Vorwort

Die ersten Monate des Jahres 2011 sind geprägt von massiven Unruhen in vielen Gebieten Nordafrikas. Auch wenn das nicht die alleinige Ursache ist, waren steigende Lebensmittelpreise mit ein Auslöser für den Aufstand der Bevölkerung in den davon betroffenen nordafrikanischen Staaten. Auf der anderen Seite – dort wo Nahrungsmittel im Überfluss vorhanden sind – laufen seit Jahren in den Medien Fernsehkochshows, Kochduelle und Promi-Dinner, die sich ungebrochener Beliebtheit erfreuen. Diese beiden Seiten einer Medaille zeigen eines deutlich: nämlich, wie unmittelbar und direkt die Nahrungsaufnahme mit unserem Leben verbunden ist. Alles was wir im Supermarkt vorfinden ist uns durch den täglichen Konsum so vertraut, als wäre es schon immer und in der Form wie wir es gewohnt sind da gewesen. Dabei vergessen wir allzu oft, dass unsere Nahrungsmittel erst allmählich durch die Bemühungen des Menschen zu dem geworden sind, was uns heute so alltäglich und vertraut vorkommt. Ein Großteil unserer Gemüsearten ist überhaupt erst seit der Entdeckung Amerikas zu uns gekommen und war in Europa vorher völlig unbekannt.

Die Ausstellung „Monster im Gemüseregal“ soll uns anhand unserer wichtigsten Nahrungspflanzen in Erinnerung rufen, welche gewaltigen Veränderungen sich im Zuge der Domestizierung ausgehend von der Wildpflanze bis zur modernen Kulturpflanze ergeben haben. Aus der Sicht der Wildpflanze ist es in vielen Fällen nicht abwegig, die Früchte, die wir heute im Gemüseregal vorfinden, als „Monster“ zu bezeichnen. Anfangs oft noch unbewusst, aber mit dem Fortschreiten der Wissenschaften immer bewusster hat der Mensch aktiv in die Evolution eingegriffen um die Nahrungspflanzen nach seinen Bedürfnissen weiter zu entwickeln. Von der Erkenntnis der Sexualität der Pflanzen im 17. Jahrhundert über die Genetik Gregor Mendels bis zur Gentechnik unserer Zeit wird anhand von Beispielen gezeigt, wie wir unsere Kulturpflanzen geformt und verändert haben.

In diesem Sinne wünschen wir allen, dass durch die Auseinandersetzung mit der Ausstellung „Monster im Gemüseregal“ beim Verzehr der nächsten Pizza klar wird welche kulturellen Leistungen des Menschen hinter der heutzutage selbstverständlichen Möglichkeit stehen Tomatensauce auf einen Pizzateig aufbringen zu können – und wie international und von langen Entwicklungswegen geprägt sich alle sogenannten „Nationalspeisen“ bei näherer Betrachtung zeigen.

Peter Assmann, Martin Pfosser & Gerhard Aubrecht

Ziegengräser (Walchweizen; *Aegilops*-Arten) spielten eine bedeutende Rolle in der Entwicklung menschlicher Zivilisationen. Ihre stärkereichen Körner wurden von nomadischen Völkern schon vor 19.000 Jahren gesammelt. Allerdings sind sie schwierig zu ernten: Viele Arten besitzen brüchige Ähren. Ihre Körner fallen aus, sobald sie reif sind. Von großer Bedeutung waren Ziegengräser für die Entstehung des Weizens.

Im Gebiet des Fruchtbaren Halbmonds finden sich die ersten Spuren landwirtschaftlicher Aktivität. Auf den Golanhöhen, die seit 1967 von Israel besetzt sind, ernteten unsere Vorfahren wilde Gräser und andere nützliche Pflanzen. Dabei verwendeten sie Knochensicheln, in denen Feuersteine eingesetzt waren.

Die Wurzeln der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft hat ihren Ursprung im Fruchtbaren Halbmond – einem Steppengebiet, das sich im Norden der arabischen Halbinsel in einem weiten Bogen von Israel bis zum Iran erstreckt. Hier finden sich die ältesten Belege für landwirtschaftliche Aktivitäten. Unabhängig davon entwickelte sich die Landwirtschaft aber auch in China, in Mittelamerika, den Anden und in mehreren Regionen Afrikas.

Nomadische und halbnomadische Stämme bevölkerten viele Jahrtausende die Region des Fruchtbaren Halbmondes. Als Jäger und Sammler lebten sie von dem, was die Natur ihnen bot. Sie ernteten Ziegengräser, wilde Weizen- und Gerstenarten und ernährten sich von den energiereichen Samen. Im Laufe der Zeit machten die Nomaden des Fruchtbaren Halbmonds eine entscheidende Entdeckung: Gräser und andere nützliche Pflanzen traten besonders häufig nach Bränden auf. Die Menschen begannen, dieses Wissen zu nutzen. Sie legten Feuer und förderten die Ausbreitung ihrer Nahrungspflanzen. Dadurch vollzog sich ein bedeutender Wandel. Aus den nomadischen Jägern und Sammlern wurden sesshafte Ackerbauern. Sie bereiteten den Boden durch Brandrodung vor und bearbeiteten ihn mit einfachen Geräten wie Grabstöcken oder Hacken. Dadurch konnten sie wichtige Pflanzen jedes Jahr aufs Neue anbauen.

Die Menschen nutzten die Pflanzen aber nicht nur, sie veränderten auch ihre Eigenschaften. Sorgfältig wählten sie unter den Früchten und Samen jene aus, die ihnen für den Anbau am geeignetsten erschienen. Erwünschte Merkmale wurden dadurch gefördert, unerwünschte eliminiert: Aus den Wildpflanzen wurden Kulturpflanzen. Diese unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von ihren wilden Verwandten. Sie sind einfacher zu ernten, wohlschmeckender und oft auch deutlich größer. Langsam aber stetig vollzog sich so der Wandel zu jenen „Monsterfrüchten“, wie wir sie heute im Gemüseregal vorfinden.

Viele Pflanzen sind nach Bränden besonders häufig – darunter auch solche, die für die Ernährung des Menschen eine wichtige Rolle spielen. Vor allem Gräser keimen bevorzugt auf Stellen, die nicht durch Bäume und Sträucher beschattet werden. Eine der ersten landwirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen war es, gezielt Feuer zu legen. Auf diese Weise förderte er die Ausbreitung seiner Nahrungspflanzen.

Archäologische Ausgrabung der Keltensiedlung Roseldorf, Niederösterreich. Die Archäobotanik beschäftigt sich mit pflanzlichen Überresten aus archäologischen Ausgrabungen. Ihr Ziel ist es, die Landwirtschaft, Umwelt und Ernährung der Menschen vergangener Epochen zu rekonstruieren.

Aufschlussreiche Überreste

In der Jungsteinzeit begann der Mensch Pflanzen anzubauen und zu ernten. Die anfallenden pflanzlichen Überreste wurden mit dem übrigen Siedlungsabfall im Boden entsorgt. Daher bilden Reste von Kultur- und Sammelpflanzen zusammen mit den Resten von Ackerunkräutern oftmals einen Teil archäologischer Funde. Sie liefern wertvolle Hinweise zur Vegetations- und Agrargeschichte und erlauben Rückschlüsse auf vergangene Klima- und Umweltbedingungen.

In archäologischen Ausgrabungen kann man neben dem klassischen Fundgut wie etwa Keramikscherben, Schmuckstücken, Münzen und Knochen bisweilen auch Pflanzenreste entdecken. Handelt es sich um größere Funde, die mit dem freien Auge zu sehen sind, spricht man von pflanzlichen Makroresten. Zu den wichtigsten gehören Samen, Früchte und Holz; deutlich seltener findet man auch Blätter oder Stängel. Mikroreste, wie Sporen oder Pollen, werden dagegen erst unter dem Mikroskop sichtbar. Diese Funde zu untersuchen und dadurch die Vegetations- und Agrargeschichte zu rekonstruieren, ist Aufgabe der Archäobotanik.

Man muss sich allerdings vor Augen führen, dass nur ein verschwindend kleiner Teil aller Pflanzenreste Jahrhunderte oder gar Jahrtausende lang im Erdreich überdauert. In der Regel wird organisches Material durch verschiedene Mikroorganismen, allen voran durch Bakterien und Pilze, abgebaut. Lediglich unter besonderen Bedingungen bleiben pflanzliche Überreste vom Abbau verschont. Dies kann zum Beispiel bei extremer Trockenheit oder Kälte der Fall sein. Aber auch in sauerstoffarmen Feuchtablagerungen kann es zu einer subfossilen Erhaltung kommen: So werden organische Reste zum Beispiel in Böden mit einem ho-

Die Abfallgrube einer archäologischen Ausgrabung ist deutlich an der dunkleren Färbung und den zahlreichen Knochen- und Keramikresten erkennbar.

Verkohlte Getreidekörner aus der Keltensiedlung Roseldorf, Niederösterreich.

hen Grundwasserspiegel, in Mooren oder auch in Brunnen nicht abgebaut. Daneben können Pflanzenreste auch durch Verkohlen erhalten bleiben: Wenn es durch eine unvollständige Verbrennung zu einer Anreicherung von Kohlenstoff kommt, werden die verkohlten Pflanzenreste nicht mehr von Mikroorganismen zersetzt.

Verkohlte Samen und Nahrungsreste lassen sich durch Schlämmen und Sieben von schwereren Ausgrabungsstücken trennen. Im archäobotanischen Labor werden die Pflanzenreste aus dem Schlämmrückstand herausgelesen und sortiert.

Nach eingehender Untersuchung eines Pflanzenrestes im Binokular oder im Mikroskop wird die Pflanzenart bestimmt. Als Hilfsmittel dienen Bestimmungsliteratur, Fotokarteien sowie Vergleichssammlungen heutiger Samen, Früchte und Hölzer.

Die Erbse stammt ursprünglich aus Kleinasien und ist seit Jahrtausenden eine wichtige Nutzpflanze. Sie war früher ein wichtiger Eiweiß-Lieferant für die menschliche Ernährung.

Die Nahrungspflanzen unserer Vorfahren

Der Ernährung des Menschen hat sich seit den Anfängen des Ackerbaus ständig verändert. Manche Nahrungspflanzen nutzt der Mensch seit tausenden von Jahren. Andere dagegen wurden erst in jüngerer Vergangenheit Teil des menschlichen Speiseplans.

Die ältesten archäobotanischen Funde stammen aus der Jungsteinzeit, als der Mensch sein nomadisches Leben als Jäger und Sammler aufgab, sesshaft wurde und begann, Ackerbau und Viehzucht zu betreiben. Diese neue Lebensweise brachte enorme kulturelle Veränderungen mit sich. Man spricht deshalb von der sogenannten „Neolithischen Revolution“. Vom Vorderen Orient aus erreichten die (r)evolutionären Neuerungen der Jungsteinzeit Europa.

In Mitteleuropa dominierten während der frühen Jungsteinzeit zwei Getreidearten: Emmer und Einkorn. Gerste

Einkorn ist eine der ältesten domestizierten Getreidearten. Der Name rührt von dem einzelnen Korn auf der Ährenspindel.

Emmer, auch Zweikorn genannt, ist eine Weizenart. Er ist, zusammen mit Einkorn, eine der ältesten kultivierten Getreidearten.

Die Nahrungspflanzen unserer Vorfahren

Gerste ist ein Süßgras. Die ältesten Nachweise lassen sich bis 10.500 v. Chr. zurück datieren.

Neben den ölhaltigen Samen des Mohns wurde vermutlich auch schon sehr früh die berauschende Wirkung der Opiate genutzt.

Pferdebohnen dienen seit der späten Bronzezeit als eiweißreiches Grundnahrungsmittel.

In Europa wurden domestizierte Linsen bereits in den frühesten jungstein - zeitlichen Schichten gefunden, die um 7000 v. Chr. datieren.

Der Holzapfel (oder Europäischer Wildapfel) ist vermutlich die heimische Stammform des Kulturapfels. Zur Konservierung wurden die Früchte schon in den Pfahlbauten der Mondsee-Kultur gedörrt.

Lein oder auch Flachs war mit Mohn die wichtigste Samen-Ölpflanze im vorgeschichtlichen Mitteleuropa. In Kleinasien wurde Flachs bereits im 8. vorchristlichen Jahrtausend zu Textilien verarbeitet.

Wann und wo die Wildformen des Kohls in Kultur genommen wurden, lässt sich nicht nachvollziehen.
Der Grüne Krauskohl ist bereits für das Griechenland des 3. Jahrhunderts v. Chr. nachweisen.

war zwar bereits bekannt, spielte aber eine untergeordnete Rolle. Daneben gab es bereits Erbsen und Linsen; unter den Öllieferanten wurden Lein, möglicherweise auch bereits Leindotter und Mohn genutzt. In der Mittleren Jungsteinzeit kam als weitere Getreideart der Nacktweizen hinzu. Gerste gewann langsam an Bedeutung, und gelegentlich wurde auch schon Hirse angebaut.

Grundnahrungsmittel und Gerstensaft

Getreide ist nicht nur das wichtigste Grundnahrungsmittel der Menschheit: Seine stärkereichen Körner werden auch seit mehr als 4000 Jahren zur Herstellung von Bier genutzt. In Europa wurden bei archäologischen Ausgrabungen frühkeltischer Siedlungen verkohlte Überreste von Gerstenmalz gefunden. Dies lässt vermuten, dass bereits in der späten Hallstattzeit Bier gebraut wurde.

Zumeist sind es Gerste und Weizen, die in der Biererzeugung Verwendung finden, daneben Roggen, Hafer und Dinkel. Aber auch aus Mais, Hirse, Reis und anderen Getreidesorten wird Bier gebraut.

Zunächst gewinnt man aus den Getreidekörnern durch einen kontrollierten Keimvorgang Malz. Aus dem geschroteten Malz wird durch die Zugabe von Wasser Maische. In der Maische sind Enzyme aktiv, die zuvor vom Keimling gebildet wurden. Sie bauen Stärke ab und wandeln sie in Malzzucker um. Der Zucker wird anschließend bei der alkoholischen Gärung von Hefe zu Ethanol und Kohlendioxid umgesetzt.

Die stärkereichen Körner der Gerste werden seit mehr als 4000 Jahren auch zur Herstellung von Bier genutzt.

Die Nahrungspflanzen unserer Vorfahren

Oberösterreich ist für seine Fundstätten aus der späten Jungsteinzeit berühmt. Nach ihrer Lage an den Seen des oberösterreichischen Salzkammerguts wird die betreffende Kultur (3700 – 3300 v. Chr.) als Mondsee-Kultur bezeichnet. Unter den zahlreichen archäologischen Stücken, die man an den Ufern von Mondsee und Attersee gefunden hat, befanden sich auch pflanzliche Überreste: große Mengen an Emmer und Gerste, dazu Einkorn, Lein, Mohn, Erbse und Kohl. Unter den Wildpflanzen, die vom Menschen genutzt wurden, waren Haselnuss und Europäischer Wildapfel vorherrschend.

Mit dem Beginn der Bronzezeit erschienen zwei neue wichtige Nutzpflanzen: Ackerbohnen und Dinkel. Als neue „Unkräuter“ kamen Hafer und später, in der vorrömischen Eisenzeit, Roggen dazu. Mit der Ausdehnung des römischen Reiches gelangte eine ganze Reihe neuer Gartenpflanzen nach Mitteleuropa, wie zum Beispiel Garten-Melde, Sellerie oder Melone. Und auch während des Mittelalters wurden in den Klostergärten viele neue Pflanzen (Gemüse-, Salat- und Arzneipflanzen) aus Italien gezogen. Unter den Ackerfrüchten dominierte seit dem Beginn des Mittelalters Roggen. Ein besonderer Wandel vollzog sich jedoch mit dem Übergang zur Neuzeit; vor allem durch die Entdeckung Amerikas erweiterte sich das Spektrum an Nahrungspflanzen beträchtlich.

Der Kürbiszüchter Horst Jöbstl aus Kärnten mit einem seiner Riesenkürbisse. Riesenkürbisse produzieren die größten Früchte der Welt. Auf Wettbewerben werden die größten und schwersten Kürbisse ausgezeichnet. Der derzeitige Weltrekord liegt bei 766 kg, der Österreich-Rekord bei 447,5 kg.

Groß, größer, am größten

Kulturpflanzen wurden über Jahrtausende hinweg den Bedürfnissen des Menschen angepasst. Vielfach unterscheiden sie sich daher von ihren wilden Verwandten durch deutlich größere Früchte beziehungsweise Ertragsorgane.

Für Pflanzen, die vom Menschen in Kultur genommen wurden, haben sich die Wachstumsbedingungen erheblich verbessert. Das Nährstoffangebot ist durch Düngung ungleich größer; die Pflanzen werden vor Krankheitserregern und Schädlingen geschützt, und durch das Entfernen von „Unkräutern“ müssen sie sich auch nicht mehr gegen Konkurrenten durchsetzen. Diese verbesserten Bedingungen ermöglichten eine Steigerung der Wuchsleistung, sodass Kulturpflanzen bedeutend größer sind als ihre Ausgangsformen. Dies gilt im Besonderen für jene Pflanzenorgane, die vom Menschen genutzt werden. Oftmals sind die genutzten Organe nicht nur größer, sie wachsen und reifen auch schneller.

Der Grund für diesen Riesenwuchs ist häufig eine Vervielfältigung des Chromosomensatzes (Polyploidie). Bei manchen Kulturpflanzen führt auch die Kreuzung verschiedener Linien, die sogenannte Hybridisierung, zu einer beachtlichen Steigerung des Ertrags.

Bei sämtlichen Getreidesorten zum Beispiel sind die Körnerfrüchte ungleich größer und dazu deutlich zahlreicher als bei den Süßgräsern, aus denen sie sich entwickelt haben. Besonders augenscheinlich ist der Unterschied beim Mais: Verglichen mit den Kolben moderner Hybridsorten, nehmen sich die Fruchtstände seiner Wildform (der Teosinte), die nur wenige Zentimeter lang sind und deutlich kleinere Körner besitzen, geradezu winzig aus.

Auch bei der Kartoffel liegen die Knollen bei modernen Sorten nicht nur wesentlich dichter beieinander, sie sind auch größer als bei den Wildformen. Bisweilen bringen einzelne Knollen sogar ein Gewicht von mehreren Kilogramm

Groß, größer am größten

Riesentomaten, wie zum Beispiel die Sorten Ochsenherz oder German Giant, können bis zu 1 kg und mehr auf die Waage bringen. Die größte Tomate wurde Mitte der 1980er Jahre in den USA gezüchtet. Sie wog ganze 3,5 kg. Was den Geschmack betrifft, stehen die gewichtigen Paradiesäpfel den kleineren Sorten um nichts nach.

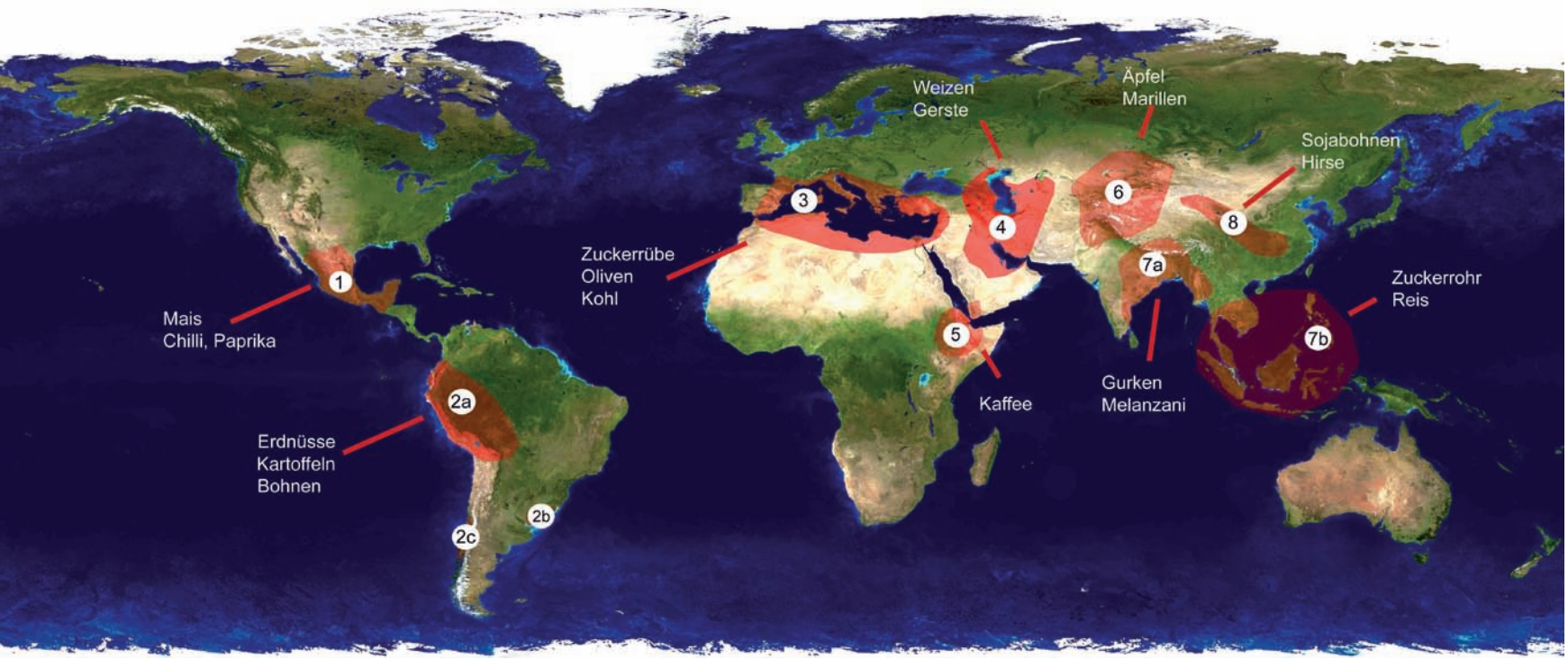
In einem Zeitraum von rund 5000 Jahren schuf der Mensch aus der Teosinte den Mais. Durch pflanzenzüchterische Maßnahmen konnte die Erntefähigkeit verbessert und der Ertrag immens gesteigert werden. So haben Mais und Teosinte auf den ersten Blick nur wenig gemeinsam. Dennoch unterscheiden sie sich in nur fünf Merkmalen voneinander und lassen sich problemlos kreuzen.

auf die Waage. Tomaten, die genau wie die Kartoffel zu den Nachtschattengewächsen zählen, gibt es in ganz verschiedenen Größen – von kleinen Cocktailtomaten bis hin zu den Riesentomaten, die bis zu 1 kg schwer werden können. Die Größe der Früchte ist dabei stark von der Anzahl der Fruchtkammern abhängig.

Deutlich größer als ihre Wildformen sind auch viele Rüben. Die Karotte beispielsweise übertrifft die kleine, kaum fingerdicke und stark verholzende Wurzelrübe der Wilden Möhre bei weitem an Länge und Dicke. Und auch bei Futterrüben und Zuckerrüben sind die Speicherorgane – eben die Rübe – deutlich größer als bei ihre wilden Verwandten. Rekordhalter, was die Größe der Früchte anbelangt, ist jedoch unbestritten der Riesenkürbis. Seine gigantischen Früchte, die botanisch gesehen zu den Beeren zählen, können ein Gewicht von mehreren hundert Kilogramm erreichen.

Die Wawilowschen Genzentren

Unsere Nutzpflanzen stammen großteils nicht von heimischen Wildpflanzen ab, sondern haben ihren Ursprung in verschiedenen Erdteilen. Dabei fällt auf, dass in manchen Regionen der Erde die Vielfalt an Kulturpflanzen (beziehungsweise ihren Wildformen) besonders hoch ist. Auf diesen Umstand wurde in den 1920er Jahren der russische Botaniker Nikolai Wawilow auf seinen zahlreichen Forschungsreisen aufmerksam. Wawilow ging davon aus, dass sich unser Kulturpflanzen in diesen Mannigfaltigkeits-Zentren oder hotspots entwickelt haben. Ihm zu Ehren werden



Weltkarte mit eingezeichneten Genzentren:

1) Mexiko / Mittelamerika (inkl. Guatemala, Honduras, Costa Rica)

2) Südamerika (62 Pflanzen in 3 Unterzentren)
- **2a) Peru / Ecuador / Bolivien**
- **2b) Chiloé (Insel bei Südchile)**
- **2c) Brasilien / Uruguay**

3) Mittelmeerraum (84 Pflanzen)

4) Mittlerer Osten (inkl. Teile Asiens, Süd-Kaukasus, Iran, Turkmenistan; 83 Pflanzen)

5) Äthiopien (inkl. Abessinien, Eritrea, Somaliland; 38 Pflanzen)

6) Zentralasien (inkl. NW-Indien, Afghanistan, Tadjikistan, Uzbekistan und West-Tian-Shan; 43 Pflanzen)

7) Indien
- **7a) Indo-Burma: Hindustan / Assam / Burma (117 Pflanzen)**
- **7b) Siam / Malaya / Java (inkl. Indo-China, Malay-Archipel; 55 Pflanzen)**

8) China (136 Pflanzen)

Das Äthiopische Hochland (Heimat des Arabia-Kaffees) ist eines der Wawilowschen Genzentren, die sich durch eine hohe Diversität auszeichnen.

diese Regionen als „Wawilowsche Genzentren“ bezeichnet. Heute unterscheidet man zwischen den „Ursprungszentren“ der Domestikation und den „sekundären Vielfaltszentren“, in denen sich unter Kulturbedingungen eine reiche Diversität an Nutzpflanzen entfaltete.

