

InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 211
Dezember 2019

Inhalt

- Mais-Züchtung: Ein Mais-Gen kann Erträge um bis zu 10% steigern ...S. 1*
- Genome Editing Grundlagen: Unterschiede und Konvergenzen bei modernen Verfahren der PflanzenzüchtungS. 2*
- Genome Editing Regulierung: Führende Forschungs-Organisationen in Deutschland fordern wissenschaftsbasierte Bestimmungen in der EU für Anwendungen bei PflanzenS. 4*
- Genome Editing Regulierung Schweiz: Bundesrat lehnt die Motion «Genomeditierung zugunsten der Umwelt ermöglichen» abS. 5*

Mais- Züchtung



Mais ist ein wichtiges Grundnahrungsmittel
Abbildung: © [USDA-ARS](#)
[/Stephen Ausmus](#)

Ein Mais-Gen kann Erträge um bis zu 10% steigern

Die wachsende Weltbevölkerung und das sich ändernde Ernährungsverhalten in vielen aufstrebenden Volkswirtschaften erfordert eine deutliche Zunahme der globalen Nahrungsmittelproduktion. Die FAO schätzt, dass je nach Szenario bis 2050 etwa 40% - 50% mehr als heute produziert werden muss (Referenzjahr: 2012). Da die Anbauflächen beschränkt sind und eine weitere Ausweitung zu Lasten biodiversitätsreiche Naturräume vermieden werden soll, müssen die Erträge auf den bestehenden Flächen deutlich verbessert werden. Die klassische Züchtung stösst dabei zunehmend an ihre Grenzen. Für Mais, dem Getreide mit der weltweit grössten Produktion, konnten Pflanzenzüchter mit einem einfachen gentechnischen Ansatz jetzt einen entscheidenden Produktivitätszuwachs erreichen.

Ein grosses Forschungsteam vom Saatguthersteller Corteva Agriscience unter Leitung von Jeffrey E. Habben berichtet in der renommierten Fachzeitschrift PNAS von ihren Versuchen zur Ertragsverbesserung von Mais. Der Ertrag einer Nutzpflanze hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie der Pflanzengrösse, den Wachstumseigenschaften, der Fähigkeit zur Nährstoffverwertung und der Effizienz der Energieumwandlung des Sonnenlichts durch die Photosynthese. Durch diese Komplexität sind Ertragssteigerungen durch klassische Kreuzungszüchtungen nur in kleinen Schritten zu erreichen. Ein gentechnischer Ansatz erschien daher erfolgversprechender. Es gibt verschiedene Pflanzengene, die als zentrale Schalter («Transkriptionsfaktoren») in der Entwicklung funktionieren, mehrere andere Pflanzengene an- und abschalten, und so eine Vielzahl von Pflanzeigenschaften zugleich beeinflussen können.

Die Pflanzenforscher untersuchten die Eignung mehrere Hundert solcher Transkriptions-Faktor-Genen aus Mais für eine Ertragssteigerung, und fokussierten sich dabei rasch auf das *zmm28*-Regulatorgen. Um eine wirksame Ablesung des Gens in den Maispflanzen zu erreichen, koppelten sie es mit dem ebenfalls aus Mais isolierten *ZmGos2*-Promoter. Dieses Ablesesignal bestimmt, wann und wo in der Pflanze das *zmm28*-Gen abgelesen wird. Im Gegensatz zum unveränderten *zmm28* treibt der *ZmGos2*-Promoter eine frühere und länger anhaltende Genablesung. Ein Grossteil der Maispflanzen, denen das *ZmGos2-zmm28* Konstrukt in das Erbgut ein-

gebaut wurde, zeigten Ertragssteigerungen. Die Forscher konzentrierten sich auf die beiden vielversprechendsten Ereignisse, und übertrugen sie durch klassische Kreuzungen in 48 kommerziell verwendbare Hybrid-Maislinien. Die Pflanzen wurden über einen Zeitraum von vier Jahren in 58 Feldversuchen an zahlreichen Standorten in den USA und in Südamerika mit unterschiedlichen Klima-Bedingungen auf ihre agronomischen Eigenschaften getestet.

