

Neue Pflanzenzüchtungstechniken für die Schweizer Landwirtschaft – grosses Potenzial, offene Zukunft

Mit neuen Techniken lässt sich das Erbgut von Pflanzen präzise verändern. In den meisten Fällen könnten diese Veränderungen auch natürlich entstehen und es bleibt keine artfremde DNA in der Pflanze zurück. Die Techniken erweitern die Möglichkeiten in der Pflanzenzüchtung wesentlich und könnten so zu einer umweltverträglicheren, wirtschaftlicheren und letztlich nachhaltigeren Schweizer Landwirtschaft beitragen.¹ Da bereits erste Sorten existieren und weitere in Kürze folgen werden, gilt es dringend abzuklären, ob Pflanzen, die mit Hilfe dieser neuen Techniken entwickelt werden, unter das Gentechnikgesetz fallen oder nicht. Aus naturwissenschaftlicher Sicht gibt es keinen Grund für eine strenge Regulierung so gezüchteter Pflanzen.

Herausforderung: Mit weniger mehr produzieren

Die konventionelle Pflanzenzüchtung hat in der Vergangenheit Erstaunliches geleistet. Sie hat massgeblich dazu beigetragen, dass sich die globale Ernährungssituation seit 1960 verbessert hat. Dies, obschon im gleichen Zeitraum die Bevölkerung von drei auf über sieben Milliarden angewachsen ist, die globale Anbaufläche aber nur um zehn Prozent zunahm.² Der Fokus der Pflanzenzüchtung lag in der Vergangenheit auf der Ertragsmaximierung. Hierfür kamen Dünger und Pflanzenschutzmittel zum Einsatz, was auch in der Schweiz zu einer Intensivierung der Landwirtschaft mit unerwünschten Nebenwirkungen geführt hat.

Der globale Bedarf an Nahrungsmitteln dürfte gemäss Prognosen bis 2050 um ca. 70 Prozent steigen.³ Diese Entwicklung betrifft auch die Schweiz, die 2013 netto nur 50 Prozent

ihres Kalorienbedarfs selber produzierte.⁴ Wenn die Anbaufläche nicht vergrössert werden kann und sich die Abhängigkeit von Importen nicht erhöhen soll, sind daher auch künftig in der Schweiz Ertragssteigerungen nötig. Gleichzeitig ist absehbar, dass sich die Rahmenbedingungen für die Schweizer Landwirtschaft bezüglich Klima, Ressourcenverfügbarkeit, sozioökonomischer Aspekte und Ansprüche der Gesellschaft verändern werden.⁵⁻⁷ Ressourceneffizienten Sorten mit hoher Widerstandsfähigkeit und verbesserten Anbaumethoden kommt eine zentrale Rolle bei der Lösung dieser Aufgabe zu.⁸ Von entscheidender Bedeutung ist die Entwicklung neuer Sorten für die angestrebte Reduktion von Pflanzenschutzmitteln, die ansonsten mit grossen Ertragseinbussen verbunden wäre.⁹

Potenzial: mehr Möglichkeiten, präzisere Züchtung

Die konventionelle Pflanzenzüchtung krankt an zwei wesentlichen Nachteilen, welche es erschweren, die erforderlichen Fortschritte zu erreichen: Zum einen dauert es lange – je nach Pflanzenart 10 bis 20 Jahre – neue Sorten zu entwickeln. Zum anderen sind gewünschte Eigenschaften nur beschränkt in den verfügbaren genetischen Ressourcen vorhanden. Genau hier liegt das Potenzial der neuen Techniken für die Pflanzenzüchtung: Sie ermöglichen es, zielgerichtet und effizient zu züchten und die genetischen Ressourcen zu erweitern, indem das Wissen aus der Erforschung der Genome zahlreicher Wild- und Kulturpflanzen angewandt wird. Die neuen Züchtungsmethoden basieren auf den aktuellsten Erkenntnissen der Genomforschung und auf neuen Ansätzen in der Molekulargenetik (Tabelle).

