

Genetische Evolution

New Breeding Techniques, kurz NBTs, könnten die Zukunft der Apfelzucht sein – eine Wunderwaffe gegen neue Erreger und die Klimakrise. Was es mit den neuen Züchtungsmethoden genau auf sich hat und worum in der EU-Kommission derzeit gerungen wird, beleuchtet unser *Dossier*.

Text Christian Heinrich

Fotografie Michael Pezzei, Patrick Schwienbacher



AUDIO-STORY



Die Forschung sieht *New Breeding Techniques* als vielversprechenden dritten Weg neben der zeitaufwendigen herkömmlichen Züchtung, die Jahrzehnte dauern kann, und den teils umstrittenen klassischen gentechnischen Methoden, die etwa Fremdgene in Pflanzen einschleusen.

„NBTs führen Veränderungen wie in der Natur herbei – nur schneller und gezielter.“

Dr. Thomas Letschka, Leiter der Arbeitsgruppe Züchtungsgenomik am Versuchszentrum Laimburg

„Trial and Error“ ist das Prinzip der Evolution. Welche Bedrohung auch immer auf Tiere oder Pflanzen wartet, die Natur findet meist einen Weg. Nur lässt sie sich dafür Zeit – viel Zeit. Dank der Durchmischung der „Eltern“ und der natürlichen Mutationen entstehen Nachkommen, die sich alle leicht voneinander unterscheiden. Wer einen Vorteil hat angesichts aktueller Bedrohungen, setzt sich gegen die anderen durch. In der Landwirtschaft gilt dies zwar auch, aber nur begrenzt. Denn was nützt ein Apfel, der resistenter gegen Schorf ist, aber eine mehlig Konsistenz hat und nicht gut schmeckt? Er wird aussortiert. Und zwar vom Menschen.

Im Apfelanbau greift man seit jeher in die Fruchtentwicklung sanft ein, „durchsetzen“ tun sich jene Äpfel, die saftig schmecken und beim Käufer gut ankommen. „Der Geschmack des Konsumenten ist so – ganz natürlich – zu einem wichtigen Selektionsmerkmal geworden. Und das ist gut so, schließlich fußt die ganze Apfelwirtschaft darauf“, sagt Dr. Thomas Letschka, Leiter des Instituts für Agrikulturchemie und Lebensmittelqualität und Leiter der Arbeitsgruppe Züchtungsgenomik am Versuchszentrum Laimburg nahe Bozen. Doch das herkömmliche Züchten ist aufwendig. Man kreuzt zum Beispiel mühsam einen Gala-Apfel mit einer Sorte, die resistent ist gegen den Befall des Bakteriums *Erwinia amylovora*, das den berüchtigten Feuerbrand auslöst. Aber nur ein Bruchteil der Nachkommen hat eine gewisse Robustheit gegenüber Feuerbrand. Diese haben allerdings den fantastischen

Gala-Geschmack verloren. Und das stellt man erst nach fünf, sechs Jahren der Anzucht fest. Neuer Versuch.

Manch ein Apfelzüchter, der in jungen Jahren beginnt, ist im Ruhestand, wenn eine neue, annehmbare Sorte entstanden ist. Beim Züchten geht es nicht um Jahre, sondern häufig um Jahrzehnte. Denn wie sich die Gene bei der Kreuzung zweier Sorten mischen, entscheidet der Zufall.

Etwa seit den 1980er Jahren gibt es technische Methoden, die das Züchten ein wenig gezielter gestalten. Aber nur ein wenig, und das ist das Problem. Man kann mit diesen sogenannten klassischen gentechnischen Methoden – die bekannteste davon ist die Transgenetik, die heute auch als Synonym für alle klassischen gentechnischen Methoden verwendet wird – bestimmte Gene von außen in eine Pflanze hineinbringen. Dadurch macht man die Pflanze zu einer transgenetischen Pflanze, einem genetically modified organism, kurz GMO.

Wo genau im Genom der Pflanze die neuen Gene eingebaut werden, ist größtenteils Zufall. Manchmal stammt das Gen aus einer ganz anderen Art. So ließe sich etwa in eine Tomate ein Gen eines Frosches einbauen, um sie weniger matschig zu machen. Aber selbst wenn es so gelingt, die Tomate zu verbessern – was sich in ihr sonst noch verändert, weiß man nicht. Zu ungenau ist das Einbauen des Gens. „Das weckt natürlich Befremden beim Konsumenten. Kein Wun-

Glossar

Transgenetik:

klassische gentechnische Methode. Artfremde Gene werden von einem Organismus in einen anderen, z. B. in eine Pflanze, transferiert. Heute wird der Begriff häufig als Synonym für alle klassischen Gentechnik-Methoden verwendet. Zum Anbau zugelassen sind bisher mit Transgenetik veränderte Pflanzenarten wie Soja, Mais, Baumwolle und Raps. Bei Konsumenten vor allem in Europa stößt die Methode häufig auf Ablehnung. In Europa müssen transgenetische Pflanzen – *genetically modified organisms*, kurz GMO – gekennzeichnet werden.