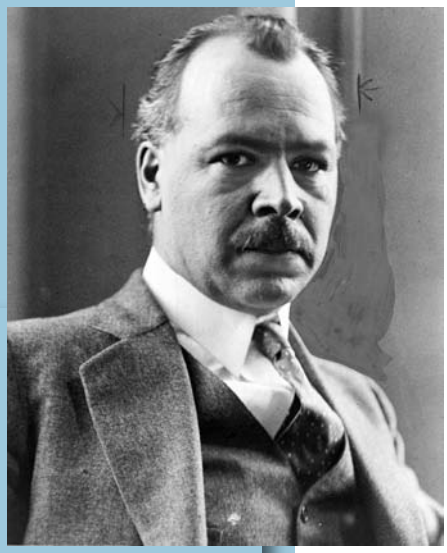
Die Wawilowschen Genzentren

Der Fall Wawilow

Nikolai Iwanowitsch Wawilow studierte von 1906 bis 1910 am Landwirtschaftlichen Institut in Moskau. Auf Studienreisen in westeuropäischen Ländern machte er sich mit den neuesten Erkenntnissen der Biologie vertraut. Er lehrte als Professor Landwirtschaft und Pflanzenzucht und war Direktor mehrerer Landwirtschaftlicher Institute.

Zahlreiche Sammlungsexpeditionen führten ihn in alle wichtigen Regionen der Erde. Dabei beobachtete er, dass genetische Variation bei den Kulturpflanzen in wenigen Zentren konzentriert ist. 1927 stellte er die daraus entwickelte Theorie über die Entstehungszentren der Kulturpflanzen in Berlin vor. Sie erwies sich von außerordentlicher Bedeutung für die internationale Kulturpflanzenforschung. Die weltweit größte Sammlung genetischer Ressourcen von Kulturpflanzen existiert derzeit im Wawilow-Institut in Sankt Petersburg.

Der Biologe Trofim D. Lyssenko, ursprünglich von Wawilow gefördert, vertrat die Ansicht, dass erworbene Eigenschaften vererbt würden. Er negierte die Existenz von Genen, was in das damalige bolschewistische Weltbild passte. Durch gute Beziehungen zu Stalin ließ er andere Biologen, vor allem Genetiker, politisch verfolgen und in Straflager bringen. So wurde auch Wawilow 1940 seiner Ämter enthoben und zum Tode verurteilt (später in 20 Jahre Haft umgewandelt). Er starb 1943 im Gefängnis, wahrscheinlich an Hunger.



Nikolai Iwanowitsch Wawilow
*** 25. November 1887 in Moskau**
† 26. Januar 1943 in Saratow
war ein international hochangesehener russischer Botaniker, Genetiker und Forschungsreisender. Er begründete die Theorie von den geographischen Genzentren der Kulturpflanzen.

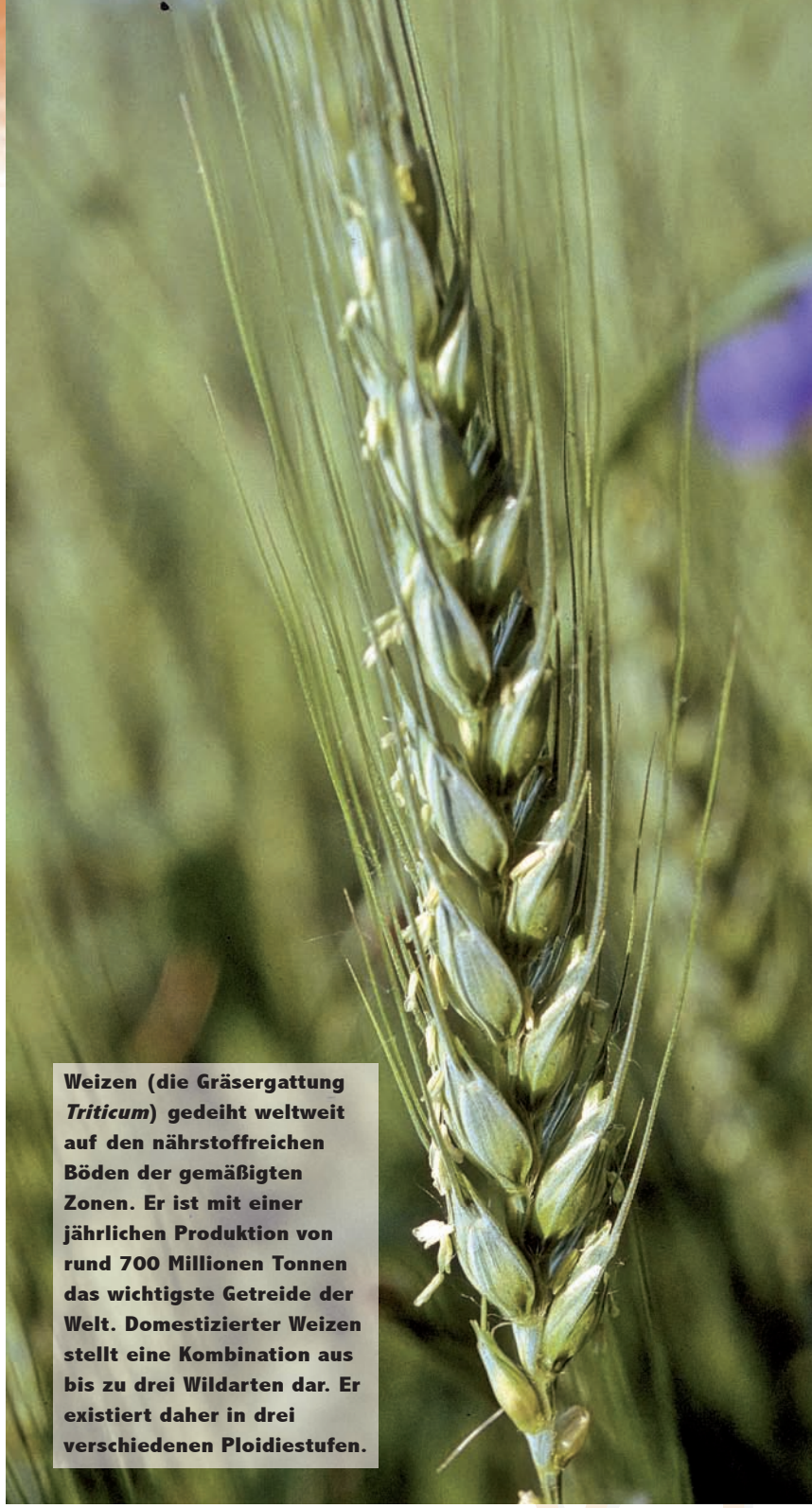
Schrot und Korn

Nutzpflanzen wurden durch Jahrtausende lange Züchtung verändert, um den Ansprüchen der Menschen zu genügen. Die Selektion auf Erntefähigkeit und Ertrag ging dabei häufig zu Lasten der Überlebensfähigkeit, wie etwa bei unseren Getreidesorten.

Die Pflanzenzüchtung hat Nutzpflanzen hervorgebracht, die oft nur noch wenig mit ihren wilden Verwandten gemein haben. Sie weisen eine Reihe von Merkmalen auf, die sich für die menschlichen Bedürfnisse als nützlich erweisen. (Man spricht in diesem Zusammenhang vom sogenannten „Domestikationssyndrom.“) Im Vordergrund stehen dabei stets jene Merkmale, die für die für die Qualität des Ernteguts und die Praxis des Ackerbaus von Bedeutung sind. Durch diese gezielte Auslese durch den Menschen haben viele Kulturpflanzen basale Fähigkeiten teilweise oder zur Gänze verloren — so zum Beispiel die Fähigkeit, sich unter natürlichen Bedingungen auszubreiten oder fortzupflanzen.

Unsere Kulturpflanzen sind daher in der Regel nur noch durch den Schutz des Menschen überlebensfähig. In freier Natur könnten sie sich nicht gegen ihre Konkurrenten durchsetzten und würden sehr rasch wieder verschwinden. Dies hat verschiedene Ursachen: Zum Beispiel sind Früchte oder andere Ertragsorgane unserer Nutzpflanzen extrem vergrößert; sie bilden keine toxischen Inhaltsstoffe mehr, um Fressfeinde abzuwehren oder aber ihre natürliche Fähigkeit zur Reproduktion und Ausbreitung ist auf andere Weise eingeschränkt, wie zum Beispiel bei unseren Getreidesorten.

Diese unterscheiden sich von ihren Wildformen nämlich nicht nur durch ihre deutlich größeren Samen: Sie besitzen



Weizen (die Gräsergattung *Triticum*) gedeiht weltweit auf den nährstoffreichen Böden der gemäßigten Zonen. Er ist mit einer jährlichen Produktion von rund 700 Millionen Tonnen das wichtigste Getreide der Welt. Domestizierter Weizen stellt eine Kombination aus bis zu drei Wildarten dar. Er existiert daher in drei verschiedenen Ploidiestufen.

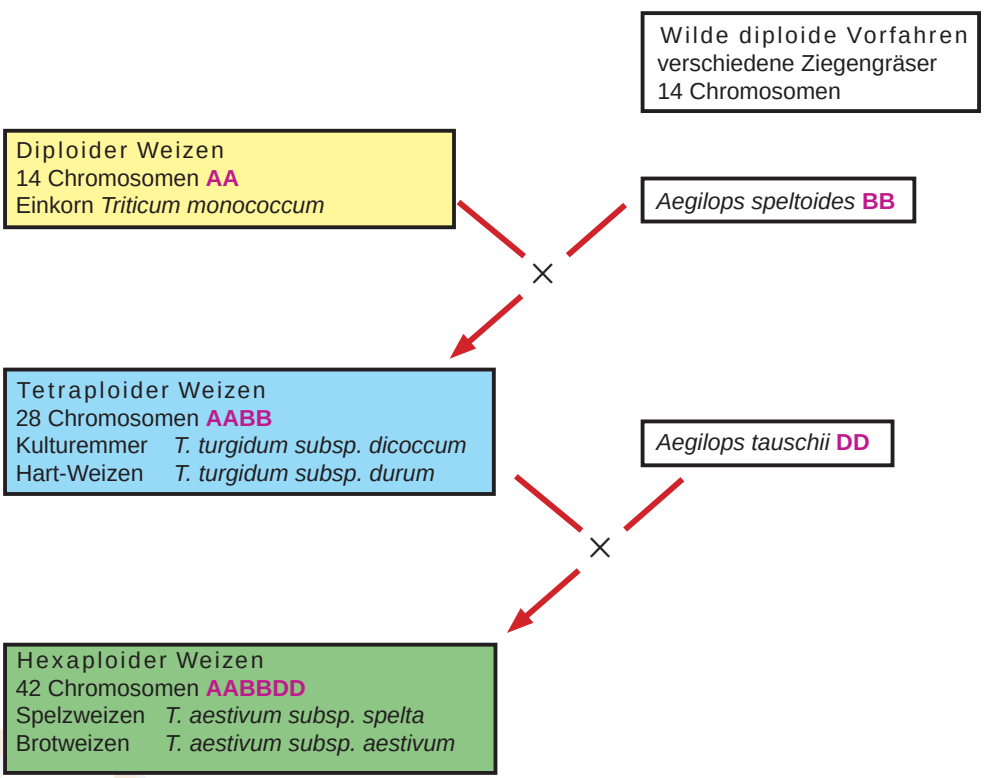
Wildgetreide (hier *Aegilops cylindrica*) säen sich selbst aus: Ihre Ähren zerfallen zur Reifezeit in einzelne Abschnitte. Alle domestizierten Getreidearten besitzen dagegen Ähren, die nicht brüchig sind. Dadurch fallen die Körner nicht von alleine aus. Da sie aber nur lose in den Spelzen sitzen, können sie bei der Ernte leicht ausgedroschen werden.

Schrot und Korn

auch keine brüchigen Ähren mehr. Während bei den Wildformen, die reifen Ähren auseinanderbrechen und die Samen zu Boden fallen und sich verbreiten, bleiben die Ähren der Kulturformen bei der Reife intakt. Dadurch lassen sie sich viel leichter ernten. Gleichzeitig ist allerdings die Verbreitung stark eingeschränkt.

Zurückzuführen ist dieses Merkmal auf eine natürlich auftretende Mutation in nur wenigen Genen. (Bei Weizen und Gerste zum Beispiel hat man die entsprechenden Gene inzwischen genau lokalisiert.)

Eine der ersten züchterischen Leistungen des Menschen bestand nun darin, jene Mutanten auszuwählen, deren reife Ähren nicht zerbrechen. Dies geschah schon früh in der rund 10.000 Jahre dauernden Domestikationsgeschichte des Getreides.



Vom Einkorn zum Brotweizen: Wilder Weizen wurde als Einkornweizen (*Triticum monococcum*, diploides Genom AA) bereits vor mehr als 10.000 Jahren domestiziert. Aus einer zufälligen Kreuzung des Wilden Einkorns (*Triticum urartu*) mit dem Wilden Spelzweizen (*Aegilops speltoides*, Genom BB) entstand der Wilde Emmer (*Triticum dicoccoides*, Genom AABB). Aus diesem ging schließlich der Kulturemmer hervor. Hart-Weizen, der heute für die Spaghettiproduktion verwendet wird, ist ebenfalls ein Ergebnis dieser Genomkombination (AABB). Mahl- oder Brotweizen dagegen besitzt ein hexaploides Genom (AABBDD). Er entstand aus einer Kreuzung des tetraploiden Kulturemmers mit einer diploiden Wildweizenart (*Aegiliops tauschii*, Genom DD).

Sowohl Brot als auch Nudeln bestehen aus Weizen. Für ihre Herstellung werden jedoch unterschiedliche Mehlsorten verwendet. Für die Produktion von Teigwaren eignet sich ausschließlich das glasige, eiweißhaltige Korn des tetraploiden Hart-Weizens. Aus diesem Mehl kann man jedoch keine lockeren Brote oder gar Kuchen backen. Es entstehen bestenfalls Fladen. Denn nur der hexaploide Brotweizen besitzt spezielle Gluten-Proteine. Diese bilden mit Wasser elastische Vernetzungen aus, können während des Backvorganges Luftblasen einschließen und ermöglichen so das Aufgehen und Lockerwerden des Teiges.

Ebenso lange bemühte sich der Mensch darum, die sogenannte Keimruhe des Getreides auszuschalten. Diese sorgt bei den Wildformen dafür, dass die Samen erst bei günstigen klimatischen Voraussetzungen keimen, wenn das junge Pflänzchen optimale Wachstumsbedingungen vorfindet. Bei den Kulturformen war dieses Merkmal unerwünscht: Sie sollten nach der Aussaat rasch und gleichmäßig wachsen und so dem Menschen nach Möglichkeit ständig in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Auch der Anspruch, den viele Pflanzen an die Tageslänge stellen, war in der Pflanzenzucht ein Problem, das es zu lösen galt. Viele Nutzpflanzen, wie beispielsweise die Wildformen von Mais oder Kartoffeln, sind an die kurze Tageslänge ihrer Heimat — der Tropen und Subtropen — angepasst. Ihre Früchte kommen in den gemäßigten Zonen daher nicht zur Reife. Im Falle der Kartoffel wurden schließlich Varianten entdeckt, die auch in den gemäßigten Breiten Knollen bilden. Beim Mais dagegen führten pflanzenzüchterische Maßnahmen zu tiefgreifenden Veränderungen: Während seine Wildform (die Teosinte) eine Kurztagspflanze ist, gelangt der Mais als Langtagspflanze nur bei einer Tageslänge von mehr als 12 Stunden zur Blüte. Bei vielen Getreidesorten, wie beispielsweise beim Weizen, gibt es heute Kurz- und Langtagstypen, wodurch sich die Aussaat flexibler gestaltet.

Schrot und Korn

Der Hafer (*Avena sativa*) stammt vermutlich aus der Schwarzmeer-Region. Genau wie der Roggen gelangte er ursprünglich als Verunreinigung zusammen mit anderen Getreidearten nach Mitteleuropa. Er gedeiht als „sekundäre Kulturpflanze“ auch in kühlen Lagen. Das Korn ist durch den hohen Fettgehalt energiereich, aber nicht backfähig. Durch seine Schleimstoffe eignet sich Hafer besonders als Kranken- und Säuglingsnahrung. Früher diente Hafer vor allem als Futter für Arbeitstiere. Daher erreichten die Anbauflächen vor der Industrialisierung der Landwirtschaft ihre größte Ausdehnung. Erst in den letzten Jahrzehnten stieg der Bedarf an Hafer durch die vermehrte Reitpferdehaltung wieder stark an.

Gerste (*Hordeum vulgare*) wurde schon vor 5000 v. Chr. im vorderasiatischen Raum in Kultur genommen. Sie ist klimatisch viel anspruchsloser als Weizen, besitzt aber nur eine geringe Backfähigkeit. Durch ihre Schleimstoffe eignet sie sich gut als Krankenkost. Zudem wird sie als Viehfutter genutzt und dient der Bier- und Whisky-Erzeugung. In Notzeiten wurde Gerstenmalz geröstet und als Kaffee-Ersatz verwendet (Malzkaffee).

Roggen (*Secale cereale*) ist eine sogenannte sekundäre Kulturpflanze: Er gelangte vermutlich zunächst als Verunreinigung im Saatgut von Weizen und Gerste aus dem Kaukasus nach Mitteleuropa. Unter der Selektionswirkung des rauen Klimas entwickelte er sich hier vom Unkraut zur Kulturpflanze. Besonders auf ungünstigen Standorten verdrängte er durch seine Robustheit die anderen Getreidesorten. Noch bis zum zweiten Weltkrieg übertraf die Anbaufläche des Roggens die des Weizens. Roggen ist ebenso wie Weizen gut backfähig. In Nordeuropa und Sibirien ist Roggen bis heute aufgrund seiner Winterhärte und seiner Genügsamkeit das wichtigste Brotgetreide.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts versuchte man, Gattungshybriden zwischen Weizen und Roggen herzustellen. Auf diese Weise sollten die positiven Eigenschaften des Weizens mit der Genügsamkeit des Roggens verbunden werden. Das Ergebnis war eine neue Pflanze, die als Triticale bezeichnet wurde. (Die Wortschöpfung setzt sich aus den lateinischen Namen von Weizen und Roggen zusammen.) Vom Weizen hat Triticale die gute Backfähigkeit, die hohen Erträge und das kurze Stroh. Vom Roggen stammen die geringen Ansprüche an das Klima und an die Bodenqualität.

Bis auf wenige Ausnahmen besitzen alle Zellen eines Organismus genetisches Material (DNA). Dieses besteht aus väterlichen und mütterlichen Anteilen. Daher befinden sich bei den meisten Lebewesen – wie auch beim Menschen – von jedem Chromosom zwei Exemplare in jeder Körperzelle (sogenannte diploide Körperzellen). Normalerweise liegt die DNA als fädige Struktur im Zellkern der Zelle. Nur bei der Zellteilung löst sich die Membran des Zellkerns auf. Die Chromosomen werden als langgestreckte Gebilde sichtbar.

Körperzellen und Keimzellen

Am Anfang jedes mehrzelligen Organismus steht eine befruchtete Eizelle. In dieser liegen mütterliche und väterliche Erbanlagen kombiniert vor. Damit aus der Eizelle ein neuer Organismus heranwachsen kann, ist eine Reihe von Zellteilungen notwendig. Bei diesen Zellteilungen (Mitosen) muss die genetische Information möglichst fehlerfrei weitergegeben werden. Für die genetische Vielfalt innerhalb einer Population sorgt dagegen eine besondere Form der Zellteilung: die Meiose. Sie ist die Basis der sexuellen Fortpflanzung.

Damit ein Organismus wachsen und sich vermehren kann, müssen seine Zellen in der Lage sein, sich zu teilen. Man unterscheidet zwei Arten von Zellteilung: die Mitose, die der Bildung von Körperzellen dient, und die Meiose, bei der Keimzellen entstehen.

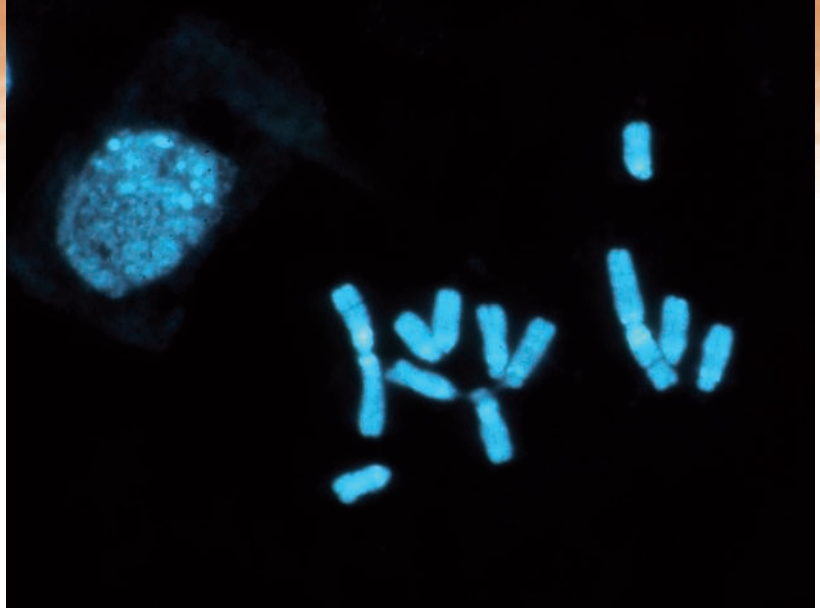
Die Mitose kommt in allen wachsenden Geweben vor und dient der Neubildung von Körperzellen für Wachstum und Regeneration. Durch Mitose entstehen Zellen, die sich nicht von den elterlichen Zellen unterscheiden: Aus einer Mutterzelle gehen zwei genetisch identische Tochterzellen hervor, indem das Erbgut (die Chromosomen) zuerst ver-

Erst teilen dann verdoppeln

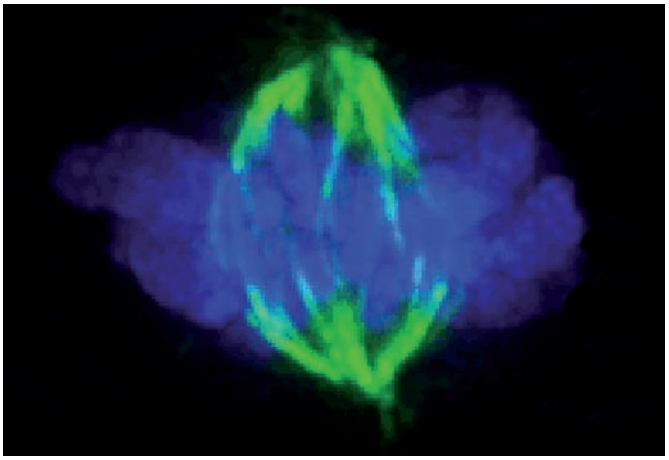
Körperzellen enthalten normalerweise einen doppelten (diploiden) Chromosomensatz, wobei eine Hälfte der Chromosomen von der Mutter, die andere Hälfte vom Vater stammt. Jedes Chromosom liegt daher als Zwillingskopie vor. Im Gegensatz dazu enthalten Keimzellen keine solchen Chromosomenpaare: Sie besitzen nur einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz. Bei der Befruchtung – also der Verschmelzung von Ei- und Samenzelle – entsteht auf diese Weise wieder ein diploider Organismus mit einem doppelten Chromosomensatz. Sinn der Meiose ist es, den normalerweise diploiden Chromosomensatz bei der Ausbildung von Keimzellen auf einen haploiden Satz zu reduzieren und so die Voraussetzung für eine sexuelle Fortpflanzung zu gewährleisten.

doppelt und anschließend gleichmäßig auf die beiden neu entstehenden Tochterzellen verteilt wird. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilungen liegt jeweils eine längere Interphase. Während dieser Interphase wächst die Zelle und bereitet sich auf die nächste Zellteilung vor.

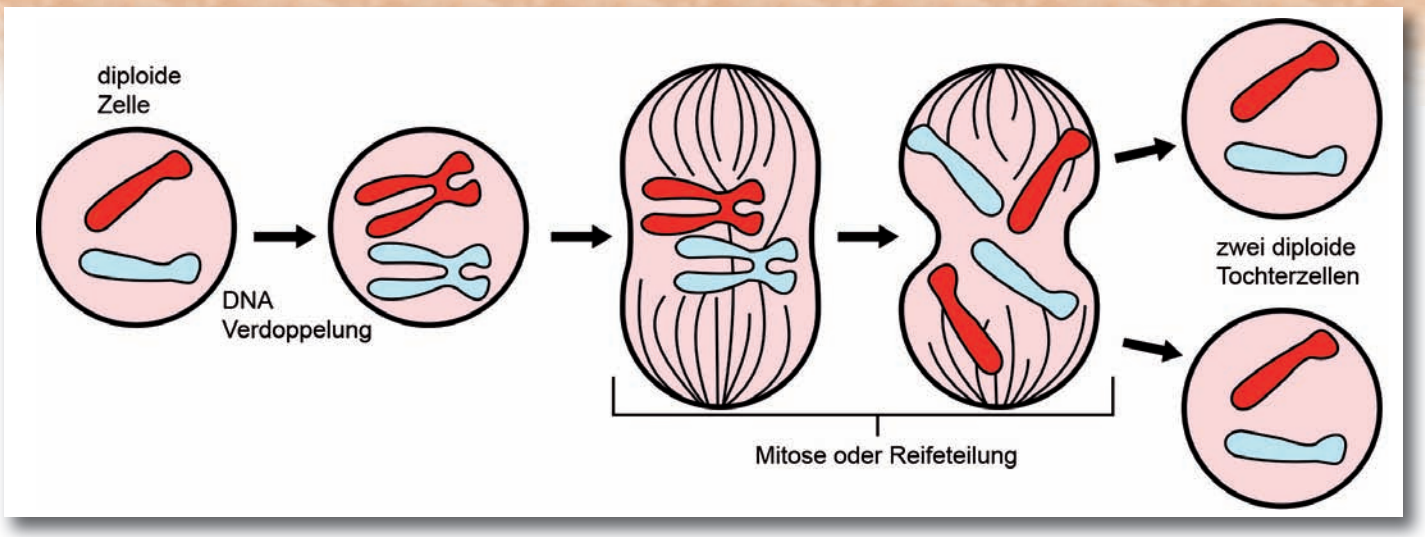
Die Meiose dagegen dient der Bildung von Keimzellen (Ei- und Samenzellen) für die sexuelle Fortpflanzung. Aus der Meiose gehen Zellen hervor, die sich genetisch sowohl von den Elternzellen als auch untereinander unterscheiden: Bei der Meiose wird, anders als bei der Mitose, die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte reduziert. Deshalb bezeichnet man sie auch als Reduktionsteilung oder Reifeteilung. Die Reduktion der Chromosomenzahl ist allerdings nur eine Aufgabe der Meiose. Ihre zweite wichtige Funktion liegt in der Durchmischung und Neukombination des in den Chromosomen lokalisierten genetischen Materials.



