

### 1.

## Ziele, Methoden und Erfolge der Pflanzenzüchtung

Ziel der Pflanzenzüchtung ist die genetische Veränderung von Kulturpflanzen, um sie besser den Bedürfnissen des Menschen anpassen zu können. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird „züchten“ oft mit „vermehrten“ verwechselt. Unter Züchtung verstehen wir hier eine erbliche Veränderung, die an die Nachkommen weitergegeben wird. Eine Vermehrung hingegen kann auch ohne Veränderung des Erbgutes erfolgen, wie bei der vegetativen Vermehrung von Erdbeeren über Stecklinge oder Kartoffeln über Knollen.

### 1.1 Ziele und Methoden der Pflanzenzüchtung

Die Bedürfnisse des Menschen sind vielfältig, mittels der Pflanzenzüchtung sollen neue Sorten geschaffen werden, die unter den jeweiligen Umwelt- und Produktionsbedingungen hohe und stabile Erträge mit der erforderlichen Qualität der Ernteprodukte gewährleisten (Abb. I.1-1). Diese so genannten **Zuchtziele** variieren je nach Kulturart, aber grundlegende Ziele sind Ertrag, Qualität, Resistenzen gegen Krankheiten und Schädlinge, Toleranzen gegen Stressfaktoren und agronomische Eigenschaften, die für den Landwirt wichtig sind.

Da keine Sorte alle erwünschten Merkmale in maximaler Ausprägung in sich vereint, und sich die landwirtschaftlichen Bedingungen, unter denen die Sorten angebaut werden, verändern, kommt die Züchtung nie zum Stillstand. Immer wieder treten neue Schädlinge und Krankheitserreger auf, welche unsere Kulturpflanzen bedrohen, das Klima ändert sich, selbst die Verwendungszwecke der Kulturpflanzen können sich drastisch wandeln. So wachsen heute auf 17% der Ackerfläche Pflanzen für die (Bio-)Energiegewinnung, eine Anwendung, die vor 10–15 Jahren noch gar nicht existierte. Auch weil die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln durch den Gesetzgeber immer mehr eingeschränkt wird, muss die Pflanzenzüchtung reagieren und die Züchtung von noch resistenteren Sorten forcieren. Außerdem ändern sich die Ansprüche und Einstellungen der Menschen, welche die Sorten kaufen, anbauen, verarbeiten, vermarkten und verbrauchen.

Pflanzenzüchtung hat somit vielfache **Funktionen**. Steigende Erträge leisten einen Beitrag zur Ernährung der Menschheit. Ohne auf die weit vielfältigeren Ursachen des Hungers in der Welt eingehen zu können, ist jedoch eine steigende Produktion von Nahrungsmitteln erforderlich, um die immer noch rasant wachsende Weltbevölkerung zu versorgen. Bereits heute sind von den rund 6 Milliarden Menschen nur eine Milliarde gut mit Nahrungsmitteln versorgt bzw. übertversorgt, eine weitere Milliarde Menschen sind akut Hungernde. Die Rolle der Pflanzenzüchtung hierbei dürfte in Zukunft noch weiter steigen, da die landwirtschaftlichen Anbauflächen weltweit eher rückläufig sind (z. B. durch Bodenerosion, Versalzung oder Wassermangel). Außerdem sind Produktionssteigerungen durch Landtechnik, Düngung und Pflanzenschutz in den Industrieländern weitgehend ausgeschöpft und können in den Entwicklungsländern durch fehlendes Kapital nur schwer verwirklicht werden.

**Abbildung I.1-1****Die wichtigsten Ziele des Züchters (Zuchtziele, Beispiele in Klammern)****Ertrag** (Korn-, Zucker-, Öl-, Biomasseertrag)**Qualität der Ernteprodukte** für

- Menschlichen Direktverzehr (Geschmack und Haltbarkeit bei Kartoffeln, Tomaten)
- Verfütterung an Nutztiere (Eiweißgehalt bei Gerste, Weizen)
- Technische Prozesse (Backqualität bei Weizen, Roggen; Brauqualität bei Gerste)
- Spezielle Inhaltsstoffe (Raps – Ölqualität, Zuckerrübe – Zuckergehalt)
- Industrielle Verwertung (Stärkequalität oder Alkoholausbeute bei Kartoffeln)
- Energiegewinnung (Öl für Biodiesel, Methanausbeute für Biogas)

**Widerstandsfähigkeit** gegen

- Schädlinge und Krankheitserreger (Viren, Bakterien, Pilze)
- Umweltstress (Toleranz gegen Kälte, Trockenheit, Hitze, Ozongehalt)

**Agronomische Eigenschaften**, wie z. B.

- Winterfestigkeit, Kühletoleranz, Frühreife
- Pflanzenlänge, Standfestigkeit

Die Züchtung jeder Pflanzenart ist ein **dreistufiger Prozess** (Abb. I.1-2). Zur Erstellung genetischer Variation, d.h. genetischer Vielfalt –, kreuzt der Züchter ausgewählte Eltern. Aus den Nachkommen werden über Jahre hinweg die erwünschten Pflanzen intensiv auf ihre Eigenschaften hin untersucht und ausgelesen.

