

InterNutrition POINT

Aktuelles zur grünen Biotechnologie

Nr. 209
Oktober 2019

Inhalt

<i>Gesundheit: Bt-Baumwolle verbessert Wohlergehen von Bauern in Pakistan</i>	S. 1
<i>Genome Editing I: Innovationsschub durch neue Technologien, Pflanzenzüchtung gibt Vollgas</i>	S. 2
<i>Genome Editing II: Europa in der Sackgasse, deutsche Agrarverbände fordern Anpassung der Bestimmungen für neue Züchtungsverfahren</i> .	S. 4
<i>Genetisch veränderte Organismen: Transgene Pflanzen in der Natur erstaunlich weit verbreitet</i>	S. 5
<i>Eiweiss-Versorgung: Lebensmittel-Zulassung für essbare Baumwollsamens in den USA</i>	S. 6

Gesundheit



Baumwoll-Ernte

Abbildung: © [Kimberly Vardeman / flick.com](#)

Bt-Baumwolle verbessert Wohlergehen von Bauern in Pakistan

Genetisch veränderte, insektenresistente Pflanzen werden seit 1996 im grossen Massstab angebaut, inzwischen jährlich in zahlreichen bedeutenden Agrar-Nationen auf über 100 Millionen Hektaren. Eine wirksamere Kontrolle von Schadinsekten, ein reduzierter Insektizidbedarf und höhere Erträge haben Landwirte von den wirtschaftlichen Vorteilen des verbesserten Saatguts überzeugt und diese Entwicklung vorangetrieben. Der vermehrte Einsatz insektenresistenter Nutzpflanzen entlastet zugleich die Umwelt vom Eintrag von Agro-Chemikalien. Verschiedene Untersuchungen, so aus China, Indien und Südafrika, zeigen dass sich der reduzierte Insektizideinsatz auch positiv auf die Gesundheit der Landwirte auswirken kann.

Die pakistanische Agrarökonomin Shahzad Kouser, David J. Spielman vom International Food Policy Research Institute in den USA und Martin Qaim vom Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung der Universität Göttingen zeigen jetzt in einer methodisch verbesserten Studie, dass auch Bauern in Pakistan gesundheitlich vom Anbau von Bt-Baumwolle profitieren.

Baumwolle ist die wichtigste «Cash Crop» in Pakistan (10% des Bruttosozialprodukts) und ist die Quelle für über die Hälfte aller Exporterlöse. Aufgrund der grossen Anfälligkeit der Pflanzen gegenüber Schadinsekten erforderte der Baumwollanbau jedoch einen massiven Insektizideinsatz, der sich aufgrund der verwendeten tragbaren Rückenspritzen und der kaum vorhandenen Schutzausrüstung oft nachteilig auf die Gesundheit der Anwender auswirkte. Bereits vor ihrer offiziellen Zulassung im Jahr 2010 wurden daher zunehmend transgene, insektenresistente Bt-Baumwollsorten angebaut. Bereits seit Jahren liegt ihr Anteil an der Gesamt-Anbaufläche über 90%, was zu bedeutenden Einsparungen beim Insektizideinsatz geführt hat.

Kouser und Kollegen haben in ihrer Studie über 700 Baumwollbauern aus Pakistan detailliert befragt, um den Zusammenhang zwischen dem Anbau von Bt-Baumwolle und der Gesundheit zu prüfen. Sie gingen mit ihrer Untersuchung in zwei wesentlichen Punkten über die bisher verfügbaren Studien aus anderen Ländern hinaus. Sie verliessen sich nicht nur auf die