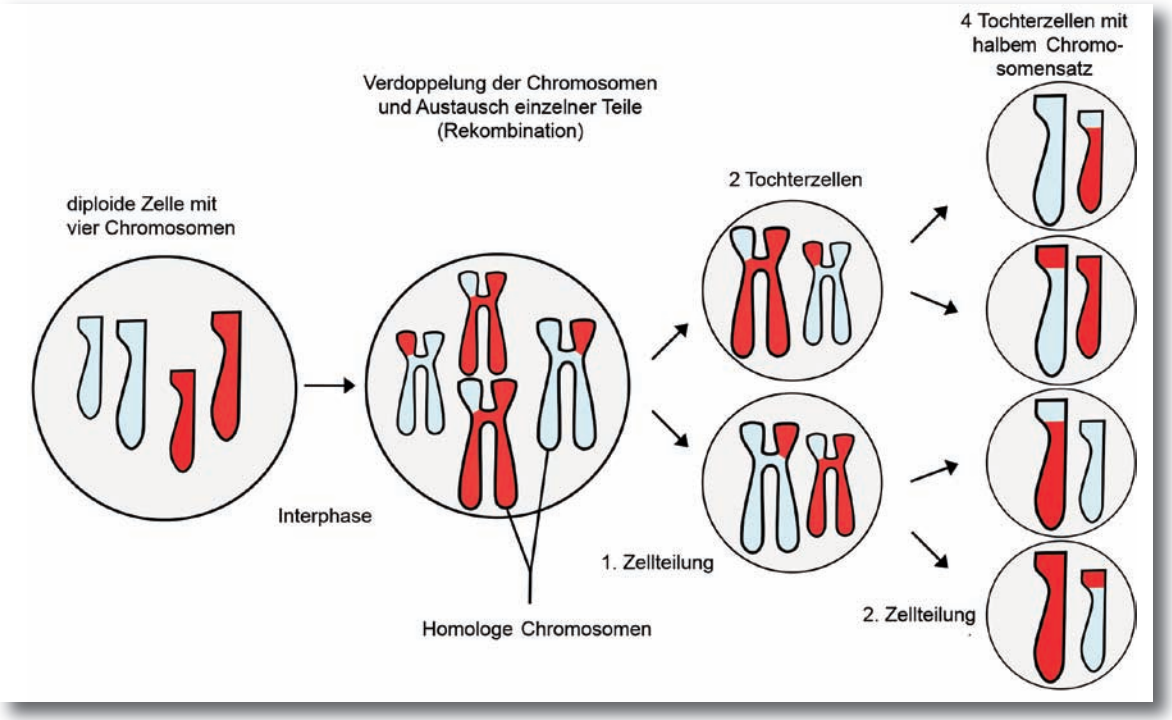
Durch spezielle Färbetechniken können Chromosomen eindeutig identifiziert und unterschieden werden. Die Pferdebohne zum Beispiel besitzt ein langes Chromosom und fünf kleinere. Jedes dieser Chromosomen besteht aus zwei nebeneinander liegenden Teilen, den Chromatiden. Diese werden bei der Zellteilung auf zwei Tochterzellen verteilt. Wie bei allen diploiden Organismen ist jedes Chromosom zweifach vorhanden.



Der sogenannte Spindel-Apparat besteht aus kontraktilen Fasern (grün). Bei der Zellteilung ziehen diese Spindelfasern die Chromatiden auseinander und sorgen für die korrekte Verteilung der Chromosomen (blau) auf die Tochterzellen.



Schema einer Mitose eines diploiden Organismus mit zwei Chromosomen (einem mütterlichen und einem väterlichen). Zunächst wird das genetische Material verdoppelt. Jedes Chromosom besteht nun aus zwei identischen Chromatiden. Danach verteilt der Spindelapparat die Chromosomen auf zwei Tochterzellen. Am Ende besitzt jede Tochterzelle wieder die gleichen Chromosomen wie die Ausgangszelle.



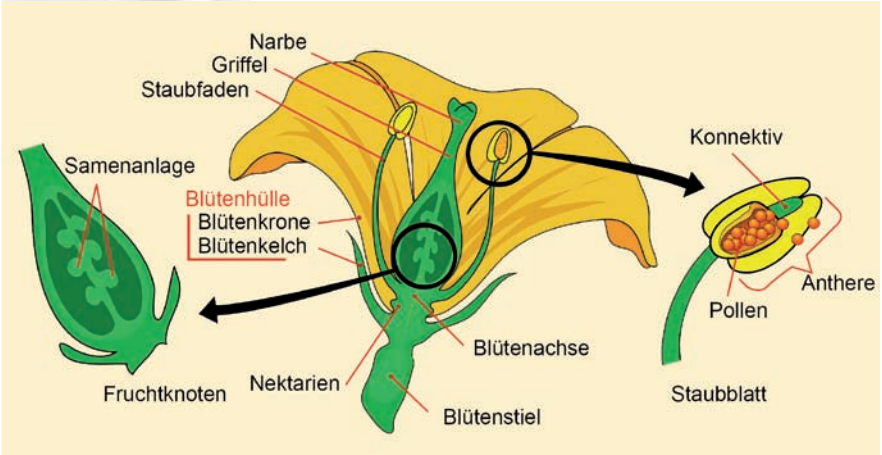
Schema einer Meiose eines diploiden Organismus mit vier Chromosomen (zwei mütterlichen und zwei väterlichen). Zunächst wird auch hier das genetische Material verdoppelt. Die homologen mütterlichen und väterlichen Chromosomen finden sich zu Paaren zusammen. Sie tauschen einzelne Segmente aus (Rekombination). Danach kommt es zu zwei Zellteilungen. Dadurch entstehen aus einer diploiden Ausgangszelle vier haploide Keimzellen mit einem halben Chromosomensatz. All diese Zellen unterscheiden sich genetisch voneinander. Erst bei der Befruchtung entstehen durch die Verschmelzung einer mütterlichen Keimzelle mit einer väterlichen wieder diploide Körperzellen.

Durch ihre ortsgebundene Lebensweise können Pflanzen die Bestäubung meist nicht selbständig durchführen. Für den Transport des Pollens von einer Blüte zur anderen sind sie daher auf Tiere, den Wind oder Wasser angewiesen. Oft wird den Insekten dabei als Gegenleistung Nektar angeboten, der in eigenen Drüsen in der Blüte produziert wird.

Sexy Plants?

Geschlechtliche Fortpflanzung existiert bei allen Pflanzengruppen. Wie bei Tieren entstehen auch bei Pflanzen durch die Verschmelzung von männlichen und weiblichen Fortpflanzungszellen neue Individuen. Diese besitzen neukombinierte Anteile der Eigenschaften ihrer Eltern. Pflanzenzüchter machen sich diesen Umstand seit Jahrtausenden zu Nutze: Durch Kreuzungen fördern sie gezielt erwünschte Merkmale. Unerwünschte Merkmale dagegen werden eliminiert.

Beinahe alle Pflanzen, die vom Menschen als Nahrungspflanzen genutzt werden, gehören zur großen Gruppe der Blütenpflanzen. Blütenpflanzen vermehren sich vorwiegend geschlechtlich – also durch Bestäubung, Befruchtung und die Ausbildung von Samen.



Die Blüte ist das Reproduktionsorgan der Blütenpflanzen. Sie besteht klassischerweise aus Kelchblättern, Kronblättern, Staubblättern und Fruchtblättern.

Wegen der Ausbildung von Samen werden Blütenpflanzen auch Samenpflanzen oder Spermatophyten (von griechisch sperma = Samen und phyton = Pflanze) genannt.

Die Fortpflanzungsorgane der Blütenpflanzen sind die Blüten. Sie entwickelten sich aus gestauchten Sprossachsen mit vier verschiedenen, zum Teil stark veränderten Blatttypen: den Kelch,- Kron-, Staub- und Fruchtblättern. Ihre Anzahl, Stellung und Form ist charakteristisch für jede Pflanzenart und dienen als Unterscheidungsmerkmal. (Nicht bei jeder Pflanze sind jedoch alle Teile einer Blüte

Eine revolutionäre Entdeckung

Lange Zeit galt es für die meisten Biologen als Tatsache, dass es nur bei tierischen (frei beweglichen) Organismen zu Sexualität kommen kann. Dies änderte sich erst durch die Experimente des Tübinger Biologen Rudolf Jacob Camerarius (1665-1721), der sexuelle Reproduktion bei Pflanzen nachwies. Camerarius identifizierte nicht nur die männlichen und weiblichen Blütenorgane. Er bewies auch experimentell, dass Samen nur dann gebildet werden, wenn Pollen auf die Narbe von Blüten gelangen kann. Mit seinen Ergebnissen, die er in dem Brief „De sexu plantarum epistola“ veröffentlichte, widerlegte er die Aristotelische Lehrmeinung, die Sexualität nur bei frei beweglichen Organismen (Tieren) zuließ.

gleichermaßen ausgebildet; fehlen Blatttypen, spricht man von einer unvollständigen Blüte.)

Die Kelchblätter, die mehr als alle anderen Blütenbestandteile den Laubblättern gleichen, sind gewöhnlich grün. Sie umschließen und schützen die Blüte, bevor sie sich öffnet. Die Kronblätter dagegen sind meist auffällig gefärbt. Sie locken Insekten und andere Bestäuber an. (Lediglich bei Blüten, die durch den Wind bestäubt werden, sind sie unauffällig grünlich oder bräunlich.) Kelchblätter und Kronblätter sind die sterilen Teile der Blüte, die nicht unmittelbar an der Reproduktion beteiligt sind.

Die reproduktiven Teile der Blüte sind die Staub- und Fruchtblätter. Die Staubblätter, die aus einem Stiel und dem Staubbeutel bestehen, sind die männlichen Fortpflanzungsorgane. In den Staubbeuteln werden die Pollen produziert.

Die Fruchtblätter, auch Stempel genannt, sind die weiblichen Fortpflanzungsorgane. Sie bestehen aus der Narbe, dem Griffel und dem Fruchtknoten. Häufig sind mehrere Fruchtblätter miteinander verwachsen, sodass ein Fruchtknoten mit einem oder mehreren Fächern entsteht.

Im Inneren des Fruchtknotens befinden sich eine oder mehrere Samenanlagen, in denen sich der Embryosack mit der Eizelle entwickelt. Gelangt nun Pollen – auch Blütenstaub genannt – auf die Narbe des Stempels, wird die Blüte bestäubt. Auf die Bestäubung folgt die Befruchtung: Das Pollenkorn keimt unter Bildung eines Pollenschlauches aus. Dieser Pollenschlauch wächst durch die Narbe und den Griffel nach unten zum Fruchtknoten, wo er seine Kerne (die sogenannten Spermakerne) an den Embryosack abgibt. Im Embryosack kommt es zur Befruchtung der Eizelle. Aus dem Verschmelzungsprodukt von Ei- und Samenzelle – der sogenannten Zygote – geht ein Embryo

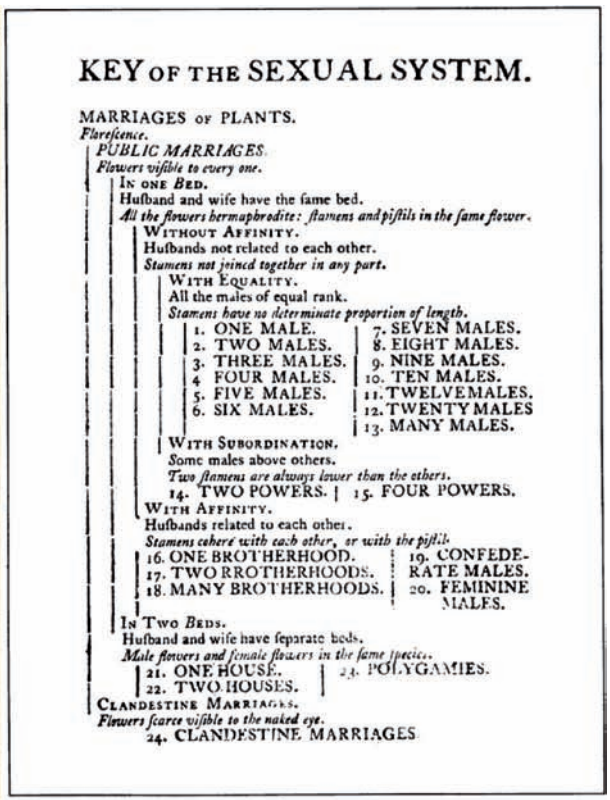
Auch wenn es uns die Bezeichnung Erdbeere suggerieren will – diese Frucht ist keine Beere! Die eigentlichen Früchte der Erdbeere sind die vielen kleinen, harten Nüsschen auf der Oberfläche des beliebten Obstes. Was wir als rote „Erdbeerfrucht“ verzehren, ist die fleischig ausgewachsene Blütenachse der Erdbeerpflanze, die durch rote Farbstoffe (Anthocyane) gefärbt ist. Echte Beeren besitzen Samen, die in das saftige Fruchtfleisch eingebettet sind. Aus diesem Grund sind Weintrauben, Stachelbeeren, aber auch Kürbisse und Gurken botanisch gesehen Beeren.

hervor. Zugleich bildet sich in der Samenanlage ein Nährgewebe, das reich an Stärke und anderen Reservestoffen ist.

Embryo und Nährgewebe werden von einer Samenschale umschlossen, wenn sich die Samenanlage nach der Befruchtung zu einem Samen entwickelt. Im Samen, der charakteristischen Verbreitungseinheiten der Samenpflanzen, ruht der Embryo bis zur Keimung.

Parallel zur Entwicklung der Samen entsteht aus dem Fruchtknoten eine Frucht. Diese schützt die eingeschlossenen Samen und trägt zu ihrer Verbreitung bei. Die Verbreitung erfolgt dabei auf verschiedene Weise, die der Eigenart und Bauweise der Frucht entspricht: Streufrüchte, wie Kapseln, Schoten oder Hülsen, öffnen sich und streuen die Samen aus. Bei den Schließfrüchten, zu denen Nüsse, Steinfrüchte und Beeren zählen, bleibt der Same von der Frucht umschlossen und wird mit dieser zusammen verbreitet. Manche Pflanzen bilden Strukturen aus, die die Verbreitung der Früchte durch den Wind erleichtern. Der Großteil aber setzt auf die Verbreitung der Samen durch Tiere, wobei essbare Früchte als Lockmittel dienen.

Der Mensch hat diese essbaren Früchte durch selektive Züchtung bei vielen Nahrungspflanzen zu seinem eigenen Vorteil verändert. Viele Früchte, die wir heute als Obst oder Gemüse schätzen, sind vergrößerte Ausgaben der von Natur aus viel kleineren Stammformen.



KEY OF THE SEXUAL SYSTEM.

MARRIAGES OF PLANTS.
Florescence.
PUBLIC MARRIAGES.
Flowers visible to every one.
IN ONE BED.
Husband and wife have the same bed.
All the flowers hermaphrodite: stamens and pistils in the same flower.
WITHOUT AFFINITY.
Husbands not related to each other.
Stamens not joined together in any part.
WITH EQUALITY.
All the males of equal rank.
Stamens have no determinate proportion of length.
1. ONE MALE. 2. TWO MALES. 3. THREE MALES. 4 FOUR MALES. 5. FIVE MALES. 6. SIX MALES. 7. SEVEN MALES. 8. EIGHT MALES. 9. NINE MALES. 10. TEN MALES. 11. TWELVE MALES. 12. TWENTY MALES 13. MANY MALES.
WITH SUBORDINATION.
Some males above others.
Two stamens are always lower than the others.
14. TWO POWERS. 15. FOUR POWERS.
WITH AFFINITY.
Husbands related to each other.
Stamens cohere with each other, or with the pistil.
16. ONE BROTHERHOOD. 17. TWO BROTHERHOODS. 18. MANY BROTHERHOODS. 19. CONFEDERATE MALES. 20. FEMININE MALES.
IN TWO BEDS.
Husband and wife have separate beds.
Male flowers and female flowers in the same species.
21. ONE HOUSE. 22. TWO HOUSES. 23. POLYGAMIES.
CLANDESTINE MARRIAGES.
Flowers scarce visible to the naked eye.
24. CLANDESTINE MARRIAGES

Figure 1. *Erasmus Darwin's translation of a synopsis of Linnaeus's classification scheme for plants, as given in* The Families of Plants *(Botanical Society of Lichfield, 1787), page lxxvii. Reproduced by permission of the Syndics of the Cambridge University Library.*

Die Erkenntnis, dass sich Pflanzen genau wie Tiere sexuell fortpflanzen, fiel in Nordeuropa auf fruchtbaren Boden. Der schwedische Naturwissenschaftler Carl von Linné veröffentlichte 1735 ein Ordnungssystem. In diesem unterteilte er die Pflanzen nach Art und Anzahl der weiblichen und männlichen Organe der Blüte. Dieses Sexualsystem der Pflanzen erlangte weite Verbreitung – zum einen aufgrund seiner Einfachheit und wohl auch wegen der leicht anzüglichen Sprache. So verglich Linné die Blüte mit einem Ehebett in dem eine Frau mit mehreren Ehemännern die Hochzeit vollzieht. Es ist daher nicht verwunderlich, dass diese Publikation unter Papst Clemens XIII kurzzeitig auf dem Index der verbotenen Bücher landete.

Mais ist mit einer jährlichen Erntemenge von mehr als 820 Millionen Tonnen die weltweit wichtigste Kulturpflanze. Er stammt aus den Tropen und Subtropen Mittelamerikas, wo auch seine nächste wilde Verwandte vorkommt: die Teosinte.

Von Teosinte zu Kulturmais

Mais stammt von einem Wildgras ab, das Teosinte genannt wird. Die Bezeichnung stammt aus dem Nahuatl-indianischen und bedeutet so viel wie „Der unser Leben Erhaltende“. Heute ist Mais die bedeutendste Kulturpflanze der Welt.

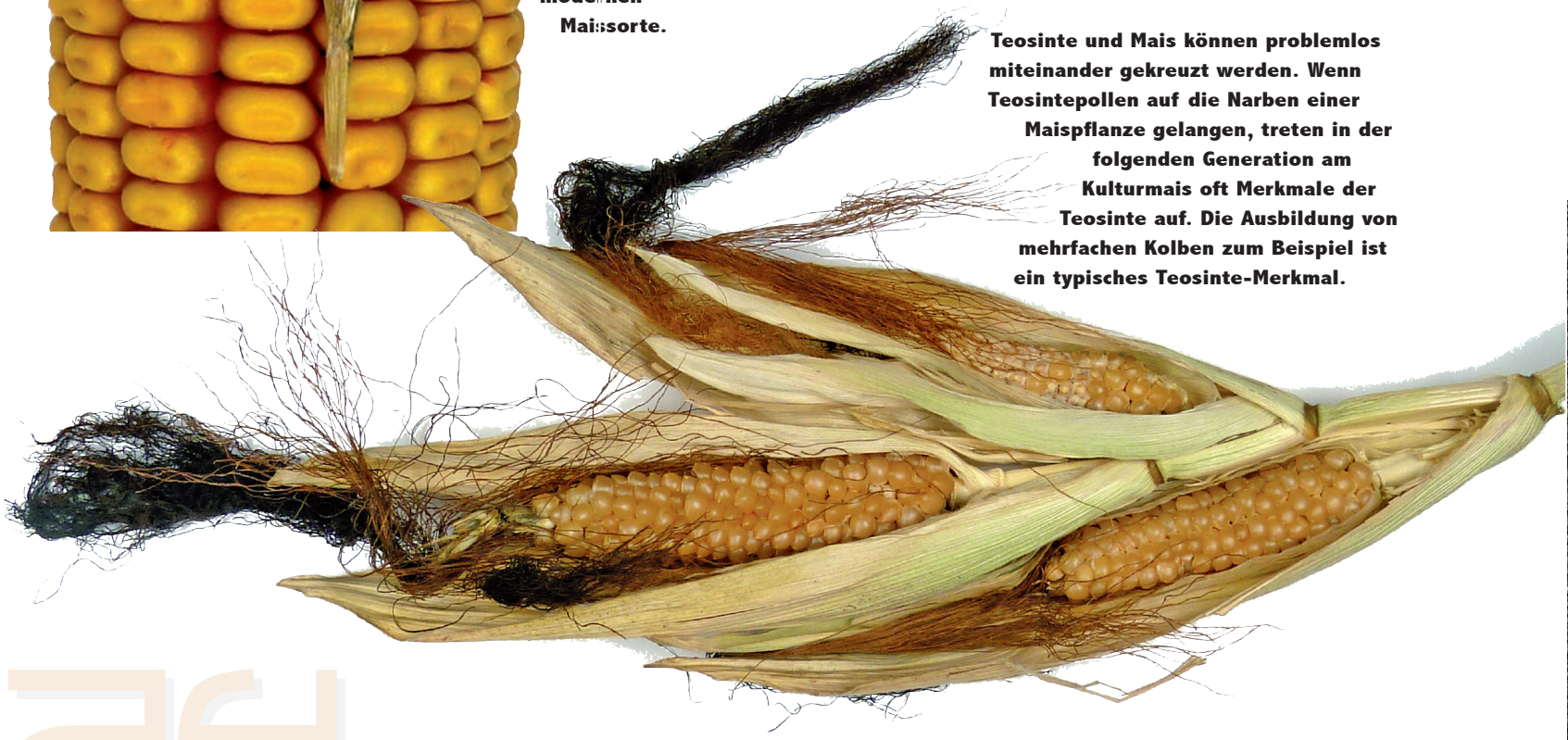
Mais und Teosinte werden botanisch als zwei Unterarten von *Zea mays* aufgefasst und lassen sich problemlos kreuzen. Man nimmt an, dass sich die Teosinte innerhalb eines Zeitraumes von 5000 Jahren infolge der Selektion durch den Menschen zu unserem heutigen Kulturmais entwickelt hat. Teosinte (*Zea mays* subsp. *parviglumis*) wächst nach wie vor in der mexikanischen Provinz Oaxaca. Der domestizierte Mais stammt wahrscheinlich ebenfalls aus dieser Region. Allerdings hat er aufgrund seiner enormen Anpassungsfähigkeit mittlerweile die gesamte Welt erobert: Mais wird beinahe überall angebaut – vom Andenhochland über die feucht-gemäßigten Regionen Europas und Nordamerikas bis hin zu tropischen Tieflandbereichen. Um die unterschiedlichen Wachstumsbedingungen optimal ausnutzen zu können, wurde eine Vielzahl von Sorten gezüchtet.

Mais und Teosinte sehen so unterschiedlich aus, dass es schwer zu glauben ist, dass sie nahe miteinander verwandt sind. Dennoch unterscheiden sie sich nur in wenigen Merkmalen voneinander, die den Ertrag steigern und die Erntefähigkeit verbessern: So besitzt die Maispflanze nur eine Hauptachse, während die Teosinte stark verzweigt ist. Die Ährchen sind beim Mais anders als bei der Teosinte gepaart, die äußeren Hüllspelzen sind weich und nicht mehr verhärtet. Zudem zeichnet sich der Mais durch die Vielzeiligkeit der Kolben aus, während die Ähren der Teosinte zweizeilig sind. Eine Teosintenähre besteht deshalb nur aus fünf bis zwölf Körnern, während ein Maiskolben mehr als 500 Körner besitzen kann. Bei der Teosinte

Von Teosinte zu Kulturmais

Größenvergleich zwischen einer zweizeiligen Ähre der Teosinte und dem Kolben einer modernen Maissorte.

Als typisches Wildgras muss die Teosinte ihre Samen vor Vogelfraß schützen. Am Boden liegende Samen sind deshalb im Vergleich zu den domestizierten Maiskörnern sehr schwer zu erkennen.



Teosinte und Mais können problemlos miteinander gekreuzt werden. Wenn Teosintepollen auf die Narben einer Maispflanze gelangen, treten in der folgenden Generation am Kulturmais oft Merkmale der Teosinte auf. Die Ausbildung von mehrfachen Kolben zum Beispiel ist ein typisches Teosinte-Merkmal.

Die genetischen Eigenschaften von Maissorten werden in internationalen Züchtungsprogrammen weiter verbessert. Dazu werden laufend exotische Genotypen in moderne Zuchtsorten eingekreuzt, wie etwa diese ungewöhnlich gefärbten und geformten Landsorten aus Lateinamerika.

ist die Ähre brüchig, sodass die Samen nach der Reife zu Boden fallen. Der Maiskolben dagegen ist eine Ähre mit einer stark verdickten Hauptachse; die Körner lösen sich auch nach der Reife nicht vom Kolben.

