Dr. Thomas Rühmer, Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg

Zukunftsorientierte Technologien in der Züchtung neuer Apfelsorten

Die Anforderungen an neue Sorten in der Apfelproduktion werden immer vielfältiger. Sie sollen robust gegen Krankheiten und Schädlinge sein, Trockenperioden gut überstehen, Frosttemperaturen während der Blüte aushalten und vieles mehr. Bei klassischen Züchtungsmethoden kann man davon ausgehen, dass die Entwicklung einer neuen Apfelsorte bis hin zur Marktreife etwa 20 Jahre dauert. Die Frage ist, ob noch so viel Zeit bleibt, um den Versorgungsgrad mit einheimischer Produktion in Österreich zu bewahren. In weiterer Folge stellt sich die Frage, welche moderneren Methoden es gibt, um den Züchtungsprozess zu beschleunigen. Es gibt zum Beispiel gentechnische Methoden und Technologien, die dazu genutzt werden könnten. Aber letztlich bleibt das Ziel, Apfelsorten zu erzeugen, die frei von artfremden Genen sind.

Die zwei großen Herausforderungen der Apfelzüchtung mit klassischen Methoden

Versucht man mit klassischer Züchtung, fortgeschrittene Apfelsorten mit guten Baum- und Fruchteigenschaften zu selektieren, müssen meistens mehr als 30.000 Sämlinge untersucht werden, um möglicherweise einen Sämling darunter zu finden, der das Potential hat, eine neue Sorte zu werden. Das ist ein großer Aufwand und erfordert beachtliche zeitliche und finanzielle Ressourcen.

Will man außerdem noch Eigenschaften von Wildapfelgenotypen wie zum Beispiel eine Schorfresistenz in eine neue Apfelsorte einkreuzen, würde das noch länger dauern und es wäre noch aufwändiger, weil die meisten Wildapfelbäume sehr kleine Früchte produzieren und viele andere unerwünschten Eigenschaften besitzen (z.B. stringente, bittere Früchte, zu weiche oder zu harte Fruchtfleischfestigkeit, usw).

Bis man die Schorfresistenz mit einer ansprechenden Fruchtgröße kombiniert und die unerwünschten Eigenschaften aus dem Zuchtmaterial entfernt hat, braucht man zumeist fünf Folgegenerationen oder mehr. Die lange juvenile Phase von Apfelsämlingen – es dauert etwa vier bis fünf Jahre bis zur ersten Blüte – verlangsamt den gesamten Züchtungsprozess. In der Tat dauert bei klassischer Züchtung der ganze Prozess 20 bis 25 Jahre.

Bei jeder Kreuzung gehen einige der sortentypischen Eigenschaften der beiden Elternsorten verloren. Das macht den Züchtungserfolg schwierig und langwierig.
© Giovanni Broggini, ETH Zürich/Agroscope

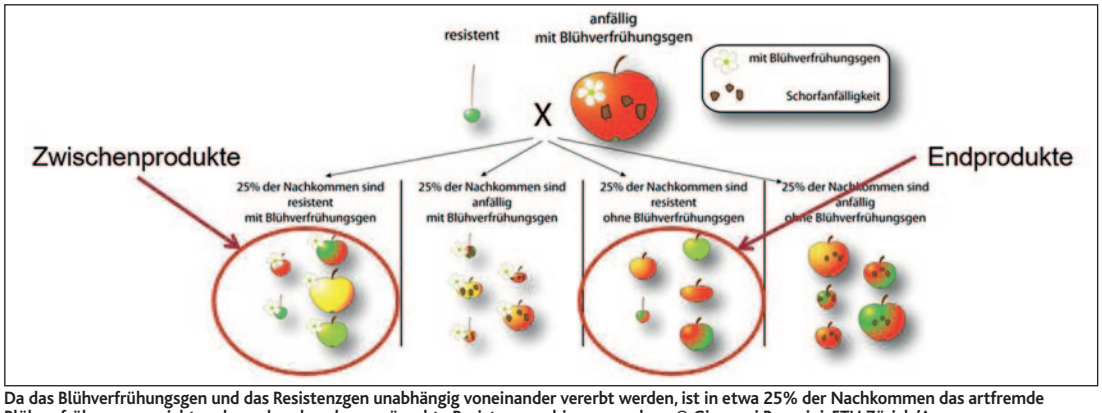
Die heute gängigen schorfresistenten Apfelsorten sind mit dem Resistenzgen aus Malus floribunda 821 ausgestattet. Diese Apfel-Art produziert Äpfelchen in der Größe von kleinen Kirschen.

