

Pappeln, die schneller wachsen, und Weizen, der mehr Körner trägt

Genomeditierung ist ein Werkzeug für Forschung und Züchtung



© IPK Gatersleben, Thorsten Schnurbusch

Wunderweizen mit verzweigter Ähre (links) im Vergleich zu herkömmlichem Weizen mit einer unverzweigten Ähre (rechts)

Landwirtschaft geht uns alle an. Ohne die Menschen, die jeden Tag ihre Felder bestellen, düngen und ernten, wären die Regale in den Supermärkten leer. Doch die Landwirtschaft steht zurzeit vor mehreren großen Herausforderungen.

1. Das Bevölkerungswachstum

Im Jahr 2050 werden knapp zehn Milliarden Menschen auf der Erde leben. Sie alle brauchen Pflanzen als Lieferanten vor allem für Nahrungsmittel, aber auch für Baustoffe oder Medikamente.

2. Der Klimawandel

Extreme Wetterereignisse verhegeln, verbrennen oder überschwemmen die Ernte. Der Temperaturanstieg führt dazu, dass sich die Wachstumszonen der Pflanzen verschieben und dass Pflanzenschädlinge sich weiter ausbreiten.

3. Die Energieversorgung

Zurzeit bezieht die Menschheit den Großteil ihrer Energie aus fossilen Brennstoffen. Doch diese Vorräte sind endlich. Pflanzliche Biomasse könnte hier einen gewissen Ausgleich schaffen.

Genomeditierung revolutioniert die Biologie. Ihre Anwendung ist einfach, die Möglichkeiten scheinen endlos. Aufbauend auf dem Wissen von Genomanalysen ließen sich vergleichsweise einfach und kostengünstig Kulturpflanzen an den Klimawandel anpassen oder Wildpflanzen domestizieren.

Die Anforderungen an die Pflanzenzüchtung sind dementsprechend hoch. Gefragt sind neue Sorten, die mit starken Temperaturschwankungen, langer Trockenheit oder extremen Unwettern klarkommen, die sich gegen Krankheiten wehren und Schädlinge vertreiben können, die effizient mit Stickstoff haushalten und die darüber hinaus noch einen hohen Ertrag liefern.

In zahlreichen Laboren auf der ganzen Welt arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, solche Pflanzen zu entwickeln. Sie bedienen sich dabei unter anderem der Werkzeuge der Genomeditierung. Oft erzeugen sie Pflanzen, bei denen man auch unter Anwendung modernster wissenschaftlicher Methoden nicht mehr feststellen kann, dass Genomeditierung bei ihrer Optimierung eine Rolle gespielt hat. Sie sind von Pflanzen aus traditioneller Züchtung nicht zu unterscheiden.

Mehr Vielfalt im Agrarbusiness

Bisher haben vor allem einige wenige große, internationale Unternehmen den Saatgutmarkt dominiert. Denn die Entwicklung einer neuen Pflanzensorte mit herkömmlichen Methoden ist langwierig und sehr teuer. CRISPR/Cas hingegen ist vergleichsweise günstig. Auch kleinere Firmen können es sich leisten, mit Hilfe dieser Technologie neue Pflanzensorten zu entwickeln. In den USA gibt es bereits einige Beispiele dafür.

Die Firma Calyxt aus Minnesota nutzt TALEN dazu, Sojabohnen mit veränderter Ölzusammensetzung zu produzieren. Dieses Öl lässt sich auf sehr hohe Temperaturen erhitzen, ohne dass dabei ungesunde trans-Fette entstehen. Außerdem forscht die Firma an verschiedenen Weizensorten