New Breeding Techniques (NBTs):

Züchtung mithilfe neuer Technologien, die bekannteste ist CRISPR/Cas. Dabei wird gezielt in die DNA eingegriffen und nur so, wie es in der Natur durch spontane Mutationen auch passieren könnte. Dies unterscheidet NBTs von klassischen gentechnischen Methoden (Transgenetik). In der EU tendiert man daher aktuell dazu, NBTs nicht der klassischen Gentechnik gleichzustellen.



1



2



3

der, dass solche Kreuzungen im Volksmund auch ‚Frankenfood‘ genannt werden“, sagt Letschka. Hinzu kommt ein komplexer Zulassungsprozess. Gute Gründe, warum es bis heute in Europa keinen Apfel zu kaufen gibt, der mit klassischen genetischen Methoden verändert wurde.

Also weiter zeitaufwendig züchten? Derzeit tun sich andere Möglichkeiten am Horizont auf. Ein dritter Weg wird von der Forschung und vielen Züchtern als erfolgsversprechend angesehen: die sogenannten New Breeding Techniques, kurz NBTs. „Damit sind neue Züchtungsmethoden gemeint, die sich klar von den klassischen gentechnischen Methoden, also GMO, abgrenzen. Es geht im Grunde darum, gewünschte Veränderungen im Genom, die in der Natur beim Züchten im Laufe von Jahrzehnten entstehen, gezielt und

schnell herbeizuführen“, sagt Letschka. Man greift also ins Erbgut der Äpfel ein – schleust aber keine artfremden Gene ein, sondern verändert nur so viel, wie es die Natur auch selbst machen würde. „Und das lässt sich sehr genau steuern, das ist einer der Hauptunterschiede zur klassischen Gentechnik. Wir können ein ganz bestimmtes Gen genau dort minimal verändern, wo der beste Effekt erzielt wird“, sagt Letschka.

Am häufigsten kommt bei den NBTs eine Methode namens CRISPR/Cas zum Einsatz. CRISPR/Cas ist ein Enzym, das von einem Bakterium hergestellt wird. Häufig wird es als „Genschere“ bezeichnet: Es kann sehr gezielt – auf den DNA-Baustein genau – schneiden und so punktuell etwas verändern. Das Potenzial der Genschere wurde erstmals 2012 im Fachmagazin *Science* beschrieben,

1 Die gängigste Methode unter den NBTs ist die sogenannte *Genschere* CRISPR/Cas: ein Enzym, das von einem Bakterium hergestellt wird und DNA-Bausteine präzise schneiden kann.

2 „Mit NBTs lassen sich bestimmte Gene minimal und gezielt verändern“, erklärt *Thomas Letschka*. Ein Eingriff ins Erbgut, der keine artfremden Gene benötigt.

3 Derzeit diskutiert die *EU-Kommission*, ob NBT-gezüchtete Äpfel eingestuft werden sollen wie normal gezüchtete Äpfel, da sie genauso risikoarm seien.



1 Die EU diskutiert über eine *Kennzeichnungspflicht* für NBT-veränderte Pflanzen – wie bei klassischer Gentechnik.

2+3 Im Nachhinein lässt sich nicht nachweisen, ob Pflanzen durch CRISPR/Cas oder durch natürliche Mutation verändert wurden. Das macht die *Rückverfolgung und Kontrolle* schwierig.

4 *Giovanni Broggin* forscht in Zürich an einem spezifischen Gen, das Gala-Äpfel resistenter gegen Feuerbrand macht.

„Wir versuchen Gene aus- zuschalten, die Äpfel anfällig für Krankheiten machen.“

Dr. Giovanni Broggin, Forscher für Molekulare Pflanzenzüchtung an der ETH Zürich

2020 erhielten ihre Entdeckerinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna dafür den Chemie-Nobelpreis. In der Medizin forscht man derzeit an neuen Therapien mithilfe von CRISPR/Cas. Und in der Landwirtschaft will man damit das Züchten deutlich beschleunigen – und revolutionieren.

In der Schweiz arbeitet der Chemiker Dr. Giovanni Broggin in einem Gewächshaus bereits daran, gezielt die Krankheitsresistenz bekannter Apfelsorten zu verbessern. Der Forscher für Molekulare Pflanzenzüchtung am Departement Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich will Gala-Äpfel gezielt mit einem Gen ausstatten, das resistenter gegen Feuerbrand macht. „Und in weiteren Experimenten schliessen wir von außen nicht einmal ein Resistenzgen ein, sondern versuchen, sogenannte Anfälligkeitgene gezielt auszuschalten. Also Gene, die einen Apfel anfällig für bestimmte Krankheiten oder Erreger machen. Schalten wir sie aus, dann ist er weniger anfällig“, sagt Broggin.

