



Züchtung 3.0 – moderne Züchtungstechniken für die Nutzpflanzen der Zukunft

Vor 10.000 Jahren bereits begannen die Menschen, Pflanzen zu kultivieren - und auch zu selektieren: Denn nur jene Pflanzen wurden weiter gezüchtet, die sich für sie als vorteilhaft erwiesen. So entstanden alle unsere heutigen Nutzpflanzen. Der Mensch betreibt durch Auslese schon seit Jahrtausenden zielgerichtete Veränderungen an Pflanzen - mit dem Ergebnis, dass das Erbgut heutiger Nutzpflanzen nur noch wenig mit ihren natürlichen Vorfahren gemeinsam hat. Die Erkenntnisse von Gregor Mendel ermöglichen es bis heute, Kreuzungen und die Auswahl von Nachkommen zielgerichtet zu betreiben. Durch gezieltes Kreuzen, Auslese und Wiederaussaat schaffen Züchter heute neue Sorten mit verbesserten Eigenschaften. Zu optimieren sind seit jeher verbesserte Ertragsleistungen und eine erhöhte Widerstandskraft gegen Pflanzenschädlinge oder Standortnachteile. Keimungsraten von über 90% und perfekte Erntevoraussetzungen der Feldfrüchte sind seit Jahrzehnten für die Landwirte in Europa und Nordamerika selbstverständlich geworden. Sich verändernde klimatische Bedingungen haben heute ein weiteres Züchtungsziel hinzugefügt: Resistenzen gegen zunehmende Wetterextreme wie beispielsweise Trockenheit oder Kälte. Zusätzliches Augenmerk wird auf die Entwicklung von Pflanzen gelegt, deren Inhaltsstoffe gesundheitserhaltende bzw. fitnessfördernde Eigenschaften aufweisen.

Methoden aus modernen Bereichen der Molekularbiologie und Biotechnologie erlauben heute eine sehr präzise - und sehr begrenzt invasive - Züchtung von Nutzpflanzen: Gene - oder besser: einzelne bzw. wenige Basenpaare - gezielt auszutauschen, um auf diesem Weg besser und schneller neue Pflanzen mit bestimmten Eigenschaften zu erhalten, was lange Zeit unvorstellbar schien, ist inzwischen möglich geworden. Das in den letzten Jahren enorm gewachsene molekularbiologische Wissen hat viele neue Techniken hervorgebracht, die allmählich auch in der praktischen Züchtung zum Einsatz kommen. Wissenschaftler/Züchter sehen in den neuen, präziseren Methoden die Möglichkeit, Züchtungsverfahren zu beschleunigen und gleichzeitig vermeintliche Gefährdungspotentiale der neuen Pflanzen genau abzuschätzen. Anders als bei der herkömmlichen Züchtung, aber auch anders als bei der bisherigen, sogenannten rekombinanten Gentechnik, bei der DNA-Abschnitte unterschiedlicher Größe übertragen werden, ist es heute möglich, bestimmte kurze Abschnitte oder einzelne Basenpaare im Erbgut von Zellen gezielt anzuordnen und sie dort - an Ort und Stelle - zu optimieren. Mit Hilfe dieser Techniken können also punktgenaue Veränderungen im Erbgut vorgenommen werden. Die Erbinformation wird dabei so präzise bearbeitet, als wäre sie ein Text in einem Schreibprogramm – Buchstabe für Buchstabe. Defekte Gene, die beispielsweise zum Verlust von Resistenzen gegen Pilzkrankheiten führen, lassen sich spurlos korrigieren. Umgekehrt können durch kleinste Genveränderungen Resistenzen erzeugt werden. Pflanzen mit erwünschten Eigenschaften entstehen. Der wesentliche Unterschied zu den sich bereits auf dem Markt befindenden „Genpflanzen“ ist, dass die neuen Züchtungstechniken in der Regel keine artfremden Gene in die Pflanze einbringen, sondern Gene, die bereits in der Pflanze vorhanden sind, verbessern.

Die Besonderheit der neuen Biotechniken: Sie nutzen natürliche Mechanismen - etwa zelleigene Reparatursysteme oder Abwehrstrategien von Bakterien gegen feindliche Krankheitserreger - um einzelne Gene abzuschalten oder einzelne Basen wie bei einer Mutationen zu modifizieren. Die so entstandenen Pflanzen sind von herkömmlich gezüchteten nicht mehr unterscheidbar. Die Resultate hätten ebenso gut in der Natur entstehen können – durch natürliche Mutation oder konventionelle Kreuzung.

