

Gentechnik im Obstbau (Teil 2)

Die Gene – Programm-Code des Lebens

Ob wir an die Schöpfung glauben, wie sie in der Bibel beschrieben ist, oder an die Entstehung des Lebens durch Zufallsreaktionen in der „Ursuppe“ – wir wissen heute, dass jedes Lebewesen sein eigenes „Betriebs-Programm“ in sich trägt.

Die Gene sind so klein, dass sie weit unterhalb der mikroskopisch sichtbaren Größenordnung liegen. Dagegen hat der Botaniker Carl Wilhelm von Nägeli die Chromosomen im Zellkern, auf denen sich die Gene befinden, schon 1843 unter dem Mikroskop erkannt. 1883 schloss der Biologe Wilhelm Roux aus der Kompliziertheit der Vorgänge bei der Zellkernteilung, dass eine sehr gleichmäßige Verteilung des Chromatins auf die Tochterzellen außerordentlich wichtig sei, da dieser Stoff im Zellkern wohl eine „ungeheure Mannigfaltigkeit ... an Qualitäten“ haben müsse. Hinter dieser von ihm postulierten „komplizierten Zusammensetzung des Chromatins“ verbargen sich – damals noch nicht nachweisbar – die in Form von DNA gespeicherten Gene, die in ihrer Summe das Erbgut eines Lebewesens ausmachen. Ziel der Gentechnik ist es, durch Eingriffe in diesen Bereich Eigenschaften zu verändern.

Genetische Grundlagen

Jedes Lebewesen ist aus Zellen aufgebaut – kleine, selbstständig funktionierende Einheiten, die neben einem Zell-

kern noch andere Organellen besitzen (siehe Fachbegriffe). Im Zellkern befinden sich die Chromosomen mit den darauf lokalisierten Genen. In der Regel besitzt jedes Lebewesen einen doppelten (diploiden) Chromosomen-Satz – der Mensch z.B. 46 Stück = 23 Paare, der Apfel und seine Verwandten 34 Stück = 17 Paare. Die DNA der Chromosomen, welche die wertvollen Erbinformationen verschlüsselt, ist eine komplexe organische Molekülstruktur in der Grundform einer doppelten Kette („Doppelhelix“), spiralförmig gewunden und mit strickleiterähnlichen Querverbindungen (Schema unten rechts). 4 verschiedene Typen dieser Verbindungen ergeben in unterschiedlicher Reihenfolge angeordnet eine fast unbegrenzte Zahl von Kombinationsmöglichkeiten. Ähnlich einem Morsetext, der mit Kombinationen von zwei Zeichen Informationen codiert, ist die DNA ein System mit vier Zeichen, das die genetischen Informationen auf seinem chemischen Faden speichert. Ein Gen ist ein DNA-Abschnitt aus 3 dieser Querverbindungen. Zur Vorstellung der Datenmenge einer Pflanze: Roggen verfügt z.B. über 15 Mrd. Gene.

Da die biochemische Struktur der DNA bei allen Pflanzen, Tieren und dem Menschen weitgehend gleich ist, muss sie sich zu einem sehr frühen Zeitpunkt ganz am Anfang der Evolution entwickelt haben. Auf dieser Tatsache beruht die Möglichkeit, mit Hilfe der Gentechnik Gene auch auf sehr weit entfernte Arten zu übertragen. Die genetischen Informationen umfassen u.a. die Baupläne für eine Vielzahl verschiedener Enzyme, die als biochemische Werkzeuge der Organismen beschrieben werden können. Gewebewachstum und alle anderen Lebensvorgänge beruhen darauf, dass diese Enzyme die jeweils benötigten Stoffe bilden und zielgerichtet am passenden Ort funktionell einbauen. Auch die Gentechniker bedienen sich der Enzyme, um DNA-Stücke herauszutrennen bzw. einzufügen. Dazu später mehr.

