

Neue Techniken in der Pflanzenzüchtung:

Mehr Wissen, mehr Präzision

Neue Züchtungstechniken? Bei Pflanzen? Offenbar schon wieder etwas Neues. Und wofür brauchen wir das eigentlich? Immer mehr Wissenschaft, High Tech oder gar Gentechnik bei unseren Nahrungspflanzen - können wir nicht einfach bei den alten, bewährten Sorten bleiben?

Heute steht den Landwirten eine Vielzahl von Pflanzensorten mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung. Sie sind angepasst an den jeweiligen Standort, an Klima und Bodenqualität, sie liefern hohe Erträge, die Pflanzen sind vital und bringen gesunde, hochwertige Produkte hervor. Auch wenn es mal schlechte Ernten gibt – in der Regel werden die Pflanzen gut mit Krankheiten und Schädlingen fertig. Das alles scheint uns heute selbstverständlich und keinen Gedanken wert.

Die meisten Konsumenten ahnen kaum etwas davon, wie wichtig Züchtung auch heute noch ist. Und erst recht nicht, mit welchen Verfahren das geschieht. Spätestens seit den Beobachtungen von Gregor Mendel ist Züchtung immer wissenschaftlicher geworden. Kaum eine Branche gibt anteilig so viel für Forschung und Entwicklung aus wie die Pflanzenzüchter – etwa 15 Prozent des Umsatzes.

Seit Jahrtausenden ist Züchtung ein ständiger Prozess, in den schon immer Wissen und Erfahrung eingeflossen sind: Anfangs vor allem Geschick und genaue Beobachtungen, später zunehmend naturwissenschaftliche Erkenntnisse. Heute kommen sie vor allem aus Genetik, Zell- und Molekularbiologie. Auch viele neue Züchtungsverfahren sind „Nebenprodukte“ dieser Forschungsbereiche. Immer besser ist es den Biologen gelungen, auch komplexe molekulare Vorgänge zu verstehen: Wie sich etwa Gene ein- oder ausschalten, wie sich lebende Zellen gegen feindliche Eindringlinge schützen oder wie sie Fehler im Erbgut reparieren. Der nächste

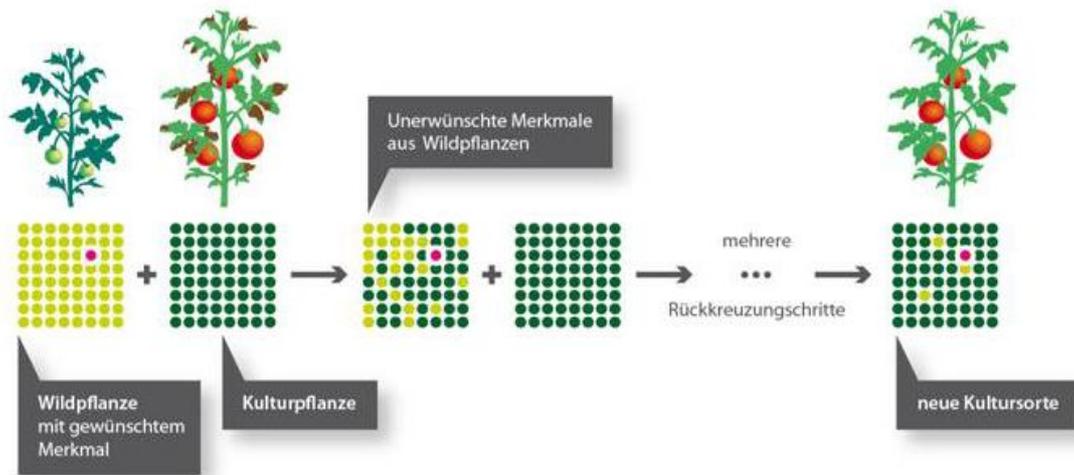
Schritt war, aus solchen natürlichen Mechanismen neuartige Werkzeuge zu entwickeln, die in der Medizin, der Biotechnologie und zunehmend auch in der Pflanzenzüchtung genutzt werden können.

