

# InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 182  
April 2017

## Inhalt

<i>Neue Züchtungsverfahren: Mehlauresistente Tomaten in Rekordtempo durch CRISPR/Cas9</i> .....	S. 1
<i>CRISPR/Cas9: Zwei Mutationen auf einen Streich verringern Samen-Verluste bei der Rapsernte</i> .....	S. 2
<i>Herbizide: Langzeittrends bei der Anwendungs-Häufigkeit und der relativen Toxizität in den USA</i> .....	S. 3
<i>Diskussions-Beitrag: Wie weiter in der Debatte um die grüne Gentechnik?</i> .....	S. 5
<i>Ankündigung: «Fascination of Plants Day», 18. Mai 2017</i> .....	S. 5

## Neue Züchtungsverfahren



**Mehltau-infizierter Zweig von unveränderten (wt) und gen-editierten (slm1o1) Tomaten**

Quelle: [Nekrasov et al. 2017](#)

## Mehlauresistente Tomaten in Rekordtempo durch CRISPR/Cas9

Die klassische Kreuzungs-Züchtung einer neuen Tomatensorte mit verbesserten Eigenschaften ist ein langwieriger Prozess. Dabei müssen viele Nachkommen analysiert und immer wieder, über mehrere Generationen, mit einer Elternlinie zurückgekreuzt werden. Bis endlich die gewünschten Erbanlagen in einer Pflanze kombiniert sind und unerwünschte Eigenschaften wieder entfernt wurden, kann es so gut fünf bis sieben Jahre dauern.

Ein Team von Pflanzenforschern vom britischen Sainsbury Laboratory, vom deutschen Max-Planck-Institut Tübingen und von der chinesischen Zhejiang Academy for Agricultural Sciences haben jetzt gezeigt, dass es mit Hilfe neuer Züchtungstechnologien auch schneller geht – viel schneller. In nur neun Monaten entwickelten sie durch gezielte Genomeditierung eine mehlauresistente Variante der beliebten Tomatensorte MoneyMaker.

Tomaten tragen verschiedene Gene, die sie für Infektionen durch den Mehltauerreger *Oidium neolycopersici* anfällig machen. Das wichtigste von ihnen trägt die Bezeichnung *SIM1o1*. Die Wissenschaftler transformierten Tomatenzellen mit einem im Labor entworfenen DNA-Konstrukt (T-DNA). Dieses trug das Gen für die Cas9-Erbgutschere sowie zwei kurze Sequenzabschnitte, welche Cas9 so programmieren, dass dieses Eiweiß zwei gezielte Schnitte im *SIM1o1*-Tomatengen ausführt. Dadurch sollte der dazwischenliegende kurze Genabschnitt entfernt, und das für die Mehltau-Anfälligkeit verantwortliche *SIM1o1*-Gen inaktiviert werden.

Tatsächlich zeigte eine Analyse der kleinen Tomatenpflänzchen etwa drei Monate nach der Transformation, dass acht von zehn untersuchten Pflanzen Mutationen im *SIM1o1*-Gen trugen. Drei Pflanzen wurden näher untersucht, bei zwei von ihnen waren beide Kopien des *SIM1o1*-Gens inaktiviert (homozygot). Sechs Monate nach der Transformation produzierten die Pflanzen Früchte und Samen. Durch Selbstbefruchtung entstanden Nachkommen, welche die gewünschte Mutation trugen, aber keine T-DNA mehr enthielten. Nach weiteren dreieinhalb Monaten produzierten auch diese Früchte und Samen – so stand nur neun Monate nach der ersten Transformation eine neue genetisch homogene Tomatenlinie mit der gewünschten Mutation

im *SMMo1*-Gen zur Verfügung.

Resistenztests nach Infektion mit Mehltausporen zeigten, dass diese Pflanzen komplett resistent gegen die Krankheit waren, im Gegensatz zu den unveränderten Tomatenpflanzen, welche die typischen Blattflecken zeigten (siehe Abbildung). Um das Vorhandensein unerwarteter Veränderungen im Erbgut der Tomaten zu überprüfen, wurde ihr Genom komplett sequenziert – während das vor wenigen Jahren noch eine Herkulesaufgabe war, ist das mit heutigen Methoden mit vertretbarem Aufwand zu geringen Kosten möglich. Es wurden dabei weder Überreste der T-DNA gefunden, noch Veränderungen, die auf unbeabsichtigte Cas9-Schnitte im Tomatenerbgut hinwiesen. Die erzeugten Pflanzen waren somit frei von Transgenen. Der einzige Unterschied zu unveränderten Tomaten war das Fehlen eines kurzen 48 bp Abschnitts des *SMMo1*-Gens – eine Veränderung, die von natürlich vorkommenden Mutationen nicht unterschieden werden kann.