Es zeigte sich, dass die *ZmGos2-zmm28* Pflanzen im Durchschnitt einen um 3% bis 5% gesteigerten Körnerertrag aufwiesen, für die besten Kombinationen lag der Ertragsvorteil bei 8% - 10% gegenüber den unveränderten Pflanzen. Die Ertragssteigerung war in allen klimatischen Regionen, und sowohl bei günstigen als auch bei ungünstigen Wachstumsbedingungen zu beobachten. Die Pflanzen waren kräftiger, hatten etwas grössere Blätter, und konnten daher Sonnenenergie wirksamer in Biomasse umwandeln. Zudem konnten sie Stickstoff aus dem Boden, einem wichtigen Pflanzen-Nährstoff, effizienter umsetzen.

Die Forscher schliessen, dass die Veränderung der Ableitung eines einzigen Maisgens ausreichen kann, um eine deutliche und nachhaltige Ertragssteigerung zu bewirken. Bei den bereits seit 24 Jahren grossflächig angebauten transgenen Maissorten standen bisher Eigenschaften wie Insektenresistenz und Herbizidtoleranz im Vordergrund, die sich nur indirekt auf den Ertrag auswirken. Durch ihre neuen Arbeiten zeigen die Forscher das Potential der Pflanzen-Biotechnologie zur direkten Erreichung des wichtigen Zuchtziels «höherer Ertrag» auf.

In den USA wurde beim US Landwirtschaftsministerium der Antrag für eine unbeschränkte Anbaubewilligung der gentechnisch veränderten, ertragsreichen Maissorten eingereicht, für wichtige Export-Märkte wie die EU eine Einfuhr-Bewilligung. Es kann allerdings noch 6 bis 10 Jahre dauern, bis die Import-Bewilligungen für die wichtigen Handelspartner vorliegen, so dass bis zu einem grossflächigen Anbau in den USA noch einige Jahre verstreichen werden.

Quellen: Jingrui Wu et al. 2019, [Overexpression of zmm28 increases maize grain yield in the field](#), PNAS 116:23850-23858; [Grüne Gentechnik: Gen-Mais liefert zehn Prozent höhere Erträge](#), Deutschlandfunk.de, 29.11.2019; [New genetically modified corn produces up to 10% more than similar types](#), Science News, 04.11.2019.

Genome Editing Grundlagen

Unterschiede und Konvergenzen bei modernen Verfahren der Pflanzenzüchtung

Sofern gewünschte Pflanzen-Eigenschaften in der Natur nicht vorkommen, sind Pflanzenzüchter darauf angewiesen, mit verschiedenen Methoden durch Veränderungen des Erbguts die genetische Variabilität zu erhöhen. Seit etwa 90 Jahren werden in der Pflanzenzüchtung mit Hilfe von Bestrahlung oder der Behandlung mit erbgutverändernden Chemikalien ungerichtete Mutationen ausgelöst. In der [offiziellen Datenbank der Internationalen Atomenergie-Agentur IAEA](#) sind mittlerweile über 3300 mutierte Nutzpflanzen mit veränderten Eigenschaften registriert. Diese werden verbreitet als Grundlage für die Entwicklung neuer Pflanzensorten eingesetzt, oft ohne dass die genetischen Veränderungen genauer bekannt sind.