Ist das noch natürlich? Ein Apfel, der mit der Genschere verändert wird, geht den Weg über ein Labor, und um mit CRISPR/Cas im Apfelgenom zu schneiden, muss man DNA vom Bakterium hinzugeben, das die Genschere herstellt. Sie sorgt dafür, dass CRISPR/Cas in der Apfelpflanze produziert wird und dann arbeiten kann. Danach schneidet man die Elemente mit CRISPR/Cas-Genen wieder heraus. Doch diese Zwischenschritte könnten künftig entfallen: Broggin forscht daran,

CRISPR/Cas im Labor künstlich herzustellen und es direkt in die Pflanzenzelle einzuschleusen, sodass man wirklich nur an der gewünschten Stelle im Apfelgenom eingreift.

Doch es lässt sich schon heute bei Pflanzen nicht nachweisen, ob sie durch CRISPR/Cas punktuell bearbeitet wurden. „Man kann im Nachhinein nicht herausfinden, ob die Veränderung durch eine natürliche Mutation entstanden ist oder eben durch einen Eingriff mit CRISPR/Cas“, sagt Letschka. „Das macht eine Rückverfolgung und somit Kontrolle schwierig, verdeutlicht aber, dass damit gezielt solche Veränderungen herbeigeführt werden, die auch in der Natur durch Mutationen entstehen könnten.“

Bedeutet CRISPR/Cas also für die Apfelpflanze einen Sprung nach vorne? Gerade beliebte Sorten wie Gala und Golden Delicious sind anfällig gegen Schädlinge. Mit CRISPR/Cas könnte man ihre Widerstandsfähigkeit erhöhen, wie es Broggin in einem Gewächshaus in Zürich versucht.

Trotzdem hat noch niemand in Europa die Zulassung eines Apfels beantragt, der mithilfe von CRISPR/Cas verbessert wurde. Das liegt daran, dass Äpfel, die mit NBTs gezüchtet wurden, derzeit in der EU wie Äpfel behandelt werden, die mit klassischer Gentechnik (GMO) gezüchtet wurden. Und das schreckt Züchter ab, denn für eine Zulassung sind enorm aufwendige und teure Prüfungen und Studien nötig.

Glossar

Genome Editing:

Überbegriff für alle technologischen Methoden, mit denen das Genom editiert wird, ohne Fremdgene hinzuzufügen. Dazu zählen NBTs wie CRISPR/Cas.

CRISPR/Cas:

Ein von Bakterien hergestelltes Enzym, das sehr gezielt an bestimmten Stellen in der DNA schneiden kann und deshalb auch „Genschere“ genannt wird. Damit lassen sich entweder gezielt einzelne Gene ausschalten, etwa Anfälligkeitgene (sie machen Pflanzen für bestimmte Krankheiten anfälliger) oder auch gezielt Gene einbauen, etwa ein Gen einer verwandten Apfelsorte, das resistenter gegen bestimmte Pilze macht (und zwar ohne dass sich der veränderte Apfel sonst nennenswert verändert).

Cis-Genetik:

Wird eine Pflanze cis-genetisch verändert, werden nur Gene aus Pflanzen derselben Art eingebaut – entweder mit klassischen gentechnischen Methoden oder mit NBTs. Sie müssen von einer biologisch kompatiblen Art stammen, z. B. von einem Wildapfel, dessen Gen in eine Sorte unseres Hausapfels übertragen wird. Erhält ein Apfel hingegen ein Gen einer Tomate, dann ist er keine cis-gene Pflanze mehr.

New Breeding in Zahlen

II

742.000.000

FREILANDVERSUCHE MIT
GENETISCH VERÄNDERTEN
PFLANZEN IN DER EU (2023)

BASENPAARE IST DAS GENOM EINES KULTURAPFELS UNGEFÄHR
LANG. ES ENTHÄLT ETWA 42.000 GENE.

50 %

ANGEPEILTE REDUKTION DES PESTIZID-
EINSATZES BIS 2030 LAUT EU-KOMMISSION.
NBTs SOLLEN PFLANZENRESISTENZ ERHÖHEN.

300.000

IN DER SCHWEIZ 2000–2014 WEGEN FEUERBRAND
GERODETE APFEL- UND BIRNBÄUME. MIT NBTs
ERFORSCHT MAN DERZEIT RESISTENZGENE.

17 %

ERTRAGSEINBRÜCHE DURCH
KLIMAWANDEL BIS 2050

45

DURCH ZÜCHTUNG IM APFEL
ÄNDERBARE EIGENSCHAFTEN

97 %

DER CRISPR/CAS-PROJEKTE
ARBEITEN OHNE FREMDE DNA

90 %

VON CRISPR/CAS-ANWENDUNGEN SIND KNOCK-
OUT-PFLANZEN (GENE WERDEN AUSGESCHALTET)

7,5 Mio.