In zahlreichen Ländern laufen gegenwärtig Diskussionen, ob derartig geneditierte Pflanzen als «gentechnisch veränderte Organismen» (GVO) eingestuft werden und damit aufwändigen Zulassungsaufgaben unterstellt werden müssen. Einige Länder, wie die USA, haben solche geneditierten Pflanzen ohne Fremd-DNA bereits als nicht-GVO eingestuft. Die Wissenschaftler äussern die Hoffnung, dass solche Pflanzen künftig überall mit einem vertretbaren Aufwand zugelassen werden können, der mit dem für konventionell gezüchteten Sorten vergleichbar ist. Sie haben gezeigt, dass mit Hilfe der neuen Züchtungsverfahren Nutzpflanzen in sehr kurzer Zeit und mit nur geringem Arbeits- und Ressourceneinsatz verbessert werden können – das ermöglicht die Entwicklung zahlreicher, genau an lokale Gegebenheiten und Anforderungen angepasster Sorten, unterstützt die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft und fördert auch die Artenvielfalt bei den Kultursorten.

**Quelle:** Vladimir Nekrasov et al. 2017, [Rapid generation of a transgene-free powdery mildew resistant tomato by genome deletion](https://doi.org/10.1038/s41598-017-00578-x), Scientific Reports 7:482 (doi:10.1038/s41598-017-00578-x)

## CRISPR/Cas9

### Zwei Mutationen auf einen Streich verringern Samen-Verluste bei der Rapsernte

Rapspflanzen teilen die Vermehrungsstrategie mancher Unkräuter: sie produzieren mehrere tausend kleine Samen, die nach dem Aufplatzen der Schoten leicht über eine grössere Fläche verteilt werden können. Beim Rapsanbau müssen die Pflanzen daher geerntet werden sobald die Körner reif sind, aber bevor sich die Schoten öffnen. Trotzdem sind bei der Ernte Ausfallverluste von einigen Prozent der Körner normal. Wenn die Pflanzen nicht synchron reifen oder mit der Ernte zu lange gewartet wird, können diese Verluste auf bis zu 25% ansteigen. Eine hohe Ausfallfestigkeit, bei der die Schoten möglichst lange geschlossen bleiben, ist daher ein wichtiges Züchtungsziel.

Es sind verschiedene Raps Gene bekannt, die an der Schotenöffnung beteiligt sind. Werden diese durch Mutationen inaktiviert, bleiben die Schoten länger geschlossen. Allerdings ist die in der klassischen Pflanzenzüchtung übliche Mutagenese durch Strahlung oder erbgutverändernde Chemikalien bei Rapspflanzen schwierig, da diese vor langer Zeit durch Hybridisierung zweier nahe verwandter Arten entstanden sind. Das bedeutet, dass sie einen doppelten Satz ähnlicher Erbanlagen tragen, je einen von jedem Hybridisierungspartner. Die genetische Information ist dadurch redundant:

fällt eine Kopie eines Gens aus, wird der Effekt durch die immer noch intakte zweite Kopie überdeckt. Die Wahrscheinlichkeit, durch spontane Mutagenese beide Genkopien zugleich zu treffen, ist äusserst gering.

