständen Brot aus gentechnisch verändertem, konventionellem und biologisch angebautem Mais an. Es zeigte sich, dass rund 20 Prozent der Kunden Brot aus gentechnisch verändertem Mais kauften. Dieser Anteil erhöhte sich, je tiefer der Preis war. Das bedeutet: Wenn für den Konsumenten ein konkreter Nutzen ersichtlich ist, wie zum Beispiel ein tieferer Preis, steigt die Akzeptanz. Genau das bestätigt das Beispiel der Roten Gentechnik: Weil die Patienten bei medizinischen Anwendungen einen hohen Nutzen sehen, ist die Akzeptanz der Gentechnik in der Medizin gross.

Entscheidend für die Akzeptanz der Grünen Gentechnik ist gemäss einer weiteren Untersuchung des NFP 59 aber auch das Vertrauen, welches die Bürger der Wissenschaft, der Industrie und den Bewilligungsbehörden entgegenbringen.

Auch bei den Bauern spielen bei der Entscheidung für oder gegen den Anbau gentechnisch veränderter Kulturen ökonomische Überlegungen eine wichtige Rolle. Unter der Annahme, dass GVP den Arbeitsaufwand reduzieren, steigt die Anbaubereitschaft der Landwirte signifikant. Das ergab eine Umfrage unter rund 60 Bauern im Kanton Zürich

Aber auch bei den Bauern sind nicht nur wirtschaftliche Faktoren ausschlaggebend. Eine wichtige Rolle spielt zum Beispiel die Meinung der Nachbarn. Denken Landwirte, dass ihr Nachbar GVP einsetzen wird, können sie sich viel eher eine Nutzung von GVP auf ihrem eigenen Betrieb vorstellen. Ähnlich kann auch die Meinung anderer Anspruchsgruppen einen Einfluss darauf haben, ob sich ein Landwirt für oder gegen gentechnisch veränderte Kulturen entscheidet.

Je nachdem, welchen Aspekt man für sich selbst stärker betont, resultiert eine Zustimmung oder Ablehnung gegenüber der Grünen Gentechnik. Dies zeigen die folgenden beiden Kurzinterviews mit zwei Konsumentenvertretern.

PRO Urs Klemm

Leiter Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
des Konsumentenforums (KF)

Wieso spricht sich das KF für den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen in der Schweiz aus?

Das KF setzt sich für die Wahlfreiheit ein. Die Mehrheit der Konsumenten möchte zwischen gentechnisch veränderten und konventionellen Produkten wählen können. Wir gehen davon aus, dass die Grüne Gentechnik Akzeptanz findet, wenn sie Vorteile für Ökologie, Wirtschaft und Konsumenten bringt. Wir finden, dass nicht die Politiker entscheiden sollen, ob diese Technologie in der Schweiz von Nutzen ist, sondern der Markt.

Wo liegen für den Konsumenten die Risiken der Technologie?

Aus dem Einsatz der Grünen Gentechnik entstehen keine Risiken, die nicht durch den Einsatz der herkömmlichen Züchtung bereits bestehen. Deshalb sollten Kulturpflanzen nach dem Produkt und nicht nach dem Herstellungsverfahren beurteilt werden. Die langjährigen Erfahrungen aus anderen Ländern zeigen, dass es bei zugelassenen Gentechnikprodukten keine Hinweise auf gesundheitliche Probleme gibt. Auch ist der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen gemeinsam mit dem Anbau konventioneller Pflanzen möglich. Dies könnte mit den bestehenden rechtlichen Grundlagen auch in der Schweiz garantiert werden.

Wie wird sich die Diskussion um die Grüne Gentechnik weiterentwickeln?

Wir werden bald wieder über den Sinn des Moratoriums diskutieren. Denn es gibt zwei Resistenzen, die für den Gebrauch in der Schweiz sehr interessant sind, da damit fäulnisresistente Kartoffel- und feuerbrandresistente Apfelsorten generiert werden können. Mit einem Einsatz solcher Sorten liessen sich problematische Spritzmittel-Einsätze nachhaltig reduzieren.

CONTRA Josianne Walpen

Leiterin Ernährung und Landwirtschaft
der Stiftung Schweizer Konsumentenschutz (SKS)

Wieso ist die SKS gegen den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen in der Schweiz?

Die SKS befürchtet, dass die Wahlfreiheit der Konsumenten bei parallelem Anbau von gentechnisch veränderten und konventionellen Pflanzen nicht mehr gewährleistet wäre. Das Risiko für eine Verunreinigung des konventionellen Saatguts ist in der kleinräumigen Schweiz zu gross.

Wo liegen für den Konsumenten die Risiken der Technologie?

Leider gibt es keine unabhängigen Langzeitstudien zu den Gesundheitsrisiken für den Menschen durch Gentechpflanzen. Dies müsste dringend geändert werden. Die bestehenden Studien polarisieren immer, sei es auf der Seite der Gentechkritiker oder auf der Seite der Befürworter. Dies verunsichert die Konsumenten. Es braucht eine von der Industrie unabhängige Risikoforschung.

Wie wird sich die Diskussion um die Grüne Gentechnik weiterentwickeln?

Dank der Verlängerung des Gentech-Moratoriums bleibt uns die Zeit, den wirtschaftlichen Nutzen oder Schaden einer Landwirtschaft mit gentechnisch veränderten Pflanzen genauer abzuklären. Und wir werden uns weiterhin um eine vollständige Deklaration von Gentechnik bemühen, welche auch die Verfütterung von gentechnisch veränderten Pflanzen an Tiere umfassen soll.



Gentechnik in den Dienst einer nachhaltigen Landwirtschaft stellen

Die Landwirtschaft ist die Grundvoraussetzung für die Ernährung der Bevölkerung. Doch manche der Agrartechniken – insbesondere die so genannt intensive Landwirtschaft – belasten unsere Umwelt stark. Die Gentechnik könnte helfen, diese negativen Auswirkungen zu vermindern.

Kulturpflanzen wie Mais, Weizen oder Raps haben viele Feinde. Viren, Bakterien, Pilze und Insekten können schwere Ernteverluste verursachen. Um der Schädlinge Herr zu werden, besprühen Schweizer Bauern ihre Felder und Obstanlagen mit rund 320 verschiedenen chemischen Verbindungen. Insgesamt sind es rund zweitausend Tonnen Pflanzenschutzmittel, welche in der Schweiz jährlich ausgebracht werden.

Förderung der nachhaltigen Landwirtschaft

Die Ziele für die Schweizer Landwirtschaft hat der Bundesrat in der so genannten «Agrarpolitik 2014–2017» festgeschrieben. Er will damit die Innovation in der Landwirtschaft stärker unterstützen, die Wettbewerbsfähigkeit verbessern und die gemeinwirtschaftlichen Leistungen gezielt fördern.

Nahrungsmittelproduktion und -versorgung sollen sicher, wettbewerbsfähig und nachhaltig sein.

Kernelement der Schweizer Landwirtschaftspolitik ist das System der so genannten Direktzahlungen. Es sieht finanzielle Beiträge für verschiedene Leistungen der Landwirtschaft vor.

Unter anderem zur

- Offenhaltung der Kulturlandschaft;
- Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt;
- Erhaltung und Weiterentwicklung vielfältiger Kulturlandschaften;
- Förderung besonders naturnaher, umwelt- und tierfreundlicher Produktionsformen (zum Beispiel «Bio» und «Integrierte Produktion»);
- Gewährleistung einer sozialverträglichen Entwicklung.

Hierfür wird die Schweiz zwischen 2014 und 2017 insgesamt 13,7 Milliarden Franken ausgeben.

Davon gelangt ein Prozent – das entspricht einer Lastwagenladung – in Bäche, Flüsse und in das Grundwasser. Das hat Folgen: So zeigte eine Studie der Umweltämter der Kantone

Aargau und Luzern, dass sämtliche Wasserproben der Flüsse Reuss, Suhre, Wyne und Wigger mit Pestiziden belastet waren. Bei rund achtzig Prozent der Proben lag die Konzentration gar über dem gesetzlichen Grenzwert von 0,1 Mikrogramm pro Liter Wasser.