Daran schließt sich eine intensive Prüfungsphase über viele Standorte an. Die Zahl der Kandidaten wird mit der Zeit immer geringer, das Dreieck symbolisiert diesen Effekt. Der Aufwand, der zur Prüfung der Eigenschaften nötig ist, wird immer höher. Ziel ist es, den einen Kandidaten zu finden, der alle selektierten Eigenschaften optimal in sich vereinigt. Dieser kann dann eine neue Sorte werden. Kreuzung und Auslese (= Selektion) sind Triebkräfte, die

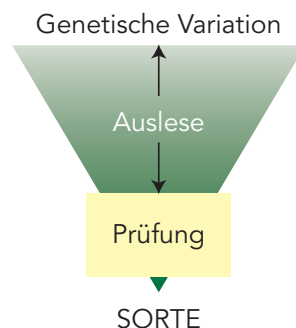
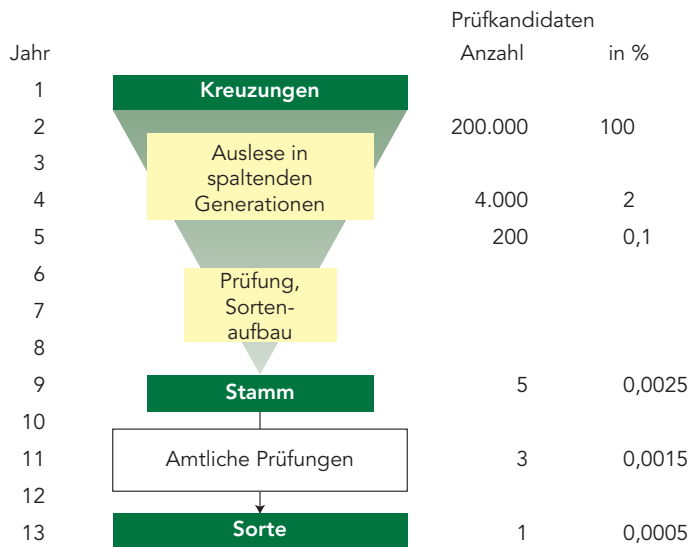
**Abbildung I.1-2****Die wichtigsten Methoden der Pflanzenzüchtung**

Abbildung I.1-3

Allgemeines Schema zur Züchtung neuer Sorten. Deutlich wird die Langfristigkeit des Vorhabens und die extreme Auslese der zu prüfenden Kandidaten



auch bei der natürlichen Evolution eine große Rolle spielen. Heute kann dieser Werkzeugkasten des Züchters durch die gezielte Veränderung des Erbgutes mittels Gentransfer ergänzt werden. Trotzdem dauert die Entwicklung einer neuen Sorte acht bis dreizehn Jahre.

Züchtung ist ein **zeit- und kapitalaufwändiges** Verfahren (Abb. I.1-3). Am Anfang stehen Kreuzungen zwischen viel versprechenden Eltern. Der Züchter will in den Nachkommen die komplex vererbten Eigenschaften neu kombinieren und die Eltern in ihrer Leistung übertreffen. Aus 50–400 Kreuzungen je Jahr (Jahr 1) ergeben sich in den spaltenden Generationen Tausende und Abertausende von Prüfkandidaten (Jahr 2–5). Diese werden jährlich im Feld angebaut und auf die Zuchtziele ausgelesen.

In den ersten Jahren geht es vor allem um Vitalität, Wuchshöhe, Winterfestigkeit und Reifezeit, später um die Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, Standfestigkeit und ab dem 6. Jahr zunehmend um Auslese auf Kornertrag und Qualität, die an vielen Orten geprüft werden müssen. Immer hat der Züchter eine große Zahl von Kandidaten zu bearbeiten, maximal 10% werden weitergeführt. Im 9.–10. Jahr nach der Kreuzung erfolgt die Endbeurteilung. Von den ursprünglich 200.000 Prüfkandidaten sind jetzt noch fünf Stämme übrig geblieben, die die gewünschten Eigenschaften der Eltern optimal kombinieren. Das mag nicht viel erscheinen, aber auch in der Pflanzenzüchtung gibt es – wie überall im Leben – nur wenige Kombinationen, die wirklich überdurchschnittlich gut sind. Und nur diese können eine neue, erfolgreiche Sorte ergeben.