Für dieses züchterische Dilemma bieten neue Verfahren der Gen-Editierung einen Lösungsansatz: Sie ermöglichen es, in einem Ansatz beide Genkopien zugleich auszuschalten. Forscher der Universität Kiel haben jetzt mit Kollegen von anderen Instituten in Deutschland gezeigt, dass durch einen einzigen Mutageneseschritt mit der programmierbaren Cas9-Genschere beide verwandten an der Schotenöffnung beteiligte Raps Gene auf einen Schlag inaktiviert werden können. Durch Computeranalyse identifizierten die Forscher einen kurzen Genabschnitt, der bei den beiden verwandten Gen-Versionen zu 95% identisch war, und programmierten dann die Cas9-Genschere so, dass sie an dieser Stelle einen Schnitt in die Raps Gene einführte. Dadurch gelang es, die beiden Gene gleichzeitig auszuschalten. Die resultierenden genveränderten Rapspflanzen zeigten dann auch tatsächlich wie erhofft eine verzögerte Schotenöffnung, und hatten dadurch eine erhöhte Ausfallfestigkeit. Unerwartete Schnitte im Erbgut an anderen Stellen wurden nicht beobachtet.

Die Forscher vergleichen die Effizienz ihres zu 100% erfolgreichen «genome editing»-Ansatzes mit der klassischen chemischen Mutagenese. Bei dem herkömmlichen, völlig ungerichteten Verfahren können über 100'000 zufällige Erbgutveränderungen pro Pflanze mit unbekanntem Auswirkung entstehen, während die gerichtete Mutagenese mittels CRISPR-Cas9 hoch spezifisch ist. Ausserdem können mit dem modernen Verfahren mehrere gezielte Mutationen zugleich eingeführt werden. «genome editing»-Verfahren sind daher bei der Rapszüchtung den klassischen ungerichteten Mutageneseansätzen weit überlegen.

**Quelle:** Janina Braatz et al. 2017, [CRISPR-Cas9 induced mutations in polyploid oilseed rape](#), Plant Physiology (in press 18.04.2017), [doi:10.1104/pp.17.00426](#)

## Herbizide

### Langzeittrends bei der Anwendungs-Häufigkeit und der relativen Toxizität in den USA

Ohne Unkraut-Bekämpfung müssten Landwirte Ernteeinbussen von 20% - 40% hinnehmen – es ist daher klar, dass die Kontrolle von Unkräutern eine wichtige Aufgabe in der Landwirtschaft ist. Aber: Führen gentechnisch veränderte Nutzpflanzen zu einer masslosen Zunahme des Einsatzes von Herbiziden in der Landwirtschaft? Diese Befürchtung beschäftigt viele, die sich mit den Auswirkungen moderner Landwirtschaft auf Umwelt und Gesundheit beschäftigen.

Andrew R. Kniss, Professor für Unkrautwissenschaft an der University of Wyoming, hat öffentlich zugängliche Daten des US Landwirtschaftsministeriums analysiert, um die Trends des Herbizideinsatzes der letzten 25 Jahre (1990 – 2015) in den USA zu verfolgen. Dabei ist er zu überraschenden Ergebnissen gekommen.

Er untersuchte die durchschnittliche Anzahl von Herbizid-Anwendungen für sechs wichtige Nutzpflanzen-Arten. Für alle Kulturen fand er eine Zunahme der Behandlungs-Häufigkeit im Verlauf des letzten Viertel-Jahrhunderts. Bei Soja, Mais und Baumwolle, bei denen gentechnisch veränderte herbizidtolerante Sorten verbreitet eingesetzt werden, stieg diese um zwischen 50% und 75%, bei Soja z. B. von etwa zwei Behandlungen pro Jahr auf drei. Bei Reis, Sommer- und Winterweizen, für die in den USA keine gentechnisch

veränderten Sorten angepflanzt werden, lag die Zunahme zwischen 85% und 300%, so stieg die Behandlungs-Häufigkeit für Frühjahrsweizen von durchschnittlich 1.5 Herbizidspritzungen pro Jahr auf vier. Die Behandlungshäufigkeit mit Herbiziden hat daher in allen untersuchten Kulturen zugenommen, am wenigsten jedoch bei den gentechnisch veränderten Pflanzen. Der oft vermutete Zusammenhang zwischen zunehmendem GVO-Anbau und steigendem Herbizideinsatz wird durch diese Zahlen nicht unterstützt. Kniss erklärt den steigenden Herbizideinsatz mit allgemeinen Entwicklungen der landwirtschaftlichen Praxis, so einer zunehmenden Umstellung auf bodenschonende, pfluglose Anbauverfahren, die andere Ansätze zur Unkrautkontrolle erfordern.