Aussage der Bauern, ob sie Bt- oder konventionelles Saatgut verwenden, sondern führten eigene Untersuchungen an den Pflanzen selber durch. Dabei stellte sich heraus, dass die Landwirte in vielen Fällen falsch über die Pflanzen-Eigenschaften informiert waren. Vermeintliches Bt-Saatgut stellte sich oft als konventionelle Sorte heraus, weil die Bauern beim Kauf getäuscht wurden und so erst beim Anbau feststellten, dass die Pflanzen anfällig waren und verstärkt mit Insektiziden geschützt werden mussten. Umgekehrt wuchsen auf den Feldern der vermeintlich konventionell wirtschaftenden Bauern oft Bt-Baumwollsorten. Nur die tatsächliche Untersuchung der Pflanzen ermöglicht es in einem Land mit einem wenig kontrollierten Saatgutmarkt, einen klaren Zusammenhang zwischen Pflanzeigenschaften und Gesundheit herauszuarbeiten. Die zweite Erweiterung der aktuellen Studie ist, dass nicht nur mögliche Gesundheits-Beeinträchtigungen der Bauern beim Insektizideinsatz per Fragebogen erhoben wurden, sondern viel detaillierter auch nach der Dauer und den Kosten der Beeinträchtigungen gefragt wurde. Das ermöglicht eine genauere Messung der Gesundheitsfolgen.

Die Studie von Kouser und Kollegen zeigt, dass Bt-Baumwolle den Einsatz von chemischen Insektiziden um etwa ein Drittel reduzieren kann. Zugleich gingen bei den Bauern, die tatsächlich insektenresistente Bt-Baumwollsorten auf ihren Feldern hatten, die Häufigkeit von akuten Gesundheits-Beeinträchtigungen, die medizinisch behandelt werden mussten, um 17% zurück. Die Gesundheitskosten der Bt-Baumwollbauern, die auch Ausfälle durch längere oder chronische Krankheiten erfassen, lagen um ein Drittel niedriger als bei den konventionell wirtschaftenden Farmern. Hochgerechnet auf die pakistanische Baumwoll-Landwirtschaft ermöglichen insektenresistente Sorten jährlich Einsparungen von 7 Millionen US\$ bei den Gesundheitskosten – ein hoher Betrag für ein Entwicklungsland.

So profitieren die Bauern mehrfach vom Anbau von Bt-Baumwolle: wirtschaftlich durch höhere Erträge, niedrigere Kosten und damit einem gesteigerten Gewinn, und zugleich gesundheitlich, da der niedrigere Insektizid-Bedarf nachteilige Gesundheitsfolgen und -kosten reduziert. Die Autoren der Studie weisen darauf hin, dass diese Vorteile noch gesteigert werden könnten, wenn die Saatgut-Qualität besser überwacht würde. Bei 17% der Bauern aus der Studie, die überzeugt waren insektenresistente Bt-Baumwollsorten anzubauen, fanden die Forscher entweder gar kein oder nur sehr wenig des Bt-Wirkstoffes in den Pflanzen, so dass diese Bauern mehr Insektizide einsetzen mussten und so weder von den wirtschaftlichen noch den Gesundheits-Vorteilen profitieren konnten. Das Saatgut stammt oft aus zweifelhaften Quellen oder vom Schwarzmarkt – eine durchgängige Qualitätskontrolle würde es den Landwirten erleichtern, sich bewusst für oder gegen den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zu entscheiden.

Quellen: Shahzad Kouser et al. 2019, [Transgenic cotton and farmers' health in Pakistan](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222617), PLoS ONE 14(10): e0222617 ([doi:10.1371/journal.pone.0222617](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222617)); Matin Qaim, [Transgene Baumwolle verbessert die Gesundheit von Bauern in Pakistan](https://agrardebatten.blog/2019/10/09/baumwolle-verbessert-die-gesundheit-von-bauern-in-pakistan/), Agrardebatten.blog, 9.10.2019

Genome Editing I

Innovationsschub durch neue Technologien, Pflanzenzüchtung gibt Vollgas

Das Tempo der methodischen Entwicklungen im Bereich des Genome Editings zur gezielten Erbgut-Veränderung scheint immer weiter zuzunehmen. Im August 2019 sorgte eine Veröffentlichung der ETH für Furore, bei der mit einer neuen Variante der CRISPR/Cas Technologie Dutzende, wenn

nicht hunderte von Genen in einer Zelle zugleich verändert werden können. Dabei wird zusammen mit dem CRISPR/Cas-Konstrukt eine Art molekulare Adressliste übertragen, welche die gewünschten Zielregionen für die genetischen Veränderungen identifiziert. Mit diesem Ansatz lassen sich Entwicklungen parallel durchführen und damit deutlich beschleunigen.