Neue Verfahren der Genom-Editierung, wie ZFN (Zinkfinger-Nukleasen), TALENs oder CRISPR/Cas9 werden erst ab 2005 eingesetzt. Sie ermöglichen eine gezielte Veränderung im Pflanzen-Erbgut an einer vorbestimmten

Position. Während durch ungerichtete Mutagenese erzeugte Pflanzen ohne spezielle Prüfung oder Bewilligung angebaut und als Lebens- und Futtermittel eingesetzt werden dürfen, unterstehen in der EU aufgrund einer Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs vom Juli 2018 genomeditierte Pflanzen den strengen Zulassungs- und Kennzeichnungsbestimmungen des europäischen Gentechnik-Rechtes. Sie werden somit vollkommen unterschiedlich reguliert – obwohl es sachlich grosse Konvergenzen bei den verschiedenen Verfahren der Mutagenese gibt. Darauf weisen Inger B. Holme, Per L. Gregersen und Henrik Brinch-Pedersen von der dänischen Aarhus Universität in einem Übersichtsartikel in der Fachzeitschrift *«Frontiers in Plant Science»* hin.

Ein Grund für die unterschiedliche Einstufung der Verfahren durch die europäischen Richter war, dass ihrer Ansicht nach *«die Entwicklung dieser neuen Verfahren/Methoden die Erzeugung genetisch veränderter Sorten in einem ungleich größeren Tempo und Ausmaß als bei der Anwendung herkömmlicher Methoden der Zufallsmutagenese ermöglicht»*. Damit sei auch ein höheres Risiko verbunden. Dieser Einschätzung widersprechen die erfahrenen Pflanzenbiologen und -Züchter. Während früher die Suche von gewünschten veränderten Eigenschaften nach einer Zufalls-Mutagenese tatsächlich eine zeitraubende Angelegenheit war, steht seit dem Jahr 2000 ein neues Verfahren (TILLING) zur Verfügung. Es ermöglicht, innerhalb kürzester Zeit mit molekularbiologischen Methoden aus einer grossen Population mutagenisierter Pflanzen solche auszuwählen, die Mutationen in einem gewünschten Gen tragen. Der Zeitaufwand hierfür ist vergleichbar mit der Durchführung einer Genom-Editierung. Für verschiedene Kulturpflanzen-Sorten, z. B. Weizen, Gerste, Reis oder auch Tomaten, stehen bereits grosse Populationen mutagenisierter Pflanzen zur Verfügung, die über Erbgut-Veränderungen in allen Genen verfügen sollten.

So gibt es kaum einen Zeitunterschied bis zur Identifikation der gewünschten Erbgut-veränderten Pflanzen zwischen Genome Editing und ungerichteter Mutagenese mittels TILLING. Tatsächliche Unterschiede dagegen sehen die Forscher bei der Präzision der Verfahren – während Genome Editing Veränderungen an exakt geplanten Positionen ermöglicht, finden durch ungerichtete Mutagenese Veränderungen irgendwo im Erbgut statt, mit möglicherweise kaum vorherzusehenden Folgen. Auch die Zahl der «off-target» Mutationen ausserhalb des gewünschten Ziels unterscheiden sich zwischen den Methoden. Tatsächlich ist es möglich, dass bei einer Genom-Editierung gelegentlich Veränderungen auch an anderen Erbgut-Positionen auftreten, die z. B. Ähnlichkeiten zum eigentlich gewünschten Zielort haben. Diese können mit verbesserten Methoden reduziert und in der Regel auch leicht nachgewiesen werden, um unerwünschte Auswirkungen auszuschliessen. Bei der ungerichteten chemischen Mutagenese dagegen liegt stets eine grosse Zahl unbekannter Veränderungen an verschiedenen Positionen vor, bei typischen TILLING-Populationen in Gerste sind das etwa 10'000 Mutationen pro Pflanze. Die Wahrscheinlichkeit unerwarteter Auswirkungen sind daher bei den Genome Editing Verfahren deutlich niedriger als bei der herkömmlichen ungerichteten Mutagenese.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist daher die rechtliche Ungleichbehandlung von ungerichteter Mutagenese und gerichteten Verfahren der Genom-Editierung im Sinne eines verbesserten Risikoschutzes nicht nachvollziehbar. Die Autoren weisen auf die aktuelle Innovations-Blockade in der europäischen Pflanzenzüchtung aufgrund der restriktiven Regelung für das Genome