Der Begriff «Neue Pflanzenzüchtungstechniken» umfasst ganz unterschiedliche Verfahren. Ihnen ist gemeinsam, dass sie auf Ebene der Erbinformation ansetzen, indem sie die DNA-Sequenz oder die Regulierung der Umsetzung dieser Information in pflanzliche Eigenschaften auf eine Weise verändern, wie es auch unter natürlichen Bedingungen geschehen könnte – dort aber eben nur durch Zufall und weitaus seltener. Da die genetischen Grundlagen wichtiger Pflanzeigenschaften immer besser verstanden werden, können agronomisch vorteilhaften Sorten direkt neue Eigenschaften verliehen werden, wie das mit konventioneller Züchtung praktisch nicht möglich wäre (Box 1). Interessant für eine nachhaltige Landwirtschaft sind beispielsweise höhere Erträge bei besserer Ressourceneffizienz, Resistenzen gegen Krankheiten und Schädlinge oder Toleranz für Trockenheit und unwirtliche Temperaturen. Für die Gesundheit vielversprechend sind etwa das Entfernen von Allergenen und toxischen Stoffen oder das Verbessern der Nährstoffzusammensetzung.¹⁰ Erste Sorten, die mit solch neuen Techniken entwickelt wurden, sind in Nordamerika bereits zugelassen, und entsprechende Anträge sind in der EU hängig.¹¹ Weitere Sorten dürften bald folgen.¹² Ob die entsprechenden Züchtungstechniken künftig auch in der Schweiz angewendet werden und die resultierenden Sorten hier auf den Acker kommen, hängt in erster Linie von ihrer gesetzlichen Regulierung ab.

Sicherheit und gesetzliche Grundlagen: keine erhöhten Risiken, aber mehr Regulierung?

Bis neue Techniken in der kommerziellen Pflanzenzüchtung zum Einsatz gelangen, werden sie intensiv erforscht. Dabei gilt es zu bedenken, dass grundsätzlich keine Züchtungstechnik risikofrei ist. In Europa haben sich bereits zahlreiche Wissenschaftsorganisationen und Behörden zur Sicherheit der neuen Pflanzenzüchtungstechniken geäußert.^{13–26} Sie kommen übereinstimmend zum Schluss, dass die bisher berücksichtigten neuen Techniken so sicher wie bisher eingesetzte Züchtungsverfahren sind und darüber hinaus erst noch präziser wirken. Zudem werden alle neu gezüchteten Sorten unabhängig von den dafür verwendeten Techniken

Box 1: Krankheitsresistente, gesündere Kartoffeln mit besserer Transportfähigkeit und längerer Haltbarkeit

Kartoffeln sind neben Getreide und Zuckerrüben die wichtigste Kulturpflanze in der Schweiz.³⁶ Mit neuen Züchtungstechniken (Details zu den Techniken in der Tabelle) wurden Kartoffeln bereits Eigenschaften verliehen, die auch für die Schweiz interessant sind:

- Mit **Cisgenese** wurden mehrere Gene aus Wildkartoffeln in eine agronomisch leistungsfähige Sorte transferiert; diese wurde dadurch gegen die Kraut- und Knollenfäule resistent (Abbildung 1). Damit könnten sowohl der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, die heute in grossen Mengen gegen diese Krankheit eingesetzt werden (Fungizide oder Kupferpräparate), als auch die krankheitsverursachten Verluste massiv reduziert werden.^{37,38}
- Mit **TALEN** wurden gezielt wenige Nukleotide aus dem Kartoffelgenom entfernt und damit ein Gen ausgeschaltet, das für die Umwandlung von Saccharose zu Glukose und Fruktose notwendig ist. Dadurch lassen sich die Kartoffeln länger ohne Qualitätsverlust lagern.³⁹
- Mit **RNAi** wurde ein Gen ausgeschaltet, welches das Enzym Polyphenoloxidase codiert. Dieses Enzym ist dafür verantwortlich, dass sich an Druckstellen Flecken bilden (was beim Transport oft vorkommt) und die Kartoffeln dadurch unbrauchbar werden.⁴⁰

In den USA wurde bereits eine Kartoffelsorte zugelassen, die alle diese Eigenschaften vereint; allerdings wurden in diesem Fall alle Eigenschaften mit RNAi erreicht.⁴¹ Grundsätzlich könnte das auch mit konventioneller Züchtung erreicht werden, da nur Gene aus kreuzungskompatiblen Arten verwendet wurden. Aber es würde enorm lange dauern, schon nur eine einzelne dieser Eigenschaften einzubringen, wobei gleichzeitig viele gute Eigenschaften der Ausgangssorte verloren gingen.

einer aufwendigen und mehrjährigen Sortenprüfung unterzogen, bevor sie in den nationalen Sortenkatalog aufgenommen werden.²⁷ Aufgrund des Agrarabkommens mit der EU werden in der Schweiz zugelassene Sorten aller Acker- und Futterpflanzen automatisch auch in der EU zugelassen und umgekehrt (gentechnisch veränderte Sorten ausgenommen).²⁸ Von diesem Zugang zu Saatgut ist die Schweiz in hohem Masse abhängig; für viele Kulturpflanzen gibt es hierzulande weder Züchtungsprogramme noch Saatgutproduktion, und für in der Schweiz produziertes Saatgut ist der Selbstversorgungsgrad (abgesehen von Getreide) sehr gering.²⁷