Reduktion der Umweltbelastung

Landwirtschaft mit weniger Chemikalien ist möglich, wie der Bio- oder Integrierte Landbau zeigen. Dabei wird zwar die Umwelt geschont; aber die Erträge liegen zum Beispiel im Bio-Landbau um rund ein Viertel unter dem Niveau des intensiven Anbaus. Hier könnte die Chance der Gentechnik liegen, den Widerspruch zwischen hohem Ertrag und Nachhaltigkeit zu entschärfen.

Zwei der bekanntesten Beispiele für gentechnisch veränderte Pflanzen in der landwirtschaftlichen Praxis sind die so genannte Bt-Baumwolle und der Bt-Mais.

Sie enthalten ein Gen des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* (Bt). Dadurch können die Pflanzen in ihren Zellen ein Protein herstellen, welches die Verdauung von Schadinsekten zum Erliegen bringt und damit die Tiere tötet.

Jede Art von Landwirtschaft hat Auswirkungen auf die Umwelt. Um den Beitrag einer Technologie zur Nachhaltigkeit zu bewerten, darf man sie nicht mit unberührter Natur vergleichen, sondern mit der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Praxis.

**Schädlinge entwickeln
Resistenzen gegen jede Art von
Bekämpfungsmassnahmen.
Darum müssen auch gentechnisch
veränderte Sorten fortwährend
weiterentwickelt werden –
genau wie konventionell gezüchtete
Sorten oder Medikamente.**

Davon profitiert in den Anbauländern die Umwelt. Seit der Einführung von Bt-Baumwolle in Indien im Jahr 2002 hat sich der Verbrauch von Pestiziden in diesem Sektor in nur sieben Jahren halbiert. In China ist die Entwicklung ähnlich. Zudem leiden zwei Drittel weniger Bauern an den durch Pestizide verursachten Vergiftungserscheinungen wie Kopfwegh, Schwindelgefühl oder Übelkeit. Es bleibt jedoch eine stete Herausforderung, diese positive Entwicklung zu sichern, da ein übermässiger Einsatz von resistenten Sorten seinerseits bei Schädlingen zu Resistenzen führt. Darum müssen auch gentechnisch veränderte Sorten fortwährend weiterentwickelt werden – genau wie konventionell gezüchtete Sorten oder Medikamente.

Auch in der Schweiz könnten gentechnisch veränderte Pflanzen den Gebrauch von Chemikalien reduzieren. Beispielsweise könnten gentechnisch veränderte Obstbäume das Antibiotikum Streptomycin aus unseren Obstgärten verbannen. Es kommt gegen den Erreger des gefürchteten Feuerbrandes zum Einsatz. Diese Bakterienkrankheit lässt Blüten, Blätter und die jungen Früchte von Apfel- und Birnbäumen verfaulen.

Zurzeit ist das einzig wirksame Mittel dagegen die Behandlung mit Antibiotikum. Doch diese birgt bekannte Risiken: Die wiederholte Anwendung von Antibiotika kann zur Bildung

resistenter Krankheitskeime führen. Das heisst: Antibiotika könnten im Kampf gegen den Feuerbrand nur einen kurzfristigen Sieg bedeuten. Wie schädlich zu intensive Anwendung von Antibiotika sein kann, zeigt sich in Spitälern, wo antibiotikaresistente Erreger zu einem grossen Problem geworden sind.

Zwar gibt es heute schon Obstsorten, die ohne Antibiotikaeinsatz gesund bleiben. Doch war es bisher sehr schwierig und langwierig, mit herkömmlichen züchterischen Methoden zum Beispiel die Apfelsorte Gala resistent zu machen. Denn mit der Zucht verändern sich auch andere Eigenschaften dieses Apfels. Alternativ haben Forschende der ETH Zürich mit gentechnischen Methoden verschiedene Gene zur Feuerbrandresistenz von verwandten Wildapfelsorten in das Erbgut von Gala-Apfelbäumen eingefügt. Zurzeit wird getestet, welche Genkombination das Bakterium am besten an der Infektion hindert. Damit könnte der Einsatz von Antibiotika in der Landwirtschaft vielleicht schon bald reduziert werden.

Ebenfalls in Entwicklung sind gentechnisch veränderte Kartoffelsorten, die resistent sind gegen die Kraut- und Knollenfäule, eine der wichtigsten Kartoffelkrankheiten, die weltweit Ernteeinbussen von bis zu 20 Prozent verursacht. Die Bekämpfung dieser Krankheit ist heute noch sehr aufwendig und umweltbelastend. Auch der Bio-Landbau steht ihr bisher machtlos gegenüber. Mittels Gentechnik konnten Gene, die

Die Direktsaat als umweltfreundliche Anbaumethode

Bei dieser Anbaumethode wird das Saatgut direkt in den unbearbeiteten Boden eingebracht, ohne den letztjährigen Bewuchs unterzupflügen. Das schützt den Boden vor Erosion und vermindert den Verlust von Mineral- und Nährstoffen. Die Direktsaat liesse sich besonders gut mit dem Anbau herbizidresistenter, also gegen Unkrautbekämpfungsmittel resistente Pflanzen kombinieren. So können Unkräuter auf dem Feld gezielt und einfacher als bisher zurückgedrängt werden. Mit der Einführung von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Schweiz wäre deshalb die Förderung der Direktsaat ein wichtiger Schritt.

Doch es gibt auch eine Kehrseite: Der Anbau herbizidresistenter Pflanzen lohnt sich nur dann, wenn man gleichzeitig günstige Breitband-Herbizide zur Unkrautbekämpfung einsetzt. Diese wiederum gefährden die Vielfalt der Pflanzen und Tiere auf den Feldern, wenn sie zu häufig und unkontrolliert



eingesetzt werden. Das System «Direktsaat mit gentechnisch veränderten Sorten» muss also sehr gut abgestimmt werden, damit wirklich ökologische Vorteile resultieren.

Wildkartoffeln gegen den Pilz resistent machen, gezielt und schnell in gängige Kartoffelsorten eingeführt werden. Der Anbau solcher Kartoffeln würde die Umweltbelastung reduzieren und wäre auch für die Schweiz sehr interessant. Von einem reduzierten Einsatz von Chemikalien würde auch die Biodiversität profitieren. Denn der weit verbreitete Gebrauch von Pestiziden und Fungiziden wirkt sich auch negativ auf die

Vielfalt von Tieren und Pflanzen aus. Transgene Nutzpflanzen, die sich selbst vor Schädlingen schützen, könnten diese Belastung für die Biodiversität erheblich reduzieren. Ebenso würden sie sich positiv auf die erosionsgeplagten Böden auswirken. Jeden Tag waschen Niederschläge, übertretende Bäche oder Schmelzwasser eine Tonne Erde von Schweizer Äckern. Diesen ständigen Verlust könnte der vermehrte Einsatz der so genannten Direktsaat (siehe Box) in Verbindung mit den entsprechenden transgenen Nutzpflanzen bremsen.

Gewappnet für die Zukunft

Transgene Nutzpflanzen könnten helfen, die negativen Folgen des Klimawandels abzuschwächen. Denn in Zukunft ist in der Schweiz vermehrt mit längeren Trockenperioden zu rechnen. Schon heute wird rund ein Viertel der landwirtschaftlichen Fläche regelmässig von Trockenheit heimgesucht. Darum müssen Landwirte immer mehr Wasser aus den Flüssen auf ihre Felder pumpen. Das kann bereits heute zum Austrocknen einzelner Gewässer führen, wie der extrem trockene Sommer des Jahres 2003 zeigte.

Abhilfe könnten hier trockenheitsresistente Nutzpflanzen schaffen, was angesichts der erwarteten Klimaveränderungen einem sehr grossen künftigen Bedürfnis entspricht. Der erste derartig gentechnisch veränderte Mais wurde im Jahr 2012 in den USA testweise angebaut.



Die Risikobewertung auf die Pflanze und nicht auf das Zuchtverfahren ausrichten

Gentechnisch veränderte Pflanzen gelten noch immer als riskant. Doch mit den neuen gentechnischen Methoden unterscheidet sich ihr Erbgut nicht wesentlich von jenem herkömmlich gezüchteter Pflanzen. Diesem Umstand sollte die Risikobeurteilung Rechnung tragen.