Bei der Anwendung klassischer Methoden der Gentechnik wurde ein Gen für eine bestimmte Eigenschaft aus dem Erbgut einer Pflanze oder eines Bakteriums ausgeschnitten und als zusätzliches Element in die DNA einer anderen Pflanze eingebaut. Dank des fremden Gens produzierte beispielsweise Mais auf diese Art und Weise ein Insektengift. Für derlei züchterische Ansätze ist diese Methode auch zukünftig noch von Belang, nämlich wenn es gilt, alternative Gene aus fremden Organismen in Nutzpflanzen einzubauen, um diesen beispielsweise Trockenresistenz zu verleihen. In der neuen Generation 3.0 hingegen ist der Einsatz von neuen Methoden als Werkzeug zu verstehen. Die Pflanzenzüchter nutzen zwar auch DNA-Abschnitte, die sie in die Zellen der Pflanzen einführen. Dort erledigen diese die gewünschten Veränderungen an der DNA, werden aber nicht eingebaut. Dieses Prinzip – nämlich die Erzeugung von Mutationen – wird seit Jahrzehnten schon in der konventionellen Züchtung verwendet. Anders als bei der klassischen Pflanzenzüchtung werden hier die Mutationen aber nicht wahllos durch Chemikalien oder Strahlung ausgelöst, sondern präzise, an einer zuvor definierten Stelle durchgeführt.

Biologen arbeiten schon seit geraumer Zeit mit solchen molekularen Werkzeugen: Vor einiger Zeit wurden die Zinkfingernukleasen entdeckt. Sie sind in der Lage, DNA punktgenau zu schneiden und an den Schnittstellen können neue Gene bzw. Basenpaare eingefügt werden. Es kam dann ein einfacheres Verfahren namens TALEN hinzu, welches ebenfalls Nukleasen nutzt. In den letzten Jahren haben sowohl der Einsatz von Zinkfingernukleasen (ZFN) als auch von TALENs die Molekularbiologie regelrecht revolutioniert. Bei dieser Methode wird der Zelle ein Fehler in ihrer DNA suggeriert, den diese gemäß einer eingeschleusten, mutierten Vorlage korrigiert. Auf diese Weise kopiert der Reparaturmechanismus der Pflanzenzelle eine vorgegebene Mutation in das eigene Genom. Mit solchen molekularen Werkzeugen können sogar pflanzeigene Gene ausgeschaltet werden.

Es folgte die Entdeckung von CRISPR/Cas9. Diese Technik ermöglicht, an vorher definierten Stellen Mutationen vorzunehmen. Die Möglichkeiten sind hier weitreichend: Genaktivitäten können verändert, defekte Gene repariert und neue Genvarianten hergestellt werden. Diese neue Technik eröffnet wichtige Anwendungsfelder einerseits für die Pflanzenzüchtung und andererseits auch für die Humanmedizin und in der industriellen Biotechnologie.

CRISPR steht für *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*. Eine Sequenz mit sich wiederholenden DNA-Abschnitten in Bakterien, die kurze DNA-Stücke von Viren enthalten, die sie infizieren. Und Cas9 lautet der Name eines Enzyms: "*CRISPR associated protein number nine*". Wegen der extremen Genauigkeit, mit der hier gearbeitet werden kann, spricht man in Zusammenhang mit der neuen Technik auch von Genchirurgie.

CRISPR funktioniert anders als die bisher bekannten Systeme. Es ist eine Art bakterielles Immunsystem. Das Enzym Cas9, das mit Hilfe der sogenannten guide RNA (=Schnittmustervorlage, die beschreibt, wo genau im DNA-Faden sie schneiden soll) an seine Ziel-DNA geleitet wird, spielt die Hauptrolle. Diese RNA erkennt in Bakterien das abzuwehrende Virus, führt die genetische Schere an dessen Nukleinsäure heran und schneidet exakt an der vorgegebenen Stelle. Die auf CRISPR fußende Technologie nutzt dieses Schneiden zusammen mit der DNA-Reparaturmaschinerie von Zellen, um Mutationen gezielt zu erzeugen oder aber - auch das ist möglich - alternative DNA-Fragmente an der Schnittstelle einzufügen.

Bei Weizen, der gegen den Mehltau-Pilz resistent gemacht wurde, konnten mit der neuen Methode beispielsweise drei Gene gleichzeitig verändert werden, was mit klassischen Methoden der Gentechnik oder Züchtung nicht möglich gewesen wäre. Zwar ist jede einzelne Genveränderung minimal und hätte in der Natur auch von selbst auftreten können. Dass allerdings alle drei Mutationen in der Natur gleichzeitig passieren, wäre ein statistisch so seltenes Ereignis, dass Züchter darauf ewig warten würden. Die Crispr-Technik kürzt den natürlichen Weg ab.