Editing hin. Auch sei die strenge Regulierung kaum umzusetzen, da weltweit immer mehr Nutzpflanzen mittels Genome Editing entwickelt werden, ohne spezielle Kennzeichnung in den Handel gelangen können und ohne detailliertes Vorwissen nicht als technisch verändert nachweisbar sind. Die aktuelle EU-Regelung könne daher langfristig nicht aufrecht erhalten werden, und ist daher für die europäische Pflanzenzüchtung nicht akzeptabel. Eine Klärung der Rechtslage auf politischer Ebene sei daher unerlässlich.

Quellen: Inger B. Holme et al. 2019, [Induced Genetic Variation in Crop Plants by Random or Targeted Mutagenesis: Convergence and Differences](#). Front. Plant Sci. 10:1468; Joanna Jankowicz-Cieslak et al. (Eds.) 2017, [Biotechnologies for Plant Mutation Breeding](#).

Genome Editing Regulierung

Führende Forschungs-Organisationen in Deutschland fordern wissenschaftsbasierte Bestimmungen in der EU für Anwendungen bei Pflanzen

Die restriktiven Rahmenbedingungen für die Verwendung der Genom-Editierung in der Pflanzenzüchtung in der EU stossen auf immer grösseren Widerstand. In einem ungewöhnlichen Schritt wenden sich jetzt die nationale Akademie der Wissenschaftern Leopoldina, die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften sowie die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit einer gemeinsamen Stellungnahme an Politik und Gesellschaft. Die wichtigsten Organisationen der Wissenschaft empfehlen eine differenzierte Regulierung für genomeditierte Pflanzen und eine entsprechende Anpassung des europäischen Gentechnik-Rechtes.

Die pauschale Unterstellung aller genomeditierten Organismen unter die strengen EU Zulassungs- und Kennzeichnungsvorschriften für gentechnisch veränderte Organismen (GVO) erschwert aus Sicht der Wissenschaftler die Erforschung, die Entwicklung und den Anbau verbesserter Nutzpflanzen, die für eine produktive, klima-angepasste und nachhaltigere Landwirtschaft dringend erforderlich seien. Von den Auflagen betroffen sind weltweit bereits mehr als 100 marktfähige genomeditierte Nutzpflanzensorten mit Vorteilen für Ernährung und Landwirtschaft. Die rechtliche Einstufung als GMO berücksichtige nicht, welche Art der genetischen Veränderung im genomeditierten Organismus vorliegt. Dieser vorrangig verfahrensbezogene Regelungsansatz sei rational nicht zu begründen, kritisieren Wissenschaftsakademien und DFG.

In ihrer Stellungnahme sprechen die Forschungs-Organisationen eine Reihe dringender Empfehlungen aus. Das europäische Gentechnikrecht müsse rasch angepasst werden, z. B. durch eine Überarbeitung der GMO-Definition oder durch Ausnahmeregelungen. Genomeditierte Organismen sollten vom Anwendungsbereich des Gentechnikrechts ausgenommen werden, wenn keine artfremde genetische Information eingefügt ist und/oder eine Kombination von genetischem Material vorliegt, die sich ebenso auf natürliche Weise oder durch konventionelle Züchtungsverfahren ergeben könnte.

Mittelfristig sollte ein von Grund auf neuer Rechtsrahmen entwickelt werden, der sich vom bisherigen, primär an das Verfahren der genetischen Veränderung anknüpfenden Regulierungsansatz löst. Der aktuelle, verfahrensbezogene Regulierungsansatz sei wissenschaftlich nicht begründbar. Ebenso wenig lässt sich wissenschaftlich begründen, warum eine Regulierung zwischen Züchtungsverfahren mit und ohne transgene DNA unterscheiden sollte. Für eine Risikobeurteilung komme es auf die Eigenschaften eines Organismus an, nicht auf das Herstellungsverfahren.

