

Grundnahrungspflanzen – die Basis unserer Ernährung

Die weltweit wichtigsten Grundnahrungspflanzen sind Weizen, Reis, Mais und Kartoffeln. Weizen, Reis und Mais gehören zu den Gräsern, die Kartoffel zu den Nachtschattengewächsen. Als Grundnahrungsmittel sind sie – neben anderen Grundnahrungsmitteln wie Milch - dazu da, das Minimum an den benötigten Nährstoffen, Vitaminen und Mineralstoffen zu decken. Sie sättigen gut, können in ausreichendem Umfang für die Bevölkerung produziert werden und sind im Verhältnis zu ihrem Nährstoffgehalt relativ preiswert. Weizen, Reis Mais und Kartoffeln sind sehr reich an Stärke, einem Kohlenhydrat.

Pro 100 g:	Kartoffeln, frisch gegart	Mais	Reis (unpoliert)	Weizen
Energie (kJ)	294,3	1498	1492	1342
Stärke (g)	14,6	71,0	75,5	70
Eiweiß (g)	2,0	9,0	7,5	11,5
Fett (g)	0,1	3,8	2,2	2,0
Kalzium (mg)	6	15	23	43,7
Phosphat (mg)	47	(Maisstärke: 30.0)*	325	341
Eisen (mg)	0,4	1,7	2,6	3,3
Magnesium (mg)	19	123	157	173
Zink (mg)	0,3	--	4,6	1,3
Natrium (mg)	2,0	(Maisstärke: 7,0)*	10	8,0
Kalium (mg)	341	396	170	783
Vitamine der B-Gruppe (mg)	1,3	2,5	6,4	6,3
Vitamin C (mg)	12,3	--	--	--
Vitamin E (mg)	0,1	2,0	0,7	1,4

(Durchschnittswerte verschiedener Quellen)

*keine anderen Angaben verfügbar

4,186 Kilojoule (kJ) entsprechen 1 Kilokalorie (kcal)

Begehrte Fremdlinge auf unseren Tellern

Auch in Europa sind Weizen, Reis, Mais und Kartoffeln sehr wichtige Grundnahrungsmittel und werden hier mehr oder weniger großflächig angebaut. Dabei stammen alle vier aus ganz anderen Gegenden der Erde, sind also in Wahrheit „fremde“ Pflanzen in unserer europäischen Umwelt. Durch den züchterischen Einfluss des Menschen wurden die Pflanzen oft schon in den Herkunftsgebieten den Bedürfnissen der Menschen immer mehr angepasst. Durch die neuen Umweltbedingungen in der Fremde und andere neue Anforderungen ist die Züchtung ein andauernder Prozess. Naturgemäß finden sich die Wildformen bzw. die ganz ursprünglichen Sorten deswegen auch in den Herkunftsgebieten und sind nicht weltweit verbreitet.

Weizen ist vor Reis die bedeutendste Grundnahrungspflanze. Das Ursprungsgebiet des Kulturweizens liegt im vorderen und mittleren Orient, wo sich heute die Länder Palästina, Libanon, Syrien, Türkei, Irak und Iran befinden. Dort gedeihen immer noch die ursprünglichen Wildgräser, die sich innerhalb, aber zum Teil auch zwischen den Arten kreuzen können und so immer noch verschiedene Formen

entwickeln. Aber auch der Kulturweizen ist nicht einheitlich. Neben anderen Gründen sind es natürlich die unterschiedlichen Umweltbedingungen in den heutigen Anbauregionen auf fast allen Kontinenten, die züchterisch angepasste Sorten erfordern. Ungefähr 90 Prozent der Weizenernte besteht aus Saatweizen (Brotweizen), der Rest aus Hartweizen für Teigwaren.