Präzisionszüchtung: Erbgut-Bausteine umschreiben

Neue Züchtungstechnologien – das ist der Sammelbegriff für verschiedene Verfahren. So unterschiedlich sie im Einzelnen auch sind, alle leiten sich aus molekularbiologischem Basiswissen ab, das in den letzten zehn Jahren immer besser und differenzierter geworden ist,

Einige dieser Verfahren funktionieren ähnlich. Etwas vereinfacht bestehen sie aus drei Schritten:

- Zunächst muss im riesigen Genom einer Pflanze – das oft aus Milliarden Basenpaaren (DNA-Bausteine) besteht – genau die Stelle gefunden und angesteuert werden, bei der eine Änderung durchgeführt werden soll. Dazu werden im Labor „Sonden“ konstruiert, die genau zu der jeweiligen Ziel-Sequenz passen. Das können spezielle Proteine (Nukleasen) sein, aber auch bestimmte RNA-Abfolgen. (RNA sorgt für die Umsetzung der DNA-Information.)
- Genau an der jeweiligen Zielsequenz – und nur da – wird der DNA-Strang mit einer molekularen „Schere“ – meist ein Protein - geschnitten. Beide Elemente – „Sonde“ und „Schere“ sind zuvor in die Pflanzenzelle eingeführt worden.



Kreuzungszüchtung: Die Vermischung der Gene

→ Dann greifen die zelleigenen Reparatursysteme: Sie flicken den durchtrennten DNA-Strang. Dabei können DNA-Bausteine entfernt oder abgeschaltet oder werden. Möglich ist auch, kurze DNA-Sequenzen neu in den DNA-Strang einzubauen. Das alles läuft fast genauso ab wie bei einer natürlichen, zufälligen Mutation.

Weil damit Gene – oder besser einzelne DNA-Bausteine – „umgeschrieben“ werden können, werden diese Verfahren auch als *Genome Editing* bezeichnet. Gemeinsam ist ihnen, an ganz bestimmten Stellen im Erbgut einer Pflanze – wie auch bei allen anderen Organismen – mit bisher nicht vorstellbarer Präzision gezielt Mutationen durchführen zu können.

Die mit *Genome Editing* gezüchteten Pflanzen sind von natürlich vorkommenden nicht unterscheidbar. Denn die damit herbeigeführte Veränderung wäre genau so auch durch Kreuzen oder natürliche Mutationen möglich gewesen. Der einzige Unterschied: Es ist nicht mehr ein zufälliges Ereignis, sondern wird gezielt herbeigeführt – für die Pflanzenzüchtung bedeutet das eine große Zeit- und Kostenersparnis.

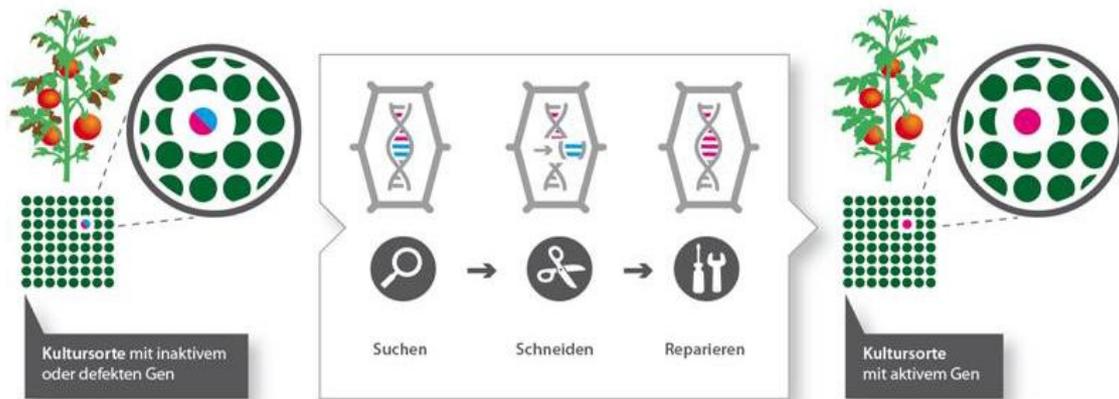
Inzwischen zeichnet sich ab, was mit *Genome Editing*-Verfahren in Zukunft möglich werden könnte. So ist es in China gelungen, bei einer Weizensorte durch gezielte Mutationen in drei Gen-Regionen direkt eine Resistenz gegen Mehltau (Pilzkrankheit) zu erzeugen. Auch lassen sich Merkmale, die im Verlauf der lan-

gen Züchtungsgeschichte (Domestikation) durch natürliche Mutationen verloren gingen, wieder reaktivieren.