Verkürzung der juvenilen Phase durch die Methode der Blühverfrühung

Durch gezieltes Einbringen eines Gens aus der Birke kann die Juvenilphase eines Apfelsämlings auf wenige Monate verkürzt werden. Das bedeutet, dass solche Pflanzen bereits wenige Wochen nach der Aussaat zu blühen beginnen.

Durch diese massive Verkürzung des Zeitraums bis zur ersten Blüte könnte man den oben beschriebenen Züchtungsprozess, der mit klassischen Methoden 20 bis 25 Jahre dauern würde, auf nur fünf Jahre reduzieren. Liegen das Blühverfrühungsgen und das Resistenzgen auf unterschiedlichen Chromosomen, werden diese zwei Gene auch unabhängig voneinander vererbt. Dadurch entsteht nach jeder Rückkreuzung eine Gruppe von Nachkommen (ca. 25%) mit dem gewünschten Resistenzgen, aber ohne das Blühverfrühungsgen (also ohne artfremde Gene). In dieser Gruppe befinden sich die Nachkommen, die in der klassischen Züchtung weiterbenützt werden könnten.

www.rauch.co.at
RAUCH
A 8041 Graz, Liebenauer Hauptstraße 138
(+43) 0316 816821-0
Waagen & Systeme A-Z Eichservice
Mikro Sprühnebeltechnik
Lebensmittelmaschinen A-Z
Palettenwaagen Übernahmewaagen Brückenwaagen Laborwaagen Luftbefeuchtung Aufschnittmaschinen Vakuumgeräte



Da das Blühverfrühungsgen und das Resistenzgen unabhängig voneinander vererbt werden, ist in etwa 25% der Nachkommen das artfremde Blühverfrühungsgen nicht mehr vorhanden, das gewünschte Resistenzgen hingegen schon. © Giovanni Broggini, ETH Zürich/Agroscope

Mit dieser Technologie kann man also mehrere Kreuzungen in kurzen Zeitabständen durchführen. In Europa ist die gesetzliche Lage für Pflanzen, die mit dieser Methode entstanden sind, aber das Blühverfrühungsgen nicht mehr enthalten, noch nicht definiert. In den USA gelten solche Pflanzen als nicht gentechnisch modifiziert.

Cisgenetik

Von Cisgenetik spricht man, wenn die Pflanzen am Ende des Transformationsprozesses nur Gene von sexuell kompatiblen Pflanzen enthalten (also Gene, die auch durch die klassische Züchtung eingekreuzt werden können), und somit keine artfremden Gene. Der Vorteil der Methode, wie bei transgenen Pflanzen, ist die Beibehaltung der Eigenschaften der transformierten Sorte. Im Vergleich dazu entsteht mit der Methode der Blühverfrühung am Ende des Prozesses eine neue Sorte. Im Gegensatz zu CRISPR/Cas (siehe unten) wird die Cisgenetik benützt, um ganze Gene in einer Sorte einzubauen. Laut EFSA (European Food Safety Authority) weisen cisgen und herkömmlich gezüchtete Pflanzen ähnliche Risiken auf. Cisgene Pflanzen gelten in der EU als gentechnisch veränderte Organismen, in den USA (je nachdem wie sie erzeugt wurden) nicht als gentechnisch verändert.

CRISPR/Cas9

Im Jahr 2020 erhielten die Molekularbiologinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna den Chemie-Nobelpreis für die Entwicklung des CRISPR/Cas-Verfahrens, mit dem DNA-Bausteine im Erbgut gezielt verändert werden können. Vereinfacht gesprochen nennt man diese Technik auch „Genschere", weil definierte Erbgutabschnitte mit dieser Methode gezielt geschnitten werden können. Aktuell wird CRISPR/Cas benützt, um Gene gezielt auszuschalten, also eine Art von gezielter Mutagenese. Diese Methode könnte zum Beispiel auch bei der Züchtung von Apfelsorten eingesetzt werden. Damit könnte man gezielt Gene ausschalten, die unerwünschte Eigenschaften bewirken wie z.B. das Verbräunen des Fruchtfleisches nach dem Aufschneiden von Äpfeln. Die Methode könnte man auch einsetzten, um Anfälligkeitsgene gegen den Feuerbrand und so robustere Sorten zu generieren. Auch bei dieser Methode bleiben die Eigenschaften der Sorte wie Geschmack, Aussehen etc. unverändert. Derzeit wären so entstandene Apfelsorten in Europa als gentechnisch modifizierte Organismen eingestuft. Eine Neubeurteilung ist gerade im Gange und eine Entscheidung wird für Ende Juni 2023 erwartet.