Der Reis stammt aus seichten Gewässern tropischer und subtropischer Gebiete Asiens und Afrikas. Er breitete sich von China kommend nach Korea und Japan, nach Indien und auf die Philippinen aus. Über Indien kam der Reis nach Persien und an den Euphrat. Italien war um 1500 n. Chr. das erste europäische Land, das Reis anbaute. Im 17. Jahrhundert gelangte der Reis schließlich auch nach Amerika. Für 3/5 der Weltbevölkerung ist Reis mittlerweile das Hauptnahrungsmittel, weswegen Züchter vor allem daran arbeiten die Erträge zu steigern, die Pflanzen an moderne Anbaumethoden anzupassen und Ernteaufträge zu verringern.

Süd- und Mittelamerika sind die Heimat von Mais. Die Entstehungsgeschichte der Kulturpflanze Mais ist nicht endgültig geklärt. Allerdings sind wohl ähnlich wie beim Weizen mehrere miteinander verwandte Arten, darunter *Tripsacum* und das Gras Teosinte, an ihrer Entstehung beteiligt gewesen. Jedenfalls gibt es heute keine Wildpflanze (mehr), aus der die Kulturform Mais hätte entstehen können. Das Hauptanbaugebiet heutiger Tage liegt in den USA. Der Mais hat sich aber wie die anderen Feldfrüchte sehr weit verbreitet und findet sich heute ebenfalls auf fast allen Kontinenten, auch in Mitteleuropa. Die Geschichte der Züchtung dieser sehr alten Kulturpflanze geht Tausende von Jahren zurück.

Im Gegensatz zu Weizen, Reis und Mais gehört die Kartoffel nicht zu den Gräsern, sondern ist ein Nachtschattengewächs. Sie stammt aus den südamerikanischen Hochanden. Die Wildarten mit bitter schmeckendem Fruchtfleisch finden sich heute in Mittel- und Südamerika von Mexiko bis Chile. Ihre Hauptanbaugebiete liegen aber heutzutage in den gemäßigten Breiten, vor allem in Europa einschließlich Russland. Die ersten Kartoffeln erreichten Europa erst im 16. Jahrhundert und waren durch eine späte Reife, längliche und sehr unregelmäßig geformte Knollen sowie eine tiefe Augenlage gekennzeichnet. Die Schalenfarbe wechselte zwischen Gelb, Rot und Blau. Züchtung hat die Kartoffel bis heute also recht auffällig verändert. Zunächst wollten die Menschen die Kartoffel aber gar nicht haben: Sie hatten am Anfang versucht, die grünen Teile der Pflanze zu essen und sich dabei an dem Inhaltsstoff Solanin vergiftet. Der Alte Fritz griff daraufhin nach der Überlieferung zu dem Trick, die Pflanze als etwas ganz besonderes darzustellen, das nur den gehobenen Schichten zustünde. Daraufhin wurde die Pflanze für die Menschen plötzlich interessant.

Die Kartoffel ist so anpassungsfähig, dass sie in ihrer geographischen Verbreitung kaum eingeschränkt ist. Da sie überwiegend in den gemäßigten Breiten angebaut wird, ist sie allerdings vorwiegend deren Klima-Bedingungen angepasst worden. Sie wächst von geringer Höhe in den Niederlanden bis in 4000 Metern Höhe über dem Meeresspiegel in den Anden und vom nördlichen Polarkreis bis nach Feuerland. Nur im tropischen Dschungel kommt sie auch in der Landwirtschaft kaum vor, dort ist es zu heiß und zu viele Krankheiten bedrohen sie. Züchtungsziele bestehen wegen ihrer großen Wichtigkeit als Grundnahrungsmittel und Energielieferant darin, den Stärke- und Eiweißanteil zu erhöhen sowie Schädlings- und Krankheitsresistenzen zu erreichen, um die Ernte zu sichern.