Jeden neuen Genotyp muss der Züchter einer staatlichen Stelle, dem Bundessortenamt in Hannover, vorstellen, die ihn in einer dreijährigen Prüfung („**Wertprüfung**“) testet. Nur wenn der neue Kandidat zumindest in einigen Eigenschaften besser ist als alle bereits vorhandenen Sorten, bekommt er das amtliche Gütesiegel und darf an die Landwirte verkauft werden. Und dann haben sich die dreizehn Jahre Arbeit für den Züchter gelohnt, erst

jetzt kann er anfangen, mit der neuen Sorte Geld zu verdienen. Nur durch den Saatgutkauf ist sichergestellt, dass die Züchtung kontinuierlich und zuverlässig bessere Sorten zur Verfügung stellen kann. Dieses hier stark vereinfacht dargestellte Vorgehen („Zuchtschema“) gilt für alle Pflanzenarten. Wir werden später sehen, dass es für die einzelnen Kulturen spezifische Methoden gibt, die das Zuchtschema verändern und gelegentlich auch verkürzen können.

## 1.2 Entstehung von Kulturpflanzen und Entwicklung der Pflanzenzüchtung

Die **Entstehung der Kulturpflanzen** ist eng gekoppelt mit der Entstehung der Landwirtschaft, eines der einschneidendsten Ereignisse in der Menschheitsgeschichte (Abb. I.1-4).

An mehreren Stellen in der Welt begann der Mensch fast gleichzeitig, Pflanzen zu kultivieren und planmäßig anzubauen. Die frühesten archäologischen Zeugnisse von diesem Kulturumbruch gibt es aus Mittel- und Südamerika und aus dem Gebiet der heutigen Staaten Israel, Syrien, Iran und Irak, dem sogenannten „Fruchtbaren Halbmond“. Dieser ist für uns am bedeutendsten, da hier alle unserer Getreidearten, außer Mais, erstmals kultiviert wurden, sowie Erbsen, Linsen und Lein. Etwas später folgten das Indusdal in Indien mit Weizen und Gerste, sowie Nord- und Südchina. Diese Herkunftsgebiete sind gleichzeitig die Regionen mit der höchsten genetischen Vielfalt für die jeweiligen Kulturpflanzen, und gelten somit als deren **Genzentren**, weil dort bis heute die wilden Vorfahren dieser Pflanzen vorkommen. Dies erkannte bereits der russische Forscher N. Vavilov 1927, der rund 600 Kulturpflanzen auf diese Genzentren verteilte. Zusätzlich zu den in Abbildung I.1-4 genannten Zentren zählte er noch das Mittelmeergebiet (Sellerie, Hartweizen, Kichererbse), Zentralasien (Rebe, Linse, Lein, Mandel), Äthiopien (Kaffee, Sorghum, Perlhirse) und Indochina (Banana, Kokosnuss, Reis) dazu.

**Abbildung I.1-4**

**Die Herkunftsgebiete wichtiger Kulturpflanzen und der Beginn der Landwirtschaft nach archäologischen Funden (alle Daten vor Christus)**

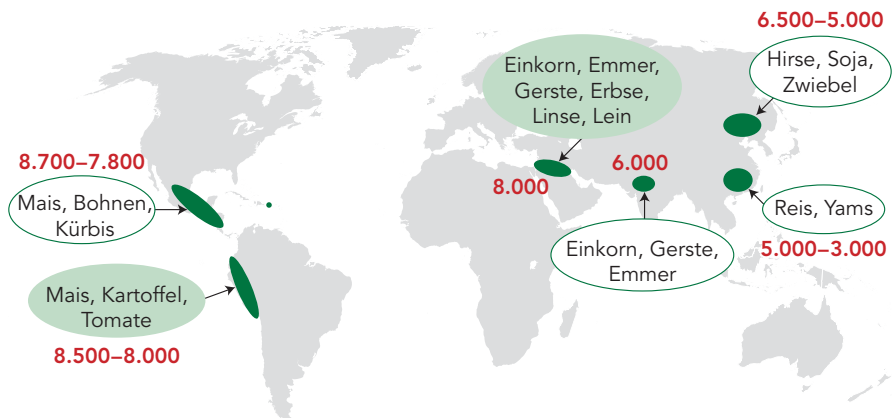


Abbildung I.1-5

Ähren und Körner von Wildroggen, teilweise kultiviertem Primitivroggen (beide aus Iran) und Kulturroggen im selben Größenmaßstab. Deutlich werden die Zunahme der Fruchtbarkeit durch die Kultivierung (größere Ähren, größere Körner), zusätzlich ist Wildroggen spindelbrüchig, seine Ähre zerfällt bei der Reife