Weder die Häufigkeit des Herbizideinsatzes noch die Gesamt-Menge der dabei eingesetzten Wirkstoffe gibt einen verlässlichen Hinweis auf das Risiko, das damit einhergeht, da sich die einzelnen Wirkstoffe sowohl in ihrer üblichen Aufwandmenge als auch in ihrer Toxizität stark unterscheiden. Kniss verknüpfte daher in seiner Untersuchung die Entwicklung der statistisch erhobenen Mengen für die einzelnen Wirkstoffe mit ihrer aus Studien bekannten akuten und chronischen Toxizität.

Für Soja fand er eine starke Abnahme des Risikos der akuten und der chronischen Toxizität der eingesetzten Herbizide, da im Lauf der letzten 25 Jahre alte Wirkstoffe durch weniger toxische Substanzen ersetzt wurden. Bei Mais ging das akute Risiko fast 10-fach zurück, da zwei problematische Wirkstoffe vom Markt zurückgezogen wurden; das chronische Risiko änderte sich wenig. Bei Baumwolle zeigten sich nur leichte Veränderungen. Für diese verbreitet als GVO-Sorten angebauten Kulturen zeigt sich daher, trotz gesteigener Anwendungshäufigkeit, ein Trend zu einer weitergehenden Reduktion der Risiken der verwendeten Herbizide. Für die übrigen untersuchten nicht-GVO-Kulturen ergibt sich kein einheitliches Bild. Während bei Reis eine deutliche Abnahme des Risikos zu verzeichnen ist, ging das Risiko bei Sommerweizen leicht zurück, bei Winterweizen zeigt sich ein leichter Aufwärtstrend bei dem akuten Risiko während sich das chronische Risiko wenig geändert hat. Unter dem Strich nahm für alle sechs untersuchten Kulturen trotz steigender Anwendungs-Häufigkeit von Herbiziden deren chronische Toxizität in zwei Kulturen ab, das Risiko der akuten Toxizität reduzierte sich in vier Fällen.

Mögliche langfristige Gesundheitsschäden oder gar eine Krebserzeugung durch den verbreitet in Zusammenhang auch mit gentechnisch veränderten herbizidtoleranten Pflanzen eingesetzten Wirkstoff Glyphosat wurden in den letzten Jahren vor allem in Europa intensiv diskutiert. Die Untersuchung von Kniss zeigt, dass Glyphosat in den USA für 43% der Herbizid-Behandlungen bei Soja, 45% bei Baumwolle und 26% bei Mais eingesetzt wurde. Der Anteil von Glyphosat an der chronischen Toxizität der insgesamt verwendeten Herbizide für diese Kulturen betrug jedoch nur 0.3%, 3.5%, bzw. 0.1%, war also äusserst gering. Einschränkungen in der Verwendung von Glyphosat würden so mit grosser Wahrscheinlichkeit dazu führen, dass alternative Wirkstoffe mit einer höheren chronischen Toxizität eingesetzt würden, und so das Risiko für Anwender der Pflanzenschutzmittel steigen würde.

**Quellen:** Andrew R. Kniss 2017, [Long-term trends in the intensity and relative toxicity of herbicide use](#), Nature Communications 8:14865 (doi:10.1038/ncomms14865); [GMOs and Herbicides: it's complicated](#), weedcontrolfreaks.com blog, 10.04.2017

## Diskussions- Beitrag

### Wie weiter in der Debatte um die grüne Gentechnik?

Das Schweizer Parlament hat im März 2017 das seit 2005 bestehende Gentechnik-Moratorium für die Landwirtschaft erneut verlängert, diesmal bis zum Jahr 2021. In einem lesenswerten Artikel gibt Philipp Aerni, Direktor des Zentrums für Unternehmensverantwortung und Nachhaltigkeit (CCRS) der Universität Zürich, einen Überblick zu den politischen und gesellschaftlichen Entwicklungen, die dazu geführt haben.

