



Thomas Miedaner

Kulturpflanzen

Botanik – Geschichte – Perspektiven



Springer Spektrum

Kulturpflanzen

Thomas Miedaner

Kulturpflanzen

Botanik – Geschichte – Perspektiven

Thomas Miedaner
Landessaatzuchtanstalt
Universität Hohenheim
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-642-55292-2 ISBN 978-3-642-55293-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-55293-9

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Vorwort

Wenn wir heute von Innovationen sprechen, denken wir in erster Linie an technische Neuheiten: Auto, Telefon, Waschmaschine, Computer, Handy, Tablet. Aber auch unsere Kulturpflanzen waren zu ihrer Zeit etwas völlig Neues. So waren die ersten Getreide, Weizen und Gerste, kleinkörnige Wildgräser, die ihre Ährchen schon vor der Ernte abwarfen und nur wenig produktiv waren. Roggen und Hafer wurden überhaupt erst in Europa als Kulturpflanzen entdeckt, als die Landwirtschaft sich aus dem Mittelmeerraum in kühle und unwirtliche Gebiete verbreitete. Die Knollen wilder Kartoffeln waren durchwegs giftig und konnten ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen überhaupt nicht verzehrt werden und der Vorfahr des Mais, die Teosinte, hatte ihre wenigen Samen in steinharte Kapseln eingeschlossen, die nur mühsam geöffnet werden konnten. Das Öl des Rapses taugte früher nur als Lampenöl und Ersatz für Waltran, weil es bitter schmeckte und schnell ranzig wurde. Zuckerrübe und Triticale schließlich sind echte Designerpflanzen, die überhaupt erst vom Menschen erfunden wurden, die Zuckerrübe aus der Runkelrübe, Triticale aus der Kreuzung von Weizen und Roggen.

Von diesen Entwicklungen erzählt das vorliegende Buch. Es erzählt aber auch, welche Veränderungen im gesellschaftlichen und sozialen Leben der Menschen durch Kulturpflanzen verursacht wurden. Der Besitz von Getreide hat die Weltgeschichte zu allen Zeiten mehr beeinflusst als alle Heerführer, Könige und Kaiser zusammen. So war der Import großer Weizenmengen aus den damaligen Kornkammern Sizilien, Nordafrika und Ägypten eine beständige Sorge der römischen Kaiser und die Expansion der Inka war durch den Erwerb von Land für den Maisanbau befeuert.

Wussten Sie zum Beispiel, dass Roggen einmal unser wichtigstes Nahrungsmittel darstellte, fehlendes Brot die Französische Revolution auslöste, Zuckerrohr, Baumwolle und Tabak die Ursachen der Sklaverei waren, es ohne Kartoffel keine Industrialisierung gäbe und Mais die Verelendung ganzer italienischer Landstriche bewirkte? Die Kontinentalsperre Napoleons war Anlass für den Aufbau einer europäischen Zuckerindustrie und im Zweiten Weltkrieg wurde Hanf als Rohstoffquelle wieder eingeführt. Auch die mit den Pflanzen verbundenen Krankheiten machten Geschichte. So starben in Irland wegen einer einzigen Kartoffelmissenernte rund eine Million Menschen, Mitte des 19. Jahrhunderts wäre die Weinrebe bei uns fast ausgestorben und seit den 1990er Jahren bedroht ein giftiger Pilz die amerikanische Weizenenernte. Die Kulturgeschichte von Weizen, Kartoffeln, Raps & Co. ist zugleich die Geschichte unserer Kultur. Und dazu gehört auch die Geschichte der besonderen Lebensmittel, die uns Kulturpflanzen bis heute zuverlässig und günstig auf den Tisch liefern: Weißbrot, Bier, Whisky, Müsli, Cornflakes, Pellkartoffeln, Pommes und Chips.

Auch heute verändern Pflanzen immer noch unsere Welt. Wir machen neuerdings aus Mais und Raps Bioenergie, verarbeiten Kartoffeln zu Kunststoff, Mais wird widerstandsfähig gegen Insekten, Rapsöl und Kartoffelstärke gibt es maßgeschneidert, Gerste wird noch trockenoleranter und mit gentechnisch veränderten Tabakpflanzen werden Impfstoffe hergestellt. Die heftigen Diskussionen um Gentechnik, Bioenergie, Landhunger und Agrarhandel belegen die Aktualität des Themas.