Bei der Reife zerfallen die Ähren der Teosinte. Die Samen, die durch eine harte Schale geschützt sind, fallen zu Boden. Im Gegensatz dazu besitzen die Körner beim Mais keine harte Samenschale und haften fest am verdickten Kolben. Dadurch können sie leichter geerntet werden.

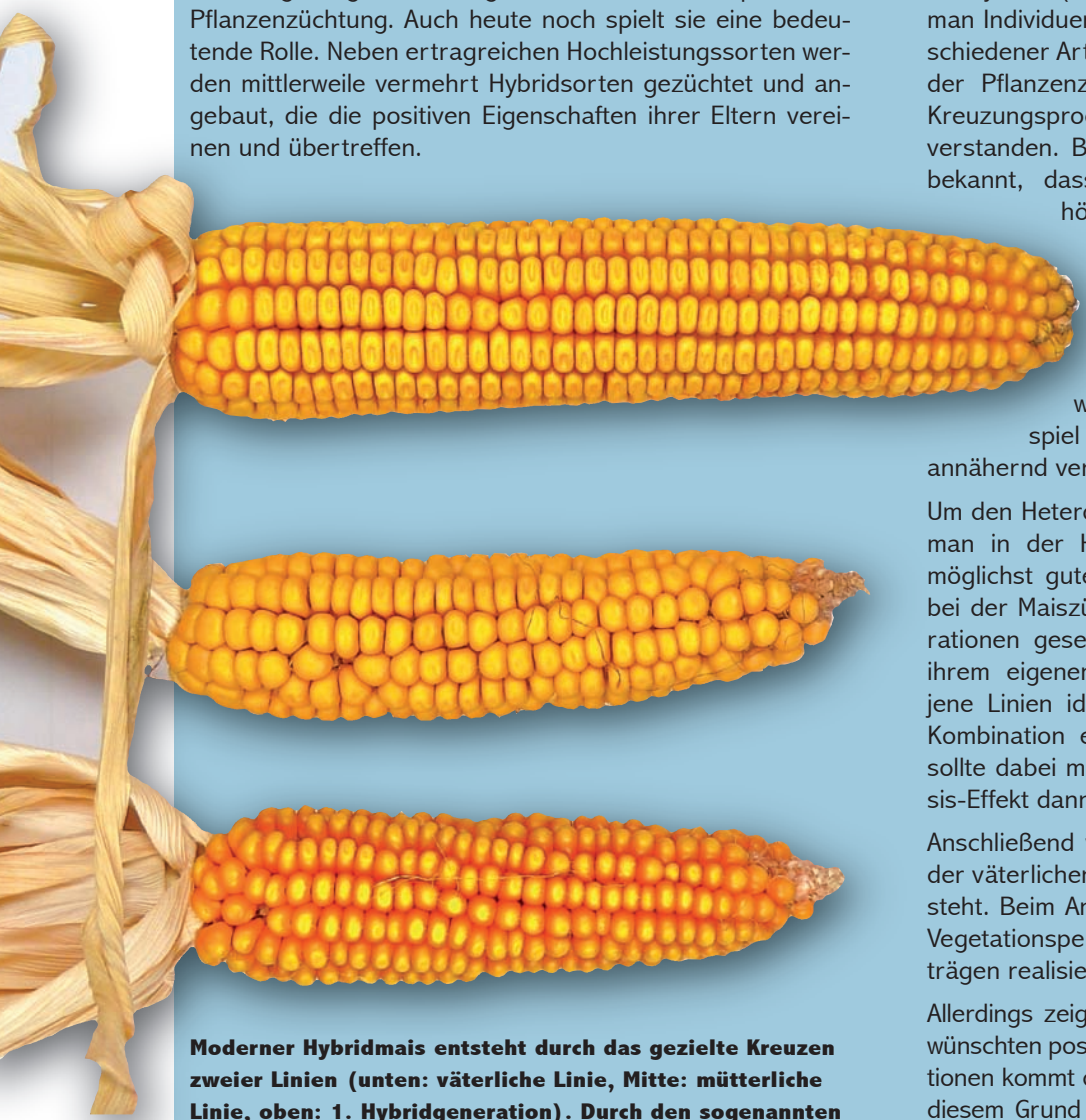
Diese Unterschiede haben ihre Ursache in der genetischen Ausstattung der beiden Pflanzen: Während der Domestizierung des Mais kam es zu einer Mutation in einem sogenannten Transkriptionsfaktor. Dieses Gen ist nicht nur für die Ausbildung der harten Samenschale von Teosinte verantwortlich. Es steuert auch eine ganze Reihe von anderen Genen.

Das Protein, das durch den Transkriptionsfaktor gebildet wird, unterscheidet sich bei Teosinte und Mais nur durch eine einzige Aminosäure – allerdings mit weitreichenden Konsequenzen: Viele Eigenschaften, die durch dieses Protein bei Teosinte gefördert werden, haben bei Mais eine gegenteilige Ausprägung. Während bei Teosinte eine harte Samenschale ausgebildet wird, bleibt sie beim Mais unterentwickelt; während Teosinte zweizeilig ist, verdickt sich die Kolbenachse beim Mais, sodass viele Körnerreihen Platz finden.

Der domestizierte Mais ist also – wenn man so will – nichts anderes als eine „umgekehrte Teosinte“!

Hybridmais

Die Steigerung der Erträge war stets ein Hauptziel der Pflanzenzüchtung. Auch heute noch spielt sie eine bedeutende Rolle. Neben ertragreichen Hochleistungssorten werden mittlerweile vermehrt Hybridsorten gezüchtet und angebaut, die die positiven Eigenschaften ihrer Eltern vereinen und übertreffen.



Moderner Hybridmais entsteht durch das gezielte Kreuzen zweier Linien (unten: väterliche Linie, Mitte: mütterliche Linie, oben: 1. Hybridgeneration). Durch den sogenannten Heterosis-Effekt übertrifft die erste Kreuzungsgeneration beide Eltern im Ertrag oder anderen Merkmalen (Vitalität, Krankheitswiderstandsfähigkeit, Eiweißgehalt, etc.).

Als Hybride (von lateinisch hybrida = Mischling) bezeichnet man Individuen, die aus der Kreuzung zwischen Eltern verschiedener Arten oder Unterarten hervorgegangen sind. In der Pflanzenzucht werden darunter insbesondere auch Kreuzungsprodukte verschiedener Rassen oder Zuchtlinien verstanden. Bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts ist bekannt, dass solche Hybride bisweilen eine deutlich höhere Leistung zeigen und somit bessere Erträge liefern, als ihre Eltern – eine Tatsache, die man als Heterosis-Effekt bezeichnet. Daher ging man dazu über, Saatgut aus solchen Hybridkreuzungen zu gewinnen. Die Erfolge dieser Hybridzüchtung sind wahrlich beeindruckend. Beim Mais zum Beispiel konnten die Erträge durch Hybridzüchtung annähernd verdoppelt werden.

Um den Heterosis-Effekt bestmöglich zu nutzen, verwendet man in der Hybridzüchtung reinerbige Inzuchtlinien mit möglichst guten Eigenleistungen als Eltern. Dazu werden bei der Maiszüchtung die Elternlinien über mehrere Generationen geselbstet (das heißt, die Pflanzen werden mit ihrem eigenen Pollen befruchtet). Anschließend werden jene Linien identifiziert, die sich besonders gut für eine Kombination eignen. Das genetische Material der Eltern sollte dabei möglichst unterschiedlich sein, da der Heterosis-Effekt dann besonders stark ist.

Anschließend werden die mütterlichen Pflanzen mit Pollen der väterlichen Linie befruchtet: Das F1-Hybridsaatgut entsteht. Beim Anbau dieses Saatgutes wird in der folgenden Vegetationsperiode der volle Heterosis-Effekt mit hohen Erträgen realisiert.

Allerdings zeigt nur die erste Kreuzungsgeneration die gewünschten positiven Eigenschaften. In den folgenden Generationen kommt der Heterosis-Effekt nicht mehr zu tragen. Aus diesem Grund können Hybridsorten auch nicht nachgebaut werden. Das Saatgut muss jedes Jahr von den Herstellerfirmen bezogen werden. Daher ist Hybridsaatgut praktisch nur für die industrialisierte Landwirtschaft von Interesse.

Bei Blättern der Begonie kann man an verletzten Stellen oft das Wachstum neuer Pflänzchen beobachten. Diese können vorsichtig abgenommen und in Erde gesetzt werden. Dort bewurzeln sie sich und wachsen als eigenständige Pflanzen weiter.

Aus 1 mach unendlich

Durch ihre ortsgebundene Lebensweise sind Pflanzen stärker als tierische Organismen Verletzungen und Zerstörungen ausgesetzt. Diesen Nachteil haben sie im Lauf der Evolution ausgeglichen: Sie entwickelten eine enorme Regenerationsfähigkeit. Pflanzenzüchter ziehen daraus ihren Nutzen. Die Regenerationsfähigkeit der Pflanzen erlaubt es ihnen, aus Pflanzenteilen intakte neue Individuen zu ziehen. Daneben spielt auch das Klonen – sprich die Herstellung von genetisch identischen „Duplikaten" – in der Pflanzenzucht eine bedeutende Rolle.

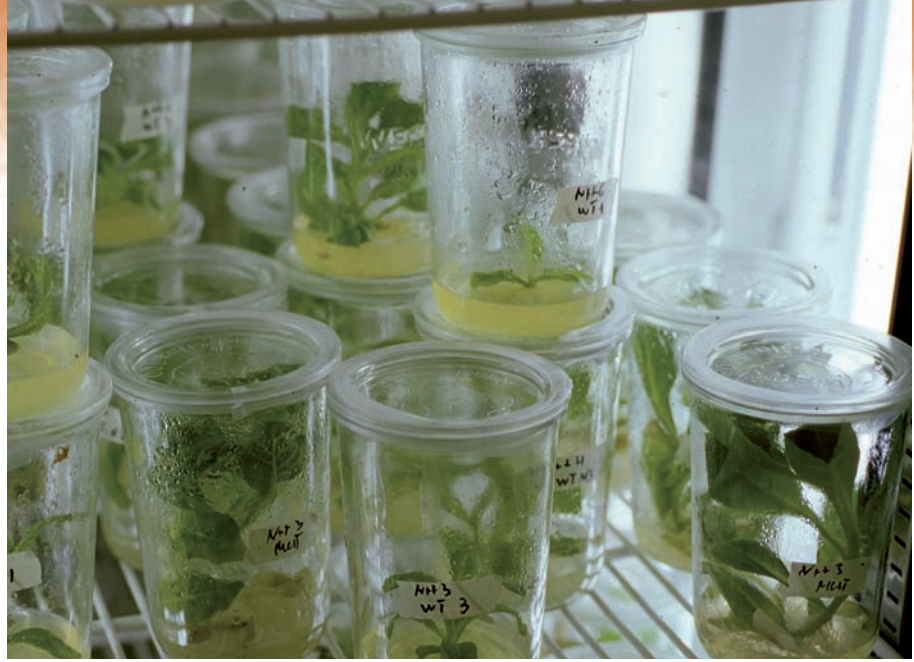
Viele Pflanzen können sich ungeschlechtlich – also ohne Bestäubung und Befruchtung – vermehren. Dabei entstehen Tochterpflanzen, die dasselbe Erbgut besitzen wie ihre Eltern. Man bezeichnet solche genetisch identischen Organismen, die das Ergebnis einer ungeschlechtlichen (vegetativen) Vermehrung sind, als Klone. (Das Wort Klon leitet sich aus dem Griechischen ab und bedeutet so viel wie Zweig oder Steckling.) In der Pflanzenzucht ist das Klonen eine uralte und bewährte Kulturmethode, und auch heute noch kommt diesem Verfahren eine große wirtschaftliche Bedeutung zu: So sind beispielsweise Weinsorten im biologischen Sinne Klone, da der gesamte Weinanbau auf Stecklingsvermehrung beruht. Und auch viele Obstsorten werden durch Veredelung vegetativ vermehrt.

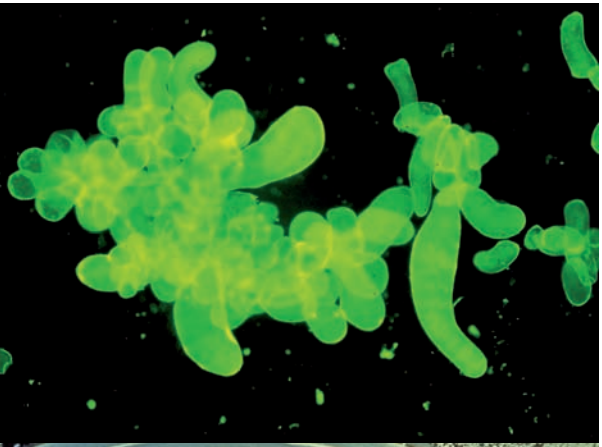
Der Gegenstand beim Klonen ist stets ein Lebewesen mit seiner kompletten Erbinformation. Dabei wird keine Veränderung am Erbgut vorgenommen. Klonen hat daher nichts mit Gentechnik zu tun.

Zu den bekanntesten Beispielen unter den Nutzpflanzen, die großteils vegetativ vermehrt werden, zählen die

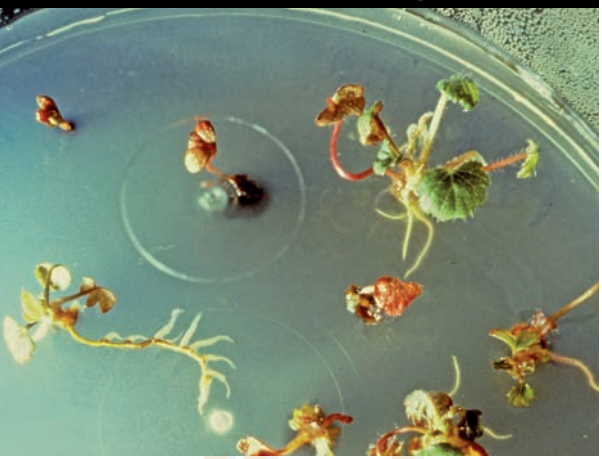
Aus 1 mach unendlich

Viele Pflanzen lassen sich im Reagenzglas (in vitro) klonen, da sie eine ausgesprochen hohe Regenerationsfähigkeit besitzen. Aus Gewebeteilen oder einzelnen Zellen werden im Glas (in vitro) auf einem speziellen Nährmedium vollständige neue Pflanze herangezogen. Diese Vermehrungsmethode hat einen großen Vorteil: Alle Pflanzen weisen genau die gleichen Eigenschaften auf wie die Mutterpflanze, von der sie abstammen. Dies birgt allerdings auch Gefahren. Da alle Individuen genetisch identisch sind, besitzen sie auch Krankheiten gegenüber die gleichen Resistenzen beziehungsweise Anfälligkeiten. Beim Auftreten eines neuen Krankheitserregers kann es dadurch zum Verlust einer gesamten Anpflanzung kommen.





Auch einzelne, isolierte Pflanzenzellen können in flüssigen Nährmedien kultiviert werden. Durch Zugabe geeigneter Wachstumshormone entwickeln sich aus den Zellen vollständige neue Pflanzen.



Praktisch alle kommerziell angebauten Erdbeeren stammen aus Gewebekulturvermehrung. Es handelt sich daher um Klone, die mit der Mutterpflanze genetisch identisch sind.

Kartoffel und die Erdbeere. Erdbeeren bilden Ausläufer, die an der Bodenoberfläche entlang wachsen und in regelmäßigen Abständen neue Sprosse hervorbringen. Diese bewurzeln sich und entwickeln neue Blattrosetten. Nach der Bewurzelung der Tochterpflanzen sterben die Ausläufer in der Regel ab. Auf diese Weise entstehen genetisch identische Pflanzen. Allerdings können sich Erdbeeren auch geschlechtlich vermehren, wobei die Selbst- oder Fremdbefruchtung durch Insekten stattfindet.

Dasselbe gilt für die Kartoffel: Auch sie vermehrt sich geschlechtlich und ungeschlechtlich. Bei der vegetativen Vermehrung wachsen aus den Knospen (den sogenannten „Augen“) an den Kartoffelknollen Triebe, die Spross und Wurzeln bilden. Daher sind auch hier die neuen Pflanzen Klone der Eltern, da ihre Gene mit denen der Mutterpflanze identisch sind. Dies ist in der Pflanzenzucht von großer Bedeutung, da auf diese Weise die Kartoffelsorten stabil und ihre gewünschten Eigenschaften erhalten bleiben. Die Kehrseite der Medaille ist allerdings, dass durch das Klonen die genetisch identischen Organismen anfällig für Krankheiten sind. Daher arbeiten Pflanzenzüchter nicht nur an Sorten mit verbesserter Qualität und höheren Erträgen, sondern auch an einer gesteigerten Resistenz gegen Krankheiten. Zu diesen Zwecken werden neue Sorten

aus Samen (also durch geschlechtliche Vermehrung) gezüchtet.

Neben den Pflanzen, die auf natürlichem Wege Klone bilden, werden in der Pflanzenzucht aber auch solche Pflanzen geklont, die sich normalerweise ausschließlich geschlechtlich vermehren. Dies ist möglich, da Pflanzen im Gegensatz zu Tieren von Natur aus eine große Regenerationsfähigkeit besitzen.

So kann zum Beispiel aus einem einzelnen Blatt eine vollständige Pflanze herangezogen werden. Und mehr noch: Bei vielen Pflanzenarten kann man sogar aus einzelnen Zellen oder Zellverbänden intakte Pflanzen regenerieren. Dies funktioniert, da auch spezialisierte Pflanzenzellen Zeit ihres Lebens die Fähigkeit behalten, sich in jede andere Zelle umzuwandeln. Man spricht daher von der sogenannten Omnipotenz der Pflanzenzellen (von lateinisch omnis = alle und potentia = Kraft, Fähigkeit), die sich in dieser Hinsicht ganz grundlegend von tierischen und menschlichen Zellen unterscheiden. (Bei letzteren besitzen lediglich die embryonalen Stammzellen die Fähigkeit, sich zu jeder Körperzelle zu entwickeln.)

Diese Eigenschaft der Pflanzen wird heute vor allem in der Zell- und Gewebekultur genutzt. Dabei werden aus dem Pflanzenkörper isolierte Gewebestücke oder einzelnen Zellen unter sterilen Bedingungen im Glas (in vitro) auf einem speziellen Nährmedium gehalten. Durch die Zugabe von pflanzlichen Hormonen werden Wachstum und Zellteilung gefördert und schließlich die Bildung von Organen induziert. Zu guter Letzt entstehen daraus intakte kleine Pflänzchen, die man wie gewöhnlich in Erde weiterziehen kann. Solche pflanzlichen Gewebekulturen sind zum einen von großer Bedeutung in der Grundlagenforschung und haben zum anderen einen nicht zu unterschätzenden praktischen Nutzen in der Pflanzenzucht.

Erdbeeren verbreiten sich über Ausläufer und bilden so zahlreiche Klone. Kulturerdbeeren werden ausschließlich vegetativ vermehrt. Sie entstanden aus einer Kreuzung der Chilenischen Erdbeere (*Fragaria chiloense*) mit der nordamerikanischen Scharlach-Erdbeere (*Fragaria virginiana*). So werden die positiven Eigenschaften beider Arten vereint: der gute Geschmack der Chilenischen Erdbeere und die Großfrüchtigkeit der nordamerikanischen.

Der Österreichische Botaniker Gottlieb Haberlandt (1854-1945) gilt als der Begründer der pflanzlichen Gewebekultur und Mit-Entdecker der pflanzlichen Hormone, die Wachstum und Regeneration bei Pflanzen steuern. Im Jahre 1902 verfasste er seine bahnbrechende Arbeit „Culturversuche mit isolierten Pflanzenzellen". Darin berichtet er von der Möglichkeit, aus einzelnen isolierten Zellen wieder vollständige Pflanzen regenerieren zu können. Seine Vision sollte allerdings erst mehr als 50 Jahre später Realität werden, als das Pflanzenhormon Kinetin entdeckt wurde, das für das Auslösen von Zellteilungen verantwortlich ist.

Im Spargelanbau werden rein männliche Sorten (XY) bevorzugt. Die männlichen Pflanzen bringen höhere Erträge als die weiblichen. Sie „verschwenden“ keine Energie bei der Produktion von Früchten und Samen und haben zudem eine längere Lebensdauer.

Spargel – der „Supermann“ im Gemüseregal

Zweihäusige Pflanzen bilden männliche und weibliche Blüten auf verschiedenen Individuen aus. Bisweilen unterscheiden sich die männlichen und weiblichen Pflanzen in ihren Eigenschaften. In der modernen Pflanzenzucht lässt sich mit Hilfe der Zellkulturtechnik das erwünschte Geschlecht für den Anbau produzieren.

Neue Pflanzen lassen sich nicht nur aus Körper-, sondern auch aus Keimzellen regenerieren. Hierzu benutzt man in der Regel unreife Pollenkörner, aus denen sich auf geeigneten Kulturmedien neue Pflanzen ziehen lassen. Man spricht von sogenannten Antherenkulturen, benannt nach den Pollensäcken (den Antheren) des Staubblattes, in denen sich die Pollenkörner mit den männlichen Keimzellen entwickeln.

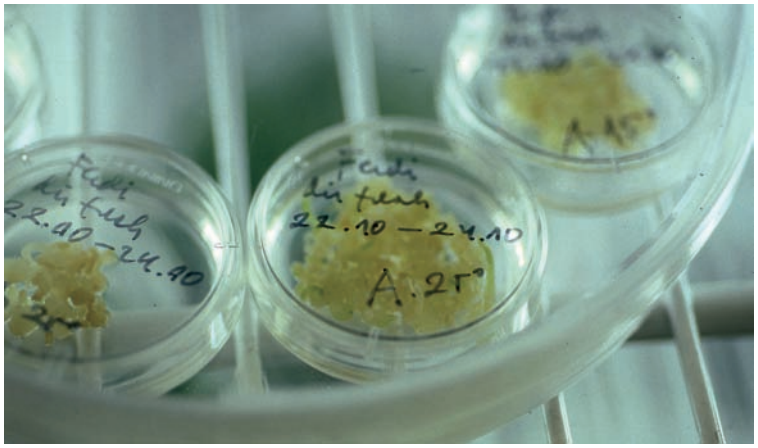
Die Pflanzen, die auf diese Weise entstehen, besitzen genau wie die Keimzellen einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz. Sie werden daher mit Colchicin, dem Gift der Herbstzeitlose behandelt. Colchicin hemmt die Zellteilung; es kommt zwar zur Verdoppelung des genetischen Materials, nicht aber zur Aufteilung auf zwei Tochterzellen. Es entstehen sogenannte doppelhaploide Zellen mit einem doppelten Chromosomensatz. Die aus ihnen regenerierten Pflanzen haben eine besondere Eigenschaft: Sie sind reinerbig (homozygot) und produzieren dadurch Nachkommen, die allesamt das gewünschte Merkmal tragen – ein Vorteil, der sich sonst nur durch aufwändige, zeitintensive Züchtungsarbeit erreichen lässt.

Man nutzt diese Technik der Antherenkultur auch, um rein männliche Sorten zu erhalten, wie zum Beispiel beim Spargel: Männliche Pflanzen spielen im Spargelanbau eine besondere Rolle; früchtetragende, weibliche Pflanzen dagegen sind unerwünscht, da sie zu viel Energie in die Samenentwicklung stecken und dadurch nicht so viele Spargelstangen ausbilden. Aus ausgewählten männlichen Pollenkörnern lassen sich doppelhaploide männliche Spargelpflanzen erzeugen. Diese „Super-Männchen“ besitzen ein rein männliches Erbgut (YY). Werden diese Pflanzen mit normalen Weibchen (XX) gekreuzt, entstehen ausschließlich männliche Pflanzen (XY), die im kommerziellen Spargelanbau erwünscht sind.

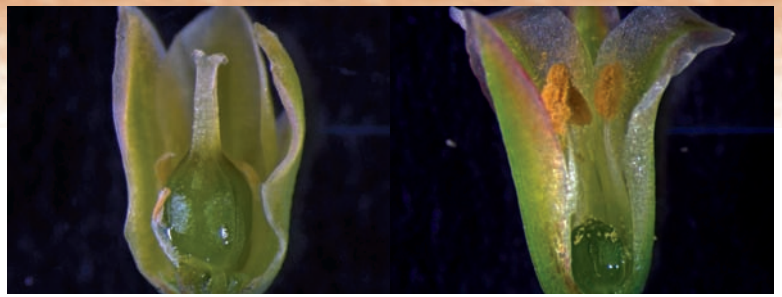
XX oder XY

Die meisten Pflanzen besitzen sowohl männliche als auch weibliche Sexualorgane in ein und derselben Blüte. Daneben gibt es aber auch Pflanzen, die nur männliche oder nur weibliche Blüten ausbilden. Zu diesen sogenannten zweihäusigen Pflanzen gehört der Spargel. Die männlichen Individuen besitzen Blüten, in denen nur die Antheren (Pollensäcke) vollständig ausgebildet sind. In den weiblichen Blüten dagegen sind die Antheren verkümmert; sie produzieren keine Pollen.