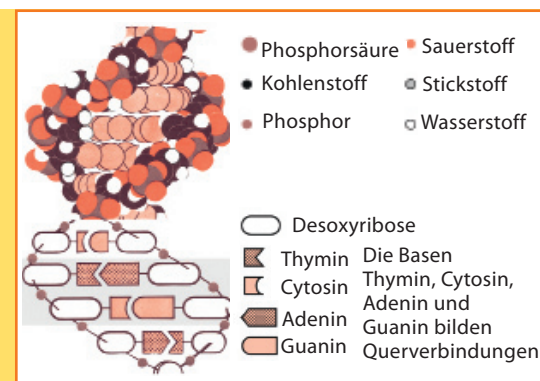
Da jede Pflanze viele verschiedene Zelltypen in zahlreichen Organen besitzt, die jeweils unterschiedliche Aufgaben haben, müssen an jedem Ort andere Erbinformationen aktiviert werden, um dort das passende Gewebe aufzubauen. Jede lebende Zelle eines Organismus enthält in der Regel einen identischen



Von 'Royal Gala' (l.) ist u.a. die rote Mutante 'Obrogala' (r.) entstanden



Fotos: Buchter



Schema der DNA-Doppelhelix (Ausschnitt)
Quelle: Dieter Heß, Pflanzenphysiologie (UTB L), Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 2008

Satz seines Erbgutes. Bei jeder Zellteilung werden die Informationen der DNA-Moleküle im Zellkern kopiert, damit alle neu entstehenden Zellen wieder mit den vollständigen Informationen ausgestattet sind.

Bei der geschlechtlichen bzw. generativen Vermehrung, wie sie alle höheren Lebewesen praktizieren, bilden sich Geschlechtszellen (Ei- und Samenzellen), die nur den reduzierten einfachen Chromosomensatz enthalten. Während der Befruchtung verschmelzen die beiden einfachen Chromosomensätze der weiblichen und männlichen Geschlechtszellen wieder zu einem doppelten Satz. Bei diesen Vorgängen werden die Gene ständig neu durchmischt und ergeben neue Kombinationen.

Genetik in der Obstzüchtung

Während Gemüse- und Getreide-Sorten überwiegend generativ durch Aussaat vermehrt werden und die Pflanzen deshalb immer aus Keimzellen von zwei Eltern entstehen, nutzt man für Obstgehölze fast nur vegetative Vermehrungsmethoden, bei denen ausgewählte Exemplare identisch multipliziert, also geklont werden: Veredlung, Ableger, Absenker, Steckholz, Steckling oder Meristem-Vermehrung. Es entstehen einheitliche, zu 100 % homogene Bestände.

Durch verschiedene Formen von Mutationen (Veränderungen des Erbgutes) können sich jederzeit Erbanlagen in einzelnen Zellen verändern und zu abweichenden Merkmalen des betroffenen Gewebes führen. Von Natur aus geschieht dies recht selten, sonst würden die zum Wachsen und Vermehren notwendigen Teilungs-Vorgänge empfindlich gestört. Allerdings bietet dieser Mechanismus immer die Option für Veränderungen und Weiterentwicklungen in Richtung neuer Eigenschaften – unter Tausenden kann eine besonders vorteilhafte dabei sein, die dann weitervererbt wird. Von zahlreichen bekannten Obstsorten gibt es beispielsweise rot gefärbte Mutanten. Bildet ein Apfel die stärkere Deckfarbe jedoch aufgrund besonderer Klimaverhältnisse aus, so spricht man von einer Modifikation – diese Veränderung ist nicht erblich, sondern bleibt immer von den einwirkenden Faktoren abhängig.

Vor Beginn der systematischen Obstzüchtung kultivierte man eine große Vielfalt an Landsorten, die durch eigene Aussaaten der Anbauer ständig bereichert wurde. Nachdem im 19. Jh. schon durch gezielte Auswahl bewährter Elternsorten sichtbare Fortschritte erzielt werden konnten, waren es aber die berühmten Vererbungs-Forschungen des Augustiner-Abtes Gregor Mendel, die ei-

Erklärung der Fachbegriffe

- ▶ Chromosomen: kurze, meist winkelförmige Stäbchen im Zellkern, die aus Chromatin bestehen und das Erbgut (Gene) tragen
- ▶ Chromatin: Komplex aus Proteinen und DNA
- ▶ DNA (Desoxyribonucleinsäure, deutsch DNS): ein in allen Lebewesen vorkommendes Biomolekül, das die Erbinformation speichert und weitergibt
- ▶ Gen: Abschnitt auf der DNA, kleinste selbstständige Erbinheit
- ▶ Gen-Pool: die Gesamtheit aller Erbinformationen einer Tier- oder Pflanzenart innerhalb eines zusammenhängenden Gebietes
- ▶ Genom: die Gesamtheit aller vererbaren Informationen eines Lebewesens
- ▶ Zellkern: das wichtigste Zellorganell, darin geschützt liegt die DNA
- ▶ Zellorganell: strukturell abgrenzbarer Bereich einer Zelle mit spezieller Funktion
- ▶ generative Vermehrung: geschlechtliche Vermehrung durch Samen; aus der Verschmelzung mütterlichen und väterlichen Erbgutes (Eizelle und Samenzelle) entstehen Nachkommen mit neu kombinierten Anlagen und Eigenschaften
- ▶ vegetative Vermehrung: ungeschlechtliche Vermehrung aus Pflanzenteilen (z.B. Stecklinge); keine Neukombination des Erbgutes, alle Nachkommen sind gleich
- ▶ Klon: Gesamtheit der Nachkommen eines einzelnen Individuums (ungeschlechtliche Vermehrung) mit identischem Erbgut und identischen Eigenschaften