Nach dem Lesen dieses Buches sollte klar sein, dass auch unsere neun wichtigsten Kulturpflanzen Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Triticale, Mais, Raps, Zuckerrübe und Kartoffel in jedem Einzelfall bedeutende Innovationen darstellen ohne die unser Leben nicht so satt, zufrieden und günstig wäre wie es heute ist. Pflanzenzüchter und Biotechnologen sorgen noch heute dafür, dass unsere Kulturpflanzen immer wieder neu erfunden werden.

Thomas Miedaner

Stuttgart-Hohenheim, 21.08.2014

Kurze Erläuterungen:

Maßeinheiten:

dt = Dezitonne = 0,1 t = 100 kg

ha = Hektar = 100 Ar = 10.000 m²

Botanische Namen:

Seit Carl von Linné werden jedem Organismus zwei lateinische Namen zugeordnet, den Gattungs- und den Artbegriff, z. B. für Gerste *Hordeum vulgare*. Alle Formen, die mit dieser Art kreuzbar sind und fruchtbare Nachkommen ergeben, gelten als identische Art. Deshalb zählen die meisten Botaniker heute die Wildform einer Kulturpflanze zur selben Art wie die Kulturart und versehen beide mit einer unterschiedlichen Bezeichnung, der Unterart (*subspecies*, ssp.), z. B. bei der Kulturgerste *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*, bei der Wildgerste, ihrem Vorfahr, *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. Die Wildart *Hordeum bulbosum* dagegen ergibt bei einer Kreuzung mit Kulturgerste unter normalen Bedingungen keine fruchtbaren Nachkommen und gilt deshalb als eigene Art. Früher ging man nicht so konsequent vor und gab den Wildformen von Kulturpflanzen häufig eine andere Artbezeichnung. Hier ein Beispiel für eine moderne taxonomische Einteilung:

Gattung:	<i>Hordeum</i>
Art	<i>Hordeum vulgare</i> (Gerste)
Unterart	<i>Hordeum vulgare</i> ssp. <i>vulgare</i> (Mehrzeilige Kulturgerste)
Sorte	<i>Hordeum vulgare</i> ssp. <i>vulgare</i> „Trixi“

Etwas komplizierter wird es bei einigen Kulturpflanzen, wo es durch jahrhundertelange Selektion so viele Varianten gibt, dass weitere Klassen eingeführt werden müssen, z. B. bei der Zuckerrübe:

Gattung:	<i>Beta</i>
Art	<i>Beta vulgaris</i> (Gemeine Rübe)
Unterart	<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i> (Kulturrübe)
Varietas	<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i> var. <i>altissima</i> (Zuckerrübe)
Sorte	<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i> var. <i>altissima</i> „Alabama“

Inhaltsverzeichnis

1	Entstehung der Kulturpflanzen	1
	<i>Thomas Miedaner</i>	
1.1	Fünf Pflanzen ernähren die Welt.....	2
1.2	Genzentren – Wo alles begann	3
1.3	Domestizierung – Eine Kulturleistung ersten Ranges	6
1.4	Die Entstehung der Kulturpflanzen in Südwestasien.....	11
1.5	Der Zug nach Mitteleuropa.....	18
1.6	Entstehungsgebiete der anderen Kulturpflanzen.....	21
	Literatur	22
2	Weizen – Erfolg durch Diversität	25
	<i>Thomas Miedaner</i>	
2.1	Einordnung in das Pflanzenreich	26
2.2	Wilde Vorfahren und die Entstehung der Weizenformen.....	29
2.3	Anbau und Verbreitung der „alten“ Weizenformen	35
2.4	Der Hartweizen und die Erfindung der Nudel.....	39
2.5	Das „alemannische“ Getreide – Dinkel oder Spelt.....	40
2.6	Weichweizen – „Unser täglich Brot“.....	45
2.7	Heutiger Anbau, Verwendung und Züchtung.....	50
	Literatur	59
3	Roggen – Anspruchslos und hartnäckig	61
	<i>Thomas Miedaner</i>	
3.1	Einordnung in das Pflanzenreich	62
3.2	Wilde Verwandte und die Entstehung des Kulturroggens.....	64
3.3	Die Verbreitung eines Mitläufers	70
3.4	Roggen als Basis einer agrarischen Revolution	74
3.5	Gehörnter Roggen: Mutterkorn und Hexenjagd	78
3.6	„Zum Roggenanbau verurteilt!“	82
3.7	Heutiger Anbau, Verwendung und Züchtung.....	84
	Literatur	88
4	Gerste – Die Anpassungskünstlerin	91
	<i>Thomas Miedaner</i>	
4.1	Einordnung in das Pflanzenreich und Formenvielfalt	92
4.2	Entstehung der Kulturgerste	97
4.3	Gerste als Teil der Kultur.....	99
4.4	Bier, Single Malt, Brei und Tsampa – Basis der Ernährung	102
4.5	Heutiger Anbau, Verwendung und Züchtung.....	109
4.6	Genomforschung bei Gerste.....	113
	Literatur	117