Im Oktober 2019 präsentierten Forschende von der Harvard Universität ein neuartiges, als «prime editing» bezeichnetes Verfahren zur Genom-Editierung. Ein modifiziertes Fusionsprotein aus Cas9 und einer reversen Transkriptase wird mit einem RNA Fragment programmiert, welches zugleich die Informationen für die gewünschte Position der Erbgut-Veränderung als auch die genaue Art der Veränderung enthält. So lassen sich ohne komplette Durchtrennung des DNA Strangs, welche immer das Risiko unerwünschter Veränderungen mit sich bringt, an sehr vielen Positionen des Erbguts gezielt definierte Punktveränderungen, kurze Einfügungen (Insertionen) oder kurze Löschungen (Deletionen) einführen. Die Forscher vergleichen ihr neues Verfahren mit dem Suchen/Ersetzen Befehl bei der Textverarbeitung. Das Verfahren ist wesentlich effizienter und präziser als herkömmliche CRISPR/Cas-Ansätze. Beide neuen Verfahren wurden in menschlichen oder tierischen Zellkulturen getestet, sollten aber auch für das Genome Editing bei Pflanzen verwendbar sein.

«CRISPR/Cas ist dabei, die grösste Transformation der Pflanzenzüchtung seit der Grünen Revolution einzuleiten», schreiben Angelina Schindele, Annika Dorn und Holger Puchta vom Karlsruher Institut für Technologie KIT in einem aktuellen Übersichtsartikel zu technologischen Entwicklungen bei den innovativen Züchtungsverfahren. Zusätzlich zu den schon seit einigen Jahren verwendeten, gezielten Doppelstrangbrüchen im Pflanzen-Genom mit Hilfe gerichteter Nukleasen wie CRISPR/Cas9 ermöglichen Varianten von Cas mit veränderter Funktionalität Veränderungen durch Einführung eines Einzelstrangbruchs, oder durch gerichtete enzymatische Veränderung der Erbgut-Basen ganz ohne Strangbruch.

Nicht nur präzise, punktförmige Veränderungen im Genom werden durch die neuen Genome Editing Werkzeuge möglich, sondern auch grössere Rearrangements und Umstrukturierungen, so zum Beispiel Deletionen und Inversionen. Dadurch können bestimmte Züchtungsschritte für Pflanzen ermöglicht werden, die mit herkömmlichen Ansätzen kaum zu lösen waren.

Die gezielte Mutagenese mittels CRISPR/Cas kann auch die genetische Vielfalt erhöhen. Gleichzeitige Veränderungen an mehreren Positionen im Genom erlaubt die Produktion zahlreiche Kombinationen als Basis für die Auswahl der am besten geeigneten Varianten. Ein vielversprechender Ansatz zur Verbesserung von Nutzpflanzen, die durch lange Züchtung ihre genetische Vielfalt eingebüsst haben, ist auch die Verwendung von Wildsorten, die durch gezielte Veränderungen von Schlüssel-Genen neu domestiziert werden. In nur einer Generation können so die Eigenschaften der Kultursorten zurückerhalten werden, ohne die übrige genetische Diversität der Sorten zu verlieren.