Die Züchtungsmethoden: von altbewährt bis Hightech

Die kulturgeschichtlich älteste Züchtungsmethode ist die Auslese. Die jeweils geeignetsten Pflanzen werden ausgesucht und vermehrt. Der Kulturmais hat seine Eigenschaften vermutlich allein durch Auslese schon vor mehreren Tausend Jahren stark verändert, so nahm beispielsweise die Kolbengröße stark zu. Grundlage für diese Auslese sind natürliche Unterschiede zwischen den Pflanzen, die auf plötzliche und zufällige Veränderungen des Erbguts (Mutationen) zurückgeführt werden können.

Für die Neukombination verschiedener Eigenschaften in neuen Sorten bedient man sich der Kreuzungszüchtung, die seit Gregor Mendel eine wissenschaftliche Grundlage hat: Die Eigenschaften der Eltern werden bei der geschlechtlichen Vermehrung neu kombiniert. Auslese und Kreuzungszüchtung sind auch heute noch Grundlage eines jeden Züchtungsprogramms, gleich welche Methoden im Verlauf des Züchtungsprozesses noch zur Anwendung kommen.

Bei besonders dafür geeigneten „reinrassigen“ Elternsorten weisen die Nachkommen in der ersten Generation - Hybride oder Bastarde genannt - besonders günstige Eigenschaften auf. Vermehrt man diese wiederum, lässt der Effekt allerdings wieder nach, weil sich die Eigenschaften dann wieder ungleichmäßig auf die weiteren Nachkommen verteilen. Der Landwirt muss das Saatgut deshalb immer wieder nachkaufen. Die Züchtungsmethode heißt nach ihrem Produkt: Hybridzüchtung. Diese Methode findet zum Beispiel beim Mais Anwendung.

Dass Mutationen die Zahl der Ausgangseigenschaften für die Züchtung erhöhen, macht man sich seit dem letzten Jahrhundert gezielt zunutze. Strahlung und Chemikalien wirken auf das Erbgut ein, das sich so in viel größerem Ausmaß als in der Natur zufällig verändert (Mutationszüchtung). Wieder müssen die Pflanzen, die nun zufällig neue günstige Eigenschaften haben, ausgelesen und ihre neuen Eigenschaften in andere Sorten eingekreuzt werden. Die meisten Hartweizensorten für italienische Teigwaren beispielsweise sind Produkte der Mutationszüchtung.

Eine ebenfalls relativ neue Methode ist die so genannte Protoplastenfusion. Protoplasten sind Pflanzenzellen, denen die Zellwand entfernt wurde. Die Fusion der Zellen wird durch bestimmte Bedingungen erzwungen, etwa durch ein elektrisches Feld. Dabei kommt es zu einer nicht steuerbaren Neukombination des Erbguts der Ausgangsarten. Ein relativ bekanntes Produkt ist die Tomoffel, ein Fusionsprodukt aus Tomate und Kartoffel, das allerdings wegen zu ungünstiger Eigenschaften keine Zukunft hatte. Aber auch die Nektarine soll aus einer Protoplastenfusion aus Pflaumenzellen und Zellen einer Pfirsichmutante hervorgegangen sein.

Die neueste Entwicklung auf dem Gebiet der Züchtungsmethoden ist die Gentechnik. Zunächst wird im Labor, also außerhalb der Pflanze, Erbmaterial gezielt neu kombiniert. Dieses wird dann mit Hilfe verschiedener Methoden in die Pflanze eingebracht und integriert sich in das pflanzliche Erbgut. So können bekannte Teile des Erbguts, die für bestimmte gewünschte Eigenschaften verantwortlich sind, von einem Organismus auf einen anderen übertragen werden. Es ist dabei prinzipiell gleichgültig, ob das Erbmaterial aus einer Pflanze, einem Mikroorganismus oder gar einem Tier stammt. Bei Weizen, Reis und Kartoffeln ist die Entwicklung - im Gegensatz zum Mais - aber noch nicht so weit, dass Produkte gentechnisch veränderter Sorten auf dem europäischen Markt wären.