5	Hafer – Nahrhaftes Unkraut	119
	<i>Thomas Miedaner</i>	
5.1	Einordnung in das Pflanzenreich	120
5.2	Wilde Vorfahren, Verwandte und Entstehung des Kulturhafers	122
5.3	Hafer als europäische Kulturpflanze	126
5.4	Pure Gesundheit: Hafer als Pferdefutter und Nahrung	129
	Literatur	135
6	Triticale – Ein menschengemachter Bastard	137
	<i>Thomas Miedaner</i>	
6.1	Die Geschichte seiner Entstehung	138
6.2	Heutiger Anbau und Verwendung	144
6.3	Getreide verfüttern	147
	Literatur	150
7	Mais – Goldene Ernte	151
	<i>Thomas Miedaner</i>	
7.1	Einordnung in das Pflanzenreich und Formenvielfalt	152
7.2	Wilde Vorfahren und die Entstehung des Maises	155
7.3	„Speise der Götter“ – Mais im vorkolumbischen Zeitalter	157
7.4	„Von dem Welschen Korn“	161
7.5	Mais macht satt ... und krank	165
7.6	Einführung der Hybridsorten als bahnbrechende Innovation	167
7.7	Heutiger Anbau und Verwendung	173
7.8	Mais als Produkt der Gentechnologie	177
	Literatur	180
8	Raps – Vom Leuchtöl zum Lebensmittel	183
	<i>Thomas Miedaner</i>	
8.1	Einordnung in das Pflanzenreich, Vorfahren und Verwandte	184
8.2	Das Gold des Nordens	188
8.3	Vom Tranersatz zum wertvollen Speiseöl	190
8.4	Raps als Biodiesel und Eiweißfutter	193
8.5	Maßgeschneiderte Rapsöle	196
	Literatur	200
9	Zuckerrüben – Hauptsache süß	201
	<i>Thomas Miedaner</i>	
9.1	Einordnung in das Pflanzenreich, Vorfahren und Verwandte	202
9.2	Die Rübe und der Zucker – ein Ausflug in die Politik	205
9.3	Die erste Industriepflanze – eine zuckersüße Züchtung	208
9.4	Anspruchsvoll und arbeitsintensiv	214
9.5	Die Zuckerrübe heute ... und der Niedergang der alten Runkel	216
	Literatur	223

10	Kartoffeln – Geschenk der Götter	225
	<i>Thomas Miedaner</i>	
10.1	Einordnung in das Pflanzenreich, Vorfahren und Verwandte	226
10.2	Überlebenskünstler aus den Hohen Anden	230
10.3	Der Beginn der Globalisierung im 16. Jahrhundert	232
10.4	Schweinefutter, Giftpflanze und Lepraknolle – Der schwierige Start der Kartoffel in Europa	234
10.5	Hunger ist der beste Koch	239
10.6	Die irische Katastrophe	241
10.7	Der Motor der Industrialisierung	243
10.8	Chips, Pommes & Co.	246
	Literatur	253
11	Zukünftige Entwicklungen	255
	<i>Thomas Miedaner</i>	
	Serviceteil	261
	Stichwortverzeichnis	262

Entstehung der Kulturpflanzen

Thomas Miedaner

- 1.1 Fünf Pflanzen ernähren die Welt – 2
- 1.2 Genzentren – Wo alles begann – 3
- 1.3 Domestizierung – Eine Kulturleistung ersten Ranges – 6
- 1.4 Die Entstehung der Kulturpflanzen in Südwestasien – 11
- 1.5 Der Zug nach Mitteleuropa – 18
- 1.6 Entstehungsgebiete der anderen Kulturpflanzen – 21
- Literatur – 22

Die ersten Kulturpflanzen entstanden mit dem Beginn der Landwirtschaft vor rund 10.000 Jahren in verschiedenen Teilen der Welt. Beide Phänomene, Kulturpflanzen und Landwirtschaft, sind unabdingbar miteinander verbunden, denn erst durch die Kultivierung von Pflanzen wurden komplexe Anpassungsprozesse in Gang gesetzt, die nach einer langen Zeit der Entwicklung schließlich zur Landwirtschaft und den Kulturpflanzen führten, von denen wir uns heute ernähren.