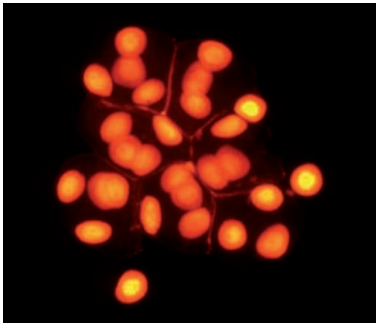
Dieser Unterschied im Erscheinungsbild der Geschlechter wird – ähnlich wie beim Menschen – genetisch gesteuert. Weibchen besitzen zwei X Chromosomen. Normale Männchen besitzen ein X und ein Y Chromosom. In männlichen Pflanzen werden bei der Reifeteilung (Meiose) deshalb zwei Arten von Pollen gebildet: solche mit einem X Chromosom und solche mit einem Y Chromosom. Bei der Befruchtung entstehen daher entweder Weibchen mit zwei X Chromosomen oder Männchen mit XY Chromosomen.



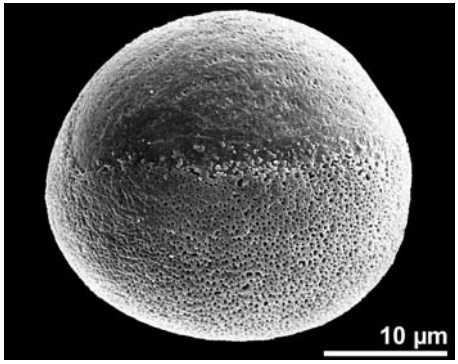
Aus unreifen Pollenkörnern lassen sich intakte Pflanzen regenerieren. Dazu werden die Chromosomen durch das Mitosegift Colchicin verdoppelt. Auf diese Weise entstehen entweder normale weibliche Pflanzen (XX) oder sogenannte Übermännchen oder Supermännchen (YY). Diese Supermännchen verwendet man in der Spargelzucht zur Bestäubung von normalen weiblichen Pflanzen. Die Samen, die dabei gebildet werden, ergeben zu 100 % männliche Pflanzen (XY). Diese werden dann zur Produktion von Spargelstangen feldmäßig angebaut.



Spargel ist eine sogenannte zweihäusige Pflanze. Auf einem Individuum kommen entweder nur weibliche (links) oder nur männliche Blüten (rechts) vor. Die weiblichen Blüten besitzen verkümmerte Antheren. Bei den männlichen Individuen sind dagegen die Samenanlagen nur unvollständig ausgebildet.



Bei der Meiose entstehen aus einer Pollenmutterzelle vier haploide Pollen. Von diesen besitzen beim Spargel jeweils zwei das männliche Y-Chromosom und zwei das weibliche X-Chromosom.



Ein reifes Pollenkorn des Spargels (*Asparagus officinalis*) in einer rasterelektro - nischen Aufnahme.

Die Herbstzeitlose gehört zu den giftigsten Pflanzen unserer heimischen Flora. Sie produziert das Alkaloid Colchicin, das die Zellteilung hemmt. Als Mitosegift wird es experimentell zur Verdopplung der Chromosomen eingesetzt.

Die Tomate zählt zur Familie der Nachtschattengewächse, zu der auch viele giftige Pflanzen wie die Tollkirsche oder das Bilsenkraut gehören. Lange Zeit wurde die Tomate deshalb in weiten Teilen Europas nicht gegessen, sondern lediglich als Kuriosität und Zierpflanze angebaut.

Paradiesapfel und Wolfspfirsich

Die Tomate stammt ursprünglich von der Westküste Südamerikas. Ihr Name leitet sich von „tomatl“ ab, was in der Sprache der Azteken soviel wie „Schwellfrucht“ bedeutet. Die Früchte der Wildarten erreichen nur 1-2 cm Durchmesser. Sie sind auch bei Reife mehr oder weniger grün und zudem häufig behaart. Früheste Nachweise von gezüchteten Tomaten stammen aus Mexiko aus dem ersten Jahrtausend v. Chr. Im Zuge der Domestizierung legte man Wert auf die Frucht - größe und auf die Anreicherung von gelben und roten Farbstoffen in den äußeren Fruchtschichten.

Die Tomate erreichte Europa wahrscheinlich nach der Eroberung Mexikos, also ab 1523. Erste schriftliche Hinweise auf das Auftreten der Tomate in Europa finden sich im Kräuterbuch des Pietro Andrea Mattioli von 1544. Da Mattioli vermutlich auch gelbfrüchtige Exemplare gesehen hatte, nannte er die Pflanze pomo d‘oro (Goldapfel). Möglicherweise stammt die Bezeichnung Liebesapfel von einer unglücklichen lautsprachlichen Übertragung des italienischen Ausdrucks ins Französische: Aus pomo d‘oro wude pommes d‘amour. Eine potenzfördernde oder aphrodisische Wirkung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Lange Zeit galt die Tomate in großen Teilen Europas aber auch Nordamerikas als giftig und wurde nur als Kuriosität und Zierpflanze angebaut. Lediglich Italien bildete eine Ausnahme. Hier diente die Tomate bereits 1550 als Nahrungspflanze. Auch Carl von Linné hielt die Tomate noch für giftig und gab ihr 1753 den wissenschaftlichen Namen *Solanum lycopersicum* (Lycopersicum = Wolfspfirsich). Einer unbestätigten Legende aus Amerika zufolge wollte Colonel Robert Gibbon Johnson im Jahr 1820 die Tomate in New Jersey als Kulturpflanze einführen. Vor einer großen Schar Schaulustiger, die mit nichts anderem als seiner Vergiftung rechnete, verzehrte er eine große Menge an Tomaten, um die Unbedenklichkeit der Früchte zu zeigen. Er überlebte.

Dennoch dauerte es eine lange Zeit, bis die Tomate Einzug in die Küchen der Alten und Neuen Welt hielt. An medizinischen Bedenken fehlte es nicht. Wirklich beliebt wurde die Tomate erst nach 1920. Tomatensuppen, eingemachte Tomaten, Tomatenmark und Ketchup kamen auf den Markt.

Die Tomate erreichte Europa erst nach der Eroberung Mexikos. Der erste schriftliche Nachweis findet sich im Kräuterbuch des Pietro Andrea Mattioli aus dem Jahr 1544 (hier in einer späteren deutschsprachigen Ausgabe). Die italienische Bezeichnung pomo d'oro (Goldapfel) legt den Schluss nahe, dass die ersten Tomaten, die nach Europa kamen nicht rot sondern gelb waren.

Durch ihr wasserreiches, weiches Fruchtfleisch sind Tomaten leicht verderblich. Damit sie den Transport besser überstehen, werden sie meist grün geerntet und durch Begasung mit Äthylen „nachgereift". Abhilfe sollte die sogenannte Flavr-Savr-Tomate schaffen: Sie kam als erstes gentechnisch verändertes Produkt 1994 in den USA auf den Markt. Bei dieser Züchtung wurde ein Enzym ausgeschaltet, das für das Weichwerden der Tomate bei der Reifung verantwortlich ist. Die Tomaten können also vollreif geerntet und transportiert werden. Die Flavr-Savr-Tomate erlangte aber nie wirtschaftliche Bedeutung, da Resistenz- und Ertragseigenschaften nicht zufriedenstellend waren. 1997 wurde sie daher wieder vom Markt genommen.

Frucht oder Gemüse?

Umgangssprachlich wird das Wort Frucht häufig mit Obst gleichgesetzt. Aus botanischer Sicht dagegen ist der Begriff Frucht ganz klar definiert: Eine Frucht repräsentiert den reifen Fruchtknoten, der die ruhenden Samen schützt und sie verbreiten hilft. In diesem Sinne sind also auch viele Gemüse in Wahrheit Früchte. Zu den sogenannten Fruchtgemüsen gehören beispielsweise Hülsenfrüchte, Tomaten, Paprika, Gurken, Zucchini, Auberginen und Kürbisse.

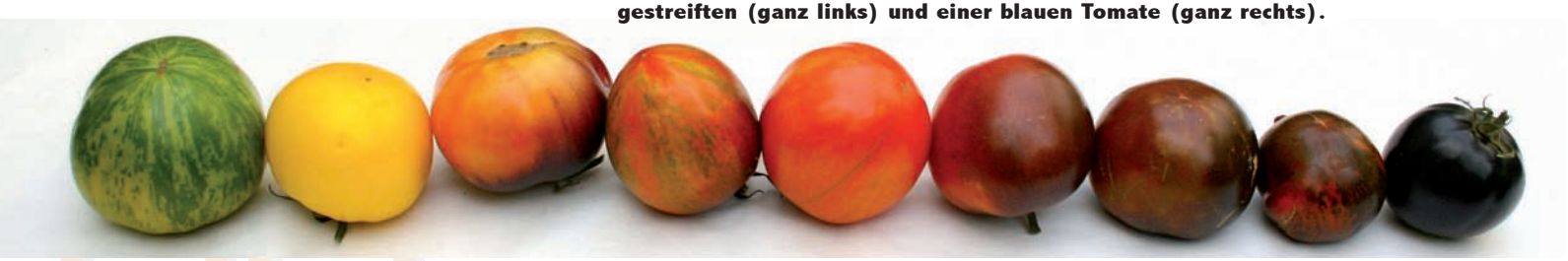
In einem Urteil des Obersten Gerichtshofes der Vereinigten Staaten wurde allerdings 1883 entschieden, dass die Tomate als Gemüse und nicht als Frucht zu klassifizieren ist. Dieses Urteil wurde nötig, da aufgrund von Zollbestimmungen (Tariff Act of March 3, 1883) die Einfuhr von Gemüse, nicht aber von Früchten besteuert wurde. Importeure beriefen sich dabei auf die botanische Definition einer Frucht, um Tomaten zollfrei einführen zu dürfen. Der Gerichtshof entschied letztlich aufgrund folgender Tatsache: Da Tomaten normalerweise als Teil eines Hauptgerichtes und nicht als Dessert verspeist werden, gelten sie im allgemeinen Sprachgebrauch als Gemüse.

Paradiesapfel und Wolfspfirsich

Die Wildarten unserer Tomaten (links *Solanum peruvianum*, rechts *Solanum pimpinellifolium*) zeichnen sich durch kleine, nur 1-2 cm große Früchte aus. Bei der Reife sind die Früchte oft grün oder violett gefärbt und können auch abstehend behaart sein.

Heute existiert eine große Anzahl unterschiedlicher Sorten, die sich in Fruchtform, Farbe und Geschmack deutlich unterscheiden.

Durch gezielte Kreuzung können ganz unterschiedliche Farbvarianten hergestellt werden. Hier die Aufspaltungsgeneration einer Kreuzung aus einer grün-gelb gestreiften (ganz links) und einer blauen Tomate (ganz rechts).



Wie die attraktiven Blüten zeigen, gehört die Kartoffel zu den Nachtschattengewächsen – einer gefürchteten Pflanzengruppe, zu der viele Giftpflanzen zählen. Auch die Kartoffelpflanze selbst ist giftig: Vor allem die oberirdischen, grünen Teile enthalten Solanin, ein schwach giftiges Alkaloid.

Tolle Knolle

Die Kartoffel ist nicht nur eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel der Welt. Sie zeigt auch eine größere Sortenvielfalt als jedes andere Gemüse. Von den rund 5000 Kultursorten, die man heute kennt, werden weltweit etwa 1000 angebaut.

Die Kartoffel stammt ursprünglich aus den südamerikanischen Anden, aus der Gegend des heutigen Bolivien, Chile und Peru. Dort wurden von den Inka bereits vor zirka 8000 Jahren hunderte verschiedener Kartoffelsorten angebaut. Nach der Eroberung des Inkareiches durch die Spanier gelangte die Kartoffel im 16. Jahrhundert nach Europa, wo sie sich auf zwei Wegen verbreitete: zum einen von Spanien aus, zum anderen über England. Allerdings wurde sie beinahe 200 Jahre lang lediglich als botanische Kuriosität behandelt. Man fand sie als Zierpflanze in den Gärten von Adeligen und Reichen, wo sie vor allem ihrer hübschen Blüten wegen angebaut wurde.

Als Nahrungspflanze dagegen setzte sich die Kartoffel nur sehr langsam durch. Unkenntnis und Aberglaube standen einer Nutzung im Wege. Vielerorts galt die Kartoffel zudem als „gottloses Gewächs“, da sie in der Bibel nicht erwähnt wird. Und da man gemäß der sogenannten Signaturlehre stets von der äußeren Form einer Pflanze auf ihre Wirkung schloss, befürchteten die Menschen durch den Verzehr der Knollen an Geschwüren, Lymphknotenschwellungen und Aussatz zu erkranken. Dazu kam, dass die Kartoffel zu den Nachtschattengewächsen zählt – einer gefürchteten Pflanzengruppe, zu der auch viele Giftpflanzen, wie etwa die Alraune, das Bilsenkraut, die Tollkirsche oder der Stechapfel gehören. Und tatsächlich ist auch die Kartoffel giftig: Sämtliche grünen Teile enthalten Solanin, ein Alkaloid, das schon in geringen Mengen Bauchschmerzen, Krämpfe und Durchfall verursacht und in hohen Dosen sogar tödlich sein kann. Daher kam es anfangs durch eine falsche Nutzung und falsche Anbaumethoden nicht selten zu Vergiftungen bei Mensch und Tier.

Tolle Knolle

Unsere im Handel erhältlichen Kartoffelsorten lassen sich allesamt auf zwei Unterarten zurückführen: auf die peruanische Kartoffelart *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* und die aus Südchile stammende Art *Solanum tubersosum* subsp. *tuberosum*. Den etwa 200 Wildarten stehen heute mehr als 5000 verschiedene Kultursorten gegenüber, die sich in Farbe, Form und Geschmack deutlich unterscheiden.

Die Augen der Kartoffel beweisen, dass sie eine Sprossknolle und keine Bildung der Wurzel ist. Wie alle Sprosse besitzt auch die Kartoffel Knospen und Blätter. Die Blätter werden unter der Erde nicht richtig entwickelt, hinterlassen jedoch eine Narbe. In den Achseln dieser Blattnarben liegen in einer kleinen Einbuchtung die Knospen, aus denen sich die Triebe einer neuen Kartoffelpflanze entwickeln. Die Einbuchtung zusammen mit der Blattnarbe sieht aus wie ein Auge mit Augenbraue.

Auch wenn sie unter der Erde wachsen: Es handelt sich bei den Kartoffeln nicht um Wurzel-, sondern um Sprossknollen. Sie entstehen an den Seitentrieben des unterirdisch wachsenden Sprosses (des sogenannten Rhizoms).

Es war schließlich in Irland, wo die Not die Menschen lehrte, die Kartoffel zu schätzen. Da die Kartoffel als Hochgebirgspflanze auch im rauen Klima und auf den kargen Böden der Insel gedeiht, half sie der irischen Bevölkerung, drohende Hungersnöte abzuwehren. Andere Länder Europas folgten diesem Beispiel – mehr oder weniger freiwillig. Um die Mitte des 18. Jahrhunderts machten die Fürsten verstärkt Druck auf die Landbevölkerung. Vielerorts wurde der Kartoffelanbau per Dekret verordnet, um die Menschen vor Hungersnöten zu bewahren.

Die Vorzüge der Kartoffel wurden jedoch rasch offensichtlich: Keine andere Pflanze liefert mehr Kalorien pro Quadratmeter Anbaufläche. Da sie reich an Kohlehydraten, Vitaminen und Mineralstoffen ist, spielte sie bald eine entscheidende Rolle im Kampf gegen den Hunger und trug ganz wesentlich zu einer Verbesserung der Ernährungssituation der europäischen Bevölkerung bei. Ihr hoher Gehalt

Die Süßkartoffel ist entgegen ihrem Namen nicht mit der Kartoffel verwandt. Sie gehört zu den Windengewächsen, wächst in tropischen und subtropischen Gebieten und ist in unseren Breiten keine ertragreiche Kulturpflanze. Im Gegensatz zur Sprossknolle der Kartoffel ist die Süßkartoffel oder Batate eine Wurzelknolle. Sie galt früher als Delikatesse und Aphrodisiakum.

an Vitamin C machte sie zur idealen Winternahrung und bereitete dem damals weit verbreiteten Skorbut ein Ende.

So dauerte es nicht lange, bis die Kartoffel zu einem Hauptnahrungsmittel des einfachen Volkes wurde. Heute steht sie an vierter Stelle der weltweit wichtigsten Nahrungspflanzen – nach Weizen, Reis und Mais. Rund 300 Millionen Tonnen werden jedes Jahr angebaut, mehr als die Hälfte davon in den Entwicklungsländern. Und auch die Sortenvielfalt ist enorm. Den etwa 200 wilden Verwandten stehen mittlerweile rund 5000 Kultursorten in den unterschiedlichsten Größen, Formen und Farben gegenüber: langovale, runde, birnen- und nierenförmige, festkochende und mehlige Sorten, Sorten mit hellem, satt gelbem, zart rosarotem oder tief violettem Fleisch, gelbschalige, rosaschalige und blauschalige Sorten, ertragsstarke und ertragsschwache Sorten.

Solanum phureja **(im Handel unter der Bezeichnung Mayan Gold erhältlich) ist goldgelb gefärbt und unterscheidet sich von unseren Kulturkartoffeln unter anderem in der Anzahl der Chromosomen. Sie besitzt einen diploiden, also doppelten Chromosomensatz. Unsere Kartoffelsorten dagegen sind oft tetraploid, haben also einen vierfachen Chromosomensatz. Für die Gastronomie ist Mayan Gold durch die deutlich kürzere Kochzeit interessant.**

Sie alle stammen von der peruanischen Unterart *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* beziehungsweise der südchilenischen Unterart *Solanum tubersosum* subsp. *tuberosum* ab. Erst seit kurzem ist in Europa auch eine Sorte erhältlich, die von der bolivianischen Art *Solanum phureja* abstammt. Zwar existieren in Südamerika noch unzählige weitere interessante Arten und Unterarten, aufgrund des Klimas und vor allem wegen der unterschiedlichen Tageslänge gedeihen sie jedoch in Europa nicht gut. Als Quellen genetischer Vielfalt sind die alten südamerikanischen Landsorten und Wildformen jedoch von unschätzbarem Wert. Häufig zeichnen sie sich durch besondere Widerstandsfähigkeit sowie durch die Resistenz gegen Krankheiten aus. So wird heute bei der Züchtung neuer Sorten vermehrt auf den Genpool von Wildformen und alten Kulturformen zurückgegriffen.

Wertvoll sind in dieser Hinsicht aber auch die alten europäischen Lokalsorten, die jedoch durch die Vereinheitlichung und Industrialisierung der Nahrungsmittelproduktion immer mehr an Bedeutung verlieren.

Bittere Pillen

Die wilden Verwandten unserer Gurken (Gattung *Cucumis*) und Kürbisse (Gattung *Cucurbita*) sind ausnahmslos extrem bitter. Oft sind sie zusätzlich auch noch abstehend behaart oder bestachelt. Dadurch werden Fressfeinde, die am saftigen Fruchtfleisch interessiert sind, nachhaltig abgeschreckt. Der bittere Geschmack gilt als Warnsignal vor giftigen und unverträglichen Nahrungsbestandteilen.

Pflanzen haben im Laufe der Evolution verschiedene Strategien entwickelt, um sich gegen potenzielle Fressfeinde zu schützen. Bitterstoffe etwa verderben den Pflanzenfressern gründlich den Appetit. Aus unseren Nahrungspflanzen wurden diese unerwünschten, schlecht schmeckenden oder sogar giftigen Stoffe durch Züchtung eliminiert.

Bitterstoffe sind keine einheitliche chemische Gruppe. (Stoffe aus den Klassen der Glycoside, Isoprenoide und Alkaloide gehören dazu.) Gemeinsam ist ihnen lediglich der bittere Geschmack. In geringen Dosen genossen steigern sie die Sekretion der Magen- und Gallensäfte. Sie wirken appetitanregend und fördern die Verdauung. Ein zu hoher Gehalt an Bitterstoffen in der Nahrung kann jedoch gesundheitsschädlich und in manchen Fällen sogar giftig sein.

Zu den gesundheitsschädlichen Bitterstoffen gehört beispielsweise das Cucurbitacin. Man findet es vor allem in der Familie der Kürbisgewächse (Cucurbitaceae), zu der neben den Kürbissen selbst auch andere beliebte Nahrungspflanzen wie die Melone, die Zucchini und die Gurke zählen. Während Speisekürbisse und Salatgurken durch gezielte Züchtung heute weitgehend frei von Bitterstoffen sind, sind ihre wilden Verwandten durch den hohen Gehalt an Cucurbitacin absolut ungenießbar – und das zu ihrem eigenen Schutz.

Die Wildform der Gurke beispielsweise stammt aus warmen und mäßig trockenen Regionen (vermutlich aus Indien). Da ihre fleischigen Früchte bis zu 97 % Wasser enthalten, wären sie dort ohne Fraßschutz ein begehrter Leckerbissen. Das Cucurbitacin aber schützt die Früchte der Gurke vor Fressfeinden, und verhindert, dass sie verzehrt werden, noch bevor die Samen reifen können. Lediglich einige wenige Insekten, wie zum Beispiel der Gurkenblattkäfer, sind gegen die Bitterstoffe der Gurke immun.

Auch die Wassermelone gehört zur Familie der Kürbisgewächse und war ursprünglich bitter. Wahrscheinlich wurde sie früher in erster Linie wegen der nahrhaften Samen gesammelt. Heute hat sich die Nutzung umgekehrt: Es wurden samenlose Sorten gezüchtet und das süße Fruchtfleisch wird gegessen.
Die Koloquinte (siehe Abb.) ist eine Verwandte der Wassermelone. Da sie giftig ist, wird sie auch als Purgiergurke oder Teufelsapfel bezeichnet. Sie kommt im nördlichen Afrika vor, wo sie auch als Medizinalpflanze angebaut wird. Die tödliche Dosis für den Menschen liegt bei wenigen Gramm.

Werden Zierkürbisse gemeinsam mit Speisekürbissen angebaut, kann es zu einer Kreuzbefruchtung kommen. Dann bilden mitunter auch die Speisekürbisse Bitterstoffe aus.

Dem Menschen gelang es schon früh, den Bitterstoffgehalt der Gurke durch Züchtung zu reduzieren. Aber erst in den 1950er Jahren entdeckte man, dass die Ausbildung von Cucurbitacin von einem einzelnen diallelischen Genlocus bestimmt wird (sprich von einem Gen, das in zwei unterschiedlichen Ausprägungen vorliegt): Besitzt eine Gurkenpflanze das dominante Allel Bi (für „bitter“), so bildet sie unter Stressbedingungen Cucurbitacin aus, das sich in ihrem Gewebe anreichert. Das rezessive Allel bi (für „nicht bitter“) verhindert eine solche Anreicherung. Seit dieser Entdeckung wird der Markt von nicht-bitteren Gurken dominiert.

Genau wie bei der Gurke, wurde auch beim Kürbis der Gehalt an Bitterstoffen durch Züchtung drastisch reduziert – allerdings nur bei den Speisekürbissen; viele Zierkürbisse dagegen enthalten noch beachtliche Mengen an Cucurbitacin und sollten daher keinesfalls verzehrt werden. Und mehr noch: Sie sollten auch nicht in unmittelbarer Nachbarschaft zu Speisekürbissen angebaut werden; kommt es nämlich zu einer unbeabsichtigten Kreuzung, entstehen mitunter Nachkommen, die zwar wie gewöhnliche Speisekürbisse aussehen, aber dennoch Cucurbitacin enthalten. (Dies sollte jedoch kein Anlass zur Sorge oder gar zum Verzicht auf Kürbisse sein. Kürbisse, die Cucurbitacin enthalten, sind leicht und sicher an ihrem bitteren Geschmack zu erkennen!)

Einige Bitterstoffe, wie zum Beispiel das Intybin der Endivie sind bei entsprechender Dosierung unproblematisch und gut verträglich. Sie erhöhen die Speichelsekretion und fördern die Produktion von Verdauungssäften in Galle, Leber und Bauchspeicheldrüse. Daher wirken sie appetitanregend und verdauungsfördernd.

Die Paprikapflanze zählt ebenso wie die Tomate und die Kartoffel zur Familie der Nachtschattengewächse. Fast alle heute im Handel erhältlichen Paprika-, Chili- und Pfefferoni-Sorten gehören zur Art *Capsicum annuum*. Der Artname *annuum*, der soviel wie einjährig bedeutet, ist allerdings sehr unglücklich gewählt: Einjährig ist die Paprikapflanze nämlich nur in unseren Breiten. In ihrem natürlichen Lebensraum dagegen wächst sie zu großen, mehrjährigen Sträuchern heran.

Der erste Nachweis von Paprikapflanzen in Deutschland stammt aus dem Jahre 1542. Leonhart Fuchs beschrieb die Pflanze unter dem Namen *Siliquastrum* in seinem Werk „De Historia stirpium". Gezeigt ist die Abbildung aus dem New-Kreuterbüchlein von 1543.

Verschärfte Verteidigungsmechanismen

Pflanzen sind wahre Meister der chemischen Kriegsführung – vor allem, wenn es darum geht, ihre Früchte vor Fressfeinden zu schützen. Vertreter der Gattung Capsicum (zu der beliebte Gemüse- und Gewürzpflanzen wie Paprika, Pfefferoni und Chili zählen) wehren sich mit Hilfe von Capsaicin – einem wahren Kampfstoff, der heute auch bei der Herstellung von Pfeffersprays eingesetzt wird.

Der Paprika stammt ursprünglich aus Mittel- und Südamerika, wo er bereits vor rund 6000 Jahren kultiviert wurde. Nach der Entdeckung Amerikas hatte er es – entgegen vielen anderen Pflanzen aus der Neuen Welt – nicht schwer, in Europa Fuß zu fassen. Als Ersatz für den wesentlich teureren Pfeffer war das Nachtschattengewächs schon bald heiß begehrt. Über den Balkan gelangte der Paprika als sogenannter „Türkischer Pfeffer" nach Mittel-

und Nordeuropa. Besonders großer Beliebtheit erfreute er sich in Ungarn, wo er sich vom Arme-Leute-Gewürz rasch zur Nationalpflanze mauserte. In kurzer Zeit wurde hier eine ganze Palette neuer Paprikasorten gezüchtet, und so ist es nicht verwunderlich, dass auch die deutsche Bezeichnung „Paprika“ (die übrigens nichts anderes als Pfeffer bedeutet) aus dem Ungarischen entlehnt ist.