Seit ihren Anfängen muss sich die Grüne Gentechnik die Kritik gefallen lassen, sie sei mit «unabsehbaren Risiken» behaftet. Jedoch sind gentechnisch veränderte Pflanzen bereits in Tausenden von Studien untersucht worden. Dabei sind

Bei vielen Tausend Untersuchungen konnten keine nachteiligen Effekte identifiziert werden, die sich von bekannten Risiken der klassischen Züchtung und Nahrungsmittelproduktion unterscheiden.

bisher keine nachteiligen Effekte identifiziert worden, die sich von bekannten Risiken der klassischen Züchtung und Nahrungsmittelproduktion unterscheiden.

Viele Forschende sind der Ansicht, dass die Gentechnik nicht etwas Naturfremdes, sondern im Gegenteil auf natürlichen Prozessen begründet ist. So tauschen Bakterien und Viren einzelne Gene immer wieder untereinander aus.

Gentransfer ist ein natürlicher Vorgang

Ein Bakterium, das diese Fähigkeit hat, ist *Agrobacterium tumefaciens*. Es lebt im Boden und dringt – um sich zu vermehren – über Verletzungen im Wurzelbereich in eine Pflanze ein. Dort setzt es Teile seines Erbguts in Form kleiner, ringförmiger Stücke – so genannter Plasmide – frei. Die Pflanzenzellen bauen die genetische Information des

Genübertragung als natürlicher Prozess

Das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* hat natürlicherweise die Fähigkeit, eigene Erbsubstanz (DNA) auf Pflanzenzellen zu übertragen. Danach wird die bakterielle DNA in das Erbgut der Pflanze eingebaut. Wobei der Ort, wo dies geschieht, zufällig gewählt wird.

Diesen Mechanismus der Genübertragung macht sich die Gentechnik zunutze.



Mikroskopische Aufnahme von *Agrobacterium tumefaciens*



Mit *Agrobacterium tumefaciens* infizierte Pflanzen entwickeln eine Geschwulst

Bakteriums in ihr eigenes Erbgut ein und werden auf diese Weise genetisch umprogrammiert. Die Zellen beginnen, chemische Verbindungen herzustellen, welche die Pflanze normalerweise nicht produziert, die jedoch dem *Agrobacterium* als Energie- und Nährstoffquelle dienen. So wird es nun von der Pflanze ernährt und kann sich ausbreiten. Als Zeichen der Infektion wird die Pflanze krank: Sie entwickelt eine Geschwulst.

Künstlicher Gentransfer

Seit den 1980er-Jahren verwenden Gentechniker dieses Bakterium als Boten, um damit neue Gene in Pflanzen einzuschleusen. Dazu löschen sie die Information im Plasmid des Agrobacteriums und laden es mit einer neuen genetischen Botschaft. Das Bakterium befällt zwar immer noch Pflanzenzellen, aber anstatt sie krank zu machen überträgt es eine genetische Information. Diese Methode war viele Jahre lang Standard in der Gentechnik.

Anders als weithin angenommen, sind praktisch alle Getreide, Gemüse und Früchte, die der Mensch heute verzehrt, nicht natürliche oder ursprüngliche Sorten. Sie sind das Resultat pflanzenzüchterischer Eingriffe.

Zu Recht bemängeln Kritiker, dass diese Art der Genübertragung sehr ungenau ist. Das neue Gen wird an einer zufälligen Stelle ins Erbgut eingefügt. Je nachdem wo die Einfügestelle liegt, kann sich das Verhalten der Pflanze verändern. Viele der

älteren gentechnischen Methoden haben diesen Mangel. So traten zum Beispiel auch bei einem Experiment im Rahmen des NFP 59 mit gentechnisch verändertem Weizen bei einigen Zuchtlinien Blüten auf, die anfällig für den giftigen Mutterkornpilz waren. Allerdings treten solche Nebeneffekte auch bei der herkömmlichen Pflanzenzüchtung auf. Derart untaugliche Zuchtlinien werden seit jeher konsequent aus dem Zuchtprozess ausgeschlossen (siehe Kapitel FREILANDVERSUCHE).

Ganz anders als weithin angenommen wird, sind praktisch alle Getreide, Gemüse und Früchte, die der Mensch heute verzehrt, nicht natürlich oder ursprüngliche Sorten. Sie alle sind das Resultat pflanzenzüchterischer Eingriffe. Zudem sind die Methoden und Mittel, die in der traditionellen Züchtung eingesetzt werden, um genetische Veränderungen herbeizuführen, höchst unspezifisch. Zum Beispiel werden die Pflanzen starker ionisierender Strahlung oder aggressiven Chemikalien ausgesetzt, welche viele genetische Veränderungen auslösen.

Heute sind gentechnische Methoden präziser als sie es früher waren. Sie fügen beispielsweise Gene an einer definierten Stelle ins Erbgut ein. Oder sie verstärken die Gene der Pflanze beziehungsweise schalten sie aus.

Danach wählt der Züchter aus einer Vielzahl genetischer «Krüppel» jene aus, die per Zufall eine neue Eigenschaft ausweisen, die dem züchterischen Ziel nahe kommen. Im Vergleich zu diesen Eingriffen sind gentechnisch bedingte Veränderungen sehr gering.

Präzisere, neue Methoden

Seit 1980 hat sich die Forschung stark weiterentwickelt. Die heutigen Verfahren erlauben es, den genauen Ort zu bestimmen, wo genetische Veränderungen stattfinden sollen.

Dazu gehört beispielsweise die so genannte Zinkfinger-Nuklease-Technik. Andere Methoden verändern die Gene nicht, sondern schalten sie aus, indem sie diese mit spezifischen Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltenden Molekülen einpacken. Auch dieser als Methylierung bekannte Prozess kommt natürlicherweise in allen Zellen vor. Mittlerweile sind die neuen Verfahren so fortgeschritten, dass derart veränderte Pflanzen nicht oder kaum mehr von einer herkömmlich gezüchteten Pflanze unterschieden werden können.

Mittels Cisgenese ist es möglich, einer bestehenden Apfelsorte gentechnisch neue Eigenschaften wie zum Beispiel eine Krankheitsresistenz zu verleihen, ohne dass sie dabei ihre andern, geschätzten Eigenschaften, verliert.

Auch dieser als Methylierung bekannte Prozess kommt natürlicherweise in allen Zellen vor. Mittlerweile sind die neuen Verfahren so fortgeschritten, dass derart veränderte Pflanzen nicht oder kaum mehr von einer herkömmlich gezüchteten Pflanze unterschieden werden können.

Das ist auch bei der so genannten Cisgenese der Fall. Dabei verwendet der Genetiker nur art-eigene Gene und hält sich auf diese Weise an das Repertoire des traditionellen Züchters. Das heisst zum Beispiel, dass bei der Apfelmehr zucht mittels Cisgenese keine Gene anderer Arten wie Birne oder Quitte oder sogar Bakterien verwendet werden. Die Cisgenese hat ein grosses Potenzial; denn in den Ursprungsgebieten des Apfels, wie etwa in China, gibt es viele wilde Sorten, die resistent gegen verbreitete Krankheiten wie beispielsweise Apfelschorf sind. Diese Eigenschaften waren auch in den ersten Zuchtformen noch enthalten, sind jedoch im Verlauf des Züchtungsprozesses verloren gegangen.

Die gewünschten Gene können im Erbgut der Wildsorten aufgespürt werden und mittels gentechnischer Methoden viel schneller in bestehende Sorten transferiert werden als mit herkömmlichen Zuchtmethoden. Die Forscher sprechen von fünf Jahren mittels Gentechnik gegen bis zu zwanzig Jahre mit konventionellen Zuchtmethoden.

Das NFP 59 empfiehlt, dass bei der Risikobeurteilung allein das Endprodukt, das heisst die Pflanze, auf seine Sicherheit zu überprüfen sei und nicht die Technik, mit der es hergestellt wurde.