In der Literatur ist eine grosse Zahl von Versuchen zum Genome Editing bei Pflanzen beschrieben. Mindestens 40 Pflanzenarten wurden bisher mit Hilfe der neuen Verfahren modifiziert. Janina Metje-Sprink, Thorben Sprink und Frank Hartung vom Julius Kühn-Institut in Quedlinburg (D) geben in einer aktuellen Veröffentlichung eine Übersicht zu Freilandversuchen mit solchen Pflanzen. Sie fanden Informationen zu 26 Freilandexperimenten in der

Literatur. Die grösste Gruppe von 16 Versuchen untersuchte Reis und wurde in China durchgeführt. Überhaupt dominierte China mit etwa drei Vierteln der Veröffentlichungen, daneben waren noch die USA, Japan und Grossbritannien aktiv. Ausser Reis wurden auch Tomaten, Raps, Mais, Leindotter, Erdnüsse und Zuckerrohr untersucht. Die untersuchten Eigenschaften sind oft Ertrag, aber auch Krankheitsresistenz, Produktqualität oder Lager-Eigenschaften. Die Referenzen zu den detaillierten Veröffentlichungen sind in der Arbeit von Metje-Sprink (2020) angegeben.

Die Autoren weisen darauf hin, dass die Zahl der von ihnen beschriebenen Veröffentlichungen zu Freilandversuchen mit genom-editierten Pflanzen gering erscheint im Verhältnis zu den umfangreichen Arbeiten im Labor. Das mag mit daran liegen, dass in vielen Ländern für solche Pflanzen keine speziellen Vorschriften bei der Freisetzung gelten, und Resultate daher nicht als "Freisetzungsexperimente" beschrieben werden. In Europa, auf der anderen Seite, sind die bürokratischen Hürden für Freilandversuche mit den hier als «gentechnisch veränderte Organismen» eingestuften Pflanzen so hoch, dass die meisten Forscher davor zurückschrecken. Für die Länder mit einer liberalen Regelung ist für die nächsten Jahre mit einer raschen Zunahme der Anpflanzungen von genom-editierten Pflanzen zu rechnen – entweder im experimentellen Massstab, oder im kommerziellen Anbau.

Quellen: Carlo C. Campa et al. 2019, [Multiplexed genome engineering by Cas12a and CRISPR arrays encoded on single transcripts](#), Nat Methods 16:887–893; [Crispr-Methode revolutioniert](#), ETH Zürich News, 14.08.2019; Andrew V. Anzalone et al. 2019, [Search-and-replace genome editing without double-strand breaks or donor DNA](#), Nature (online 21.10.2019, doi:10.1038/s41586-019-1711-4); Heidi Ledford 2019, [Super-precise new CRISPR tool could tackle a plethora of genetic diseases](#), Nature 574:464-46; Angelina Schindele et al. 2020, [CRISPR/Cas brings plant biology and breeding into the fast lane](#); Current Opinion in Biotechnology 61:7-14; Emily Waltz 2019, [With CRISPR and machine learning, startups fast-track crops to consume less, produce more](#), Nature News, 25.09.2019 Janina Metje-Sprink et al. 2020, [Genome-edited plants in the field](#), Current Opinion in Biotechnology 61:1-6

Genome Editing II

Europa in der Sackgasse, deutsche Agrarverbände fordern Anpassung der Bestimmungen für neue Züchtungsverfahren

Während weltweit die neuen Werkzeuge des Genome Editings die Pflanzenzüchtung beflügeln und rapide Fortschritte bei der Entwicklung verbesserter, auf die Bedürfnisse der Landwirte zugeschnittener Nutzpflanzen ermöglichen, ist die Situation in Europa nach dem Urteil des Europäischen Gerichtshofs EuGH im Sommer 2018 weitgehend blockiert. Die pauschale Unterstellung aller mit innovativen Züchtungsverfahren entwickelter Pflanzen unter das restriktive EU Gentechnikrecht, auch wenn ihre Veränderungen spontan in der Natur entstehen könnten, schränkt die Anwendung der neuen Verfahren für kleine und mittlere Saatzuchtunternehmen massiv ein. Auch die Rechtssicherheit für den Handel steht wegen der eingeschränkten oder nicht vorhandenen Nachweisbarkeit von Veränderungen durch Genome Editing auf dem Spiel, vor allem bei Importen aus dem Ausland, wo die neuen Technologien vielerorts deutlich liberaler geregelt sind.