Zu *Genome Editing* werden folgende Verfahren gezählt:

- **ODM:** Olegonukleotid gerichtete Mutagenese
- **ZFN:** Zinkfinger-Nukleasen
- **TALEN:** Transcription activator-like effector nuclease
- **CRISPR-Cas:** CRISPR = Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats; Cas = DNA schneidendes Protein

Fortgeschrittene Projekte gibt es etwa bei Raps, Kartoffeln, Mais oder Reis. Schon bald werden *Genome Editing*-Verfahren in vielen Teilen der Welt ganz selbstverständlich zu den Werkzeugen der Pflanzenzüchter gehören. Ihre besonderen Vorteile - schnell, präzise und mit vergleichsweise geringem Aufwand - schlagen vor allem dann zu Buche, wenn es um züchterische Lösungen für regionale Schädlinge oder Pflanzenkrankheiten geht oder Anpassung an besondere Klima- und Standortbedingungen.



Genome Editing: Einzelne DNA-Bausteine „umschreiben“ durch gezielt herbeigeführte Punkt-Mutationen

Anders als bei der Gentechnik, deren Anwendung wegen der hohen Kosten für Entwicklung und Zulassung sich nur große weltweit operierende Unternehmen leisten können, sind *Genome Editing*-Verfahren auch für kleineren Unternehmen und Forschungseinrichtungen interessant.

Präziser und schneller als klassische Kreuzungszüchtung, nicht so kompliziert wie bei der Gentechnik und ohne neue Gene übertragen zu müssen – die neuen Verfahren bieten genau das, was eine zukunftsgerichtete Pflanzenzüchtung an zusätzlichen Möglichkeiten benötigt.

Pflanzenzüchtung ist nie zu Ende. Immer müssen die Züchter mit ihren Sorten den sich ständig anpassenden Schädlingen oder Krankheitserregern einen Schritt voraus sein. Zudem müssen die Kulturpflanzen den wachsenden Ansprüchen an Qualität und Verarbeitung der Ernteprodukte gerecht werden.

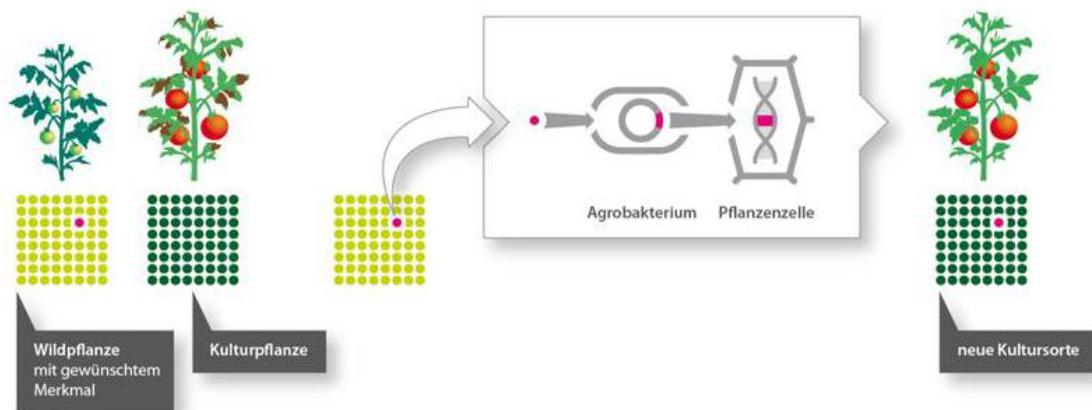
Aus globaler Sicht gilt es vor allem, auf gleichbleibenden Flächen und bei knappen Ressourcen mehr Erträge für eine wachsende Weltbevölkerung zu erzielen. Deswegen wird eine angepasste und flexible Pflanzenzüchtung gebraucht, die schneller auf sich ändernde Bedingungen reagieren kann. Und die dazu beiträgt, die heute immer noch großen Ernteverluste zu reduzieren. Wenn man vor diesen Herausforderungen nicht die Augen verschließt, kann man es sich einfach nicht leisten, pauschal auf die neuen Züchtungstechniken zu verzichten.