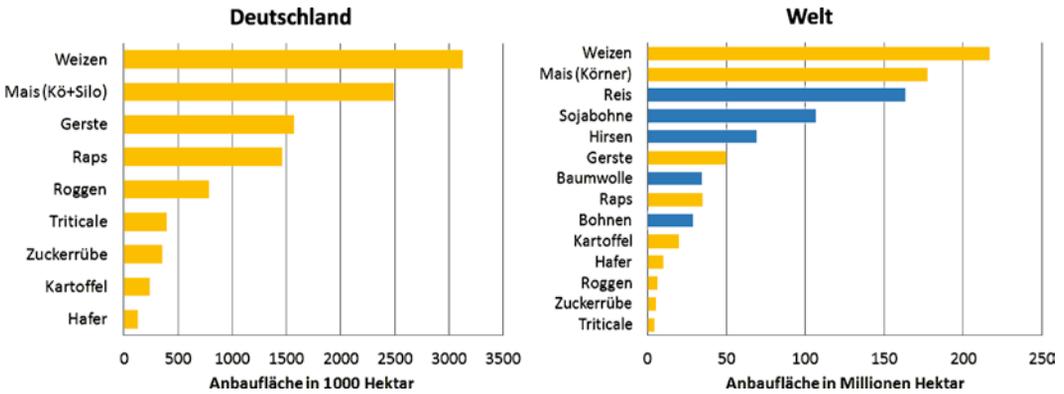
1.1 Fünf Pflanzen ernähren die Welt

Das Wohlergehen der Menschheit hängt heute an wenigen Pflanzen (■ [Abb. 1.1](#)). Obwohl weltweit rund 30.000 Pflanzenarten essbar sind, haben davon nur 150 Arten eine wirtschaftliche Bedeutung. Und von diesen machen die für die Welternährung wichtigsten Nahrungspflanzen nur ein knappes Dutzend aus. Von den größten Fünf, den *Big Five*, ernähren sich 75 % der Weltbevölkerung: Weizen, Mais, Reis, Sojabohne und Hirsen!

Auch in Deutschland stehen bei der Anbaufläche Weizen und Mais ganz vorne, Gerste und Raps sind bei uns ähnlich bedeutend wie weltweit. Aus historischen und klimatischen Gründen folgen dann in Deutschland von ihrer Anbaufläche her Roggen, Triticale, Zuckerrüben, Kartoffel und Hafer. Die neun für uns wichtigsten Kulturpflanzen, von denen dieses Buch handelt, bedecken rund 90 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland. Ohne sie gäbe es kein Brot, kein Müsli, keine Nudeln und kein Bier, aber auch keine Schweineschnitzel, Rindersteaks oder Hähnchenschenkel, denn auch die Tierproduktion lebt weitgehend von Getreide als Stärkequelle.

Von unseren wichtigsten Kulturpflanzen stammen nur Raps, Triticale und Zuckerrübe aus Nord- oder Mitteleuropa und auch das sind erst Entwicklungen der letzten Jahrhunderte. Die viel älteren und die meisten wichtigen unserer Kulturpflanzen kommen aus Südwestasien oder Mittel- bzw. Südamerika (■ [Tab. 1.1](#)). Sie wurden über einen Zeitraum von rund 7000 Jahren bei uns eingeführt, frühe Weizenformen (Einkorn, Emmer) und Gerste bereits mit dem Beginn der Landwirtschaft, Roggen und Hafer deutlich später. Weichweizen und Dinkel wurden erst mit den Römern populär. Im späten Mittelalter kam dann der Raps als Ölpflanze hinzu. Geradezu eine Revolution in der Landwirtschaft brachte das Zeitalter der Entdeckungen und die Einführung von Mais und Kartoffeln aus Amerika. Die Zuckerrübe wurde im 18. Jahrhundert aus der Futterrübe ausgelesen und Triticale als gezielte Kreuzung zwischen Weizen und Roggen entstand erstmals 1888, wobei der Anbau in Deutschland ab 1986 erfolgte.