In einem offenen Brief an die Politik fordern jetzt 23 Verbände der Agrar- und Ernährungswirtschaft aus Deutschland, darunter der Bundesverband der Pflanzenzüchter, der Bauernverband, der Bundesverband der Agrarhandels und die Bundesvereinigung der Ernährungsindustrie, die Politik zum Handeln auf. Sie weisen auf die massiven nachteiligen Folgen des EuGH-Urteils hin, welche das Potential der neuen Züchtungsverfahren z. B. für die

Entwicklung klimatoleranterer Pflanzen, eine verbesserte Sortenvielfalt und Einsparungen von Pflanzenschutzmitteln ungenutzt lassen. Die EU würde sich von der internationalen Entwicklung immer mehr abkoppeln, der Wissenschaftsstandort leiden. Auch das Funktionieren der internationalen Warenströme und der Versorgungsmärkte wäre bei inkompatiblen Regulierungsansätzen nicht mehr gegeben.

Die 23 unterzeichnenden Organisationen des offenen Briefs weisen auf das Votum der Mehrheit der EU Mitgliedsstaaten im Agrarrat vom Mai 2019 hin, in dem die Kommission aufgefordert wird das veraltete und nicht umsetzbare EU-Gentechnikrecht zu überprüfen und dem Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen. Der weltweite Handel mit Agrarrohstoffen müsse auch weiterhin sichergestellt sein. Schliesslich fordern sie einen sachlichen und ergebnisoffenen politischen und gesellschaftlichen Diskurs, an dem sie ihre Teilnahme und Expertise anbieten.

Quellen: [Protest - Wirtschaft fordert Aktualisierung des Gentechnikrechts](#), TOPAgrar online, 24.10.2019; [Offener Brief von Verbänden der Agrarwirtschaft und Ernährungsindustrie anlässlich des Urteils des Europäischen Gerichtshofes zu den Neuen Züchtungsmethoden](#), grain-club.de, 23.10.2019

Genetisch veränderte Organismen

Transgene Pflanzen in der Natur erstaunlich weit verbreitet

Was haben Tee, die Guave, Moosbeeren (Cranberries), und Hopfen gemeinsam? Sie alle sind nicht nur wegen ihrer Geschmackseigenschaften für die menschliche Ernährung begehrt, sondern werden traditionell auch für medizinische Zwecke eingesetzt. Sie leisten so schon lange einen Beitrag zu Genuss und Wohlbefinden der Menschen. Sie sind aber alle genetisch veränderte Organismen, und tragen von Natur aus ursprünglich artfremde Gene in ihrem Erbgut. Das zeigen überraschende Forschungsergebnisse, welche eine grosse Zahl natürlicher transgener Organismen beschreiben.

Tatiana V. Matveeva von der Staatsuniversität St. Petersburg und Léon Otten vom Institut für Pflanzen-Molekularbiologie in Strasbourg untersuchten, wie verbreitet sie Gene aus *Agrobacterium* im Erbgut von Pflanzen fanden. Diese Bakterien können von Natur aus eigene Tumor-Gene in Pflanzen übertragen und diese so lokal zu Wucherungen anregen, welche wiederum Substanzen produzieren, die den Bakterien als Nährstoffe dienen. Es ist möglich, dass die von den Bakterien übertragenen Gene stabil in das Pflanzenerbgut eingebaut und auf folgende Generationen übertragen werden. Dies wurde zwar für Tabak und Süsskartoffeln beschrieben, wurde aber bisher als ungewöhnlicher Einzelfall betrachtet.