Übersicht über ausgewählte neue Züchtungstechniken

Technik	Beschrieb	Fremde DNA in der Sorte? ¹	Fremde DNA/RNA in Zwischenprodukt? ²
Cisgenese	Einführung eines Gens in das Erbgut einer Pflanze mit klassischer Gentechnik, wobei ein an sich unverändertes Gen aus derselben oder einer kreuzungskompatiblen Art verwendet wird.	Nein	Nein
Intragenese	Analog Cisgenese, die übertragene DNA ist jedoch aus mehreren, im Spenderorganismus nicht gleichermassen zusammengehörenden Teilen zusammengesetzt, beispielsweise der regulierende Teil eines Gens und der codierende Teil eines anderen Gens. Alle Teile stammen aber aus derselben oder einer kreuzungskompatiblen Art.	Nein	Ja
Oligonukleotid-dirigierte Mutagenese (Odm)	Kurze «DNA oder RNA Sequenzen» werden vorübergehend in Pflanzenzellen eingeführt, die sich zumeist in nur einem Nukleotid von der Sequenz des Zielgens unterscheiden. Sie lagern sich an die Zielsequenz an, worauf der zelleigene Reparaturmechanismus die Zielsequenz entsprechend der eingeführten Vorlage verändert.	Nein	Ja
Genome Engineering mit Designerendonukleasen	Künstliche Restriktionsenzyme, die ein DNA-Bindemodul und ein Endonuklease-Modul («Genschere») enthalten. Das DNA-Bindemodul kann für gewünschte Zielsequenzen exakt zugeschnitten werden. Das erlaubt ein Durchtrennen der Pflanzen-DNA an einer gezielt ausgewählten Stelle. Dank dem zelleigenen DNA-Reparaturmechanismus können an dieser Stelle Nukleotide entfernt, verändert oder zusätzlich eingefügt werden. Es existieren verschiedene Techniken, die analog funktionieren (RNA-vermittelte Endonukleasen [z. B. CRISPR], TALEN, Meganukleasen, Zinkfinger-nukleasen). Genom Editierung ist ein Spezialfall des Genome Engineering, wobei die entstehende Sequenz durch Nutzung einer künstlichen Reparaturvorlage exakt vorbestimmt wird.	Nein ³	Ja
RNA-Interferenz (RNAi)	Kurze RNA-Stücke werden in die Zelle eingeführt und dienen dort als Vermittler für ein Enzym, das Boten-RNA (mRNA) mit komplementärer Sequenz erkennt und abbaut. mRNA wird in den Zellen beim Ablesen der Gene produziert und überträgt die Informationen für die Proteinsynthese. Durch den Abbau einer spezifischen mRNA wird das entsprechende Protein (Genprodukt) weniger oder nicht mehr synthetisiert, was eine gezielte Abregulierung des Zielgens bedeutet, ohne die DNA selber zu verändern.	Nein ³	Ja
Pfropfen mit GV-Wurzelstock	Auf den Wurzelstock einer gentechnisch veränderten Pflanze wird ein Spross einer konventionellen Pflanze aufgesetzt («gepfropft»). Dem Wurzelstock können so neue Eigenschaften verliehen werden, ohne dass in den Früchten der Pflanze fremde DNA-Sequenzen enthalten sind.	Pflanze: Ja Früchte: Nein	Ja
RNA-dirigierte DNA-Methylierung (RdDM)	Ein Gen wird vorübergehend in die Zelle eingeführt, dessen Produkt die Methylierung der regulatorischen Einheit eines bestimmten Zielgens verursacht. Dadurch kann die Aktivität dieses Zielgens reduziert oder erhöht werden. Die Methylierung kann über mehrere Generationen, aber nicht dauerhaft weitergegeben werden. Das für die Methylierung verantwortliche Gen wird nach erfolgter Veränderung nicht mehr benötigt und kann entfernt werden.	Nein ³	Ja
Beschleunigte Züchtung	Mit gentechnischen Verfahren wird ein Gen eingeführt, das eine verfrühte Blütenbildung auslöst. In diese Pflanze können dann mit konventioneller Züchtung neue Eigenschaften eingekreuzt werden, wobei sich dank der verfrühten Blüte die Generationszeit reduziert und die Züchtung somit beschleunigt wird. Am Ende wird das Frühblühergen wieder entfernt und ist in der landwirtschaftlich genutzten Sorte nicht mehr vorhanden.	Nein	Ja
Rückwärtszüchtung	Bei einer Hybridpflanze wird die Rekombination der Chromosomen während der Meiose (Reifeteilung mit Aufteilung der Chromosomen) unterdrückt, wodurch die Keimzellen nur einen Chromosomensatz erhalten. Danach werden die Chromosomen verdoppelt, die Zellen besitzen dadurch zwei identische Chromosomensätze. Anschliessend lassen sich reinerbige Elternpflanzen auswählen, deren Kreuzung immer die ursprüngliche Hybridpflanze erzeugt.	Nein	Ja
Transiente Agroinfiltration	Eine Suspension mit gentechnisch veränderten Agrobakterien, in die bestimmte Gene eingeführt wurden, wird in Pflanzenblätter gespritzt. Die Bakterien übertragen die eingeführten Gene in die Pflanzenzellen, welche diese Erbinformation in entsprechende Genprodukte umsetzen. Das Ablesen des Transgens erfolgt zeitlich und lokal begrenzt. Auf diese Weise lässt sich einfach testen, ob ein Genkonstrukt in einer Pflanze funktioniert, oder es können hochwertige Proteine hergestellt werden.	Nein	Ja