1.2 • Genzentren – Wo alles begann



■ **Abb. 1.1** Die wichtigsten Kulturpflanzen in Deutschland (2013) und der Welt (2012). Kö Körner. (Nach DESTATIS 2013 bzw. FAO 2013)

■ **Tab. 1.1** Herkunft und Beginn des Anbaus unserer wichtigsten Kulturpflanzen

Kulturpflanze	Herkunft	Anbau in Deutschland
Einkorn, Emmer	Südwestasien	5600–5500 v. Chr.
Gerste	Südwestasien	5600–5500 v. Chr.
Nacktweizen	Südwestasien	4400–3400 v. Chr.
Dinkel	Südwestasien, Mitteleuropa	1100–800 v. Chr.
Roggen	Südwestasien	ca. 500 v. Chr.
Hafer	Südwestasien	200 v. Chr.–Chr. Geb.
Raps	Nordwesteuropa	16. Jh.
Mais	Mittelamerika	16. Jh.
Kartoffel	Südamerika	17. Jh.
Zuckerrübe	Mitteleuropa	18. Jh.
Triticale	Mittel-, Osteuropa	1986

1.2 Genzentren – Wo alles begann

Dem russischen Botaniker und Pflanzenzüchter Nikolaj Ivanowic Vavilov (auch Wawilow geschrieben) fiel bei seinen weltweiten Forschungsreisen auf, dass bestimmte geographische Regionen eine große Mannigfaltigkeit von Wildformen der Kulturpflanzen besitzen. Aus dieser rein empirischen Beobachtung entwickelte er seine Theorie über die **Entstehungszentren der Kulturpflanzen (heute Genzentren)**, die er 1927 erstmals auf dem Fünften Internationalen Kongress für Vererbungswissenschaft in Berlin vorstellte. Diese Theorie war von außerordentlicher Bedeutung für die internationale Kulturpflanzenforschung. Wissenschaftler aus vielen Ländern führten in den folgenden Jahren

Expeditionen durch und sammelten in diesen Genzentren Saatgut von Kultur- und Wildpflanzen. Aus den Sammlungen Vavilovs entwickelte sich die heute weltweit größte Sammlung genetischer Ressourcen von Kulturpflanzen in dem zu seinen Ehren benannten Vavilov-Institut in Sankt Petersburg/Russland.

Definition

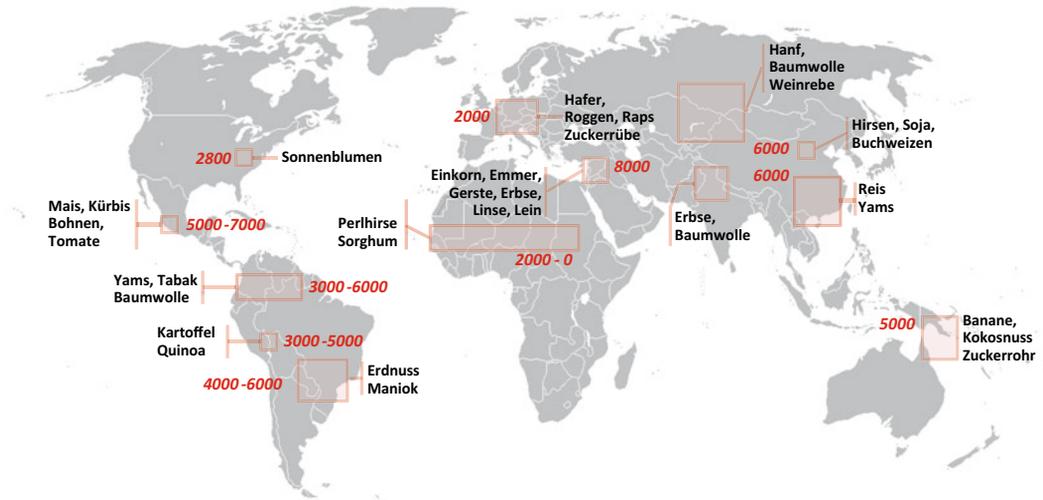
Als **Genzentrum**, auch **Mannigfaltigkeitszentrum** oder **Ursprungszentrum** genannt, werden Gebiete mit besonders großer genetischer Mannigfaltigkeit (Diversität) einer bestimmten Gattung oder Art bezeichnet. Es ist als eine geografische Region definiert, in der eine Gruppe von Organismen entweder domestiziert oder auch freilebend ihre unterschiedlichen Eigenschaften entwickelt hat.