Innerhalb der Gattung *Capsicum* werden heute 31 Arten unterschieden, von denen fünf kultiviert werden. Für fast alle Arten existiert eine Wildform, die sich durch sehr kleine Früchte auszeichnet. Einige der Wildformen werden heute auch kommerziell genutzt; so zum Beispiel Tepin, die Wildform von *Capsicum annuum* in Mexiko, *Capsicum praetermissum* und *Capsicum cardenasii* in Brasilien, *Capsicum chacoense* und *Capsicum eximium* in Bolivien. Nur von *Capsicum pubescens* ist keine Wildform mehr bekannt, da diese Art bereits seit mehreren tausend Jahren domestiziert wurde. Als Urform der meisten kultivierten Paprika gilt heute die Sorte ‘Tepin’, deren Früchte etwa 1 cm im Durchmesser groß, rund und sehr scharf sind.

Beinahe alle Paprika-Sorten, die heute in Europa gebräuchlich sind, zählen zur Art *Capsicum annuum*. Sie lassen sich entsprechend ihres Gehaltes an Scharfstoffen (allem voran Capsaicin) in milde Gemüse- und scharfe Gewürzpaprika unterteilen. Während milde Sorten lediglich 0,001 bis 0,005 % Capsaicin enthalten, sind es bei den scharfen Sorten teilweise sogar mehr als 0,1 %. Allerdings kann der Gehalt an Scharfstoffen auch innerhalb einer Sorte stark variieren, und sogar die Früchte ein und derselben Pflanze können sich in ihrer Schärfe ganz beträchtlich voneinander unterscheiden.

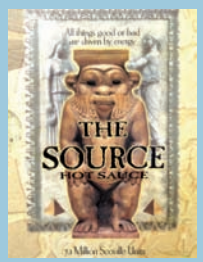
Scharf, schärfer, am schärfsten

Chilis enthalten besonders viel Capsaicin. Ihre Schärfe wird in Scoville-Einheiten gemessen – einer Maßeinheit, die im frühen 20. Jahrhundert durch Geschmacksvergleich von unterschiedlich verdünnten Chiliextrakten festgelegt wurde. Die durchschnittliche untere Wahrnehmungsgrenze für Capsaicin liegt bei ca. 16 Scoville. Reines Capsaicin hat einen Wert von 15.000.000 Scoville-Einheiten (SU, Scoville Units). Dies bedeutet: 1 ml Capsaicin muss mit 15.000.000 ml (= 15.000 Liter) Wasser verdünnt werden, um nicht mehr als scharf empfunden zu werden.

Heute wird die Schärfe von Chilis zumeist mit Hilfe eines speziellen Verfahrens (der sogenannten Hochleistungsflüssigkeitschromatographie) im Labor ermittelt.

Scoville-Hitliste:

Gemüsepaprika	(0-10 SU)
Pfefferoni	(100-500 SU)
Tabascosauce	(2500-5000 SU)
reiner Cayennepfeffer	(30.000-50.000 SU)
Habaneros	(100.000-350.000 SU)
Naga Jolokia; schärfste Chilisorte der Welt	(1,001.304 SU)
Da Bomb Chilisauce	(1,500.000 SU)
Polizei-Pfefferspray	(5,500.000 SU)
The Source schärfste Chilisauce der Welt	(7,100.000 SU)
reines Capsaicin	(15,000.000 SU)



Verschärfte Verteidigungsmechanismen

Die süß schmeckenden, milden Gemüsepaprika, die Mitte des 20. Jahrhunderts in Ungarn gezüchtet wurden, sind weitgehend frei von Scharfstoffen.

Generell findet man die höchste Konzentration von Capsaicin im Inneren der Paprika-Früchte, in der Plazenta und den Samenscheidewänden. (Die Samenkörner enthalten entgegen der weitverbreiteten Meinung deutlich weniger Scharfstoffe.)

Seine Wirkung entfaltet Capsaicin beim Verzehr nicht an den Geschmacksnerven: Es reizt jene Nervenfasern, die normalerweise Hitze- beziehungsweise Schmerzreize erkennen. Auf die schmerzhafte, aber dennoch nur scheinbare Erhitzung reagiert der Körper mit einer vermehrten Durchblutung des Gewebes, sodass es zu einer lokalen Rötung kommen kann, die an eine leichte Verbrennung erinnert.

Doch die scharf „brennenden“ Paprikaschoten haben durchaus ihre Vorzüge: Capsaicin tötet Bakterien und Pilze ab und wirkt somit konservierend. Scharfe Gewürzpaprikas sind daher besonders in den heißen, tropischen Ländern begehrt, da durch ihre Beigabe Speisen weniger schnell verderben. Zudem bekämpft Capsaicin Darmparasiten und regt die Magensaftproduktion an; es senkt den Blutdruck und kühlt den Körper durch seine schweißtreibende Wirkung. In der Medizin macht man sich vor allem den durchblutungsfördernden Effekt von Capsaicin zu Nutze (etwa in Form von Wärmepflastern).

Interessant ist, dass lediglich Säugetiere Capsaicin als scharf empfinden. Vögel dagegen, deren Nervenzellen etwas anders aufgebaut sind, sind gegen den Scharfstoff immun. Für die Paprikapflanze liegt darin ein bedeutender evolutiver Vorteil: Da das Capsaicin Säugetiere abschreckt, werden die Früchte vor allem von Vögeln verzehrt. Anders als Säugetiere zerkauen die Vögel die Samen nicht. Sie scheiden sie unversehrt wieder aus und begünstigen so die Verbreitung der Pflanze, wobei der Vogelkot zusätzlich als Dünger wirkt.

Die Bitterzitrone ist eine nahe verwandte Wildart unserer beliebten Zitrusfrüchte. Sie zeichnet sich durch einen großen Samenreichtum aus. Ganz ähnlich haben die Wildformen von Orange und Mandarinen ausgesehen.

Früchte ohne Sex?

Früchte sind Blüten im Zustand der Samenreife. Die verschiedenen Fruchttypen dienen vor allem dazu, die Samen möglichst wirkungsvoll zu verbreiten. Das kann beispielsweise durch Tiere erfolgen, die Früchte verschleppen, fressen und später die unverdauten Samen freisetzen. Menschen essen Samen in Früchten weniger gern. Daher gibt es unter den Kulturpflanzen viele kernlose Sorten.

Viele moderne Kulturpflanzen mit fleischigen Früchten besitzen nur wenige Samen. In manchen Fällen gelang es sogar, die Ausbildung von Samen gänzlich zu unterbinden. Diese Samenlosigkeit ist häufig die Folge von Mutationen – also von Veränderungen im Erbgut.

Man unterscheidet drei Arten von Mutationen – je nachdem, welcher Teil des Genoms (also des gesamten genetischen Materials eines Organismus) betroffen ist: Sind nur einzelne Gene verändert, spricht man von einer Genmutation. Betrifft die Veränderung größere Teile eines Chromosoms, handelt es sich um eine Chromosomenmutation. Ist jedoch die Anzahl der Chromosomen beziehungsweise Chromosomensätze verändert, so bezeichnet man dies als Genom- oder Ploidiemutation.

Ein eindrucksvolles Beispiel für eine Genommutation ist die sogenannte Polyploidie, bei der es zu einer Vervielfachung des Chromosomensatzes kommt. Bezeichnungen wie tri- (dreifach), tetra- (vierfach), penta- (fünffach) oder hexaploid (sechsfach) geben in einem solchen Fall die jeweilige Zahl der Chromosomensätze an. Polyploide Organismen entstehen, wenn es bei der Reifeteilung – also bei der Entstehung von Ei- und Samenzellen – nicht zu einer Reduktion der Chromosomenzahl kommt. (Verschmelzen dann beispielsweise eine Eizelle mit einem einfachen und

Früchte ohne Sex?

Viele der heutigen Zitrusfrüchte besitzen nur wenige oder gar keine Kerne. Sie bilden sogenannte parthenokarpe Früchte aus. Das heißt, die Früchte wachsen heran, ohne dass es zuvor zu einer Befruchtung gekommen ist.

Trotz ihrer Größe ist die Banane kein Baum, sondern gehört zur Ordnung der Ingwerartigen. Sie ist also mit den Gräsern verwandt. Die Blattscheiden bilden einen Scheinstamm, der mehrere Meter hoch werden kann. Die Wildformen der Banane vermehren sich geschlechtlich, wobei die Blüten durch Vögel oder Fledermäuse bestäubt werden.

Die Früchte der Wild-Bananen enthalten bis zu 100 Samen. Diese werden bei Reife hart und schwarz und erreichen einen Durchmesser von bis zu 15 mm.

eine Samenzelle mit einem doppelten Chromosomensatz, so entsteht ein triploider Organismus.)

Polyploide Pflanzen kommen in der Natur nicht selten vor. Sie können aber auch künstlich erzeugt werden – etwa indem man mit Hilfe von Colchicin, dem Gift der Herbstzeitlose (siehe Bild Seite 31, die Verteilung der Chromosomen während der Zellteilung verhindert.

In der Pflanzenzüchtung ist Polyploidie von großer Bedeutung: Oftmals sind polyploide Organismen nämlich robuster, größer, anpassungsfähiger und ertragreicher. Daher sind viele unserer Nutzpflanzen, wie zum Beispiel Weizen, Hafer oder auch Kartoffeln, polyploid.

Pflanzen mit einer ungeraden Anzahl von Chromosomensätzen (also beispielsweise triploide oder pentaploide Pflanzen) bieten dem Züchter einen weiteren Vorteil: Durch die unregelmäßige Verteilung der Chromosomen während der Reifeteilung (Meiose) können sie zumeist keine Samen

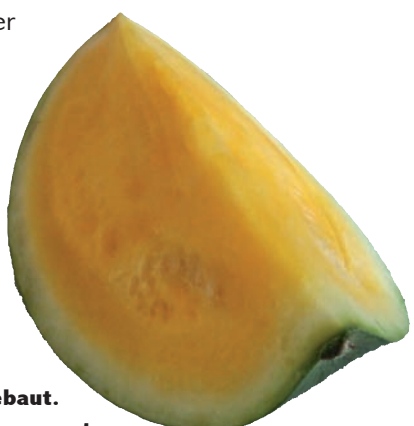
Obstgeschäft in Varkala (Kerala) Indien. Viele der weltweit angebauten Bananen sind triploid und besitzen deshalb sterile Pollen. Ihre Früchte werden ohne Bestäubung und Befruchtung gebildet und sind daher kernlos. Diese Pflanzen werden vegetativ, über Schösslinge, vermehrt.

bilden – das heißt, sie sind steril. Was für die Pflanze definitiv ein Nachteil ist, wird von den Konsumenten hoch geschätzt: Viele triploide Pflanzen, wie Ananas, Bananen, Zitrusfrüchte, Melonen oder Weintrauben, bilden kernlose Früchte.

Eine solche Jungfernfrüchtigkeit oder Parthenokarpie (von griechisch parthenos = Jungfrau und karpos = Frucht) kann jedoch auch andere Ursachen haben. Bei manchen Pflanzen kann es spontan zu einer Entwicklung von Früchten kommen – ohne vorhergehende Befruchtung und ohne Ausbildung von Samen. Man spricht in diesem Fall von einer vegetativen Parthenokarpie. Sie ist unter anderem von Birnen und verschiedenen Zitrusfrüchten bekannt.

Jungfernfrüchtigkeit lässt sich aber auch durch verschiedene Reize auslösen. Dann wird sie als induktive Parthenokarpie bezeichnet. So fördern günstige klimatische Bedingungen die natürliche Neigung zur Parthenokarpie. Andererseits kann Parthenokarpie eine Folge von Blütenfrösten sein, bei denen die Samenanlage zerstört wird, das übrige Fruchtknotengewebe aber intakt bleibt. Auch durch mechanisches Reizen des Fruchtblattes der Blüte können parthenokarpe Früchte entstehen. Zudem lösen Hormongaben Parthenokarpie aus: So lassen sich beispielsweise durch die Behandlung der Blüten mit dem Wachstumsregulator Auxin kernlose Gurken, Tomaten oder Auberginen ziehen. Darüber hinaus ist es mittlerweile möglich, parthenokarpe Pflanzen mit Hilfe gentechnischer Methoden herzustellen. Dabei steht nicht allein die Produktion kernloser Früchte im Vordergrund: auch die Ausbreitung transgener Pflanzen wird so verhindert.

Neben der echten (natürlichen wie induzierten) Jungfernfrüchtigkeit gibt es auch noch die sogenannte Schein-Parthenokarpie. Sie tritt dann auf, wenn trotz Befruchtung samenlose Früchte entstehen – etwa wenn die Samen absterben und die reifen Früchte in der Folge parthenokarp erscheinen.



Samenlose Wassermelonen zieht man aus Pflanzen mit einem künstlich hergestellten dreifachen (triploiden) Chromosomensatz. Für die Ausbildung von Früchten werden am selben Feld normale Pflanzen mit einem doppelten (diploiden) Chromosomensatz angebaut. Deren Pollen bewirken über eine sogenannte Pseudobefruchtung die Ausbildung von Früchten. Diese Früchte besitzen keine Kerne.

Raps ging aus einer Kreuzung von Rübsen (*Brassica rapa*) und Gemüsekohl (*Brassica oleracea*) hervor. Wegen der erheblichen Menge an giftigen Inhaltsstoffen wurde sie aber lange Zeit kaum als Lebens- und Futtermittel, sondern zur Herstellung technischer Öle verwendet. Erst 1974 wurden unter der Bezeichnung Null-Raps praktisch ungiftige und damit für die menschliche Ernährung geeignete Raps-Genotypen entwickelt.

Traditionelle Pflanzenzucht und Gentechnik

Seit Jahrtausenden formt und verändert der Mensch seine Nutzpflanzen, um ihre Eigenschaften zu seinem Vorteil zu verbessern. Ob dies nun durch traditionelle Züchtungsmethoden oder mit Hilfe der modernen Gentechnik geschieht: Pflanzenzüchtung führt stets zu einer genetischen Veränderung.

Bereits vor knapp 10.000 Jahren begann der Mensch mit der Züchtung von Kulturpflanzen. Dabei wählte er aus den natürlich vorkommenden Pflanzen jene Formen aus, die für ihn von besonderem Nutzen waren. Diese Zuchtwahl wurde lange Zeit unbewusst durchgeführt und die ersten Domestikationen waren eher Zufallsergebnisse. Dennoch veränderte der Mensch dadurch seine Nutzpflanzen über die Jahrtausende so tiefgreifend, dass sich viele von ihnen mittlerweile stark von ihrer Stammform unterscheiden.

Aus diesem Grund können unsere Hauptkulturpflanzen auch kaum mehr als „natürlich“ bezeichnet werden: Sie kommen in ihrer gegenwärtigen Form in der Natur nicht vor. Und auch die heute übliche Abgrenzung von „natürlichen“ gegenüber den „gentechnisch veränderten“ Nahrungsmitteln ist nicht wirklich korrekt: Auch die traditio-

Selbst Gemüse unterliegt Modeströmungen: Viele Sorten, die noch im 19. Jahrhundert angebaut wurden, sind heute verschwunden. Hier erntet Gabriele Wild-Obermayer eine Herbstrübe.

Auch bei Salaten wird versucht, immer neue Sorten zu züchten, die den sich ändernden Anforderungen des Marktes entsprechen.

nelle Pflanzenzüchtung verändert das Erbgut und dadurch die Merkmale von Pflanzen in einer für den Menschen vorteilhaften Weise.

Jahrtausende lang wurde in der Pflanzenzucht ausschließlich nach Versuch und Irrtum gearbeitet. Dies änderte sich erst mit der Wiederentdeckung der Mendelschen Vererbungsregeln zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Seither sind auch gezielte Züchtungen möglich: Pflanzenzüchter versuchen, durch die Kreuzung verschiedener Linien von Nutzpflanzen, möglichst viele positive Eigenschaften in einer Linie zu vereinigen. Diese fortschrittlichen Praktiken der Pflanzenzüchtung führten – zusammen mit verbesserten Agrarmethoden – zu einer beachtlichen Steigerung der Erträge.

Bisweilen gelang mit Hilfe der traditionellen Pflanzenzüchtung (ganz ohne Gentechnik!) sogar die Überwindung von Art- und Gattungsgrenzen: Die heute weit verbreitete Gattungshybride Triticale – eine Kreuzung von Weizen und Roggen – die bereits Ende des 19. Jahrhunderts entstand, ist hierfür ein bekanntes Beispiel. Noch bedeutend früher, schon im späten Mittelalter, entstand Raps aus der erfolgreichen Kreuzung von Rübsen und Wildkohl.

Was unterscheidet nun die traditionelle Pflanzenzucht von der modernen Gentechnik?

Bei der traditionellen Pflanzenzucht wird stets das gesamte Erbgut der Eltern vermischt und neu kombiniert. Aus den Nachkommen werden dann jene Individuen ausge-

Der Mensch als Schöpfer

Die Arbeit des Pflanzenzüchters besteht in der Auswahl von geeignetem pflanzlichen Material: Im Zuchtmaterial, in Landrassen oder auch in Wildformen wird nach genetischer Variation gesucht. Anschließend wird die Sorte, deren Eigenschaften verbessert werden soll, mit dem Gendonor (also der Landrasse, der Wildform etc.) gekreuzt. Unerwünschte Gene werden anschließend durch wiederholte Rückkreuzung eliminiert. Aus den Nachkommen werden dann jene Individuen für die weitere Züchtung ausgewählt, die die erwünschten Eigenschaften aufweisen.

wählt, die die erwünschten Eigenschaften aufweisen. Nur diese werden dann für weitere Kreuzungen verwendet. Die Etablierung einer neuen Zuchtlinie nimmt viele Jahre oder gar Jahrzehnte in Anspruch und ist ausgesprochen aufwändig und arbeitsintensiv. Nicht immer gelingt es, die erwünschten Merkmale der Ausgangslinien in der neuen Zuchtlinie zu vereinigen. Mitunter können auch unerwünschte Merkmale auftreten.

Anders als die traditionelle Pflanzenzucht erlaubt die Gentechnik die gezielte Veränderung einzelner oder weniger Merkmale. Auch die Art- oder Gattungsgrenzen spielen keine Rolle mehr. Es ist heute möglich, neben pflanzlichen Genen auch Gene von Bakterien, Pilzen oder Tieren in Pflanzen zu übertragen (– ein Vorgang, den man als Transformation und die so entstandenen Pflanzen als transgene Pflanzen bezeichnet). Auf diese Weise können nicht nur die Eigenschaften von Pflanzen verändert werden: Es können auch Pflanzen mit völlig neuen Merkmalen entstehen.

So bietet die Gentechnik vielfältige Lösungsansätze in einer Zeit, in der längst nicht mehr nur die Steigerung der Erträge im Vordergrund steht: eine erhöhte Widerstandsfähigkeit und Stresstoleranz, Resistenz gegen Schädlinge und Herbizide, gesteigerte Leistungsfähigkeit, eine Verbesserung der Produktqualität sowie die Erzeugung von umweltverträglichen Produkten sind die Ziele der modernen Pflanzenzucht. Dennoch wird die moderne Gentechnik die klassische Züchtung auch in Zukunft nicht ersetzen, sondern lediglich ergänzen.

Die Vielfalt an Kohlformen zeigt besonders eindrucksvoll, welches Potential im Genom von Kulturpflanzen steckt (siehe auch Kapitel „Kraut und Rüben“).

Die als Wurzelhalskrebs bezeichneten, krebsartigen Wucherungen an Pflanzen werden durch das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* hervorgerufen.

Bakterien und DNA-Kanonen

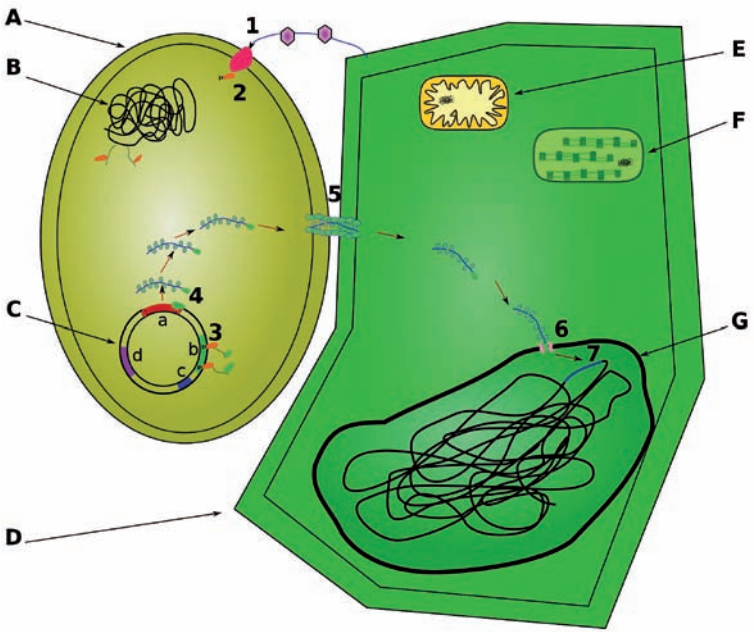
Ziel der pflanzlichen Gentechnik ist es, transgene Pflanzen mit neuen, erwünschten Eigenschaften zu erzeugen. Dazu werden fremde Gene in die Pflanzenzelle eingebracht und dort in die pflanzliche DNA eingebaut. Diese sogenannte Transformation kann auf unterschiedliche Art und Weise geschehen.

Bei der Protoplastentransformation beispielsweise werden die Zellwände, die die Pflanzenzellen umgeben und die typischerweise aus Zellulose bestehen, entfernt. In die zellwandlosen, abgerundeten Zellen (die Protoplasten) wird dann die DNA eingebracht, indem die schützende Zellmembran mit Hilfe von chemischen Stoffen oder Stromstößen durchlässig gemacht wird. Allerdings ist es nicht einfach, aus den Protoplasten wieder intakte Pflanzen zu regenerieren, weshalb die Anwendung der Protoplastentransformation eingeschränkt ist.

Daher wird bei der sogenannten Biolistischen Transformation mit unversehrten Pflanzenzellen gearbeitet. Um die Zellwandbarriere zu überwinden, werden Pflanzenzellen mit DNA-beschichteten Partikeln aus Gold oder Wolfram regelrecht beschossen. Diese Teilchen sind so winzig, dass sie die Zelle beim Durchdringen der Zellwand nicht schädigen. Im Zellinneren löst sich die DNA von den Partikeln und kann ins Genom der Pflanzenzelle eingebaut werden. Die ersten „Schussapparate“, von denen der erste in Österreich übrigens aus Linz stammt, wurden tatsächlich mit Schießpulver betrieben. Heute wird dagegen zumeist komprimiertes Helium verwendet.

Von besonderer Bedeutung ist zudem die Bakterien-vermittelte-Transformation: Dazu bedient man sich des

Bakterien und DNA-Kanonen



Bodenbakterien infizieren Pflanzen.
Beim Befallsvorgang kommt es zunächst zu einer Interaktion zwischen Bakterien- (A) und Pflanzenzelle (D). Dadurch wird in der Bakterienzelle ein kleines, ringförmiges DNA-Molekül, das sogenannte Tumor-induzierende Plasmid, aktiviert (C). Von diesem wird ein Stück DNA (4) in die Pflanzenzelle eingeschleust und dort ins Genom des Zellkerns (G) eingebaut (7). Die Bakteriengene werden nun in der Pflanzenzelle wie die eigenen Gene abgelesen und gemäß der Bauanleitung in entsprechende Proteine übersetzt.

Beim biolistischen Gentransfer werden Pflanzenzellen mit Hilfe einer DNA-Kanone mit winzigen Goldpartikeln beschossen, die mit DNA beschichtet sind. In der Pflanzenzelle löst sich die DNA von den Partikeln und wird ins Genom der Pflanzenzelle eingebaut. Wenn aus diesen genetisch veränderten Pflanzenzellen wieder ganze Pflanzen regeneriert werden, erhält man stabile, gentechnisch veränderte Organismen.