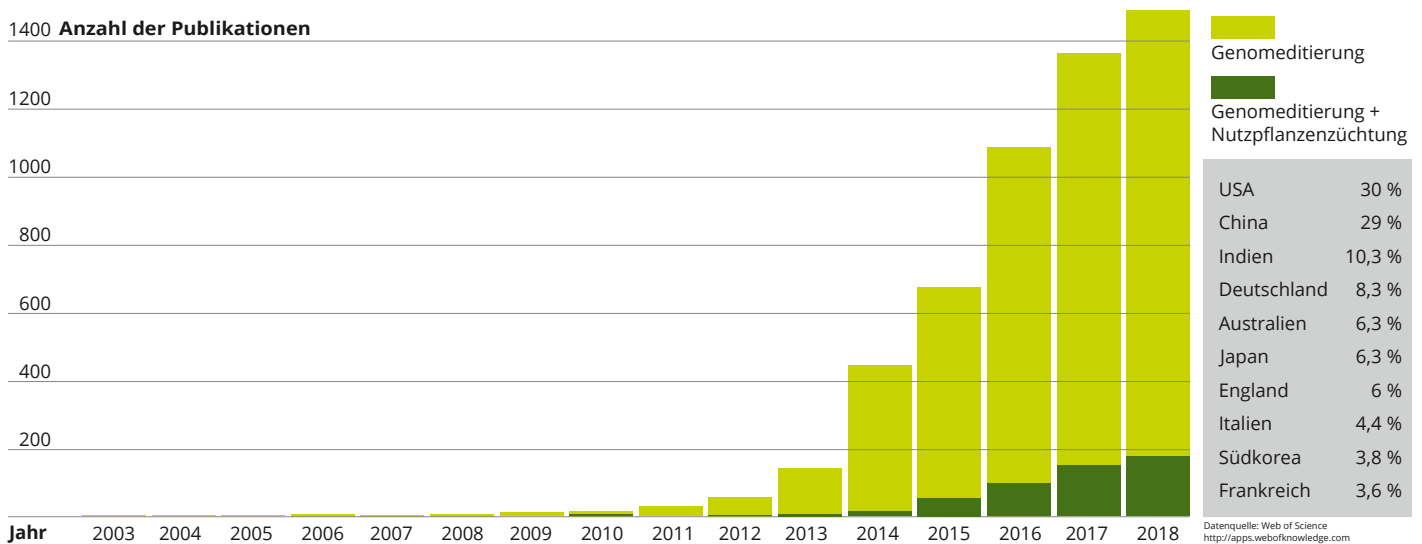
mit veränderten Inhaltsstoffen. Ziel ist es, einen besonders hohen Gehalt an Ballaststoffen beziehungsweise besonders wenig Gluten zu erreichen.

Auch Zuchtchampionnons, die nach dem Schneiden nicht braun werden, gehören in diese Kategorie. Entwickelt wurden sie von Yinong Yang von der Pennsylvania State University, indem er mit Hilfe von CRISPR/Cas ein einziges Gen ausgeschaltet hat.

Andere Firmen haben bei ihren Entwicklungen eher die Landwirtschaft selbst im Sinn. So hat zum Beispiel die Firma Cibus aus San Diego eine Rapsorte entwickelt, die gegen Unkrautvernichtungsmittel aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe resistent ist. Diese transgenfreien Rapspflanzen werden bereits in North Dakota und Montana angebaut.

Nicht nur in den USA, auch in Deutschland ist Genomeditierung aus den Laboren nicht mehr wegzudenken. Ein Beispiel ist das Projekt PopMass, bei dem Pappeln entwickelt werden, die in kurzer Zeit viel Holz bilden. „Pappeln sind ein nahezu idealer nachwachsender Rohstoff“, erklärt Matthias Fladung vom Thünen-Institut für Forstgenetik in Großhansdorf, der das Projekt leitet. „Sie sind anspruchslos und brauchen weder Dünger noch Pflanzenschutzmittel.“ Schon heute kann man von einer Plantage mit herkömmlichen, schnellwachsenden Pappeln alle drei bis fünf Jahre Holz ernten, das als Brennstoff oder für die Papierindustrie verwendet wird. Die PopMass-Pappeln sollen schneller wachsen und den Erntezeitraum nochmals verkürzen.

Doch traditionelle Züchtung ist bei Bäumen eine langwierige Angelegenheit. „Bäume blühen erst nach sechs bis acht Jahren, darum dauern Kreuzungsexperi-



Veröffentlichungen zur Genomeditierung Seit dem Jahr 2012 ist die Anzahl der jährlich erschienenen Veröffentlichungen zur Genomeditierung sprunghaft angestiegen (hellgrün). Zum größten Teil handelt es sich dabei um Publikationen aus dem Bereich der Medizin und der Weiterentwicklung der Methoden. Aber auch in der Nutzpflanzenzüchtung ist das Interesse an Genomeditierung stark gestiegen (dunkelgrün). Hier ist Deutschland an 8,3 % aller bis 2018 entstandenen Publikationen beteiligt und belegt Platz 4. Auf den vorderen Rängen liegen die USA, China und Indien. © GENOMXPRESS SCHOLÆ

mente sehr lange“, erklärt Fladung. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen für PopMass daher CRISPR/Cas, um gezielt Gene zu deaktivieren, welche die Biomasseproduktion hemmen. Fünf vielversprechende Gene haben sie ausgewählt, vier davon konnten sie bereits ausschalten.