Weiterhin werden Erleichterungen für die Freilandforschung mit genomeditierten Pflanzen gefordert, sowie eine differenzierte gesellschaftliche Diskussion über Verfahren der Pflanzenzüchtung. Die Wahlfreiheit der Konsumenten sei dabei zu berücksichtigen. Das Innovationspotential der innovativen Züchtungsverfahren solle verantwortungsvoll ausgeschöpft werden, um die drängenden Ressourcenprobleme, die durch den Klimawandel gesteigert werden, anzugehen. Schliesslich sollten differenzierte und praktikable Regelungen den Einsatz moderner Technologien auch für kleine und mittlere Pflanzenzüchtungsunternehmen ermöglichen, die bei den aktuellen restriktiven Bestimmungen gegenüber grossen, multinationalen Unternehmen stark benachteiligt sind. Eine Erhöhung des Marktwettbewerbs würde auch die züchterische Bearbeitung lokal angepasster Nutzpflanzensorten beleben und so zur Diversität beitragen.

Quellen: [Wissenschaftsakademien und DFG empfehlen neues Gentechnikrecht](#), Medienmitteilung Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (D), 04.12.2019; [Wege zu einer wissenschaftlich begründeten, differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU](#), Gemeinsame Stellungnahme Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Deutsche Forschungsgemeinschaft und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (Dezember 2019); [Kurzfassung der Stellungnahme](#) (6 S.).

Genome Editing Regulierung Schweiz

Bundesrat lehnt die Motion «Genomeditierung zugunsten der Umwelt ermöglichen» ab

Im September 2019 hatte die FDP-Liberale Fraktion im Nationalrat die [Motion 19.4050](#) «*Genomeditierung zugunsten der Umwelt ermöglichen*» eingereicht. Darin wird der Bundesrat aufgefordert, die gesetzliche Grundlage zu schaffen, um einen Anbau von genomeditierten Pflanzen, denen kein artfremdes Erbgut eingefügt wurde, zu regeln. Insbesondere sollte klarstellt werden, dass diese nicht in den Anwendungsbereich des Gentechnikgesetzes (GTG) und damit nicht unter das Anbauverbot gemäss Gentechnik-Moratorium fallen. Mit der Motion sollte ein Anbau von Nutzpflanzen mit verbessertem Nachhaltigkeits-Profil ermöglicht werden und die Schweiz als Innovationsstandort gestärkt werden.

In seiner Stellungnahme vom 27.11.2019 weist der Bundesrat diesen Vorschlag zurück, und beantragt die Ablehnung der Motion. Nach seiner Ansicht fallen Produkte der innovativen Genomeditierung automatisch in den Geltungsbereich des bestehenden Gentechnik-Gesetzes.

Tatsächlich kann die entsprechende Definition im Gentechnik-Gesetz ([Art. 5 Abs. 2 GTG](#)) unterschiedlich ausgelegt werden: «*Gentechnisch veränderte Organismen sind Organismen, deren genetisches Material so verändert worden ist, wie dies unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt*».

Dies kann so verstanden werden, dass es auf das **Resultat der Veränderung im Erbgut** ankommt, ob der dabei entstehende Organismus als GVO eingestuft wird oder nicht. Wenn die Veränderung auch natürlich entstehen könnte, wie das bei vielen Ansätzen der Genomeditierung ohne Einbau von Fremd-Erbinformation der Fall ist, müsste der Organismus nicht zwingend als GVO eingestuft werden. Diese **produktorientierte Sichtweise** wird von der grossen Mehrheit innerhalb der Naturwissenschaften und auch von der Eidgenössischen Fachstelle für Biologische Sicherheit EFBS geteilt. Nur durch den Fokus auf die tatsächlichen Eigenschaften eines Organismus ist eine fachlich fundierte Risikobewertung möglich.