Auf www.naturwissenschaften.ch/pflanzenzuechtung werden die Techniken ausführlicher beschrieben.

- 1 Enthält die Sorte DNA einer nicht-kreuzungskompatiblen Art und wäre somit nicht mit konventioneller Kreuzung erzeugbar?
- 2 Entsteht während der Züchtung ein «intermediärer Organismus», d. h. wird vorübergehend fremde DNA oder RNA eingeführt?
- 3 Es gibt Spezialfälle dieser Techniken, bei denen Gene fest ins Pflanzengenom eingebaut werden.

Derzeit findet global eine Debatte darüber statt, ob die Sorten, die mit den neuen Züchtungstechniken hergestellt wurden, als gentechnisch veränderte Organismen (GVO) zu gelten haben oder nicht. Auch in der Schweiz gibt es hier Klärungsbedarf.²⁹ Im Zentrum steht die Frage, ob die neuen Züchtungstechniken zu Pflanzen führen, deren genetisches Material so verändert wurde, wie dies unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen und natürliche Rekombination nicht vorkommt. Nur wenn diese Frage zu bejahen ist, sind die Pflanzen im Sinne des Gentechnikgesetzes (GTG)³⁰ als GMO zu qualifizieren. Soweit die neuen Züchtungstechniken also auf Mechanismen basieren, die auch in der Natur auftreten, und identische Pflanzen deshalb theoretisch auch mit konventionellen Züchtungstechniken herstellbar wären, resultieren daraus keine GMO im rechtlichen Sinne. Allerdings werden Nukleinsäuremoleküle in einigen Fällen temporär oder auch permanent in die Zielpflanze eingebracht (Tabelle), was die neuen Techniken gemäss Freisetzungsverordnung (FrSV)³¹ zu gentechnischen Verfahren und die daraus entstehenden Pflanzen unter Umständen zu GMO macht. Aber auch hier gilt das nur für Veränderungen, die unter natürlichen Bedingungen nicht stattfinden können und die in den zu beurteilenden Pflanzen noch in vererbbarer Form vorliegen. In der EU, dem mit Abstand wichtigsten Handelspartner für Saatgut und Agrargüter, ist die rechtliche Situation praktisch identisch wie in der Schweiz.³² Aufgrund des globalen Marktes werden für die Schweiz auch die Entscheide unserer Handelspartner, insbesondere der EU, zum Umgang mit den neuen Techniken von grosser Bedeutung sein. Während die EU eine Entscheidung in dieser Frage bereits mehrmals verschoben hat, haben einzelne Mitgliedsländer bereits Stellung bezogen und kommen zum Schluss, dass zumindest einige der neuen Verfahren oder bestimmte Anwendungsformen davon nicht zu GMO führen.³³ Andere Länder (beispielsweise Kanada, die USA oder Argentinien) haben bereits Entscheide gefällt und behandeln Sorten, die genetisch identisch auch mit konventionellen Methoden erzeugt werden könnten, nicht als GMO.³⁴ Solche Sorten brauchen in diesen Ländern nicht gekennzeichnet zu werden und lassen sich auch nicht von konventionell hergestellten Sorten unterscheiden, was bei unterschiedlicher Regulierung ein Problem für den Warenverkehr darstellen würde. Die rechtliche Unsicherheit macht Forschung und Entwicklung im Bereich neuer Pflanzenzüchtungstechniken weniger attraktiv. Das betrifft insbesondere kleine und mittelgrosse Züchterbetriebe, für die Investitionen mit einem höheren Existenzrisiko verbunden sind.



Abbildung 1: Den gesunden Kartoffelpflanzen (links) wurden mit Cisgenese mehrere Resistenzgene gegen die Kraut- und Knollenfäule aus Wildkartoffeln übertragen (Box 1, Tabelle). Dadurch sind sie im Gegensatz zu den unveränderten Pflanzen (rechts) dauerhaft immun gegen diese Pflanzenkrankheit.