In einem anderen Projekt namens Osiris soll CRISPR/Cas dazu beitragen, den Ertrag von Weizen zu erhöhen. Der wird maßgeblich von der Anzahl der Körner pro Ähre bestimmt. Bei unserem herkömmlichen Brotweizen sind es zwischen 45 und 50 Körner, die fein säuberlich in zwei Reihen angeordnet sind. In einigen Gegenden der Welt wächst hingegen Weizen, der eine stark verzweigte Ährenarchitektur aufweist. „Wir nennen ihn ‚Wunderweizen‘, weil er viel mehr Körner pro Ähre produziert als unsere Elitesorten“, sagt Thorsten Schnurbusch vom Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), der das Experiment leitet.

Er hat herausgefunden, dass eine einzige Mutation im Gen *branched head* für diesen Phänotyp verantwortlich ist. Für Züchtung ist das der Jackpot. „Je weniger Gene an einer Eigenschaft beteiligt sind, umso besser“, sagt Schnurbusch. Deaktiviert man dieses Gen mit Hilfe von CRISPR/Cas in Hochleistungssorten, dann bilden auch diese Pflanzen verzweigte Ähren aus. „Im Idealfall sind damit Ertragssteigerungen von fünf bis zehn Prozent möglich“, sagt Schnurbusch.

In Gerste fanden sich noch zwei weitere Gene, die ebenfalls die Ährenarchitektur beeinflussen. Da Gerste und Weizen nah verwandt sind, soll jetzt versucht werden,

diese Gene auch im Weizen zu deaktivieren. Wie genau das die Architektur der Ähre und den Kornertrag beeinflusst, muss sich aber erst noch zeigen.

Auch bei der Optimierung der Krankheitsresistenz von Gerste kommt Genomeditierung zum Einsatz. Das Projekt IdeMoDeResBar soll dazu beitragen, dass Gerste sich besser gegen Virus- und Pilzinfektionen verteidigen kann. „Viren sind auf bestimmte Gene ihrer Wirtsorganismen angewiesen, um sich zu vermehren“, erklärt Jochen Kümlehn vom IPK Gatersleben. Er verantwortet den Teilbereich des Projekts, der sich mit Genomeditierung beschäftigt. Sein Ziel ist es, die in einem anderen Teilprojekt identifizierten Gene mit Hilfe von CRISPR/Cas minimal so zu verändern, dass die daraus resultierenden Proteine weiterhin ihren Zweck im pflanzlichen Stoffwechsel erfüllen, für das Virus aber nutzlos geworden sind.

Nicht zuletzt könnte Genomeditierung auch dazu genutzt werden, ganz neue Pflanzenarten zu domestizieren. Von den mehr als 300 000 Pflanzenarten werden aktuell weniger als 200 kommerziell genutzt. Drei Arten, nämlich Reis, Weizen und Mais, stellen den Großteil aller vom Menschen konsumierten Kalorien. Bei diesen wichtigen Nahrungspflanzen wird es immer schwieriger, weitere Ertragssteigerungen zu generieren und auch ihr Anbaugebiet lässt sich nicht endlos ausdehnen.

Warum also nicht neue wilde Pflanzen zähmen? Besonders vielversprechend erscheinen dabei mehrjährige Pflanzen. Mit ihrem ausgedehnten Wurzelsystem können sie besser Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen. Auch Hülsenfrüchtler sind für

Landwirte interessant. Diese Pflanzen brauchen keinen Stickstoffdünger, sondern binden den lebenswichtigen Stoff dank einer Symbiose mit Knöllchenbakterien aus der Luft. Zu dieser Familie zählt beispielsweise die Erdbirne (*Apios americana*), die von der Urbevölkerung Amerikas schon lange genutzt wird, aber bisher noch kaum züchterische Verbesserung erfahren hat.

Zahlreiche Eigenschaften, die für die Domestikation einer Pflanze wichtig sind, werden von nur einem oder wenigen Genen bestimmt. Dazu gehört zum Beispiel die Ährenstabilität bei Getreiden. Oft sind diese Gene konserviert und kommen auch in verwandten Arten vor. Wenn man sie im Genom von Wildpflanzen findet, kann man sie mit Hilfe der Genomeditierung relativ einfach verändern. Doch bevor die Forschung hier voranschreiten kann, müssen zunächst weitere Genome von agronomisch (potentiell) wichtigen Pflanzen entschlüsselt und verstanden werden.

Arbeitsaufträge

1. Beschreiben Sie die allgemeinen Ziele, die man sich durch die Pflanzenzüchtung der Zukunft erhofft.
2. Welche Pflanzenbeispiele und Forschungsprojekte werden im Text genannt, bei denen Genomeditierung eine Rolle spielt? Erläutern Sie die jeweilige Problemstellung und den Lösungsansatz.