MENSCHEN IN DEUTSCHLAND SIND AUF ÄPFEL
ALLERGISCH. NBTs SOLLEN ABHILFE SCHAFFEN.

Außerhalb Europas sind NBT-gezüchtete Lebensmittel bereits weitläufig zugelassen.

Doch das ist im Begriff, sich zu ändern. Die Europäische Kommission diskutiert derzeit, ob Äpfel, die mit NBTs gezüchtet wurden, eingestuft werden sollen wie ganz normale Äpfel, die ohne gentechnologische Eingriffe gezüchtet wurden. Da NBTs einer natürlichen Züchtung gleichzustellen wären, seien sie gleich wenig risikobehaftet, lautet die Argumentation. Deshalb hat man ein zusätzliches Gentechnik-Gesetz ausgearbeitet, das die mit CRISPR/Cas bearbeiteten Lebensmittel fast wie konventionell gezüchtete Lebensmittel behandeln würde. Sie hätten damit deutlich niedrigere Zulassungshürden als Lebensmittel, die mit GMO-Methoden verändert wurden.

„Wenn dieses Gesetz tatsächlich EU-weit umgesetzt wird, könnte das für NBTs in Europa einen Durchbruch bedeuten“, sagt Letschka. Außerhalb Europas ist die Technologie bereits weitläufig zugelassen.

Dass die eigentlich strenge EU-Kommission, die das Vorsorgeprinzip verfolgt, mit NBTs wohlwollend umgehen will, liegt auch an den Zielen, die sie sich gesetzt hat: Im Rahmen des Europäischen Grünen Deals soll der Einsatz chemischer Pestizide halbiert werden. NBTs könnten dabei enorm hilfreich sein: Eine resistenter gemachte Apfelsorte braucht weniger Pflanzenschutzmittel.

Aber es gibt auch Kritiker. „Es braucht eine umfassende Risikobewertung, bevor CRISPR/Cas zugelassen wird. Und die sieht die EU in ihren derzeitigen Gesetzesentwürfen nicht vor, sie überspringt sie einfach. Das ist

unverantwortlich“, warnt etwa Jan Plagge, Präsident des Verbands Bioland.

Auch über eine Kennzeichnungspflicht herrscht Uneinigkeit. Müssten mit NBTs gezüchtete Pflanzen gekennzeichnet werden, würde das mehr Aufwand bedeuten; es bestünde auch das Risiko, dass Konsumenten die neue Methode ablehnen. Andererseits wird argumentiert, dass der Konsument frei sein muss, sich gegen NBT-gezüchtete Äpfel zu entscheiden. „Ich schätze, im Jahr 2025 kommt es zu einer Entscheidung, wie NBTs behandelt werden und ob es eine Kennzeichnungspflicht gibt oder nicht“, sagt Letschka.

Wie eine vereinfachte Zulassung von NBTs die Apfelmärkte verändern wird, lässt sich schwer abschätzen. In anderen Teilen der Welt sind Marktzulassungen schon erfolgt, in Japan etwa eine Tomate, die gesunde Aminosäuren enthält: ein mit CRISPR/Cas designtes Functional Food. Und in den USA ist bereits Arctic® auf dem Markt, der erste mit CRISPR/Cas veränderte Apfel, der nach dem Anschneiden kaum braun wird (siehe nächste Seite).

Für die Apfelmärkte dürfte es aber zunächst eher darum gehen, Äpfel widerstandsfähiger gegen Schädlinge zu machen. Denn diese Eigenschaften lassen sich teilweise tatsächlich mit einzelnen Genveränderungen erreichen. Diese Möglichkeit würde die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Apfelbranche erhöhen. Ob sich mit CRISPR/Cas behandelte Äpfel aber wirklich durchsetzen, entscheiden am Ende aber wieder zu einem großen Teil die Konsumenten. **CH**

Glossar

Vorsorgeprinzip:

Dieses Prinzip gibt bei der Gesetzgebung in Europa zum Thema Gentechnik die Richtung vor. Es betrachtet nicht nur das Endprodukt, sondern auch die Prozesse, die zur Entstehung des Produkts geführt haben.

Prinzip der substanziellen Äquivalenz:

Anders als beim Vorsorgeprinzip wird hier vor allem das Endprodukt bewertet. Die Prozesse, die zu seiner Entstehung führen, spielen kaum eine Rolle. Dieses Prinzip geht davon aus, dass ein neu entwickeltes Lebensmittel genauso sicher ist wie ein bereits existierendes, wenn es die gleiche Zusammensetzung aufweist. Das Prinzip ist u. a. in Nord- und Südamerika verbreitet.