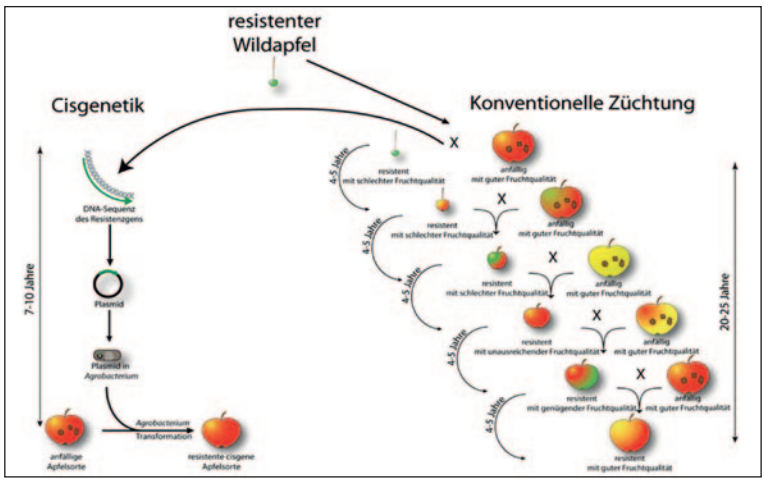
Klassische Mutationszüchtung weitgehend akzeptiert

Seit Jahrzehnten werden Mutationen ausgelöst, um Sorten zu verbessern. Dazu verwendet man radioaktive Strahlung, Chemikalien oder UV-Licht. Durch solche Behandlungen entstehen Hunderte von im Erbgut zufällig verteilten Mutationen. Wird per Zufall ein Gen ausgeschaltet oder aktiviert, kann dies möglicherweise eine erwünschte Eigenschaft in der Pflanze erbringen. Diese Ereignisse sind aber selten, und so ist ein Massenscreening nötig, um sie zu finden. Zahlreiche Sorten (darunter auch die rosa Grapefruit) sind auf solche Art und Weise entstanden und gesetzlich von der Direktive zur Regelung gentechnisch veränderter Organismen ausgenommen.

Theoretisch könnten CRISPR/Cas und die klassische Mutationszüchtung zu identischen Ergebnissen führen. Es können jedoch keine Methoden entwickelt werden, um zu identifizieren, mit welcher Methode die Änderung erzeugt wurde. Die zwei theoretisch identischen Produkte wären aktuell in Europa unterschiedlich reguliert, d.h. die CRISPR/Cas-Sorte wäre aktuell als GMO reguliert, während die per klassischer Mutationszüchtung entstandene Sorte nicht als GMO reguliert wird.

Fazit

Die neuen Züchtungstechnologien bieten Lösungsansätze für die aktuellen Herausforderungen, denen die klassische Apfelsortenzüchtung gegenübersteht. Neben den technischen Umsetzungsschwierigkeiten gibt es auch große Fragen und damit Aufgaben für den Gesetzgeber. Ist es notwendig und/oder korrekt, Pflanzen zu regulieren, die eine gentechnische Veränderung der Elternsorten nicht geerbt haben (wie im Falle der Endprodukte bei der Methode mit dem Blühverfrühungsgen)? Sollen Pflanzen unterschiedlich beurteilt werden, die genetisch identisch sind, aber mit unterschiedlichen Techniken erzeugt wurden?



Mit Hilfe der Cisgenetik werden Gene gezielt in eine bestehende Apfelsorte eingeschleust. Dadurch kann der Züchtungsprozess auf einen Zeitraum von 7-10 Jahre verringert werden.
© Giovanni Broggini, ETH Zürich/Agroscope

Methodenvergleich CRISPR/Cas9 versus Mutationszüchtung

CRISPR/CAS9	MUTATIONSZÜCHTUNG
Gezielte Mutationen	Zufällige Mutationen
Veränderungen in unerwünschten Orten im Erbgut möglich	Veränderungen in unerwünschten Orten im Erbgut sicher und häufig
Erbgutsequenz des Genes, das ausgeschalten werden soll, muss bekannt sein	Keine Vorkenntnisse über das Gen, das ausgeschalten werden soll, nötig
Effizient (kein Massenscreening nötig)	Massenscreening notwendig