Freilandversuche sind wichtig und müssen erleichtert werden

Pflanzen verhalten sich anders, je nachdem ob sie im Labor, Gewächshaus oder Freiland wachsen. Dies hat auch das Feldexperiment mit gentechnisch verändertem Weizen im Rahmen des NFP 59 gezeigt. Um eine ökologische Bewertung gentechnisch veränderter Pflanzen vorzunehmen, ist es wichtig, dass sie im offenen Feld getestet werden.

Im Jahr 2006 begannen die Vorbereitungen zu den bisher umfangreichsten Freilandversuchen mit gentechnisch veränderten Pflanzen in der Schweiz. Beteiligt waren elf Forschungsgruppen der Universität und ETH Zürich, der Forschungsanstalt Agroscope sowie weiteren Hochschulen. Ihr Ziel war herauszufinden, wie sich transgene Pflanzen unter natürlichen Bedingungen verhalten und ob sie der Umwelt schaden können.

Das Resistenzgen *Pm3*

Einige der im Feldversuch verwendeten Weizenpflanzen enthielten je eine von sechs verschiedenen Varianten, so genannten Allelen, des Resistenzgens *Pm3*. Diese schützen die Pflanze vor unterschiedlichen Stämmen des Mehltau-Erregers. Die Forschenden hatten dem *Pm3*-Gen einen so genannten Promotor hinzugefügt. Dieser sollte die Wirkung des Gens und damit die Resistenzkraft noch verbessern gegenüber Weizensorten, die das Gen von Natur aus tragen und resistent sind. Aus solchen konventionellen Sorten wurden die Allele des *Pm3*-Gens auch ursprünglich isoliert. Viele der weltweit für den Anbau verwendeten Sorten sind jedoch nicht resistent, sodass Ertragsausfälle nur mit dem Einsatz von Fungiziden verhindert werden können.

Die Forschenden untersuchten dies am Beispiel von gentechnisch verändertem Weizen. Der Weizen besitzt ein zusätzliches Gen, das ihn resistent macht gegen Mehltau, eine gefürchtete Pilzkrankheit bei Getreide (siehe Box).

Bereits zuvor hatten die Forscher verschiedene Weizenpflanzen mit dem Resistenzgen in Labor und Gewächshaus untersucht. Dort waren die Pflanzen durch das zusätzliche Gen allgemein besser gegen Mehltau geschützt als Pflanzen ohne dieses Gen. Doch es war nicht vorauszusehen, wie sie sich auf dem Feld verhalten würden. Denn im Freiland sind die Pflanzen – anders als im geschützten Gewächshaus – Kälte,

Sonne, Regen und anderen Umwelteinflüssen ausgesetzt. Dadurch können neue, zum Teil unerwünschte Eigenschaften zutage treten. Darum konnten erst die Feldversuche zeigen, ob der Weizen auch unter natürlichen Bedingungen gegen Mehltau resistent ist.

Grosser Aufwand für Bewilligung und Sicherheit

Doch bevor die Freilandversuche beginnen konnten, hatten die Gesuche der Forschenden ein aufwendiges Bewilligungsverfahren zu durchlaufen. Denn nach dem in der Schweiz geltenden Gentechnikgesetz müssen Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen vom Bundesamt für Umwelt (Bafu) genehmigt werden. Schliesslich gab das Amt grünes Licht für die Experimente, welche auf zwei umzäunten und bewachten Feldern am Reckenholz bei Zürich und in Pully bei Lausanne stattfanden.

Nach ausführlichen Tests im Labor können nur Feldversuche zeigen, ob gentechnisch veränderte Pflanzen auch unter natürlichen Bedingungen die angestrebten Eigenschaften oder allenfalls unerwünschte Nebeneffekte zeigen.

Am Reckenholz säten die Forscher im März 2008 den ersten mehltaresistenten Weizen, während sich der Start in Pully aufgrund von Einsprachen von Anwohnern um ein Jahr verzögerte.

Freilandversuche mit gentechnisch verändertem Weizen

Im Rahmen des NFP 59 wurden Freilandversuche mit gentechnisch verändertem Weizen durchgeführt, der gegen die Pflanzenkrankheit Mehltau resistent ist. Der Weizen hatte keinen negativen Einfluss auf die Umwelt und Tiere. Jedoch können durch die Genveränderung unerwünschte Nebeneffekte auftreten, die in einem weiteren züchterischen Verfahren ausgeschlossen werden müssten.



Ernte des transgenen Weizens



Versuchsfeld am Standort Reckenholz bei Zürich

Ein Grossteil der wissenschaftlichen Untersuchungen befasste sich mit Fragen der Biosicherheit: Würde der transgene Weizen andere Auswirkungen auf die Umwelt haben als konventioneller Weizen? Um dies zu beantworten, zählten die Forscher unter anderem nützliche Pilze und Bakterien auf den Wurzeln, prüften die Fruchtbarkeit des Bodens und untersuchten Blattläuse und andere Insekten.

Doch noch bevor das erste Versuchsjahr vorüber war, kam es am 13. Juni 2008 zu einem Zwischenfall: Vermummte drangen auf das gesicherte Gelände am Reckenholz ein, verwüsteten mit Sichel den Weizen und zerstörten einen grossen Teil der Versuche. Auch in den beiden darauf folgenden Jahren wurden die Experimente Ziele von Vandalenak-
ten: diesmal am Standort Pully. Daraufhin mussten die Sicherheitsmassnahmen an beiden Standorten massiv verstärkt werden: Ein doppelter Zaun sowie ein Bewachungssystem mit Kameras, Bewegungsmeldern und einem schnelleren Alarmierungssystem wurden installiert. Dies hat die Versuche nicht nur zeitlich verzögert, sondern auch enorm verteuert.

Die Unterschiede, beispielsweise bei der Zahl der nützlichen Mikroorganismen im Boden, waren zwischen verschiedenen Getreidearten und Standorten viel grösser als zwischen gentechnisch verändertem und nicht verändertem Weizen.

Wichtige Erkenntnisse aus dem Freiland

Im August 2012 waren die Versuche abgeschlossen und vollständig ausgewertet. Sie brachten wichtige Erkenntnisse: Der transgene Weizen war, wie bereits im Gewächshaus gezeigt, auch im Feld resistent gegen Mehltau. Und er unterscheidet sich in seinem Einfluss auf die Umwelt nicht von

konventionellen Weizensorten. Schwankungen, beispielsweise bei der Zahl der nützlichen Mikroorganismen im Boden, waren viel grösser zwischen verschiedenen Getreidearten und Standorten als zwischen gentechnisch verändertem und nicht verändertem Weizen.

Allerdings zeigte die Hälfte der untersuchten Weizenpflanzen im Freiland auch unerwünschte Eigenschaften: Sie wuchsen schlechter, bekamen vergilbte Blätter und bildeten weniger Körner. Ausserdem blieben ihre Blüten länger offen, was dazu führte, dass sie stärker mit dem giftigen Mutterkornpilz befallen wurden. Diese Eigenschaften waren im Gewächshaus verborgen geblieben und erst unter den natürlichen Bedingungen ans Licht gekommen. Ungewöhnlich ist das aber nicht. Denn unerwünschte Eigenschaften kommen nicht nur bei gentechnisch veränderten Pflanzen vor, sondern auch bei konventionellen Kreuzungen. Diese werden genauso zunächst in Feldversuchen getestet. Wenn sie sich nicht bewähren, werden sie von der Weiterzucht ausgeschlossen.

Die Ergebnisse aus dem NFP 59 bestätigen, dass Freilandversuche wichtig sind, um Risiken, aber auch den landwirtschaftlichen Nutzen von gentechnisch veränderten Pflanzen abschätzen zu können. Doch Aufwand und Kosten sind momentan sehr hoch. Eine Analyse zeigte, dass auf jeden Franken für die Forschung nochmals 1,26 Franken für den Schutz gegen

Vandalismus, das Bewilligungsverfahren und die biologische Sicherheit kamen. Das können Forschungsprojekte nicht mit ihrem eigenen Budget tragen. Daher besteht die Gefahr, dass Wissenschaftler ihre Feldversuche noch stärker als bisher ins Ausland verlagern. So wird aber auch deren potentieller Nutzen exportiert, was den Forschungsstandort Schweiz schwächt.