Gentechnik oder keine

Pflanzen, die mit neuen Züchtungstechniken erzeugt wurden, unterscheiden sich bei einigen wesentlichen Kriterien von „gentechnisch veränderten“: Es werden in der Regel keine Fremdgene in ihr Erbgut eingebaut. Auch hätten sie zufällig auch unter natürlichen Bedingungen entstehen können und selbst mit hochempfindlichen Nachweisverfahren sind sie nicht von herkömmlich gezüchteten Pflanzen unterscheidbar. Es ist nicht möglich, eine „editierte“ Pflanzen – oder die daraus erzeugten Lebensmittel – von einer „natürlichen“ zu unterscheiden.

Damit treffen die gesetzlichen Kriterien für GVO (gentechnisch veränderte Organismen) auf sie nicht zu. Zwar ähneln die Verfahren, mit denen die *Genome Editing*-Werkzeuge – Sonden oder molekulare Scheren – in eine Pflanzenzelle eingeführt werden, denen der Gentechnik – das Ergebnis aber, die damit erzeugte Pflanze, entspricht einer konventionell gezüchteten.

Bisher ist in der EU noch nicht offiziell entschieden, ob die mit den neuen Verfahren gezüchteten Pflanzen als GVO anzusehen sind oder nicht. Außerhalb Europas sind einige Länder schon weiter. So fallen etwa in Australien, Indien, Argentinien und USA mit einfachen *Genome Editing*-Verfahren erzeugte Pflanzen nicht unter die Gentechnik-Gesetze. Auch einige nationale Behörden von EU-Mitgliedsländern wie Deutschland, Schweden, Großbritannien oder Spanien haben sich ähnlich geäußert.



Cisgenetik: Gene aus artverwandten Wildpflanzen gezielt übertragen

Zwei weitere, ebenfalls in den letzten Jahren neu entwickelte Techniken werden zwar oft den „neuen Züchtungstechniken“ zugerechnet, unterscheiden sich aber deutlich vom *Genome Editing*.

Beide nutzen die Gentechnik, werfen aber die Frage auf, in wie weit die seit 25 Jahren unveränderte gesetzliche GVO-Definition nicht längst von der Wissenschaft überholt ist.

Cisgenetik: Gentechnik nur mit art-eigenen Genen

Sorten mit verbesserter Resistenzeigenschaft gegen Pflanzenkrankheiten - das ist eine Kernaufgabe klassischer Züchtung. Zum Beispiel Kartoffeln: Viele Kultursorten sind nicht ausreichend widerstandsfähig gegen die Kraut- und Knollenfäule, das wohl größte Problem im Kartoffelanbau. Ausgelöst wird sie durch einen pilzähnlichen Erreger, der äußerst wandlungsfähig ist. Den Landwirten bleibt nichts anderes übrig, als vorsorglich immer wieder Pflanzenschutzmittel zu spritzen – in Deutschland zwischen 10- und 15-mal im Jahr. Die Ökolandwirte setzen umweltschädliche Kupferpräparate ein, die sich zudem im Boden anreichern.

In einigen Wildkartoffeln aus Südamerika haben die Züchter Resistenz-Gene gegen die Kraut- und Knollenfäule gefunden. Doch es ist ein mühsamer und langwieriger Prozess, diese in Kultursorten hineinzubekommen. Nach der Kreuzung von Wild- und Kulturkartoffeln besitzen deren Nachkommen eine zufällige Mixtur von Merkmalen beider Eltern.

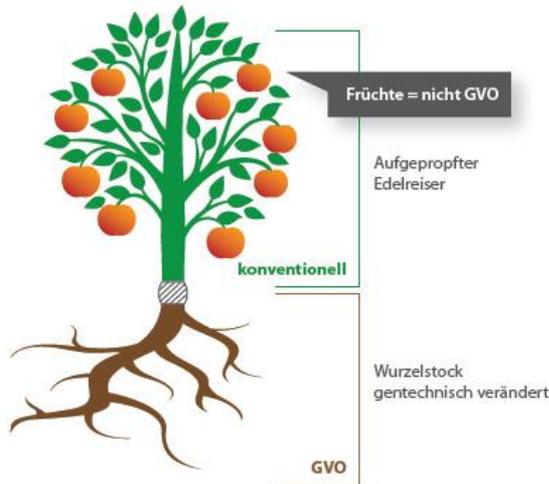
Die Züchter müssen nun die unerwünschten Eigenschaften der Wildkartoffel – etwa kleine Knollen oder schlechter Geschmack – wieder herauszüchten, ohne die erwünschten Eigenschaften der Kultursorte und das Resistenz-Gen zu verlieren. Bis dann am Ende eine gute Sorte herauskommt, die Landwirte und Konsumenten überzeugt, kann es bis zu dreißig Jahre dauern.