Handlungsmöglichkeiten: Klare rechtliche Grundlagen zur Förderung der Pflanzenzüchtung

Es bestehen verschiedene Szenarien für den künftigen Umgang mit den neuen Züchtungsmethoden. Auf Stufe Gentechnikgesetz gibt es grundsätzlich zwei Optionen:

- *Die geltende Definition von GMO wird einseitig prozessorientiert ausgelegt und die unter Anwendung der neuen Techniken entstandenen Sorten als GMO eingestuft.* Aktuell herrscht in der Schweiz bis 2017 ein Moratorium für den Anbau von GMO und es ist davon auszugehen, dass es bis 2021 verlängert wird. Die Optionen für die Zeit danach sind die erneute Verlängerung des Moratoriums, ein generelles GMO-Anbauverbot oder eine Koexistenz von Anbausystemen mit und ohne GMO. Im letzten Fall würde die strenge Regulierung für Gentechnik in der Landwirtschaft und die geringe Akzeptanz für GMO in der Bevölkerung wohl dazu führen, dass in der Schweiz kaum Sorten zugelassen und angebaut würden, die unter Anwendung neuer Züchtungstechniken entstanden sind. In den anderen Fällen wären die neuen Techniken für die Herstellung neuer Sorten für die Schweiz nicht nutzbar. Dieses Szenario würde bedeuten, dass sowohl die kumulative Prozess- und Produktorientierung als auch der Schutzzweck der geltenden Gesetzgebung vernachlässigt würden. Denn nur das Produkt, nicht jedoch sein Entstehungsprozess, ist für das bestehende Risiko relevant.²⁵
- *Die gesetzliche Definition von GMO wird restriktiv ausgelegt und die neuen Sorten gelten nicht als GMO.* Verschiedene Textstellen in den relevanten Gesetzen bieten einen Interpretationsspielraum, der sich zugunsten der neuen Techniken auslegen lässt. Einerseits basieren alle Techniken auf natürlichen Mechanismen, andererseits können die resultierenden Veränderungen auch unter natürlichen Bedingungen vorkommen. Orientiert man sich eng am Wortlaut der gesetzlichen Definition, würden Züchtungen mittels solcher Techniken keine GMO darstellen. Bei der Interpretation gesetzlicher Formulierungen ist insbesondere dem Zweck des Gesetzes Beachtung zu schenken, der darin besteht, besondere Gefahren für Mensch und Umwelt zu verhindern. Da Pflanzen, die auch auf natürliche Weise entstehen können, kein spezielles Risiko bergen, dürfen sie auch nicht in den Geltungsbereich des GTG fallen.

Unabhängig vom GTG gibt es mehrere Möglichkeiten, wie mit Anpassungen in der Freisetzungsverordnung (FrSV), eine Klärung erreicht werden könnte. Die FrSV bezeichnet die Methoden, die zur Qualifikation als GMO führen:

- *Anwendung neuer Techniken zur gezielten Punktmutation als Mutagenese anerkennen.* Mit neuen Techniken – z.B. Genome Engineering mit Designerendonukleasen oder OdM (Tabelle) – erzeugte gezielte Veränderungen im Erbgut, die nachweislich nur eine Punktmutation darstellen oder zu Sequenzen führen, die in derselben oder einer kreuzungskompatiblen Art dokumentiert sind, sollten grundsätzlich als durch Mutagenese erzeugt betrachtet werden und die entstehenden Pflanzen als nicht mit gentechnischen Verfahren hergestellt gelten (allenfalls

Box 2: Produkt- vs. prozessorientierte Regulierung

Ob eine neue Pflanzensorte als GVO gilt und damit unter das Gentechnikgesetz fällt, hängt in der Schweiz davon ab, welche Techniken bei der Züchtung eingesetzt wurden. Bei der Formulierung des GTG wurde davon ausgegangen, dass die Pflanzen durch die Verwendung von Gentechnik ein höheres Risiko für Mensch, Tier und Umwelt darstellen. Man spricht deshalb von einem teilweise prozessorientierten Zulassungsverfahren. Die Alternative dazu ist ein rein produktorientiertes Zulassungsverfahren, das die neue Eigenschaft der Pflanze ins Zentrum stellt. Grundsätzlich berücksichtigen aber beide Ansätze auch Aspekte des anderen. Kanada verfolgt beispielsweise eine produktorientierte Regulierung. Dort wird ein strengeres Zulassungsverfahren angewendet, wenn eine Pflanze über eine völlig neue Eigenschaft verfügt (sog. «Novel Traits»). Wurden hingegen bereits andere Pflanzen mit dieser Eigenschaft zugelassen, kommt ein vereinfachtes Zulassungsverfahren zur Anwendung. Die umfangreiche Erfahrung in der Forschung und Anwendung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzüchtung hat gezeigt, dass es keine gentechnikspezifischen Risiken gibt.^{13, 22, 25, 42-49} Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist die neue Eigenschaft für die Sicherheit massgebend, weshalb ein rein produktorientierter gegenüber dem prozessorientierten Ansatz zu bevorzugen ist. Analog zur Situation in der EU könnte dazu eine Neuinterpretation der geltenden Regulierung ausreichen,^{18, 25} unter Umständen wäre aber eine umfassendere Gesetzesänderung notwendig.