Die Forscher machten sich die immer grössere Zahl komplett entschlüsselter Pflanzen-Genome zu Nutze, und suchten mit Computerverfahren im Erbgut von 275 Pflanzenarten nach Ähnlichkeiten zu Genen aus *Agrobacterium*. In 23 Fällen wurden sie fündig. Für sechzehn weitere Pflanzenarten, deren Erbgut noch nicht vollständig entschlüsselt ist, fanden sie in Datenbanken der dort abgelesenen Gene ebenfalls genetisches Material, das ursprünglich aus *Agrobacterium* stammt. So tragen auch die Erdnuss, Verwandte des Hanfes und der Walnuss, die Pampelmuse sowie die Weisse Lichtnelke Bakteriengene in ihrem Erbgut. Durch Genübertragung aus einer fremden Art genetisch veränderte, also transgene, Pflanzen sind daher wesentlich weiter verbreitet als bisher angenommen, und spielen als Nutz-, Medizinal- und Zierpflanzen eine wichtige Rolle. Da sie durch einen natürlichen Prozess entstanden, gelten sie nicht als «gentechnisch verändert» im Sinne der Gentechnik-Gesetzgebung, obwohl sie sich nicht grundsätzlich von Pflanzen

unterscheiden, bei denen Forscher gezielt im Labor Gene aus anderen Organismen eingebaut haben.

Es ist noch nicht bekannt, ob die artfremden Gene in den Pflanzen eine Funktion haben und ob die Genübertragung zu unerwarteten Auswirkungen führt. Die Forscher gehen davon aus, dass der von ihnen beschriebene Prozess eine Rolle bei der Evolution der Pflanzen spielt.

Quelle: Tatiana V. Matveeva & Léon Otten, [Widespread occurrence of natural genetic transformation of plants by Agrobacterium](#), Plant Molecular Biology 101:415–437

Eiweiss- Versorgung

Lebensmittel-Zulassung für essbare Baumwollsamens in den USA

Wäre es möglich, auf der weltweit bereits verfügbaren Ackerfläche zusätzlich den Eiweissbedarf für 500 Millionen Menschen sicherzustellen, ohne die bestehende Produktion anderer Agrar-Rohstoffe einzuschränken? Das wäre mehr Eiweiss, als jedes Jahr in sämtlichen Hühnereiern zur Verfügung steht. Seit fast 25 Jahren arbeitet der indisch-stämmige Forscher Keerti S. Rathore mit seinem Team an der Texas A&M in den USA an der Erfüllung dieses Traums. Er ist ihm jetzt einen grossen Schritt nähergekommen.

Die Forscher entwickelten Baumwolle mit essbaren Samen. Baumwollkapseln enthalten mehr Samen als Fasern, und diese Samen haben einen hohen Eiweissgehalt. Allerdings enthält die ganze Pflanze einschliesslich der Samen die toxische Substanz Gossypol als natürlichen Schutz vor Ungeziefer, Baumwollsamens sind daher für Menschen und nicht-Wiederkäuer ungeniessbar. Mit dem gentechnischen RNAi-Ansatz gelang es den Forschern, die Gossypol-Produktion gezielt in den Baumwollsamens auszuschalten, ohne die Widerstandskraft der ganzen Pflanze gegen Schädlinge zu beeinträchtigen ([Point 200, Dezember 2018](#)).

Im Jahr 2018 erhielt die transgene Baumwollsorte TAM66274 in den USA bereits die Anbauerlaubnis vom Landwirtschaftsministerium, jetzt kam das Einverständnis der Lebensmittel-Aufsichtsbehörde FDA hinzu, die Baumwollsamens als Lebens- und Futtermittel einzusetzen. Damit ist die Möglichkeit eröffnet, mit Baumwolle sowohl Fasern als auch Eiweiss für die menschliche oder tierische Ernährung zu produzieren. Aufgrund der grossen weltweiten Baumwoll-Anbaufläche, auch in Ländern in denen die Eiweiss-Versorgung der Bevölkerung problematisch ist (wie China oder Indien), könnten neue Baumwollsorten mit Doppelnutzung einen wichtigen Beitrag für die Welternährung leisten.

Quellen: [Consultation on Food from New Plant Varieties: Event TAM66274](#), US Food & Drug Administration; [New Texas A&M dual-purpose cotton variety can be used for food, fiber](#), Texas A&M AgriLife TODAY, 11.10.2019; [The Long Road to Edible Cottonseed](#), The Scientist, 11.10.2019

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