Mit den heutigen molekularbiologischen Verfahren kann diese Zeitspanne drastisch verkürzt werden: Es werden nur die jeweiligen Resistenz-Gene übertragen, die ausschließlich aus dem *Genpool* der jeweiligen Art stammen – im Falle der Kraut- und Knollenfäule mehrere Resistenz-Gene aus Wildkartoffeln. Die jeweilige Kultursorte bleibt ansonsten unverändert. Das besonders aufwändige Rückkreuzen über mehrere Generationen entfällt.

Man nennt diesen Ansatz Cisgenetik, die damit erzeugten Pflanzen cisgen (diesseits der Artgrenzen in Unterschied zu transgen = jenseits). Man kann sie sich als mit Hilfe gentechnischer Verfahren zielgerichtete und damit beschleunigte konventionelle Züchtung vorstellen.

Die Cisgenetik ist vor allem bei solchen Kulturarten vorteilhaft, bei denen die klassische Züchtung besonders langwierig ist, etwa bei Kartoffeln oder bei Obstbäumen. So haben Forschergruppen aus der Schweiz, den Niederlanden und Deutschland cisgene Apfelbäume entwickelt, die gegen Apfelschorf und

Feuerbrand, zwei bedeutende Pflanzenkrankheiten, resistent sind. Nachdem sie in Wildäpfeln geeignete Resistenz-Gene gefunden hatten, wurden diese in gängige Apfelsorten übertragen. Erste Anbauversuche im Freiland haben sich als viel versprechend erwiesen.



Pfropfen: Alte Technik, neue Möglichkeiten

Vor allem bei Zier- und Obstbäumen ist das Pfropfen eine seit langem bewährte Technik. Auf einen Wurzelstock - „Unterlage“ genannt – wird ein „Edelreiser“ gepfropft. So kann man verschiedene Eigenschaften aus den Pflanzenteilen miteinander kombinieren: Etwa bei Weinreben, wo das Pfropfen uner-

lässlich ist: Europäische Wurzelstöcke sind empfindlich gegen die Reblaus, die Ende des 19. Jahrhunderts aus Amerika eingeschleppt wurde und zu immensen Schäden im Weinbau führte. Seitdem werden Edelreiser europäischer Rebsorten auf amerikanische und damit Reblaus-resistente Wurzelstöcke gepfropft.

Die moderne Variante dieser klassischen Technik funktioniert ähnlich. Der Wurzelstock sollte für den Anbau wichtige Eigenschaften besitzen, etwa Resistenzen gegen bodenbürtige Krankheiten oder eine veränderte Bewurzelung, welche die Nährstoffversorgung der Pflanze verbessert. Beim Reiser hingegen kommt es auf Produkteigenschaften an, etwa Geschmack und Aussehen der Früchte.

Inzwischen kann ein Wurzelstock auch mit gentechnischen Verfahren optimiert werden, etwa durch Einführen bestimmter Resistenz-Gene. Dieser Wurzelstock mit dem später aufgesetzten konventionellen Reiser wäre dann eine gentechnisch veränderte Pflanze. Der Reiser selbst und – wenn es sich etwa um einen Obstbaum handelt – auch dessen Früchte, enthalten die in den Wurzelstock neu eingeführten Gene jedoch nicht. Es sind immer dieselben Früchte ganz gleich, ob sie auf eine herkömmliche oder eine gentechnisch veränderte Unterlage gepfropft wurden

(Stand: Januar 2016)

Ausführliche Informationen:

www.transgen.de | transGEN Pflanzen • Forschung • Landwirtschaft • Lebensmittel

Text und Redaktion: i-bio Information Blowissenschaften, Krautmühlenweg 8, 52066 Aachen
www.i-bio.info

Grafiken: pigurdesign