Wie bereits erwähnt: Diese neuen Genome Editing-Verfahren werden herkömmliche Züchtung und auch die „herkömmliche“ Gentechnik nicht überflüssig machen, aber bei vielen Zuchtzielen - etwa Toleranzen gegen Trockenheit und Salz, Resistenzen gegen Krankheitserreger, veränderte Inhaltsstoffe - werden sie aufgrund ihrer Präzision und Effektivität künftig im Werkzeugkasten der Pflanzenzüchter eine stärkere Rolle spielen und hier als eine Alternative zur klassischen Gentechnik fungieren. Da sie erheblich schneller und kostengünstiger sind als gentechnische Verfahren, können es sich auch kleine Unternehmen und Forschungseinrichtungen leisten, Genome Editing in der praktischen Pflanzenforschung einzusetzen. Damit wird es wieder interessant, besonders regionale Kulturarten und Merkmale zu bearbeiten und nicht nur die global angebauten Nutzpflanzen wie Mais, Soja, Reis, Raps oder Baumwolle.

Doch ob es tatsächlich dazu kommt, hängt ganz entscheidend davon ab, ob die mit den neuen Verfahren entwickelten Pflanzen als GVO angesehen werden oder nicht. Auf GVO-Pflanzen lastet eine hohe regulatorische Bürde: Teure und langwierige Zulassungsverfahren, besondere gesetzliche Auflagen und - zumindest in weiten Teilen Europas - eine überwiegend ablehnend eingestellte Gesellschaft. Gentechnische Verfahren können sich deswegen nur große multinationale Konzerne leisten und dies auch nur bei weltweit genutzten Kulturarten und Merkmalen. Würden für Genome Editing die gleichen strengen Auflagen gelten, hätten die neuen Verfahren keine Chance in Europa. Ihr Vorteil, besonders für regionale Kulturarten und deren spezifische Ziele neue züchterische Lösungen zu finden, bliebe ungenutzt.

Zweifelsohne ist eine angemessene Prüfung von Pflanzen, die zukünftig mittels Genome-Editing-Verfahren oder durch andere Verfahren hergestellt werden, verpflichtend. Doch sollte das technische Verfahren, das zur genetischen Anpassung eines Organismus eingesetzt wurde, grundsätzlich keine Rolle spielen. Sinnvoller ist es, die Pflanze selbst als

Entscheidungsbasis für oder gegen ihren Anbau zuvor einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen und nicht die Methode, mit der in ihr Erbgut eingegriffen wurde. Ob nämlich eine genetische Anpassung mittels chemischer, physikalischer oder biologischer Verfahren erreicht wurde, ist unerheblich. In der konventionellen Zucht neuer Pflanzensorten wurden und werden per Chemie oder Bestrahlung abertausende Pflanzenvarianten - oder genauer: verschiedenste Genotypen - erzeugt und es wurden und werden nur solche mit vorteilhaften Eigenschaften herausgesucht, vermarktet und angebaut. Chemie und Strahlen erzeugen eine weitaus größere Menge an Veränderungen im Erbgut als alle gentechnischen Verfahren und alle diese Veränderungen sind ungezielt. Anders gesagt: Der Züchter arbeitet nach Versuch und Irrtum. Viele –der - auch im Bioladen – heute angebotenen- Obst- und Gemüsesorten sind so entstanden. Um es noch einmal zu statuieren: Für eine wie auch immer geartete Risikobewertung neuer Pflanzenzüchtungen müssen nur die spezifischen Eigenschaften des Produkts im Mittelpunkt stehen und nicht die Methoden, mit denen sie erzeugt wurden.

Die Grundlagenforschung an Universitäten und großen Pflanzenforschungszentren arbeitet schon seit Jahren mit den neuen Techniken. Wissenschaftler und forschende Unternehmen warten darauf, dass die Politik die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen absteckt - und dies Fakten und nicht Stimmungen folgend.

Frankfurt/Main, November 2015

Dr. J.-W. Kellmann und Prof. Dr. K.D. Jany,
Wissenschaftlerkreis Grüne Gentechnik e.V. (WGG), Frankfurt/Main

Dieser Text ist die leicht gekürzte Fassung eines Beitrages, der in FOOD LAB 3/2015 erschienen ist.