ner planmäßigen Pflanzenzüchtung zum Durchbruch verhalfen. Der deutsche Pionier der Obstzüchtung Erwin Baur schreibt 1918: „Den Schlüssel zum Verständnis der Vererbungsvorgänge liefern die Mendel'schen Gesetze, die jeder Züchter, der kein Pfuscher sein will, gründlich kennen muß.“ Mit dem Verständnis der Erbgänge konnte man von den sichtbaren Merkmalen (Phänotyp) auf die nicht sichtbaren Erbanlagen (Genotyp) rückschließen und somit die Nachfolgeneration im Voraus planen.

Die ursprüngliche Sortenvielfalt war geographisch, methodisch und kulturell bedingt und ist in dieser Form nicht mehr wiederherstellbar. Die fast unüberschaubare Zahl an historisch dokumentierten Obstsorten ist nur die Spitze des „Sortenberges“ – die Mehrzahl der alten Landsorten wurde nie dokumentiert. Der noch erhaltene Rest dieses Genpools ist ein unerschöpflicher Fundus für die Weiterentwicklung von Kultursorten. Bevor selektiert werden kann, muss jede Züchtung mit der Erzeugung bzw. Sammlung von Vielfalt beginnen. Einerseits sollen Fruchteigenschaften weiter verbessert werden, andererseits muss auf Schadorganismen reagiert werden, die sich jedes Jahr millionenfach verändern. Die langjährig angebauten Obstsorten können diese Organismen immer schlechter abwehren, da ihre Gene unverändert bleiben und sich nicht anpassen können. Zahlreiche alte Obstsorten sind heute anfällig und problematisch, obwohl sie in historischen Büchern als gesund und empfehlenswert beschrieben waren – prominente Beispiele sind 'Williams Christbirne' und 'Cox Orange'. Als Eltern

für neue Obst-Züchtungen werden aber gerade die erfolgreichsten, am stärksten verbreiteten Sorten gerne herangezogen. Die Fixierung auf diese Leistungsträger ist verständlich bezüglich Marktanforderungen und Wirtschaftlichkeit, tragisch jedoch im Hinblick auf die Pflanzen-Gesundheit! Die genetische Breite des Obstsortimentes verarmt insgesamt und damit auch die ökologische Stabilität gegen Schadorganismen. Die neuen Züchtungen werden aufgrund ihrer ähnlichen Erbanlagen schneller wieder von den Schädlingen eingeholt. Polygene Resistenz-Züchtung ist ein innovatives Alternativkonzept mit Chancen, dauerhaftere Widerstandsfähigkeit zu erreichen, indem alte Sorten eingekreuzt werden, deren Gesundheit auf mehreren Genen begründet liegt.

Bei den Obst-Arten sind die molekular-genetischen Grundlagen zur Bestimmung der Merkmale einer Pflanze noch nicht so intensiv erforscht wie bei den landwirtschaftlichen Hauptkulturen. Die biochemischen Techniken aber, die in den vergangenen Jahrzehnten entwickelt wurden, werden nach und nach auch im Obstbau eingesetzt und ermöglichen die Lokalisierung von Genen und damit genauere, wesentlich schnellere Auswertungen von Züchtungsergebnissen. Und sie ermöglichen einen gezielten Gentransfer: Gene isolieren und an anderer Stelle einbauen, also gezieltes „Pflanzen-Design“.

In der nächsten Folge beleuchten wir die moderne Obstsorten-Züchtung anhand von 3 Experten-Standpunkten.

Herbert Ritthaler, Arbeitskreis Gentechnik im Pomologen-Verein e.V.