Aerni zeigt dabei auf, dass die gerne verbreitete Aussage, es gäbe in der Schweiz keinen Markt für gentechnisch veränderte Produkte, nicht der Realität entspricht. Praktische Verkaufsversuche in der Schweiz haben eindeutig belegt, dass Konsumentinnen und Konsumenten durchaus klar gekennzeichnete Lebensmittel aus GVO kaufen, wenn sie die Wahlfreiheit haben. Dies ist im Alltag jedoch nicht der Fall, da in der Schweiz offiziell zugelassene GVO-Lebensmittel vom Handel ferngehalten werden und so nicht verfügbar sind. So besteht kaum die Möglichkeit, im Alltag Erfahrungen mit der zwar jahrzehntealten, aber immer noch als "neu" empfundenen Technologie zu machen. Auch für Schüler ist es schwierig, sachliche Informationen zur grünen Gentechnik zu erhalten, da Schulbuchverlage mit Rücksicht auf die vermutete Gentechnik-Skepsis der Lehrkräfte wenig Interesse an derartigen Veröffentlichungen zeigen. Lehrmaterial für Lehrkräfte mit einer negativen Einstellung zur Gentechnik, finanziert durch gentechnik-kritische Organisationen, steht dagegen auf populären Websites im Internet zur Verfügung.

Die Politik tut sich schwer mit Entscheidungen zu unpopulären Themen wie der grünen Gentechnik – so werden Entscheidungen immer wieder auf die lange Bank geschoben, auch wenn dadurch Lösungen für eine nachhaltigere Landwirtschaft blockiert werden. Wissenschaftliche Grundlagen spielen dabei nur eine sehr untergeordnete Rolle. Dafür drängen massive Lobby-Interessen auf ein Aufrechterhalten des Gentechnik-Moratoriums.

Aerni weist auf die Bedeutung neuer Technologien für massgeschneiderte lokale Lösungen in einer umweltschonenden und produktiven Landwirtschaft hin. Dafür braucht es eine differenzierte Kombination von Ansätzen, Biotechnologie und die Agroökologie könnten sich dabei gegenseitig ergänzen – sofern die grüne Gentechnik nicht von vorne herein verteufelt wird. Aerni hofft für die kommenden vier Moratoriums-Jahre auf die Lernfähigkeit und die Verantwortungsethik in der Politik.

**Quelle:** Philipp Aerni, [Wie weiter in der Debatte um die grüne Gentechnik?](#), BioFokus Nr. 93 (April 2017), Verein Forschung für Leben

## Ankündigung

### «Fascination of Plants Day», 18. Mai 2017

Pflanzen sind einzigartig. Nur mit Sonnenenergie, Kohlendioxid aus der Luft und Wasser können sie Zucker produzieren. Als die grundlegenden Produzenten von Biomasse versorgen sie Tiere und Menschen mit Nahrung, Fasern, Arzneimitteln, Chemikalien, Energie – und tragen zu sauberer Luft und einer schönen Landschaft bei. Pflanzen haben eine enorme Vielfalt von Lebensräumen erobert – Forscher schätzen die Anzahl der Pflanzenarten auf etwa 250'000.

Die faszinierende Welt der Pflanzen rückt am 18. Mai 2017 ins Rampenlicht, wenn am internationalen «Fascination of Plants Day» Forschungseinrichtungen, botanische Gärten, Unternehmen und Museen ihre Tore öffnen, um



Fascination of  
Plants Day

die Bedeutung der Pflanzen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu feiern. Bei der letzten Durchführung im Jahr 2015 begeisterten 960 Anlässe an 590 Einrichtungen in 56 Ländern tausende von Besuchern. Der Anlass steht unter dem Patronat der Europäischen Organisation für Pflanzenwissenschaften EPSO, und wird in der Schweiz durch das Swiss Plant Science Web unterstützt.

Ob eine Museumsnacht im botanischen Garten (Fribourg), eine Abendführung zu Alpenpflanzen in tiefen Lagen und hoch oben (Zürich), oder ein wildes Picknick mit Wildkräutern (Bern): rund um den 18. Mai werden zahlreiche Veranstaltungen angeboten, die einen tieferen Einblick in die faszinierende Welt der Pflanzen erlauben. Die Veranstaltungsliste wird kontinuierlich ausgebaut – hereinschauen lohnt sich!

**Weitere Informationen:** «Fascination of Plants Day» (18. Mai 2017), [www.plantday.org](http://www.plantday.org); [Veranstaltungen in der Schweiz](#), [swissplantscienceweb.ch](http://swissplantscienceweb.ch)

## 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](#) an – und 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](mailto:jan.lucht@scienceindustries.ch)

*Eine Initiative von*

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