Geschützte Forschungsplätze

Daher schlug das NFP 59 vor, dass der Bund einen geschützten Versuchsstandort einrichtet und unterhält, eine so genannte «Protected Site». Dem hat das Parlament inzwischen zugestimmt, sodass eine «Protected Site» voraussichtlich ab 2014 in Betrieb sein wird. Deren Infrastruktur soll fortlaufend für unterschiedliche Feldversuche genutzt werden und die Forschungsbudgets weniger belasten. Ausserdem sollte sich durch einen ausgewiesenen Standort das Bewilligungsverfahren vereinfachen. Damit kann auch in der Schweiz die Forschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen im Freiland weiter gehen. Anfang 2013 hat die Universität Zürich beim Bundesamt für Umwelt ein Gesuch für ein neues Experiment eingereicht.

Auf jeden Franken für die Forschung kamen nochmals 1,26 Franken für den Schutz der Versuchsfelder gegen Vandalismus, das Bewilligungsverfahren und die biologische Sicherheit. Das können Forschungsprojekte nicht mit ihrem eigenen Budget tragen.



Eine Langzeitbeobachtung von Gesundheitseffekten ist sinnvoll

Nahrungsmittel aus gentechnisch veränderten Pflanzen stehen unter dem Generalverdacht, schädlich für die Gesundheit zu sein. Doch bislang konnte das für kein Produkt nachgewiesen werden. Zur Überprüfung der Sicherheitsbewertung empfiehlt das NFP 59 aber die Schaffung einer Meldestelle, welche allfällig auftretende unerwünschte Effekte sammelt.

Im Rahmen des NFP 59 wurden über hundert wissenschaftliche Artikel über die Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf die Gesundheit des Menschen ausgewertet. Es liessen sich keine negativen Effekte finden. Hingegen konnte der entsprechende Expertenbericht diverse verbreitete Ängste widerlegen.

So bestand beispielsweise die Befürchtung, dass Gene bei der Nahrungsaufnahme von den Pflanzen auf Tiere oder den Menschen übertragen werden könnten. Doch die wissenschaftliche Literatur zeigt, dass bei der Verdauung die Pflanzenzellen in Magen und Darm zersetzt werden. Dabei brechen Enzyme auch das Erbgut auf und zerlegen es in kleine Stücke.

Eine weitere Angst betrifft die Antibiotikaresistenz. Einige der bis jetzt vermarkteten Pflanzen enthalten Gene oder Bruchstücke von Genen, welche resistent gegen Antibiotika machen. Diese Resistenzgene dienen bei der Herstellung gentechnisch veränderter Organismen als so genannte Selektionsmarker. Sie helfen, nach dem gentechnischen Eingriff jene Zellen zu finden, bei denen der Gentransfer erfolgreich war.

Kritiker befürchteten, dass diese Gene auf Bakterien überspringen und so neue resistente Krankheitskeime entstehen könnten. Zwar konnte die ETH Zürich mit Experimenten zeigen, dass eine solche Übertragung im Labor unter gewissen

Bedingungen tatsächlich möglich ist, doch in der Natur ist sie höchst unwahrscheinlich. Zudem kommen neue gentechnische Methoden ohne Antibiotikaresistenzgene aus oder sie entfernen diese nach dem Zuchtverfahren wieder aus dem fertigen Produkt (siehe Kapitel RISIKOBEWERTUNG).

Eine weitere Befürchtung sind Allergien, die durch gentechnisch veränderte Pflanzen ausgelöst werden könnten. Bislang konnte jedoch bei den Pflanzen, die man heute einsetzt, kein erhöhtes Allergierisiko festgestellt werden. Das NFP 59 empfiehlt, dass dies bei jeder neu gezüchteten Pflanzensorte geprüft werden muss, wie es auch dem gegenwärtigen EU-Genehmigungsverfahren beim Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Pflanzen entspricht.

Nebenwirkungen frühzeitig erkennen

Um mögliche Nebenwirkungen frühzeitig zu entdecken, ist für gentechnisch veränderte Pflanzen heute schon eine gesundheitliche Risikoüberprüfung obligatorisch. Diese hat in der Vergangenheit bereits mehrmals sehr gut funktioniert und verhindert, dass ein etwaiges problematisches Produkt auf den Markt kam. Eines der bekanntesten Beispiele ist eine gentechnisch veränderte Sojabohnensorte, in deren Erbgut ein Gen der Paranuss eingesetzt wurde. Dieses produziert ein Speicherprotein, das den Nährwert der Sojabohne erhöht. Bei der Prüfung des Allergierisikos kam jedoch heraus,

dass dieses Speicherprotein, das schon in der Paranuss als Allergen bekannt war, auch in der transgenen Sojapflanze seine allergene Wirkung entfaltet. Aufgrund dieses Resultats wurde die weitere Entwicklung und Vermarktung der neuen

Sojasorte eingestellt, auch wenn sie nur als Futtermittel für Tiere gedacht war.

Immer wieder tauchen Berichte über negative Auswirkungen bereits geprüfter gentechnisch veränderter Pflanzen auf. Doch die Resultate hielten einer genaueren Überprüfung durch staatliche Stellen und unabhängige Wissenschaftler nicht stand.

Trotz dieser strengen Kontrollen gibt es gelegentlich Berichte über negative Auswirkungen geprüfter gentechnisch veränderter Pflanzen.

Am häufigsten betrifft das die Bt-Sorten und die herbizid-resistenten Sorten. So behauptet eine kürzlich veröffentlichte Studie des französischen Forschers Gilles-Eric Séralini, dass gentechnisch veränderter Mais der Sorte NK603 bei Ratten Krebs fördert. Doch die Resultate hielten einer genaueren Überprüfung durch staatliche Stellen und unabhängige Wissenschaftler nicht stand. Viele Forscher und offizielle Institutionen wie das Deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung oder die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit konnten aufzeigen, dass Séralinis Experimente ungeeignet sind.

Beobachtungsstelle für Nebenwirkungen

Allerdings ist trotz aller Vorsichtsmassnahmen nie ganz auszuschliessen, dass bei manchen Personen Nebenwirkungen auftreten. Aus diesem Grund schlägt das NFP 59 vor, eine Meldestelle zu schaffen, welche Nebenwirkungen von Produkten aus gentechnisch veränderten Pflanzen registriert. Diese könnte ähnlich funktionieren wie die nationale Meldestelle für Medikamenten-Nebenwirkungen von Swissmedic.

Dort können Fachpersonen aus der Pharmabranche sowie Privatpersonen Meldungen über Nebenwirkungen einreichen. Swissmedic evaluiert diese Meldungen und ergreift gegebenenfalls Massnahmen. Ausserdem werden die entsprechenden Daten an das internationale Zentrum für Arzneimittelsicherheit der Weltgesundheitsorganisation WHO weitergeleitet, um sie weltweit verfügbar zu machen. Ein vergleichbares Vorgehen wäre auch bei Produkten aus gentechnisch veränderten Pflanzen denkbar.

Die entsprechende Infrastruktur besteht bereits: das Food Safety Authorities Network (INFOSAN) der WHO. Es erfasst Meldungen zur Sicherheit von Lebensmitteln. Mit diesem Netzwerk wären auch Informationen zu gesundheitlichen Risiken von transgenen Pflanzen global verfügbar und die Behörden könnten bei auftretender Gefahr entsprechend eingreifen.



Ein Nebeneinander von Landwirtschaftsformen mit und ohne genetisch veränderten Kulturpflanzen ist in der Schweiz möglich

Die Koexistenz von Landwirtschaftsformen mit konventionell gezüchteten und gentechnisch veränderten Pflanzen ist auch in der kleinräumigen Schweiz technisch machbar. Doch sie ist aufwendig und hat gewisse Kosten zur Folge. Der Aufwand sinkt, wenn sich Landwirte zu Produktionszonen zusammenschliessen.