mit zusätzlichen Dokumentationsauflagen zur Nachweiserbringung).^{12, 26}

- *Ergänzen der Liste in der FrSV mit Techniken, die als nicht gentechnische Verfahren gelten.* Diese Liste enthält Techniken wie z. B. Mutagenese, Zell- und Protoplastenfusion, die gemäss Definition als gentechnische Verfahren betrachtet würden, von der Verordnung aber ausgenommen sind. Diese Ausnahmen begründen sich aus der langen Geschichte ihrer sicheren Anwendung. Die Liste könnte mit neuen Techniken ergänzt werden, für die ein bestimmendes Mass an Sicherheit vorausgesetzt werden kann. Da es sich bei der FrSV um eine Verordnung handelt, wären diese Ergänzungen einfacher umsetzbar als eine Gesetzesänderung.
- *Anpassung der FrSV, damit Pflanzen ohne oder mit nur minimalen Mengen an veränderten Nukleinsäuren nicht den GVO zugerechnet werden.* Dazu wären zwei Änderungen ausreichend:¹⁵ Einerseits die Definition einer Mindestanzahl Nukleotiden, die dem Erbgut hinzugeführt werden müssen, damit eine gesetzlich relevante Veränderung vorliegt (vorgeschlagen werden 20 Nukleotide, da alle

kleineren Veränderungen mit jeder möglichen Nukleotidabfolge mit realistischer Wahrscheinlichkeit auch durch spontan erfolgende Mutationen entstehen können und somit nicht von technologisch erzielten, identischen Veränderungen unterscheidbar wären),²⁴ andererseits die Einführung des Begriffs «intermediärer Organismus» für Fälle, bei denen im Züchtungsprozess Zwischenprodukte rekombinante DNA-Sequenzen enthalten, nicht aber die Sorte als Endprodukt. Die Zwischenprodukte wären als GVO zu betrachten, und die entsprechenden Entwicklungsschritte würden strengeren Auflagen unterliegen. Die landwirtschaftlich genutzten Sorten würden hingegen nicht mehr als GVO gelten, wenn sie frei von rekombinanter DNA sind (Tabelle).

Eine weitere Option wäre ein Paradigmenwechsel von einer teilweise prozess- zu einer rein produktbasierten Regulierung.³⁵ Das Risiko einer neuen Sorte würde anhand ihrer Eigenschaften statt wie bisher zusätzlich unter Berücksichtigung der angewendeten Züchtungstechniken bestimmt. So würden technische Fortschritte nicht gesetzlich behindert, und ein erhöhtes Umwelt- oder Gesundheitsrisiko wäre dennoch nicht zu befürchten. Hierfür könnte eine Neuinterpretation der geltenden Regulierung ausreichen, unter Umständen ist aber eine umfassende Gesetzesänderung notwendig (Box 2).

Fazit

Es ist zu erwarten, dass die neuen Züchtungstechniken vermehrt zum Einsatz kommen. Sie bieten das Potenzial, Sorten zu entwickeln, welche einen Beitrag zur nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion in der Schweiz leisten können. Bei einem Verzicht darauf wird auch die auf diesen Technologien basierende Forschung an Attraktivität verlieren. Es braucht daher eine rasche Klärung der rechtlichen Situation in Bezug auf die Regulierung dieser neuen Technologien. Zudem müssen der Gesellschaft Chancen und Risiken der Techniken, ihr Unterschied zur klassischen Gentechnik und die Konsequenzen eines Verzichts kommuniziert werden.

Das GTG wurde ursprünglich eingeführt, weil davon ausgegangen wurde, dass gentechnische Verfahren mit speziellen Risiken verbunden sind. Heute ist bekannt, dass das grundsätzlich nicht der Fall ist. Es wäre daher angebracht, die gesetzlichen Bestimmungen dem heutigen Erkenntnisstand anzupassen, beziehungsweise den bereits gegebenen Interpretationsspielraum entsprechend zu nutzen. Aus wissenschaftlicher Sicht ist ein Übergang von einer teilweise prozess- zu einer rein produktbasierten Regulierung der Pflanzenzüchtung angezeigt (Box 2). Damit lässt sich eine Regulierung schaffen, die mit den rasanten Entwicklungen in der Pflanzenzüchtung Schritt halten kann und die Nutzung der Vorteile neuer Technologien ermöglicht, ohne dass dadurch der Schutz von Mensch, Tier und Umwelt verringert wird.