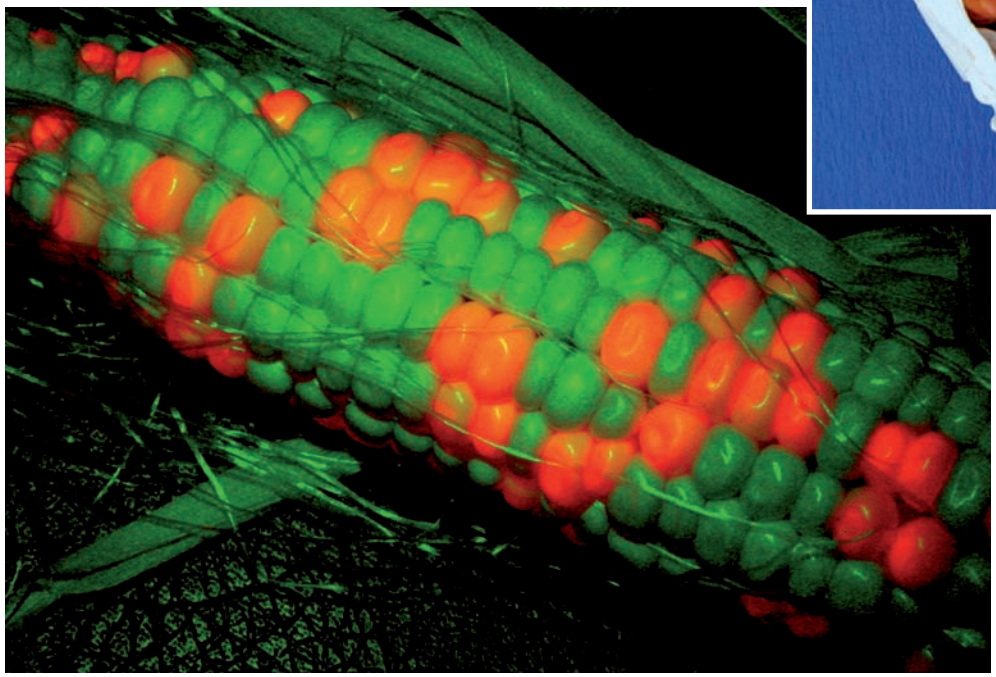
weltweit verbreiteten Bodenbakteriums *Agrobacterium tumefaciens*, das einen Teil seiner DNA in Pflanzenzellen übertragen kann. Dadurch induziert das Bakterium die Bildung von Tumoren, die ihm als Lebensraum dienen. Gleichzeitig veranlasst das Bakterium die Pflanze, bestimmte Nährstoffe zu produzieren. Man könnte also sagen: *Agrobacterium tumefaciens* betreibt Gentechnik, indem es transgene Pflanzen erzeugt, deren Eigenschaften für das Bakterium von Vorteil sind. Genau diese Fähigkeiten von *Agrobacterium tumefaciens* nutzt die moderne Gentechnik, um DNA in Pflanzen zu übertragen. Dadurch können bereits bestehenden Kulturpflanzensorten zusätzliche, erwünschte Eigenschaften verliehen werden.

Zunächst werden dazu im Labor jene Bereiche der Bakterien-DNA herausgeschnitten, die für die Ausbildung des Tumorwachstums verantwortlich sind. An ihre Stelle setzt man dann die erwünschten Gene ein (wie beispielsweise Gene für die Produktion von Provitamin A). Dieses Genkonstrukt kommt zurück in die Bakterienzelle. Beim Infektionsvorgang kommt es dann nicht mehr zur Ausbildung eines Tumors, sondern zur Herstellung des gewünschten Genproduktes (etwa des Provitamin A).

Pharmapflanzen

Mit Hilfe gentechnischer veränderter Organismen (Mikroorganismen, Nutztiere oder Pflanzen) lassen sich auch Medikamente herstellen. Vor allem Pflanzen spielen dabei eine wichtige Rolle. Sie haben Tieren oder Mikroorganismen gegenüber einen entscheidenden Vorteil: Ihr Anbau ist einfach, kostengünstig und lässt sich rasch an die aktuelle Nachfrage anpassen. Zudem können Pflanzen nicht mit Krankheitserregern infiziert werden, die für den Menschen gefährlich sind, wodurch sich die Sicherheit für den Patienten erhöht. Daher werden für die Produktion medizinisch wirksamer Stoffe immer mehr so genannte „Pharmapflanzen“ entwickelt. Mit ihnen lässt sich eine breite Palette von Stoffen erzeugen – Proteine, Antikörper, Impfstoffe oder Hormone.

Beim Multivitamin-Mais (linker Kolben) werden in den Körnern zusätzlich β-Carotin (Provitamin A), Folsäure (Vitamin B9) und Ascorbinsäure (Vitamin C) produziert.



Auch medizinisch wirksame Stoffe können mit Hilfe der Gentechnik in Pflanzen hergestellt werden. Zu diesen sogenannten Pharmapflanzen gehört zum Beispiel der HIV-Mais. Alle rot leuchtenden Körner dieses Maiskolbens produzieren Antikörper gegen das HI-Virus.

Moderne Unkrautvernichtungsmittel lassen sich in zwei große Gruppen unterteilen: Während selektive Herbizide gezielt verschiedene Unkräuter vernichten, entfalten Totalherbizide ihre Wirkung bei allen Pflanzen. Lediglich gentechnisch veränderte Nutzpflanzen, die resistent gegen das Totalherbizid sind, überleben.

Resistenzzüchtung

Der Großteil aller gentechnisch veränderten Pflanzen trägt eine Resistenz – entweder gegen Krankheitserreger und Schädlinge oder aber gegen Herbizide. Durch diese Resistenzzüchtungen soll der Einsatz von Schädlings- und Unkrautbekämpfungsmitteln künftig reduziert werden.

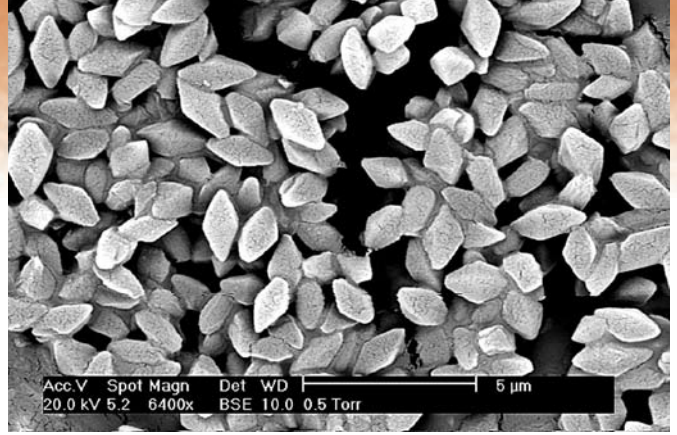
Unsere Nutzpflanzen sind, verglichen mit ihren Stammformen, häufig deutlich weniger resistent gegenüber unterschiedlichen Umweltfaktoren. Verschärft wird die Situation dadurch, dass sie genetisch oft sehr einheitlich sind. So kommt es durch Schädlinge, Parasiten und Wildkräuter immer noch zu erheblichen Ernteeinbußen. Um diese zu minimieren, werden große Mengen an Pestiziden und Herbiziden eingesetzt – mit weitreichenden Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit.

Herbizide (sogenannte Unkrautvernichtungsmittel) beispielsweise schützen unsere Nutzpflanzen auf den Agrarflächen vor ihren „Mitbewerbern". Der Großteil der heute verwendeten Herbizide zählt zu den sogenannten selektiven Herbiziden, die gezielt auf verschiedene Unkräuter einwirken, ohne dabei die zu schützende Nutzpflanze zu beeinträchtigen. Da diese Agrochemikalien sehr lange im Boden bleiben und dadurch häufig auch das Trinkwasser belasten, sind sie problematisch.

Deutlich kurzlebiger und weniger toxisch sind dagegen sogenannte Totalherbizide. Diese wirken jedoch auf alle Pflanzen gleichermaßen – auf unerwünschte Wildkräuter ebenso wie auf Nutzpflanzen. Mit Hilfe gentechnischer Methoden wurden daher Nutzpflanzen entwickelt, die gegen diese Totalherbizide resistent sind. Die entsprechenden Gene dafür stammen entweder aus Mikroorganismen oder aus resistenten Pflanzen.

Herbizid-Resistenzen werden heute bereits vielfach in transgenen Pflanzen genutzt: so zum Beispiel bei Kartoffel, Mais und Weizen. Tatsächlich ist eine künstliche Herbizid-Resistenz das häufigste Merkmal aller bis dato kommerziell verwendeten Nutzpflanzen.

Darüber hinaus werden Nutzpflanzen mit Hilfe gentechnischer Methoden aber auch vor Schadinsekten geschützt, die die Pflanzen auf zweierlei Arten beeinträchtigen – zum einen direkt, durch Fraß, zum anderen indirekt durch die Übertragung von Krankheiten. In der Intensivlandwirtschaft werden Insekten deshalb mit geeigneten Pestiziden bekämpft. Die Anwendung dieser Insektenvernichtungsmittel ist jedoch ökologisch höchst bedenklich, da sie für viele Tiere toxisch sind und sich zudem in der Nahrungskette anreichern. Seit vielen Jahren werden daher vermehrt biologische Präparate zur Insektenbekämpfung eingesetzt. Vertreter des Bodenbakteriums *Bacillus thurin-*



Kristalle des Bt-Toxins unter dem Elektronenmikroskop. Eine der ersten gentechnisch veränderten Pflanzen, die in der EU zugelassen wurde, ist der Bt-Mais. Diese Maissorte enthält Gene des Bakteriums *Bacillus thuringiensis*. Dadurch sind die Maispflanzen in der Lage, selbst Bt-Toxin herzustellen um sich gegen Insektenfraß zu schützen.

Pilzerkrankungen sind ein großes Problem bei der Getreideproduktion. Pilze der Gattung *Fusarium* (hier Sporen von *Fusarium verticilloides*) führen nicht nur zu Ertragseinbußen. Sie belasten darüber hinaus Futter- und Lebensmittel mit hochgiftigen Substanzen.

gensis beispielsweise produzieren Stoffe, die für bestimmte Insekten toxisch sind. (Ursache dafür ist das Bt-Toxin, ein von den Bakterien gebildetes Protein, das für Säugetiere und den Menschen harmlos ist.) Mit Hilfe gentechnischer Methoden wurden modifizierte Gene dieses Bakteriums in verschiedene Pflanzen eingebracht. Auf diese Weise entstanden Pflanzen, die selbst sogenannte Bt-Toxine produzieren und dadurch gegen bestimmte Schadinsekten resistent sind. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der Bt-Mais, der sein eigenes Insektizid produziert und auf diese Weise sehr erfolgreich Maisschädlinge wie den Maiszünsler oder den westlichen Maiswurzelbohrer abwehrt.

Künftig sollen Nutzpflanzen mit Hilfe der Gentechnik auch vor Viren, Bakterien und Pilzen geschützt werden. Dabei macht man sich zu Nutze, dass viele Pflanzen Toxine herstellen, um Krankheitserreger abzuwehren. Werden die entsprechenden Gene in eine Nutzpflanze eingeschleust, so kann auch diese die antimikrobielle Substanz erzeugen.

Derzeit wird beispielsweise intensiv an der Herstellung von transgenen Getreidesorten gearbeitet, die resistent gegen Pilze der Gattung *Fusarium* sind. Diese Pilze, die vor allem Weizen, Hafer und Gerste befallen, verursachen nämlich nicht nur erhebliche Ernteausfälle und Qualitätseinbußen: Einige Fusarien-Arten produzieren zudem hochgiftige Stoffwechselprodukte (sogenannte Mykotoxine), die bei Mensch und Tier ernsthafte akute Erkrankungen auslösen und bei längerfristiger Aufnahme auch krebserregend sein können. Die Verwendung von Fungiziden (pilzabtötenden Mitteln) ist daher nahezu unumgänglich. Durch die Übertragung von Resistenzkonzepten auf Getreidepflanzen soll der Einsatz von Fungiziden in der modernen Pflanzenproduktion reduziert und gleichzeitig die Sicherheit in der Nahrungsmittelproduktion gesteigert werden.

Der Maiszünsler (*Ostrinia nubilatis*) ist ein gefürchteter Kleinschmetterling. Seine Raupe schwächt durch ihre Fraßgänge im Maisstängel die Standfestigkeit der Pflanze.

Genau wie unsere Getreidearten gehört auch Reis zur Familie der Süßgräser. Reis zeichnet sich durch eine außergewöhnliche Sortenvielfalt aus: Weltweit gibt es mehr als 100.000 verschiedene Sorten.

Golden Rice Project

In Gesellschaften, in denen Reis das Grundnahrungsmittel darstellt, sterben weltweit jedes Jahr 2,200.000 Kinder unter fünf Jahren (6000 am Tag) an Vitamin A-Mangel. Der Grund: Reis ist zwar ein ausgezeichneter Energielieferant, aber arm an Vitaminen und bestimmten Mineralstoffen. Das humanitär und nicht kommerziell ausgerichtete Golden Rice Project soll Abhilfe schaffen. Unter Verwendung von Gentechnik-Methoden wurde ein Reis entwickelt, der mithilft, das Problem der Mangelernährung in den Griff zu bekommen.

Reis gehört zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt. In Asien wird er bereits seit rund 10.000 Jahren, in Westafrika seit etwa 3500 Jahren kultiviert. Heute wird Reis auf allen Kontinenten angebaut. Mit einer Produktion von rund 680 Millionen Tonnen pro Jahr ist er von immenser weltwirtschaftlicher Bedeutung. Für mehr als zwei Milliarden Menschen bilden Anbau und Verarbeitung von Reis die Erwerbsgrundlage. Reis ist aber auch das wichtigste Grundnahrungsmittel der Welt. Im südostasiatischen Raum kann er bis zu 80 % der täglichen Nahrung ausmachen. Dies ist insofern problematisch, als Reis zwar eine sehr gute Energiequelle ist, den täglichen Bedarf an Vitaminen und Mineralstoffen jedoch nur unzureichend deckt. Daher kommt es in Ländern, in denen Reis das Hauptnahrungsmittel bildet, häufig zu Mangelernährung. Besonders weit verbreitet ist die Unterversorgung mit Vitamin A. Vitamin A ist unerlässlich für eine ganze Reihe wichtiger Abläufe und Funktionen im Körper. Besonders bedeutsam ist es für den Sehvorgang. Da Reis zu wenig Vitamin A liefert, leiden in Asien viele Menschen unter Augenerkrankungen, die bis zum Erblinden führen können. Auch die erhöhte Kindersterblichkeit in diesen Ländern lässt sich auf einen Vitamin A-Mangel und die dadurch bedingte Schwächung des Immunsystems zurückführen.

Eine internationale Wissenschaftlergruppe hat nun in der Schweiz einen gentechnisch veränderten Reis entwickelt, der ausreichend Vitamin A liefert. Dieser sogenannte „Golden Rice“ enthält in seinen Körnern β-Carotin (auch Provitamin A genannt), das im menschlichen Körper in Vitamin

100 g Golden Rice. Täglich gegessen reicht diese Menge aus, um die Sehkraft und das Überleben eines Kindes in jenen Ländern zu sichern, in denen Reis das Grundnahrungsmittel darstellt. Im Gegensatz zum normalen Reis (links) enthalten die gelb gefärbten Reiskörner (rechts) β-Carotin. Dieses wird im menschlichen Körper zu Vitamin A umgewandelt.

A umgewandelt wird. (Dieser erhöhte Gehalt an β-Carotin führt zu einer deutlich sichtbaren Gelbfärbung der Reiskörner, was dem Goldenen Reis auch seinen Namen eingetragen hat.) Die für die β-Carotin-Synthese notwendigen Gene wurden aus Bakterien und Pflanzen isoliert und anschließend mit Hilfe des Bodenbakteriums *Agrobacterium tumefaciens* in den Reis übertragen. Zusätzlich wurde auch der Eisengehalt des Golden Rice erhöht, da Eisenmangel ebenfalls ein weit verbreitetes Phänomen ist und Vitamin A die Einbindung von Eisen im menschlichen Körper begünstigt.

Von diesen Vorteilen soll in erster Linie die lokale Bevölkerung profitieren – die asiatischen Kleinbauern, denen das Saatgut kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Damit ist „Golden Rice“ die erste transgene Pflanze, die ausschließlich für den Endverbraucher von Vorteil ist.

In vielen Teilen Asiens (wie hier in Nepal) und Afrikas wird Reis traditionell als Nassreis kultiviert. Diese Anbautechnik bringt die höchsten Erträge, ist aber sehr arbeitsintensiv.

Kulturlandschaft mit Reisterrassen in Madagaskar.

Die Stammform der verschiedenen *Lactuca*-Salate ist vermutlich der Kompass-Lattich (*Lactuca serriola*). Er zählt zur Familie der Korbblütler und stammt ursprünglich aus Vorderasien und dem Mittelmeerraum. Der Kompass-Lattich bevorzugt trockenwarme Standorte mit nährstoffreichen Böden. Er ist hervorragend an Trockenheit und intensive Sonneneinstrahlung angepasst: Seine Blätter stehen oft senkrecht und sind in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet (Kompasspflanze).

Da haben wir den Salat!

Was wir gemeinhin als Salat bezeichnen, muss nicht unbedingt näher miteinander verwandt sein. Blattgemüse, die wir als Salat verzehren, sind vor allem aus zwei Pflanzengattungen gezüchtet worden: aus der Gattung *Lactuca*, zu der der Kopfsalat zählt, und aus der Gattung *Cichorium* mit dem Endiviensalat. Salatpflanzen der Gattung *Lactuca* zählen zu den bekanntesten und am weitesten verbreiteten Blattgemüse-Sorten. Sie sind ernährungsphysiologisch besonders wertvoll und erfreuen sich seit der Antike ungebrochener Beliebtheit.

Salat ist eine sehr alte Kulturpflanze. Der Römische Salat beispielsweise wurde – entgegen seines Namens – bereits im alten Ägypten angebaut und ist vermutlich die älteste Form des Gartensalates. Von den Ägyptern übernahmen die Griechen, und von diesen wiederum die Römer den Salatanbau. Die Römer gaben dem Salat den Namen „lactuca“, was sich von der lateinischen Bezeichnung „lac“ für Milch ableitet und auf den hohen Milchsaftgehalt der Pflanze anspielt. Von „lactuca“ stammt auch das deutsche Wort „Lattich“ ab.

Zu den verschiedenen Varietäten von kultiviertem Lattich (*Lactuca sativa*) gehören neben dem Römischen Salat der Kopfsalat einschließlich Eis(berg)- und Batavia-Salat, der Schnittsalat, der Pflücksalat sowie der aus China stammende Spargelsalat.

Der Römische Salat wird als typischer Kochsalat vor allem warm zubereitet. Als Rohkost eignen sich ausschließlich die helleren Innenblätter, die deutlich weicher sind und zudem weniger Bitterstoffe enthalten. Durch das Zusammenbinden der Salatköpfe kann das Ergrünen und damit das Anreichern von

Botanisch gesehen handelt es sich beim Salatkopf um den gestauchten Spross, um den sich eine Blattrosette (vergleichbar einer Knospe) bildet. Kopf- und Eissalat bilden die typischen Salatköpfe aus (a, b). Beim Schnitt- und Pflücksalat dagegen sind es offene Rosetten (c, d).

Bitterstoffen verhindert werden, was dem Römischen Salat auch den Beinamen „Bindesalat“ eingetragen hat.

Neben den Blättern des Kochsalates werden auch die dicken Stängel des Spargelsalates gekocht, die in Aussehen und Geschmack leicht an Spargel erinnern. Alle anderen Sorten werden typischerweise roh – eben als Salat – verzehrt. (Der deutsche Ausdruck Salat leitet sich übrigens vom italienischen „insalata“ ab, was nichts anderes als „eingesalzen“ bedeutet.)

Der prominenteste Vertreter aus der Gruppe der kopfbildenden Salate ist der Kopfsalat oder Häuptelsalat. Je nach Sorte sind seine Blätter gelblich, grün, braungrün oder rotbraun. Es handelt sich beim Kopfsalat um eine verhältnismäßig junge Züchtung, die erst zu Beginn der Neuzeit entstanden ist.

Noch deutlich jünger ist der Eissalat – ein weiterer kopfbildender Salat, der im frühen 20. Jahrhundert in Kalifornien gezüchtet wurde. Seinen Namen erhielt er aufgrund der Eiskühlung beim Transport von der amerikanischen West- an die Ostküste. Wegen seiner festen Beschaffenheit wird er auch Krach- oder Knacksalat genannt.

Eine besonders junge Variante des Eissalates ist der französische Batavia-Salat. Er ist, was die Beschaffenheit der Blätter betrifft, zwischen Kopf- und Eissalat anzusiedeln.

Im Gegensatz zu den Kopfsalaten bilden Schnitt- und Pflücksalate keine Salatköpfe, sondern offene Rosetten aus. Je nach Sorte haben sie hellgrüne bis rotbraune, glattrandige, gezackte, gekrauste oder gewellte Blätter. Diese werden von außen nach innen geerntet. Zu den bekanntesten Vertretern gehören der rote und der grüne Eichblattsalat, der *Lollo rosso* und der *Lollo bianco*.

Die Stammform all dieser verschiedenen Kulturformen ist vermutlich der sogenannte Kompass-Lattich, auch wilder Zaun-Lattich oder Stachel-Lattich genannt. (Möglicherweise entstand der Salat aber auch aus seiner Kreuzung des Kompass-Lattichs mit dem Gift-Lattich.)

Der Kompass-Lattich, der zur Familie der Korbblütler zählt, ist ein robuster Kulturbegleiter, den man bevorzugt auf trockenen, sonnigen Standorten findet: auf Schuttplätzen, an Wegrändern, entlang von Mauern, auf Dämmen und in Hecken. Ursprünglich stammt er aus Vorderasien und dem Mittelmeerraum. Seinen ungewöhnlichen Namen verdankt der Kompass-Lattich der Stellung seiner Blätter, die nicht waagerecht, sondern zumeist senkrecht stehen und dabei nach Süden bis Südwesten gewandt sind. Er unterscheidet sich von den modernen Salatsorten jedoch nicht nur ganz eklatant in seinem Aussehen, sondern auch in seinen Inhaltsstoffen: So enthält der Milchsaft der modernen Sorten beispielsweise deutlich weniger Bitterstoffe.

Lediglich während der Blütezeit steigt die Bitterstoff-Konzentration stark an. Daher wird Salat geerntet, noch bevor er zu blühen beginnt. Allerdings wirken die im Milchsaft enthaltenen Stoffe kühlend, schmerzstillend und beruhigend. Der getrocknete Milchsaft des Salates (das sogenannte Lactucarium) wurde daher bereits in der Antike als Heilmittel eingesetzt.

Die Wegwarte (*Cichorium intybus*) wächst an trockenen, sonnigen Stellen, gerne an Weg- und Straßenrändern oder auf Ruderalflächen. Sie spricht gut auf eine Verbesserung der Wachstumsbedingungen an: Auf nährstoffreicheren Böden werden die Blätter dünner, größer und sind weniger behaart.

Kaffee oder Gemüse? – Das ist hier die Frage...

In Notzeiten, als der Bohnenkaffee rar und teuer war, dienten verschiedene Pflanzen zur Herstellung von Ersatzkaffee. Neben Getreide war es vor allem die Wegwarte, die dem sogenannten Muckefuck einen kaffeähnlichen Geschmack verlieh.

Die Gemeine Wegwarte (*Cichorium intybus*), die zur Familie der Korbblütler zählt, ist in den gemäßigten Zonen Europas und Vorderasiens weit verbreitet. Sie wurde bereits in der Antike aufgrund ihrer verdauungsanregenden, blutreinigenden und entzündungshemmenden Wirkung als Arzneipflanze verwendet.

Die heute gebräuchlichen Kulturformen der Wegwarte weichen in ihrem Aussehen stark von der Wildform ab. Da sie einerseits zur Nutzung der Blätter, andererseits zur Nutzung der Wurzel gezüchtet worden sind, unterscheidet man zwischen Salat- und Wurzelzichorien. Während bei den Salatzichorien die Zuchtziele denen des Gartensalates ähneln, werden bei der Wurzelzichorie Sorten mit einem hohen Gehalt des Speicherstoffes Inulin angestrebt.

Zur Blattnutzung sind aus der Wegwarte insgesamt drei verschiedene Kulturformen (*Cichorium intybus* var. *foliosum*) gezüchtet worden. Es sind dies der Zichoriensalat, auch Fleischkraut oder Zuckerhut genannt, der Radicchio und der Chicorée. Sie alle sind sehr junge Züchtungen, die eindrucksvoll belegen, wie aus einer entwicklungsfähigen Wildpflanze in nur kurzer Zeit verschiedene Kulturformen werden können.

Der Zuckerhut etwa, dessen großer Kopf an Masse und Kompaktheit dem Kohl ähnelt, ist in Mitteleuropa erst seit knapp 30 Jahren bekannt. Und auch der rotblättrige Radicchio gelangte erst Mitte der 1980er Jahre von Italien

Von den vier Kulturformen der Wegwarte wurden drei zur Blattnutzung gezüchtet: der Radicchio, der Chicorée und der Zichoriensalat, der auch Fleischkraut oder Zuckerhut genannt wird. Auch der Endivien-Salat mit den verschiedenen glatten und krausblättrigen Sorten ist eng mit der Wegwarte verwandt.

aus nach Mittel- und Nordeuropa. Älter dagegen ist der Chicorée, der bereits um 1830 in Belgien als sogenanntes Brüsseler Witloof (also Weißlaub) aufgekommen ist. Es handelt sich dabei um die gebleichten Knospen der Pflanze, die in völliger Dunkelheit aus der fleischigen Wurzel austreiben. Dadurch unterbleibt nicht nur die Ausbildung von Blattgrün: Die im Dunklen aufgezogenen Pflanzen enthalten auch kaum Intybin – jenen Bitterstoff, der die grünen Blätter ungenießbar macht. (Dieser Zusammenhang war übrigens schon längst vor dem Aufkommen des Chicorée bekannt: So war es beispielsweise Brauch, die Frühlingstriebe der Gemeinen Wegwarte mit einem Korb oder Topf abzudecken und dann die gebleichten Triebe als sogenannten „Kapuzinerbart“ zu verzehren.)

Werbeschild aus den 30er Jahren für Franck-Kaffeeersatz, der aus gerösteten Zichorienwurzeln hergestellt wurde.

Ähnlich bitter wie die Blätter sind auch die langen, karottenförmigen Wurzeln der Zichorie. Diese erlangten zu Beginn des 18. Jahrhunderts als Kaffeersatz große Bedeutung. Für die Herstellung des Zichorienkaffees wurden die Wurzeln in kleine Stücke geschnitten, getrocknet, anschließend langsam ohne Fettzugabe geröstet und gemahlen. Das fertige Zichorienkaffee-Pulver konnte man dann wie Bohnenkaffe aufgießen. Häufig wurde das Pulver auch dem teuren Bohnenkaffee beigemengt, um ihm eine kräftigere Farbe und mehr Bitterkeit zu verleihen.