Mit Koexistenz bezeichnet man das störungsfreie Nebeneinander von Landwirtschaftssystemen mit und ohne Gentechnik. Besonders wichtig ist dabei, eine Vermischung von gentechnisch veränderten und unveränderten Pflanzen und Produkten soweit wie möglich zu vermeiden. Dazu müssen beim Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen spezielle Schutzvorkehrungen, so genannte Koexistenzmassnahmen, getroffen werden. Das sind

Bei Futtermais und Zuckermais ist die Trennung von Feldern und Warenflüssen möglich. Koexistenz sollte also auch zwischen gentechnisch veränderten und konventionellen Kulturen möglich sein.

zum Beispiel Abstände zwischen den Feldern, die Sicherung des Saat- und Ernteguts beim Transport, die gründliche Reinigung der Maschinen und eine genaue Planung des Anbaus.

Bereits heute wird für bestimmte Kulturen in der Schweiz die Koexistenz praktiziert: Bauern, die

Futtermais beziehungsweise Zuckermais anbauen, haben grosses Interesse, dass sich weder ihre beiden Kulturen noch das Erntegut vermischen. Trennung von Feldern und Warenflüssen ist hier möglich und sollte also auch zwischen gentechnisch veränderten und konventionellen Kulturen möglich sein. Somit ist Koexistenz in der Schweiz prinzipiell machbar. Unter welchen Bedingungen sie sich wirtschaftlich lohnt, wurde ebenfalls im NFP 59 geprüft (siehe Kapitel WIRTSCHAFTLICHKEIT).

Günstiger in Produktionszonen

Bauern, die gentechnisch veränderte Kulturen anbauen wollen, haben einen Mehraufwand wegen Koexistenzmassnahmen. Aber auch, weil sie gegenüber ihren Nachbarn eine Informationspflicht haben. Dieser Aufwand ist abhängig von der Grösse des Betriebes sowie von der Nähe und der Anzahl umliegender Höfe. Denn wer einen Nachbarn hat, der bereits gentechnisch veränderte Pflanzen anbaut, hat selbst weniger Koexistenzkosten zu tragen. In diesem Fall wären Abstände zwischen den Feldern überflüssig. Aus diesem Grund würden auch Absprachen zwischen Landwirten für einen koordinierten Anbau von GVP Aufwand und Kosten senken.

Nicht zuletzt hängt aber der Erfolg von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Schweiz auch von den Konsumenten ab. Denn ob diese die gentechnisch veränderten Produkte tatsächlich auch kaufen würden, ist nicht vorhersehbar. Deshalb raten die Forscher, den wirtschaftlichen Nutzen für jede gentechnisch veränderte Pflanze separat abzuklären, wie dies heute in der Sortenprüfung konventionell gezüchteter Kulturpflanzen bereits gemacht wird. Denn diese Prüfung umfasst einerseits die Frage, ob die Sorte sich für den Anbau auf unserem Boden eignet. Andererseits aber auch, ob sie überhaupt den vom Markt und folglich von den Konsumenten verlangten Qualitätskriterien entspricht.



Der wirtschaftliche Nutzen der heute verfügbaren GVP wäre in der Schweiz gering

Der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zahlt sich für viele Landwirte aus – zumindest in jenen Ländern, in denen solche Pflanzen heute schon genutzt werden. Für Schweizer Landwirte jedoch würde sich – bei dem gegenwärtigen Auftreten von Krankheiten und Schädlingen und mit den heute verfügbaren Pflanzen – ein Umstieg auf gentechnisch veränderte Kulturen kaum lohnen. In Zukunft kann sich das aber ändern.

Für die Wirtschaftlichkeit gentechnisch veränderter Kulturen sind zwei Arten von Kosten ausschlaggebend:

- Kosten, die zur Sicherung der Koexistenz notwendig sind. Also für räumliche Trennung von Feldern oder die räumliche und zeitliche Trennung von Warenflüssen.
- Kosten, die für den Anbau der GVP entstehen. Zum Beispiel durch teureres gentechnisch verändertes Saatgut.

Koexistenzmassnahmen verursachen für Landwirte Kosten, die bei konventionellen Ackerkulturen nicht anfallen. Und besonders für die Schweizer Landwirtschaft mit ihren kleinen Höfen und verstreut liegenden Ackerflächen wird die Trennung von GVP und konventionellen Kulturen aufwendig. Ob es sich da lohnt, gentechnisch veränderte Pflanzen anzubauen, untersuchten Wissenschaftler der Forschungsanstalt Agroscope in einer Wirtschaftlichkeits-Studie. Da es in der Schweiz bisher keine Erfahrungswerte mit GVP gibt, machten die Forschenden ihre Vorhersagen mit Hilfe von Modellrechnungen.

Daraus resultiert, dass die Koexistenzkosten über alles gerechnet zwar verhältnismässig niedrig wären, dass sie aber unter den ungünstigsten Voraussetzungen den Anbau von GVP für Schweizer Landwirte trotzdem unrentabel machten. Ein Anbau lohnt sich erst, wenn die Bauern mit GVP auf

dem Markt Gewinne erzielen, welche die zusätzlich anfallenden Koexistenzkosten aufwiegen. Dies ist aber nur selten der Fall, wie die Berechnungen im Rahmen des NFP 59 zeigen.

Die Forscher haben fünf verschiedene transgene Sorten mit den jeweiligen konventionellen Sorten verglichen: je eine herbizidresistente Sorte Zuckerrüben, Mais und Raps, ausserdem pilzresistenten Weizen sowie schädlingsresistenten Mais. Einen Zusatzgewinn bringen – gemäss den Berechnungen – die herbizidresistenten Sorten. Bei schädlingsresistentem Mais und pilzresistentem Weizen resultieren Verluste. Es hängt also stark von der jeweiligen Sorte und ihren Eigenschaften ab, ob sich ein Anbau von GVP lohnt (siehe Tabelle auf Seite 56).

Obschon die Struktur der Schweizer Landwirtschaft mit kleinen Höfen und verstreut liegenden Ackerflächen kleinräumig strukturiert ist, sind die Koexistenzkosten für den Anbau von GVP relativ gering.

Nutzen abhängig vom Schädlingsdruck

Herbizidtolerante Kulturen von Mais, Raps oder Zuckerrüben bringen darum am ehesten einen Vorteil, weil sie die Unkrautbekämpfung einfacher und günstiger machen. Ausserdem lassen sie sich gut mittels Direktsaat anbauen (siehe Kapitel NACHHALTIGKEIT). Dadurch sinken Arbeitsaufwand und Produktionskosten. Jedoch fällt der Gewinn gemäss Berechnungen eher klein aus.

Mögliche Gewinne und Verluste von gentechnisch veränderten gegenüber konventionell erzeugten Pflanzen



Schädlingsresistenter Mais:

Die Kosten für Pflanzenschutzmittel fallen zwar leicht geringer aus. Doch der ebenfalls nur leicht höhere Ertrag kann die Mehrkosten für Saatgut und Koexistenzmassnahmen nicht wettmachen.



Herbizidtoleranter Mais:

Durch den höheren Ertrag und vereinfachte Pflanzenschutzmassnahmen schneidet dieser Mais besser ab.



Herbizidtoleranter Raps:

Der höhere Ertrag und die deutlich tieferen Produktionskosten führen zu einem klaren Gewinn.

**Pilzresistenter Weizen:**

Der leicht gesteigerte Ertrag kann die hohen Saatgut- und Koexistenzkosten nicht ausgleichen.

**Herbizidtolerante Zuckerrüben:**

Dank deutlich höherem Ertrag und Einsparungen in der Produktion resultiert ein beträchtlicher Gewinn.

Die Gewinne bei gentechnisch verändertem Mais, Raps und Zuckerrüben resultieren gemäss Modellrechnungen aus dem geringeren Arbeitsaufwand bei der Direktsaat. Die herbizidtolerante Zuckerrübe erreicht dabei die beste Rentabilität der untersuchten Pflanzen. Insektenresistenter Mais und pilzresistenter Weizen schneiden im Vergleich zum konventionellem Anbau hingegen schlechter ab.

Zwar hilft auch schädlingsresistenter Mais Geld sparen, weil der Landwirt zum Beispiel weniger für die Insektizide oder Fungizide ausgeben muss. Doch das ist nur in solchen Jahren ein Vorteil, in denen diese Schädlinge stark auftreten.