Herausforderung Kartoffelzüchtung

Der größte Kartoffelvernichter ist ein Pilz

In der relativ kurzen Zeit, in der die Kartoffel in Europa eine Rolle spielt, hatte sie schon erheblichen Einfluss auf den Speisezettel. Sie entwickelte sich zunächst gerade für die ärmeren Schichten, die andere Erzeugnisse an die Adligen abgeben mussten, zu einer sehr wichtigen Grundnahrungspflanze. Pflanzenkrankheiten der Kartoffel konnten deshalb zu Hungersnöten führen, wie es beispielsweise im 19. Jahrhundert in Irland geschah: Dort vernichtete ein Pilz die gesamte Kartoffelernte, über eine Million Menschen verhungerten damals. Der Pilz, der vermutlich dafür verantwortlich war, heißt *Phytophthora infestans*, die von ihm verursachte Krankheit Kraut- und Knollenfäule.

Der Pilz stammt wie die Kartoffel selbst aus Mittelamerika. Dort gibt es zwei Vermehrungstypen des Pilzes: den Typ A1 und den Typ A2. Zunächst wurde nur der Typ A1 nach Europa eingeschleppt, der sich ohne den Typ A2 nur ungeschlechtlich vermehren kann. Das heißt, er stellt immer nur Kopien seiner selbst her, so dass sich der Pilz über die Jahre kaum verändern kann (außer durch Mutation). So war es eher möglich, gegen den Pilz widerstandsfähige, das heißt resistente, Kartoffeln zu züchten, indem resistente Sorten aus Mexiko mit einheimischen Sorten gekreuzt wurden. Allerdings waren die Ergebnisse nicht sehr gut, da solche Kreuzungen häufig zu anderen ungünstigen Eigenschaften führen wie etwa schlechterem Geschmack.

Wegen großer Ernteaufälle importierte Europa in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts große Mengen Kartoffeln aus Mexiko. Der Typ A2 fand im Zuge dieses Imports seinen Weg nach Europa und die geschlechtliche Vermehrung des Pilzes begann auch hier. Durch die Möglichkeit, das Erbgut von Generation zu Generation neu zu kombinieren, konnte der Pilz aggressivere und gegen Bekämpfungsmaßnahmen resistenterer Stämme ausbilden, die sich nun ausbreiten. Für die Schweiz wird geschätzt, dass ohne chemische Bekämpfungsmittel, die Grundwasser und Böden belasten, heute bis zu 40 Prozent der Ernte diesem Pilz zum Opfer fallen würden.

Die natürliche Abwehr der Kartoffel gegen Krankheitserreger wie *Phytophthora* reicht nicht aus, die Pflanze wirksam zu schützen. Die Abwehrreaktion besteht darin, dass die Pflanze rund um den Infektionsherd einen Schutzwall aus abgestorbenen Pflanzenzellen bildet, der den Pilz daran hindern soll weiter vorzudringen („hypersensitive Reaktion“). Gelingt dies der Pflanze, verhungert der Pilz, der sich von den Inhaltsstoffen lebender Pflanzenzellen ernährt. Diese natürliche Abwehr soll derzeit mit gentechnischen Methoden verstärkt werden. Im Moment befindet sich dieser Ansatz aber noch im Forschungsstadium. Es handelt sich dabei um Kartoffelpflanzen, denen Gene des Bodenbakteriums *Bacillus amyloliquefaciens* eingeschleust wurden. Die Genprodukte sorgen schon in sehr geringer Konzentration dafür, dass die Pflanzenzelle abstirbt, und werden nur aktiv, wenn die Zelle infiziert wird: sie sind an den Promotor (Steuerungssequenz) eines pflanzeneigenen Abwehrgens gekoppelt.