LITERATUR

- 1 Ricoch et al. (2016) Challenges facing European agriculture and possible biotechnological solutions. *Critical Reviews in Biotechnology* 36, 875-883. DOI: 10.3109/07388551.2015.1055707.
- 2 Food and Agriculture Organization FAO: faostat.fao.org – Food Security; Population; Inputs.
- 3 Food and Agriculture Organization FAO (2009) How to feed the world in 2050.
- 4 Bundesamt für Statistik: www.bfs.admin.ch – Indikatoren Lebensmittelkette: Umfeld - Selbstversorgung.
- 5 Schweizerische Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften SGPW (2008) Vision Pflanzenbau 2050.
- 6 Becker et al. (2014) Globale Ernährungssicherheit – Schlussfolgerungen für die Schweiz. *Agrarforschung Schweiz* 5, 138-145.
- 7 ETH World Food System Center (2015) Research for a sustainable Swiss food system: foresight study. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Landwirtschaft.
- 8 Poppy et al. (2014) Achieving food and environmental security: new approaches to close the gap. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 369, 20120273. DOI: 10.1098/rstb.2012.0272
- 9 Gutsche (2012) Managementstrategien des Pflanzenschutzes der Zukunft im Focus von Umweltverträglichkeit und Effizienz. *Journal für Kulturpflanzen* 64, 325-341.
- 10 Jones (2015) Regulatory uncertainty over genome editing. *Nature Plants* 1, 14011. DOI:10.1038/nplants.2014.11
- 11 Nature Editorial (2015) Seeds of change. *Nature News* 520, 131-132. DOI: 10.1038/520131b
- 12 Huang et al. (2016) A proposed regulatory framework for genome-edited crops. *Nature Genetics* 48, 109-111. DOI: 10.1038/ng.3484
- 13 Biotechnology and Biological Sciences Research Council BBSRC (2014) New techniques for genetic crop improvement. Position Statement, 28. Oktober 2014.
- 14 European Academies Science Advisory Council EASAC (2013) Planting the future: opportunities and challenges for using crop genetic improvement technologies for sustainable agriculture. EASAC Policy Report 21.
- 15 Eidgenössische Fachkommission für Biologische Sicherheit EFBS (2015) Bericht der EFBS zu neuen Pflanzenzuchtverfahren.
- 16 European Food Safety Authority EFSA (2012) Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed through cisgenesis and intragenesis. Scientific Opinion of the EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO).
- 17 European Food Safety Authority EFSA (2012) Scientific opinion addressing the safety assessment of plants developed using zinc finger nuclease 3 and other site-directed nucleases with similar function. Scientific Opinion of the EFSA Panel on Genetically Modified Organisms (GMO).
- 18 Eckerstorfer et al. (2014) New plant breeding techniques. Bericht im Auftrag der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich.
- 19 European Plant Science Organisation EPSO (2015) Crop genetic improvement technologies. Position Statement, 26. Februar 2015, aktualisiert am 18. Dezember 2015.
- 20 House of Commons Science and Technology Committee (2015) Advanced genetic techniques for crop improvement: regulation, risk and precaution. Fifth Report of Session 2014-15.
- 21 Lusser et al. (2011) New Plant Breeding Techniques – State-of-the-art and prospects for commercial development. JRC Scientific and Industrial Reports 63971.
- 22 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften ACATECH, Union der Akademien der Wissenschaften UDAW (2015) Akademien nehmen Stellung zu Fortschritten der molekularen Züchtung und zum erwogenen nationalen Anbauverbot gentechnisch veränderter Pflanzen. Stellungnahme, 26. März 2015.
- 23 European Policy Evaluation Consortium EPEC (2011) Evaluation of the EU Legislative Framework in the Field of Cultivation of GMOs Under Directive 2001/18/EC and Regulation (EC) No 1829/2003, and the Placing on the Market of GMOs as or in Products Under Directive 2001/18/EC. Final Report to the European Commission.
- 24 Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit ZKBS (2012) Stellungnahme der ZKBS zu neuen Techniken für die Pflanzenzüchtung. Stellungnahme, Juni 2012.
- 25 Leitungsgruppe des Nationalen Forschungsprojekts (NFP) 59 (2012) Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen. Programmsynthese des Nationalen Forschungsprogramms 59.
- 26 Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit BLV (2015) Opinion on the legal classification of New Plant Breeding Techniques, in particular ODM and CRISPR-Cas9.
- 27 Bundesamt für Landwirtschaft BLW (2008) Sorten, Saat- und Pflanzgut in der Schweiz.
- 28 Agrarabkommen Schweiz-EU, Anhang 6 (Vermehrungsmaterial).
- 29 Forum Genforschung der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT (2015) Neue Verfahren der Pflanzenzüchtung – Nutzen und Herausforderungen. Zusammenfassung einer Séance de Réflexion des Forums Genforschung vom 27. Januar 2015.
- 30 Gentechnikgesetz Artikel 5, Absatz 2.
- 31 Freisetzungsverordnung, Artikel 4d und Anhang 1.
- 32 Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates.
- 33 Abbott (2015) Europe's genetically edited plants stuck in legal limbo. *Nature* 528, 319-20.
- 34 Schuttelaer & Partners (2015) The regulatory status of new breeding techniques in countries outside the European Union. Version: June 2015.
- 35 Sprink et al. (2016) Regulatory hurdles for genome editing: process- vs. product-based approaches in different regulatory contexts. *Plant Cell Reports* 35, 1493 – 1506. DOI 10.1007/s00299-016-1990-2
- 36 Bundesamt für Statistik: www.bfs.admin.ch – Indikatoren Landwirtschaft: Produktion und Einkommen – Pflanzenproduktion.
- 37 Haesert et al. (2015) Transformation of the potato variety Desiree with single or multiple resistance genes increases resistance to late blight under field conditions. *Crop Protection* 77, 163-175. DOI: 10.1016/j.cropro.2015.07.018
- 38 Jo et al. (2014) Development of late blight resistant potatoes by cisgene stacking. *BMC Biotechnology* 14, 50. DOI: 10.1186/1472-6750-14-50
- 39 Clasen et al. (2016) Improving cold storage and processing traits in potato through targeted gene knockout. *Plant Biotechnology Journal* 14 *Plant Biotechnology Journal* 14, 169-176. DOI: 10.1111/pbi.12370
- 40 Chawla et al. (2012) Tuber-specific silencing of asparagine synthetase-1 reduces the acrylamide-forming potential of potatoes grown in the field without affecting tuber shape and yield. *Plant Biotechnology Journal* 10, 913-914. DOI: 10.1111/j.1467-7652.2012.00720.x
- 41 USDA-APHIS: J.R. Simplot Late Blight Resistant, Low Acrylamide Potential, Reduced Black Spot Bruising, Lowered Reducing Sugar GE Potato.
- 42 Nicolia et al. (2014) An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Critical Reviews in Biotechnology* 34, 77-88. DOI: 10.3109/07388551.2013.823595
- 43 Food Standards Australia New Zealand FSA NZ (2013) New plant breeding techniques 2013 workshop report.
- 44 EU Kommission (2010) A decade of EU-funded GMO research. DOI: 10.2777/97784
- 45 American Association for the Advancement of Science AAAS (2012) Statement by the AAAS board of directors on labelling of genetically modified foods.
- 46 Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF (2014) 25 Jahre BMBF-Forschungsprogramme zur biologischen Sicherheitsforschung.
- 47 Hartung & Schiemann (2014) Precise plant breeding using new genome editing techniques: opportunities, safety and regulation in the EU. *The Plant Journal* 78, 742-752. DOI: 10.1111/tpj.12413
- 48 Ladics et al. (2015) Genetic basis and detection of unintended effects in genetically modified crop plants. *Transgenic Research* 24, 587-603. DOI: 10.1007/s11248-015-9867-7
- 49 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016) Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects. DOI: 10.17226/23395