Weil das Schädlingsproblem gegenwärtig in der Schweiz eher klein ist, würden GVP mit Resistenzen heute kaum einen Nutzen bringen.

Es hängt stark von der Art der Kultur ab, ob der Einsatz gentechnisch veränderter Sorten ökonomische Vorteile bringt. Je höher der Druck von Schädlingen und Krankheiten ist, desto eher lohnen sich GVP.

Insgesamt schliessen die Forscher aus ihren Berechnungen, dass die wirtschaftlichen Vorteile von gentechnisch veränderten Pflanzen für die Schweiz bisher nicht gegeben oder noch zu gering sind.

Höhere Wirtschaftlichkeit bei kombinierten Eigenschaften

Jedoch kommen immer mehr Sorten auf den Markt, die nicht nur eine sondern mehrere nützliche Eigenschaften haben, etwa eine kombinierte Herbizid- und Schädlingsresistenz («stacked traits»). Immerhin enthalten bereits rund ein Viertel aller weltweit angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen solche Genkombinationen; viele weitere sind derzeit in Entwicklung.

Forscher rechnen damit, dass bei solchen «neueren Pflanzen» die Wirtschaftlichkeit positiver ausfallen dürfte.



Beim Ökologischen Leistungsnachweis sollte GVP nicht diskriminiert werden

Ob die Landwirtschaft grossflächige Monokulturen und andere ökologisch negativen Erscheinungen hervorbringt, hängt weniger von der Art der gewählten Kulturen ab, als von den gesetzlichen Rahmenbedingungen. Entsprechende Regelungen würden es der Gentechnik ermöglichen, ihren Beitrag zu einer nachhaltigen Schweizer Landwirtschaft zu leisten.

Um die Nachhaltigkeit der Schweizer Landwirtschaft zu fördern, sind die Direktzahlungen des Staats an die Bauern mit einem ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) verknüpft. Das heisst: Geld erhält nur, wer bei der Bewirtschaftung gewisse ökologische Kriterien erfüllt. So schreibt der ÖLN

Monokulturen, Umweltzerstörung und Verlust von Artenvielfalt sind nicht die Folge gentechnisch veränderter Ackerkulturen, sondern die Auswirkungen schlechter landwirtschaftlicher Praktiken. Auch GVP entbinden die Landwirte nicht vom sorgfältigen Arbeiten.

unter anderem wechselnde Fruchtfolgen auf den Feldern vor, eine ausgeglichene Stickstoffbilanz und die Förderung der biologischen Vielfalt.

Diese ökologischen Leistungen sind grundsätzlich auch mit gentechnisch veränderten Pflanzen zu erbringen.

Denn entgegen dem gängigen Vorurteil gegenüber der Gentechnik müssen GVP nicht automatisch zu Monokulturen, Umweltzerstörung und Verlust von Artenvielfalt führen. Das haben viele Untersuchungen auch im Rahmen des NFP 59 bestätigt: Transgener Mais und Weizen hatten keinen negativen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit, auf Mikroorganismen oder Insekten.

Unter Umständen können GVP sogar dazu beitragen, die Umwelt zu schonen. Beispielsweise lassen sich herbizid-resistente Sorten mit Direktsaat (siehe Kapitel NACHHALTIGKEIT) anbauen. In einigen Fällen kann der Anbau von GVP, im Vergleich zum konventionellen Anbau, zu einer Verbesserung der Biodiversität führen.

Wie sich eine bestimmte Kulturpflanze auf die Umwelt auswirkt, hängt weniger von deren züchterischer Herstellung als vielmehr von der jeweiligen Anbaupraxis ab. Ob transgene oder konventionelle Sorten: Entscheidend ist letztlich der Gesamtbeitrag eines Anbausystems zu einer nachhaltigen Landwirtschaft.

Beitrag zur Nachhaltigkeit nutzen

Grundvoraussetzung für den Anbau von GVP in der Schweiz ist, dass Landwirtschaftsformen mit gentechnisch veränderten Pflanzen zum Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) zugelassen werden. GVP zum vornherein von diesem Bewertungs- und Förderinstrument auszuschliessen, ist wissenschaftlich nicht gerechtfertigt.

Damit GVP die Chance haben, ihren Beitrag zur Erreichung der ökologischen Ziele der Schweizer Landwirtschaft zu leisten, sind Bauern, die solche Sorten anbauen, wie alle anderen Bauern auch auf Direktzahlungen angewiesen.

Denn die möglichen Gewinne durch GVP sind sehr viel tiefer als die Prämien für den Ökologischen Leistungsnachweis. Kein Landwirt würde zugunsten von GVP auf die Direktzahlungen vom Staat verzichten. Was wiederum

Entscheidend für die Zukunft gentechnisch veränderter Pflanzen in der Schweiz ist, wie die gesetzliche Regelung nach dem Ablauf des gegenwärtig geltenden Gentech-Moratoriums aussehen wird.

bedeutet, dass der Ausschluss der GVP aus dem ÖLN faktisch dem Ausschluss der Gentechnik aus der Schweizer Landwirtschaft gleich käme.

Entscheidend ist, wie die gesetzliche Regelung nach dem Ablauf des gegenwärtig

in der Schweiz geltenden Gentech-Moratoriums aussehen wird. Deren Ausgestaltung bietet aber Chancen: Der Gesetzgeber kann über den ÖLN regeln, wie nachhaltig eine Landwirtschaft mit GVP sein wird. Mit den entsprechenden Auflagen lässt sich steuern, ob die Gentechnik zu noch mehr Monokulturen und deren negativen Effekten führt oder stattdessen ihr positives ökologisches Potenzial ausschöpfen kann.

GLOSSAR

Allele | Unterschiedliche Varianten eines bestimmten Gens

Antibiotikaresistenz | Einige Mikroorganismen besitzen Gene, die sie resistent gegen Antibiotika machen. Diese Resistenzgene dienen bei der Herstellung gentechnisch veränderter Organismen als sogenannte Marker, die zusammen mit dem gewünschten Gen eingesetzt werden. Gibt man nach dem gentechnischen Eingriff Antibiotika zu den Zellen, überleben nur jene, welche resistent sind, also den Marker und das Gen eingebaut haben. So erkennt man die Zellen, bei denen der → Gentransfer erfolgreich war.

Apfelschorf | Erkrankung von Apfelbäumen, verursacht durch den Pilz *Venturia inaequalis*. Dieser sorgt weltweit für grosse Verluste in Apfelkulturen.

Bacillus thuringiensis | Natürlicherweise im Boden vorkommendes Bakterium. Die verschiedenen Stämme produzieren verschiedene Proteine, die anderen Bodenlebewesen möglicherweise schaden können.

Bt-Mais | Gentechnisch veränderter Mais, der ein Gen des Bodenbakteriums → *Bacillus thuringiensis* enthält. Heute werden weltweit viele verschiedene Bt-Maissorten (→ Sorte) kommerziell eingesetzt. Diese Sorten produzieren ein für Schädlinge giftiges Protein. Am bekanntesten sind jene, die gegen den Maiszünsler resistent sind.

Cisgenese | Die genetische Veränderung einer Empfängerpflanze mit einem oder mehreren Genen aus der gleichen oder einer mit der Empfängerpflanze kreuzbaren Pflanze. Bei der Cisgenese wird das Gen unverändert in das neue

Genom übertragen. Dabei wird der → Gentransfer so durchgeführt, dass im Empfänger keine grösseren fremden DNA-Abschnitte (→ DNA) verbleiben.

Direktsaat | Aussaat ohne vorherige Bearbeitung des Bodens mit dem Pflug.

DNA | Desoxyribonukleinsäure (engl. Deoxyribonucleic Acid) ist ein langkettiges, in allen Lebewesen vorkommendes Biomolekül, das die Erbinformation trägt.

Enzym | Ein Protein, das eine chemische Reaktion beschleunigt und als Biokatalysator funktioniert, indem es den Ausgangsstoff umbaut und die entstandenen Endprodukte abgibt, ohne dabei selbst verbraucht zu werden.