Auf Europas Feldern: Der Käfer aus Colorado gegen die Pflanze aus den Anden

Ein wichtiger Feind der Kartoffel ist der Kartoffelkäfer. Das uns so vertraute Insekt (*Leptinotarsa decemlineata*) ist wie die Kartoffel in Wahrheit ein „Zugereister“: Es stammt aus der Gebirgsregion von Colorado, Nordamerika, und heißt gemäß seiner Herkunft im angelsächsischen „Colorado beetle“. Die Tiere ernähren sich von wilden oder kultivierten Nachtschattengewächsen. Der Kartoffelkäfer kam erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts nach Europa und konnte zunächst wieder ausgerottet werden. 1922 fasste der Käfer dann aber endgültig Fuß. Vermutlich war er mit Handelsgütern amerikanischer Truppen nach Europa gekommen. Da zunächst keine Abwehrmaßnahmen bereit standen, mussten zum Beispiel Schulkinder auf die Äcker und Larven wie Käfer mit der Hand aufsammeln. Das Insektenbekämpfungsmittel DDT, das später wieder verboten wurde, und andere Insektizide läuteten die chemische Bekämpfung des Kartoffelkäfers ein. Gegen chemische Mittel hat der Käfer mittlerweile aber vielerorts Resistenzen entwickelt.

Der ökologische Landbau setzt Sporen des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* ein. Das von diesem Bakterium produzierte Gift Bt-Toxin wirkt gegen den Kartoffelkäfer, lässt aber Nützlinge wie den Marienkäfer unbehelligt. Kartoffeln wird deswegen auch gentechnisch das Gen für das Bt-Toxin eingeschleust. Die Pflanze produziert dann das Toxin selbst und der Kartoffelkäfer wird in dem Moment bekämpft, in dem er an der Pflanze frisst. Dies senkt sogar den Treibstoffverbrauch des Landwirts, weil er nicht mehr zur Insektenbekämpfung auf das Feld fahren muss. In Nordamerika befinden sich solche Bt-Pflanzen im Anbau. Auch mit der traditionellen Kreuzungszüchtung wird versucht, neue resistente Sorten zu erzeugen.

Andere Ziele der Kartoffelzüchtung

Neben dem Ziel, die Pflanzen widerstandsfähiger zu machen, versuchen Züchter aber auch bessere Eigenschaften bezüglich der Inhaltsstoffe zu erreichen. Die Kartoffel ist ein wichtiger Stärkelieferant, und zwar nicht nur für die menschliche Ernährung, sondern auch für die Tierfütterung und die Industrie, die Stärke zu vielfältigsten Produkten weiterverarbeiten kann. Ein Ziel ist deshalb immer wieder, den Stärkegehalt zu erhöhen, ein anderes, die Zusammensetzung der Stärke aus ihren verschiedenen chemischen Formen entsprechend des Bedarfs zu verändern.

Links:

Kurze Infos rund um die Kartoffel: <http://www.kartoffelweb.de/>

Resistenz gegen Kartoffelkäfer und den Blattrollvirus, gentechnisch veränderte Kartoffeln: Hamburger Bildungsserver <http://www.hamburger-bildungsserver.de/welcome.phtml?unten=/biotech/pflanzen/biopfl-212.html> (deutsch)

BioSicherheit, Kartoffelportal: Züchtung von Kartoffeln mit Krankheitsresistenz oder veränderten Kohlenhydraten <http://www.biosicherheit/kartoffeln/>

Diplomarbeit von Kurt Möller, Technische Universität München, Weihenstephan, 1994: „Bedeutung von Krautfäule (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und der Einfluss von Anbaumaßnahmen für den Kartoffelanbau im ökologischen Anbau“ (PDF-Version ohne Abbildungen: <http://www.uni-giessen.de/orglandbau/moeller-diplomarbeit>) (deutsch)

The World Seed Industry Organization: Nahrung für 8 Milliarden Menschen und Erhaltung des Planeten (Gründe für Züchtung an Grundnahrungsmitteln, Methoden, Ziele), <http://www.worldseed.org/feedingg.htm>

TransGen, das Verbraucherportal zu Gentechnik bei Lebensmitteln: www.transgen.de