IMPRESSUM

AUTOREN: Christoph Lüthi (Forum Genforschung), Jörg Romeis (Agroscope Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften), Felix Mauch (Institut für Pflanzenbiologie, Universität Freiburg), Ueli Grossniklaus (Institut für Pflanzenbiologie, Universität Zürich), Bruno Studer (Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich), Stefan Kohler (Vischer AG).

REVIEWER: Roland Kölliker (Agroscope Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften), Jochen Kümlehn (Arbeitsgruppe Pflanzliche Reproduktionsbiologie, IPK Gatersleben), Joachim Schiemann (Institut für die Sicherheit biotechnologischer Verfahren bei Pflanzen, JKI Quedlinburg), sowie die Mitglieder des Forums Genforschung.

PROJEKTVERANTWORTUNG: Pia Stieger (Forum Genforschung).

FOTOS: agrarfoto.com; Agroscope

Das Faktenblatt basiert teilweise auf den Erkenntnissen der vom Forum Genforschung organisierten Séance de Réflexion «Neue Techniken in der Pflanzenzüchtung – Nutzen und Herausforderungen» vom 27. Januar 2015.

sc | nat 

Zitiervorschlag: Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016) Neue Pflanzenzüchtungstechniken für die Schweizer Landwirtschaft – grosses Potenzial, offene Zukunft. *Swiss Academies Factsheets* 11 (4).

www.akademien-schweiz.ch