Erbgut | Die Gesamtheit der vererbaren Information eines Lebewesens. Das Erbgut besteht, abhängig vom Organismus, aus → DNA oder RNA und definiert zum Beispiel, wie ein Lebewesen aussieht, welche Nahrung es braucht oder wie gross es ist.

Fruchtfolge | Die abwechselnde Reihenfolge der auf einem Acker angebauten Nutzpflanzen. Der Anbau unterschiedlicher Pflanzen führt zu einem differenzierten Auf- und Abbau der im Boden enthaltenen Nähr- und Mineralstoffe, wodurch sie langfristig erhalten bleiben. Eine sinnvoll gestaltete Fruchtfolge vermindert darüber hinaus den Befall der Kulturen durch Unkräuter, Pflanzenkrankheiten und einige tierische Schädlinge.

Fungizid | Chemischer oder biologischer Wirkstoff, der Pilze und ihre Sporen abtötet oder ihr Wachstum hemmt.

Gentechnik | Zusammenfassung von Methoden, die es ermöglichen, einzelne Gene ein- oder auszuschalten, sie zu isolieren und in einen anderen Organismus einzubauen. Aufgrund dieser Genveränderungen weist das betroffene Lebewesen neue Eigenschaften auf.

Gentransfer | Übertragung von einem oder mehreren Genen mittels gentechnischer Methoden in das → Erbgut eines Individuums der gleichen oder einer anderen Art (Pflanze, Tier, Bakterium).

Grüne Gentechnologie/Gentechnik | Die Farbcodes <grün>, <rot> und <weiss> grenzen die einzelnen Bereiche der → Gentechnik voneinander ab. So steht <grün> für

die gentechnische Veränderung von Pflanzen. Die anderen beiden Farben stehen für die medizinische respektive für die mikrobiologische Anwendung.

Herbizid | Eine chemische Substanz, die unerwünschte Pflanzen (Unkraut) abtötet. Eine Nutzpflanze kann gentechnisch tolerant gegenüber einem bestimmten Herbizid gemacht werden. In diesem Fall ist es das Komplementärherbizid dieser Nutzpflanze. Der Landwirt kann es nun zur Unkrautbekämpfung einsetzen, ohne dabei der Nutzpflanze selbst zu schaden.

Koexistenz | Das Nebeneinander des Anbaus von Kulturpflanzen mit und ohne gentechnische Veränderungen. In der Schweiz ein umstrittenes Thema, da aufgrund der Kleinräumigkeit der schweizerischen Landwirtschaft die Befürchtung besteht, dass die Koexistenz nicht möglich ist.

Linie | Die unterste Stufe in der Systematik der Zuchtpflanzen. Zuchtlinien entstehen nach Kreuzungen oder auch nach der Einfügung eines neuen Gens durch → Gentechnik. Die besten Linien werden in Zuchtprogrammen herausselektiert und können neue → Sorten werden.

Mehltau, echter | Häufige Krankheit von Weizen und Gerste, verursacht durch den Pilz *Blumeria graminis f. sp.* und *f. sp. hordei*.

Moratorium | Die Schweizer Stimmberechtigten haben im Jahr 2005 ein Moratorium für den kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen beschlossen. Nach einer Verlängerung durch das Parlament gilt es bis November 2013.

Mutterkorn | Ein Pilz, der verschiedene Getreidearten befällt, bevorzugt fremdbefruchtende Arten wie z. B. Roggen. Er produziert Giftstoffe, welche das Getreide für den Menschen ungeniessbar machen. Die Bezeichnung Mutterkorn führt auf seine frühere Verwendung als Abtreibungsmittel zurück, da die Giftstoffe Wehen auslösen können. Lateinisch: *Claviceps purpurea*.

Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN) | Der Schweizer Standard für eine umweltfreundliche Landwirtschaft. Nur Landwirte, welche die spezifischen ökologischen Auflagen erfüllen und somit den ÖLN erbringen, sind zum Bezug von Direktzahlungen berechtigt.

Pestizid | Chemischer oder biologischer Wirkstoff, der Insekten abtötet oder ihr Wachstum hemmt.

Plasmid | Ein kleines, ringförmiges Stück → Erbgut, das in Bakterien vorkommt. Diese können Plasmide untereinander austauschen und so beispielsweise Resistenzen gegenüber bestimmten Antibiotika weitergeben.

Promotor | Ein Abschnitt auf dem → Erbgut mit regulierender Funktion. Durch ihn kann die Aktivität eines bestimmten Gens eingeschaltet werden.

Rekombinant | Als rekombinant bezeichnet man ein Stück → Erbgut, nachdem es durch gentechnische Methoden verändert wurde. Proteine bezeichnet man als rekombinant, wenn sie künstlich mithilfe von gentechnisch veränderten Organismen oder in Zellkulturen hergestellt werden.

Resistenz | Die Widerstandsfähigkeit einer Pflanze (oder eines anderen Organismus) gegen schädliche Einflüsse wie → Herbizide, → Pestizide, Krankheitserreger, Schadinsekten, Trockenheit oder Hochwasser. Resistenzen können mittels herkömmlicher Züchtung oder mit gentechnischen Methoden in das → Erbgut der Pflanze eingebracht werden.

Selektion | 1) Ein Naturgesetz, gemäss dem weniger gut angepasste Individuen einer Population geringere Überlebenschancen haben und weniger Nachkommen produzieren als die besser angepassten. Ihre Gene werden tendenziell weniger häufig weitergegeben, weil sie beispielsweise bei Trockenheit oder Schädlingsbefall geringere Überlebenschancen haben.
2) Auswahlverfahren in der Pflanzenzüchtung zur Identifikation der besten → Linien, die dann zu neuen → Sorten führen.

Sorte | Eine Variante einer bestimmten Nutzpflanzenart. Sie muss sich durch verschiedene Merkmale wie Grösse, Farbe, Geschmack oder chemische Zusammensetzung von anderen Sorten der gleichen Art unterscheiden.

Streptomycin | Ein Antibiotikum, das von Bodenpilzen gebildet wird. Es kommt unter anderem in der Landwirtschaft zur Bekämpfung des Feuerbrand-Erregers zum Einsatz.

Transgen | Gen, das mit gentechnischen Methoden in das → Erbgut einer anderen Art (Pflanze, Tier, Bakterium) eingebracht wurde.

IMPRESSUM

Herausgeber:

Leitungsgruppe des NFP 59

Konzept, Redaktion, Realisation:

Beat Glogger

scitec-media GmbH, Winterthur

Autorinnen und Autoren:

Atlant Bieri, Beat Glogger

Claudia Hoffmann, Simone Nägeli

Korrektorat:

René Bill

Shortcut Productions, Winterthur

Layout und Grafik:

Andreas Keller

SPLASH | Visual Communications GmbH, Zug

Fotos:

Agroscope (S. 24, 38), Avenue Images

(Titelblatt, S. 12, 26, 34, 48, 52),

iStockphoto (S. 6, 7, 18, 42, 56, 60),

Science Photo Library (S. 29)

Druck:

Mattenbach AG, Winterthur

Publiziert mit Unterstützung des
Schweizerischen Nationalfonds zur
Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

© 2013, Schweizerischer Nationalfonds zur
Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Das Werk, einschliesslich aller seiner Teile,
ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung
ausserhalb der engen Grenzen des Urheber-
rechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des
Herausgebers unzulässig und strafbar.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und
die Einspeicherung und Verarbeitung in
elektronischen Systemen.

Gratis-Exemplare können bezogen werden bei:

Schweizerischer Nationalfonds

Wildhainweg 3

CH-3001 Bern

pwaltherr@snf.ch

nfp@snf.ch

Die Nutzung der Gentechnik in der Landwirtschaft ist in der Schweiz und weiten Teilen Europas stark umstritten. Zur Klärung der Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen hat der Bundesrat den Schweizerischen Nationalfonds beauftragt, ein Nationales Forschungsprogramm (NFP) durchzuführen.

Das NFP 59 will mit dieser Broschüre einen sachlichen Beitrag zu einer politischen und gesellschaftlichen Diskussion leisten.



Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen
Nationales Forschungsprogramm NFP 59