tödliche Pilzkrankung der Kraut- und Knollenfäule (1846) und Mitte des 19. Jahrhunderts versuchten mehrere fortschrittliche Gutsbesitzer, ihre Getreideerträge zu steigern, in dem sie die vorhandenen Sorten verbesserten. Diese Sorten waren Gemische unterschiedlicher Pflanzentypen, die sich seit dem Mittelalter in den einzelnen Landschaften durch natürliche Selektion, und vielleicht auch durch milde Selektion durch den Bauern, an die Umweltbedingungen angepasst haben. Man nennt sie heute **Landsorten**. So gab es den Pfälzer Roggen, den Nürnberger Hafer, den Gelben Badischen Landmais oder das Bamberger Hörnchen (Kartoffel, Abb. I.1-6). Diese Sorten werden in staatlichen Sammlungen (Genbanken) aufbewahrt und können heute noch eine Quelle von Variation für bestimmte Eigenschaften sein.

Durch die Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln 1900 erhielt die Pflanzenzüchtung eine genetische Basis und nahm einen erheblichen Aufschwung. Dies zeigt sich vor allem an der Entwicklung des Korntrages (Abb. I.1-7). Der Ertrag war immer eines der wichtigsten Zuchtziele, früher, um die Menschen satt zu bekommen, heute, weil er den Gewinn des Landwirts mitbestimmt. Das Beispiel des Roggens zeigt die enorme Ertragssteigerung seit Einführung der Landwirtschaft. Primitivroggen wächst im heutigen Iran, Irak

Bereits die **Kultivierung von Wildpflanzen** (= Domestikation) war eine züchterische Leistung. Denn Wildpflanzen haben zahlreiche Eigenschaften, die beim planmäßigen Anbau hinderlich sind. Zunächst einmal fallen bei der Reife die Samen von alleine aus, denn Wildpflanzen müssen selbst für ihre Aussaat sorgen. Der Bauer aber möchte sich nicht wegen jedem Korn bücken und wählte deshalb solche Formen aus, bei denen die Körner bis zur Ernte an der Ähre blieben. Weitere Eigenschaften von Kulturpflanzen, die sie von Wildpflanzen unterscheiden, sind eine relativ einheitliche Keimung, Blüte und Reife sowie große Ähren und Körner. So schufen sich schon die frühen Bauern „Pflanzen nach Maß“. Durch genaue Beobachtung und Auslese der erwünschten Formen brachten sie die Pflanzen über Generationen hinweg in die gewünschte Richtung. Die Abbildung I.1-5 verdeutlicht dies am Beispiel des Roggens.

Die planmäßige Pflanzenzüchtung begann in Deutschland bereits 1786, als Franz Carl Achard anfang, aus der „Weißen schlesischen Rübe“ Formen mit besonders hohem Zuckergehalt auszulesen. Ein halbes Jahrhundert später entwickelte C. Paulsen aus Samen einer gesund gebliebenen Kartoffelpflanze resistente Sorten gegen die

**Abbildung I.1-6**

Alte Kartoffelsorten aus dem 19. Jahrhundert: „La Ratte“ aus Frankreich (oben links), das „Bamberger Hörnchen“ (unten links), der „Blaue Schwede“ (oben rechts) und „Russet Burbank“ aus USA, eine der weltweit ersten Zuchtsorten



und Afghanistan als Ungras in Weizenbeständen (s. Abb. I.1-5). Er wurde nie kultiviert, sondern macht sich einfach auf den Ackerflächen breit, entsprechend gering ist sein Kornertrag unter heutigen Bedingungen. Eine alte Landsorte aus Russland aus dem 19. Jahrhundert ist wenig an unsere Bedingungen angepasst, zeigt aber einen fast doppelt so hohen Ertrag wie der Primitivroggen. Eine österreichische Landsorte aus derselben Zeit erzielt noch einmal den doppelten Ertrag. Eine alte Populationssorte aus dem Beginn des 20. Jahrhunderts markiert den Beginn der Pflanzenzüchtung und zeigt einen erheblichen Ertragsfortschritt. Sie unterscheidet sich aber nur noch wenig von einer Sorte, die Mitte des 20. Jahrhunderts zugelassen wurde. Erst die moderne Hybridzüchtung brachte dem Roggen noch einmal eine erhebliche Ertragssteigerung von 20–30%.

Die Bewertung des Lagers in Abbildung I.1-7 weist noch auf einen anderen Zusammenhang hin. Als Lager bezeichnet man das vorzeitige Umfallen von Getreide vor der Ernte, was natürlich unerwünscht ist. Bei den Landsorten und alten Sorten war das kein Problem, weil man damals alles von Hand erntete. Deshalb sind diese Formen sehr lageranfällig. Heute braucht man dagegen standfeste Sorten, die, vor allem auch bei schlechtem Wetter, bis zur Ernte mit dem Mähdrescher aufrecht stehen bleiben. Es nützt der höchste Kornertrag nichts, wenn diese agronomische Bedingung nicht gegeben ist.