Die Definition im GTG kann tatsächlich aber auch so verstanden werden, dass es ausschliesslich auf den **Prozess der Veränderung** ankommt, ohne Berücksichtigung des Resultats. Da moderne Verfahren der Pflanzenzüchtung wie das Genome Editing unter natürlichen Bedingungen nicht vorkommen, könnten alle Produkte daraus automatisch als GVO betrachtet werden, unabhängig von ihren Eigenschaften und der Natur der Veränderung. Die **prozessorientierte Sichtweise** kann zu paradoxen Resultaten führen, wenn zwei vollkommen identische Organismen je nach ihrer Entstehungsweise einmal ohne jede Regulierung angebaut werden dürfen, oder aber den strengen Auflagen des Gentechnik-Gesetzes unterliegen. Diese Sichtweise geht davon aus, dass gentechnische Veränderungen immer mit einem speziellen Risiko verbunden sind und die Produkte daher besonders streng bewertet werden müssen – eine Einstellung, die durch die mittlerweile vorliegenden langjährigen Erfahrungen mit GVO in der Praxis nicht unterstützt wird.

Der Bundesrat scheint in seiner aktuellen Stellungnahme zur Motion 19.4050 einseitig die prozessorientierte Sichtweise zu verfolgen. Damit wäre die Einstufung aller Produkte von Genome Editing Verfahren als streng zu regulierende GVO aufgrund des Gentechnik-Gesetzes unumgänglich. Zusätzlich verweist der Bundesrat auch auf fehlende Erfahrungen mit der Sicherheit genomeditierter Pflanzen, was die Anwendung des Vorsorgeprinzips erfordere. Damit schliesst er sich dem umstrittenen Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom Juli 2018 an, auf das auch ausdrücklich Bezug genommen wird.

Erstaunlicherweise erwähnt der Bundesrat in seiner aktuellen Stellungnahme seine eigene Initiative vom November 2018 mit keinem Wort. Damals hatte er eine Überprüfung und risikobasierte Anpassung der rechtlichen Grundlagen im Gentechnik-Bereich an die neuen technologischen Entwicklungen angekündigt ([Point Nr. 199, November 2018](#)). Dabei waren unterschiedliche Anforderungsstufen für verschiedene Tätigkeits-Kategorien in Aussicht gestellt worden. Eine entsprechende Vernehmlassungsvorlage sollte bis Ende 2019 durch die Departemente UVEK und WBF erstellt werden, wobei der Bundesrat selber bereits nach dem Sommer 2019 die Eckpunkte zur Anpassung der rechtlichen Grundlagen festlegen wollte. Der aktuelle Stand dieses Projekts und das weitere Vorgehen dabei sind im Moment jedoch nicht bekannt.

Quellen: [19.4050 Motion Genomeditierung zugunsten der Umwelt ermöglichen](#), FDP-Liberale Fraktion (18.09.2019) / [Stellungnahme des Bundesrats vom 27.11.2019](#); [Bericht der EFBS zu Neuen Pflanzenzüchtungsverfahren](#) (Dezember 2016); [Neue Pflanzenzüchtungstechniken für die Schweizer Landwirtschaft – grosses Potenzial, offene Zukunft](#), Fact Sheet Akademien Schweiz, 2016

Kontakt und Impressum



POINT erscheint monatlich in elektronischer Form ([Archiv](#) der vorherigen Ausgaben). Der Newsletter fasst aktuelle Meldungen aus Forschung und Anwendung rund um die grüne Biotechnologie zusammen. Für ein kostenloses Abonnement können Sie sich per e-mail [anmelden](#) und natürlich auch [abmelden](#). Wir freuen uns auf Ihre Fragen und Anregungen!

Text und Redaktion: [Jan Lucht](#)

scienceindustries, Postfach, CH-8021 Zürich

Telefon: 044 368 17 63

e-mail: jan.lucht@scienceindustries.ch

Eine Initiative von **scienceINDUSTRIES**
S W I T Z E R L A N D