Heute hat der Zichorienkaffee zwar nur noch eine geringe wirtschaftlichte Bedeutung, in der Lebensmittelindustrie spielt die Wurzelzichorie jedoch weiterhin eine wichtige Rolle. Vor allem die hohe Konzentration des Kohlenhydrates Inulin macht die Wurzelzichorie für die Lebensmittelindustrie interessant: Dieser Speicherstoff wird heute nicht nur zur industriellen Herstellung von Fructose genutzt, er findet auch Verwendung als Fett- und Zuckerersatz für die Herstellung funktioneller Lebensmittel vor allem für Diabetiker.

Die Wilde Möhre ist in Mitteleuropa weit verbreitet. Im blühenden Zustand ist sie leicht an ihrer zentralen dunkelvioletten „Mohrenblüte“ zu erkennen. Ihre Wurzel ist deutlich kleiner und stärker verzweigt als die der Karotte. Sie enthält auch kaum Carotin und ist daher weiß gefärbt.

Von wilden Möhren und zahmen Karotten

Die Wilde Möhre und die Karotte sind Unterarten derselben Art. Sie unterscheiden sich dennoch durch züchterische Auslese ganz erheblich in Form, Farbe und in der Zusammensetzung ihrer Inhaltsstoffe.

Die Karotte ist eine Jahrtausende alte Kulturpflanze, die vermutlich aus drei großen Formengruppen von Wilden Möhren entstanden ist: aus der mittelasiatischen Unterart *Daucus carota* subsp. *atrorubens*, die hauptsächlich in Afghanistan vorkommt und gelb bis dunkelrot gefärbt ist; aus der mediterranen Riesenmöhre (*Daucus carota* subsp. *maximus*) und aus der heimischen wilden Möhre (*Daucus carota* subsp. *carota*). Neben den verschiedenen Kultursorten wird auch die heimische Wilde Möhre nach wie vor als Nahrungs- und vor allem als Heilpflanze genutzt.

Die Wilde Möhre, die zur Familie der Doldenblütler gehört, ist in Mitteleuropa häufig zu finden. Die rund ein Meter hohe, zweijährige Pflanze gedeiht auf mäßig trockenen Böden, auf Wiesen, Magerrasen und sogar Wegrändern. Im ersten Jahr bildet sie die Wurzel und eine Blattrosette aus, die aus langstieligen, mehrfach gefiederten Blättern besteht. Der verzweigte Blütenschaft mit den großen weißen, leicht nach oben gewölbten Blütendolden folgt dann im zweiten Jahr. In der Mitte der weißen Dolde befindet sich meist eine einzige, dunkelviolett gefärbte, sterile Lockblüte (die sogenannte Mohrenblüte). Es wird vermutet, dass diese dunkle Blüte ein Insekt vortäuschen und dadurch weitere Insekten zur Bestäubung anlocken soll. Sind die Früchte schließlich reif, so zieht sich die Dolde vogelnestartig zusammen, was der wilden Möhre auch den Beinamen „Vogelnest“ eingetragen hat. Die Früchte sind mit zahlreichen kleinen Stacheln besetzt, die dafür sorgen, dass sie im Fell von Tieren oder auch an den Kleidern der Menschen hängenbleiben und so verbreitet werden. Die Wurzel der Wilden Möhre ist klein, kaum fingerdick, weiß und stark aromatisch. Sie dient der Pflanze als Speicherorgan und ist genau wie die Wurzel der Karotte essbar – wenn auch deutlich stärker verholzt und dadurch weniger schmackhaft.

Die ältesten Nachweise über die Nutzung von Wilden Möhren und bereits kultivierten Sorten stammen aus dem antiken Griechenland. Sowohl bei den Griechen als auch bei den Römern diente die Karotte jedoch nicht nur als Speise-, sondern vor allem als Arzneipflanze. Schon der berühmte griechische Arzt Dioskurides spricht im 1. Jhdt.

Die Karotte verdankt ihre grell-orange Farbe dem hohen Gehalt an Carotin (Provitamin A). Daneben enthält sie zahlreiche andere wichtige Vitamine (C, B1, B2) und Mineralstoffe wie beispielsweise Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium. Der typische Karottengeschmack ergibt sich durch verschiedene ätherischen Öle und den hohen Zuckergehalt.

n. Chr. der Kulturform zwar einen besseren Geschmack, der Wilden Möhre jedoch ungleich größere Heilkräfte zu.

In der Literatur des Mittelalters mischen sich häufig die Begriffe, sodass es nicht mehr nachvollziehbar ist, ob es sich bei der „carvitas“ Karls des Großen oder dem „morkrud“ der Hildegard von Bingen tatsächlich um die Karotte oder um die Pastinake handelt. Auch das slawisch-germanische Wort „mohra“, von dem sich das deutsche Wort Möhre ableitet, bedeutet nur „essbare Wurzel“ und wurde nicht nur für die gelbe Rübe, sondern ebenso für die Pastinake oder die Zuckerwurzel verwendet. Eindeutige Beschreibungen finden sich erst im 13. Jahrhundert. Und es dauert weitere dreihundert Jahre, bis erstmals die Bezeichnung Karotte auftaucht. Diese leitet sich vom lateinischen Wort „carota“ ab, was so viel wie gebrannt bedeutet und sich auf die – ehemals dunkel-rote bis rot-violette – Farbe der Karotte bezieht. Die heute vorherrschende, orange Form wurde nämlich erst im 16. oder 17. Jahrhundert in den Niederlanden aus gelben Möhren gezüchtet. Sie avancierte jedoch rasch zum Modegemüse, das die älteren Sorten bald verdrängte.

Die Karotte hat ihren Ursprung in drei großen Formengruppen von Wilden Möhren. Diese mischten sich zu einem form- und farbenfrohen Sortenspektrum. Rund 500 verschiedenen Kultursorten werden heute angebaut.

Durch gezielt züchterische Auslese wurde nicht nur die Farbe der Wurzel, sondern auch ihre Form verändert: Der Rübenkörper, der sich aus dem inneren Teil (dem Holzkörper oder Mark) und dem äußeren Teil (der Rinde) zusammensetzt, ist deutlich größer als bei der Wildform und kann eine Länge von über 20 cm erreichen und dazu walzenförmig, kegelförmig oder auch rund sein. Auch besitzt die Kulturform im Gegensatz zur Wildform kaum mehr Seitenwurzeln und verholzt deutlich weniger stark.

Die orange Färbung der modernen Karotte ist jedoch weitaus mehr als nur eine züchterische Laune, sie hat auch erhebliche ernährungsphysiologische Vorteile: Nur die orangen Sorten sind nämlich reich an Carotin. Tatsächlich ist die Karotte eines der Carotin-reichsten Lebensmittel überhaupt. Carotin wird im Körper in Vitamin A umgewandelt. Dieses ist unerlässlich für den Erhalt der Sehkraft und wirkt sich zudem positiv auf die Gesundheit der Haut aus.

Die gelb blühende Wildform des Kohls (*Brassica oleracea*) hat ihre Hauptverbreitung an den Felsküsten und in den Gebirgen des Mittelmeerraumes. Man findet sie aber auch an den Küsten des Atlantischen Ozeans, von Nordspanien bis Helgoland.

Kraut und Rüben

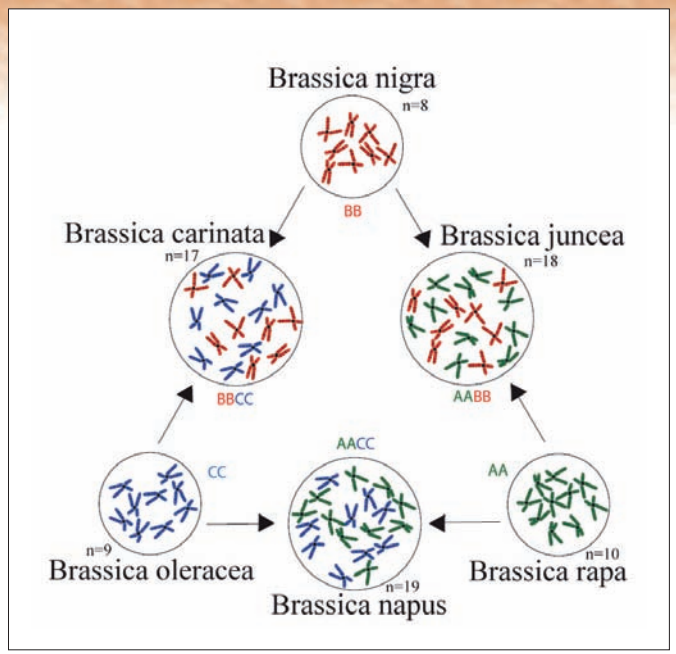
Im pflanzlichen Erbgut stecken vielfältige Veränderungsmöglichkeiten. Daher können sich Pflanzen nicht nur besonders gut strukturell an ihre Umgebung anpassen: Auch durch klassische Züchtung lassen sich Nutzpflanzen tiefgreifend umgestalten.

Ein Musterbeispiel dafür, wie stark sich die einzelnen Pflanzenorgane durch gezielte züchterische Auswahlverfahren formen und verändern lassen, ist der Kohl. Er gehört zur Gattung *Brassica*, einer vom Menschen besonders intensiv genutzten Gruppe der Kreuzblütler. Kreuzblütler (Brassicaceen) bieten ausgesprochen gute Züchtungsmöglichkeiten, da die verschiedenen Arten und Unterarten sich meist leicht untereinander kreuzen lassen. Vor allem für die Vertreter der Gattung Brassica scheint dem Austausch von Genen kaum eine Grenze gesetzt zu sein. Aus der Wildform des Kohls (*Brassica oleracea*) konnten daher durch gezielte Auslese innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit all die heute bekannten Kohlgemüse entstehen.

Wann und wo genau der Wildkohl in Kultur genommen wurde, lässt sich heute nicht mehr mit Sicherheit sagen. Fest steht jedoch, dass er von den Griechen und Römern bereits im 4 Jh. v. Chr. kultiviert wurde. In Mitteleuropa dagegen fand der Kohl erst im Mittelalter Eingang in die Gärten und Küchen. Allerdings gewann die robuste Pflanze hier sehr rasch an Bedeutung, da sie bei ausreichender Wasser- und Nährstoffversorgung in beinahe jedem Klima gedeiht. Selbst in den Alpen lassen sich noch in 2000 Metern Höhe gute Erträge erzielen.

Heute ist Kohl von großer weltwirtschaftlicher Bedeutung: rund 35 Millionen Tonnen werden jedes Jahr geerntet.

Die meisten Kohlgemüse sind Unterarten des Wildkohls. Am stärksten erinnert noch der Grünkohl mit seinem



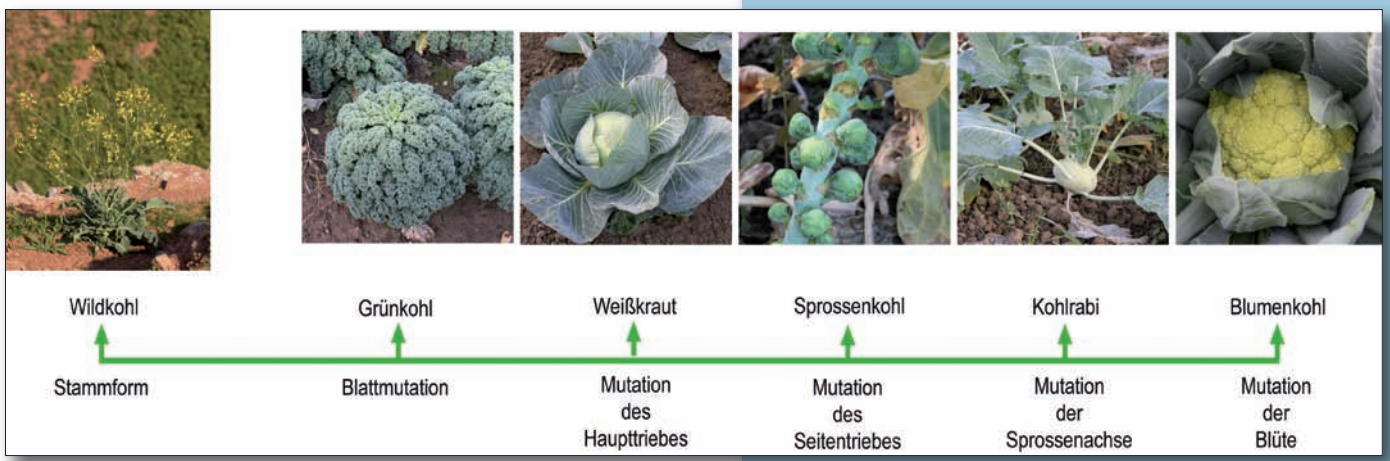
Vertreter der Gattung *Brassica*, zu der auch unsere Kohlgemüse gehören, lassen sich leicht untereinander kreuzen. In vielen Fällen bilden sich dabei stabile neue Arten, die genetisch durch Addition der Chromosomen der Kreuzungspartner entstanden sind. Aus einer Kreuzung von Kohl (*Brassica oleracea* mit 2n=18 Chromosomen) mit Rübsen (*Brassica rapa*, 2n=20) entsteht der Raps (*Brassica napus*) mit 38 Chromosomen. (In der Abbildung ist zur besseren Übersicht der einfache Chromosomensatz eingezeichnet.)

hohen Stamm und den krausen Blättern an die Urform. Den verschiedenen Kopfkohlarten (dem Weißkohl, dem Rotkohl und dem Wirsing) ist ihre nahe Verwandtschaft mit dem Wildkohl dagegen kaum mehr anzusehen: Sie bilden überdimensionierte Knospen aus: ihr Spross ist stark gestaucht, Blätter entfalten sich nicht. Karfiol, auch Blumenkohl genannt, besitzt einen sehr großen, stark gestauchten Blütenstand, der bereits früh in der Entwicklung genutzt

Wurzel, Stängel, Blatt

Der Körper einer Blütenpflanze gliedert sich in zwei Teile: in ein oberirdisches Spross-System und in ein unterirdisches Wurzel-System. Die Wurzeln verankern die Pflanze im Boden; sie nehmen Wasser und Nährstoffe auf und leiten sie weiter. Das Spross-System besteht aus der Sprossachse (dem Stängel), den Blättern und Blüten.

Sämtliche Organe (Wurzeln, Blätter und Spross) können in Anpassung an eine bestimmte Lebensweise bzw. an die Umwelt umgewandelt sein. Aus Blättern etwa können Zwiebeln entstehen; Spross und Wurzeln können Knollen ausbilden, die als Speichergewebe dienen. Ist die Hauptwurzel stark verdickt, entsteht eine Rübe.



Kraut und Rüben

Echte Rüben – also verdickte Wurzeln – werden in der Familie der Kreuzblütler bem Rübsen (*Brassica rapa*) genutzt. Ein lokal beliebtes Gericht in Deutschland sind karamellisierte Rübsenwurzeln, die sogenannten Teltower Rübchen. Die meisten anderen, bei uns verwendeten Rüben – wie etwa die Zuckerrübe, die Futterrübe oder die Rote Beete – gehören jedoch nicht zur Gattung *Brassica*, sondern zur Gattung *Beta*.

wird. Ganz ähnlich der Brokkoli, der vermutlich aus dem Karfiol hervorgegangen ist. Bei den sogenannten Kohlsprossen des Rosenkohls wiederum handelt es sich um stark gestauchte Seitensprosse in den Blattachseln des Hauptsprosses. Der Kohlrabi ist entgegen seiner Bezeichnung (die sich von lat. caulis für Kohl und rapum für Rübe ableitet) keine Rübe sondern ein verdickter Spross, also eine Sprossknolle.

Echte Rüben dagegen (also verdickte Wurzeln, in denen große Mengen an Nährstoffen gespeichert werden) bilden Vertreter der Gattung *Beta* aus. Sie alle – so zum Beispiel die Futterrübe, die Zuckerrübe und die Rote Rübe – stammen von der Gemeinen Rübe (*Beta vulgaris*) ab. Diese ist heute allerdings nur noch als Kulturpflanze be-

Die Kohlrübe ist eine der „alten" Rübenarten, die je nach Sorte als Futter- oder Speiserübe Verwendung findet. Wie der Name andeutet ist sie eine Kohlverwandte.

Nach dem 1.Weltkrieg fast in Vergessenheit geraten, finden Rüben, wie hier die Herbstrübe, langsam wieder Eingang in die heimischen Küchen.

Die Zuckerrübe ist der wirtschaftlich bedeutendste Vertreter der Gattung *Beta*. Mit einem Zuckergehalt von rund 17 % ist sie die wichtigste Zuckerpflanze der gemäßigten Breiten. Seit rund 150 Jahren wird sie in Europa angebaut.

kannt. Als echte Wildform findet man nur noch die Wild-Beete (*Beta vulgaris* subsp. *maritima*), auch See-Mangold genannt, im Mittelmeerraum und an den Küsten Nordeuropas. Sie zeichnet sich gegenüber den Kulturformen durch dickfleischigere Blätter und einen deutlich kleineren Rübenkörper aus.

Die Gemeine Rübe als Urform aller Kulturformen wurde durch Züchtung tief greifend verändert, um sie den Bedürfnissen des Menschen anzupassen. Dabei wurde nicht nur auf einen größeren Wuchs hin selektiert: Auch die Zusammensetzung der pflanzlichen Inhaltsstoffe veränderte sich durch züchterische Ausleseverfahren. Die Zuckerrübe etwa, die Mitte des 18. Jahrhunderts aus der Futterrübe entstand, weist einen stark erhöhten Saccharose-Gehalt auf; die intensive Färbung der Roten Rübe dagegen beruht auf einer erhöhten Konzentration an Betanin.

Hinter dem Begriff „Bohne“ steckt eine immense Vielfalt von Sorten in den verschiedensten Farben und Formen. Generell wird zwischen den hochwüchsigen, windenden Stangenbohnen und den niederwüchsigen Buschbohnen unterschieden.

Überlebenskünstler auf kargen Böden

Bohnen sind anspruchslose, raschwüchsige und ertragreiche Hülsenfrüchtler. Sie sind bedeutende Eiweiß-Lieferanten und verbessern durch ihre Fähigkeit zur Stickstoff-Fixierung den Boden.

Bohnen wurden bereits in vorgeschichtlicher Zeit als Nahrungspflanzen genutzt. Heute stehen sie mit einer jährlichen Produktion von 2,5 Millionen Tonnen an fünfter Stelle der Gemüseproduktion. Die weltweit wichtigste Bohnenart ist die Gartenbohne, auch Grüne Bohne genannt. Dies war jedoch nicht immer so: In Europa zum Beispiel wurde bis hinein ins Mittelalter vor allem die sogenannte Dicke Bohne oder Ackerbohne (*Vicia faba*) angebaut; diese zählt im Gegensatz zur Gartenbohne nicht zur Gattung Phaseolus, sondern zur Gattung *Vicia*, also den Wicken. Heute dient die Ackerbohne in unseren Breiten vorwiegend als Viehfutter, weshalb sie auch wenig schmeichelhaft Pferdebohne oder Saubohne genannt wird. Daneben existierte

Die Bohne gehört zu den sogenannten Hülsenfrüchtlern. Diese verdanken ihren Namen der charakteristischen Fruchtform – eben der Hülse (die fälschlicherweise oft als Schote bezeichnet wird). Bei der Wildform öffnen sich diese Streufrüchte bei Reife an Bauch- und Rückennaht und streuen die Samen aus. Bei der Kulturbohne dagegen bleiben die Hülsen bei der Reife geschlossen.

in Europa bereits in der Antike eine aus Afrika eingeführte Bohnenart, die als Fisole („faseole") bezeichnet wurde.

Nach der Entdeckung Amerikas gelangte im 16. Jahrhundert die Gartenbohne (*Phaseolous vulgaris*) nach Europa. Sie stammt von einer windenden Wildbohne, der Varietät *Phaseolus vulgaris* var. aborigeneus ab, die heute noch in den südamerikanischen Anden wächst. Der Übergang von der Wildbohne zu Kulturbohne hat sich vermutlich lange vor der eigentlichen indianischen Ackerbauzeit vollzogen. Mit der Zeit wurde die Bohne zur wichtigsten pflanzlichen Proteinquelle der amerikanischen Indios; bis heute spielt sie in der Grundversorgung der mittel- und südamerikanischen Bevölkerung eine basale Rolle.

In Europa stand man der amerikanischen Bohne – wie allen Pflanzen des neuen Kontinentes – skeptisch gegenüber. Und dies nicht zu Unrecht: Schließlich handelt es sich bei diesem Vertreter der Schmetterlingsgewächse um eine Giftpflanze. (Bohnen enthalten giftige Proteine, sogenannte Lektine, die erst durch Kochen zerstört werden; rohe Bohnen sind ungenießbar.) Daher wurde die Gartenbohne in Europa zunächst wegen ihrer duftenden, gelben, weißen oder lilafarbenen Blüten als Zierpflanze in den Gärten angebaut. Doch schon bald lernten die Europäer die Vorzüge der Bohnenpflanze aus Übersee zu schätzen: ihre Anspruchslosigkeit, ihr rasches Wachstum und ihren Ertragsreichtum. So kam es, dass die Gartenbohne schließlich die herkömmlichen, europäischen Bohnensorten verdrängte. Etwas später, im 17. Jahrhundert, gelangte eine weitere amerikanische Bohnenart nach Europa: die Feuerbohne (*Phaseolus coccineus*), auch Blumen- oder Prunkbohne genannt. Feuerbohnen gedeihen anders als die Gartenbohne auch in kühlem und feuchtem Klima, weshalb sie sich bis heute vor allem im Norden Europas großer Beliebtheit erfreuen.

Als Nutzpflanzen sind Bohnen nicht nur aufgrund ihres Eiweißreichtums von großer Bedeutung (Gartenbohnen beispielsweise enthalten annähernd so viel Eiweiß wie Fleisch und sind zudem reich an Mineralstoffen). Sie besitzen – wie übrigens alle Hülsenfrüchtler oder Leguminosen – die Fähigkeit, Stickstoff zu fixieren. Dadurch können sie

Die Vertreter der Hülsenfrüchtler sind vom Stickstoffvorkommen im Boden weitgehend unabhängig. Ihre Fähigkeit zur Stickstoff-Fixierung verdanken sie einer höchst erfolgreichen Symbiose mit Bakterien, die in ihren Wurzelknöllchen leben.

Überlebenskünstler auf kargen Böden

auch auf kargen, stickstoffarmen Böden wachsen und wirken zudem bodenverbessernd.

Sehr häufig werden nämlich Pflanzenwachstum und damit Erntemenge durch ein zu geringes Angebot an Stickstoff begrenzt. Zwar steht Stickstoff theoretisch im Übermaß zur Verfügung (Luft beispielsweise besteht zu fast 80 % aus Stickstoff), jedoch kann er von den Pflanzen in dieser Form nicht genutzt werden. Pflanzen benötigen als Stickstoffquelle Ammonium (NH_4^+) beziehungsweise Nitrat (NO_3^-); diese Verbindungen werden bei der bakteriellen Zersetzung von Humus gebildet. Höhere Pflanzen könnten ohne diese Stickstoff-fixierenden Bakterien, die atmosphärischen Stickstoff in für sie brauchbare Form umwandeln, nicht existieren.

Die Beziehung zu den Stickstoff-fixierenden Bakterien hat sich bei den Hülsenfrüchtlern noch weiter vertieft: Die Pflanzen leben mit den Bakterien in einer Symbiose – also einer engen Gemeinschaft, von der beide Partner gleichermaßen profitieren. Stickstoff-fixierende Bakterien der Gattung *Rhizobium* beziehungsweise *Bradyrhizobium* dringen in das Wurzelgewebe der Pflanzen ein. Diese reagieren darauf mit der Bildung von sogenannten Wurzelknöllchen, die je nach Gattung beziehungsweise Art recht verschiedene Formen haben können (kugelig, zylindrisch, fingerförmig etc.). In diesen Wurzelknöllchen leben die Bakterien. Sie versorgen ihren Wirt mit Stickstoff; die Pflanze liefert ihnen im Gegenzug Kohlenhydrate und andere organische Verbindungen als Nahrung. Unter günstigen Bedingungen wird in den Wurzelknöllchen so viel Stickstoff fixiert, dass sie sogar einen Überschuss an Ammonium ausscheiden. Dadurch erhöht sich die Bodenfruchtbarkeit, wovon alle Nicht-Hülsenfrüchtler profitieren. Aus diesem Grunde wird in der Landwirtschaft Fruchtwechsel betrieben, wobei abwechselnd Hülsenfrüchtler und Nicht-Leguminosen angebaut werden. Heute wird versucht, mit Hilfe der Gentechnik Nutzpflanzen zu erzeugen, die genau wie die Hülsenfrüchtler in der Lage sind, mit Hilfe symbiotischer Bakterien Stickstoff zu fixieren. Gelänge dies, wäre es möglich den Einsatz von Kunstdünger, der teuer und vor allem ökologisch problematisch ist, drastisch zu reduzieren.

Im traditionellen Landwirtschaftsystem der Mayas (Milpa) ergänzen sich Mais und Bohnen auf ideale Weise: Die Maispflanzen dienen den Bohnen als Rankhilfe, während die Bohnen durch die Fixierung von Luftstickstoff den Boden mit Nährstoffen anreichern.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Kataloge des OÖ. Landesmuseums N.F.

Jahr/Year: 2011

Band/Volume: NS120

Autor(en)/Author(s): Benedetter-Herramhof Andrea

Artikel/Article: Begleitbroschüre zur Ausstellung Monster im Gemüseregal - von der Wildpflanze zur Kulturpflanze 1-68