Vavilov ermittelte aufgrund seiner Erfahrung und dem großen Reichtum an Formen, die er in einigen Gebieten vorfand, acht Genzentren. Er nahm an, dass diese Genzentren mit den Ursprungszentren unserer Kulturpflanzen gleichzusetzen sind und dass es neben diesen „Megazentren“ der genetischen Vielfalt auch sekundäre Genzentren gibt. Auch diese Vorhersage hat sich bewahrheitet. Vavilovs Theorie wurde inzwischen zwar verändert und die Zahl der Genzentren erhöht, im Prinzip aber von allen Nachfolgern bestätigt.

Zehn der dreizehn Genzentren, die heute unterschieden werden, sind für Kulturpflanzen in Mitteleuropa bedeutsam (■ Abb. 1.2); nur das tropische Südamerika, Südostasien und der Südpazifik lieferten aus klimatischen Gründen keine Nahrungspflanzen, die bei uns angebaut werden können. Der Anbau ehemals tropischer Pflanzen, wie etwa Mais und Kartoffeln, in unseren gemäßigten Breiten ist in erster Linie eine Kulturleistung der Pflanzenzüchtung. Gemeinsam ist allen Genzentren, dass sie eine vielfältige ökologische Struktur aufweisen, häufig durch Gebirgszüge, Flusstäler und Wälder sehr kleinräumig strukturiert sind, in günstigen Klimazonen liegen und eine Vielzahl von Wildpflanzen aufweisen, von denen einige domestiziert wurden.

Manche Kulturpflanzen werden mehreren Genzentren zugeordnet. Heute geht die Mehrheit der Forscher davon aus, dass die Kulturpflanzen jeweils nur einen einzigen Ursprung hatten (*monophyletisch*), also nur in einem klar abgegrenzten Gebiet erstmals domestiziert wurden, dem primären Genzentrum. Es gibt aber daneben auch Regionen, in denen die bereits domestizierten Pflanzen schon sehr früh aus dem Ursprungsgebiet eingeführt wurden und sich während des jahrtausendelangen Anbaus eine große Variation entwickelte, so genannte **sekundäre Genzentren**. Ein schönes Beispiel ist die Gerste. Sie stammt zweifelsfrei aus einem eng umgrenzten Gebiet im Genzentrum des Nahen Ostens („Fruchtbarer Halbmond“, ■ Abb. 1.2), es findet sich jedoch in Äthiopien (Afrika) und im tibetischen Hochland (Zentralasien) ebenfalls eine große genetische Variation. Dabei entwickelten sich je nach

1.2 • Genzentren – Wo alles begann



■ **Abb. 1.2** Genzentren mit Beispielen der wichtigsten Kulturpflanzen. (Nach Vavilov 1928; ergänzt von Schwanitz 1967)

den kulturellen Gegebenheiten auch spezielle Formen, die es nur in dem jeweiligen Gebiet gibt. Deshalb sind diese Regionen als sekundäre Genzentren der Gerste anzusprechen.

Und noch eine Entdeckung machte Vavilov, die für die Entwicklung der Kulturpflanzen entscheidend ist. Er fand bei vielen verwandten Arten gleichartige Abänderungen, die er als „**Gesetz der homologen Reihen**“ (1920) bezeichnete. Die heute so genannten Parallelvariationen finden sich in denselben Pflanzenfamilien immer wieder. So kommen z. B. bei allen Getreidearten Formen mit und ohne („nackte“) Spelzen vor, mit und ohne Grannen, mit brüchiger und fester Ährenspindel. Die besondere Bedeutung dieses Gesetzes ist, dass es aufgrund bekannter Zusammenhänge möglich ist das Vorhandensein noch unentdeckter Pflanzenformen vorauszusagen. Wenn sich bei Hafer, bei dem normalerweise das Korn fest mit der Spelze verwachsen ist, auch nackte Formen finden, dann müsste es das bei der Gerste, die eine ähnliche Struktur des Korns besitzt, auch geben – man muss sie nur suchen. Und tatsächlich fanden sich nackte Gerstensorten in bestimmten Himalayaregionen im Anbau. Ähnlich ist es mit den Süßlupinen. Normale Lupinen enthalten Bitterstoffe (Alkaloide), deshalb sind sie nicht als Tierfutter geeignet. Erwin Baur initiierte 1927 die Suche nach Süßlupinen, er führte damals in seiner Vorlesung aus: „Die Stammpflanzen sehr vieler kultivierter Leguminosen sind alkaloidhaltig. Bei vielen von ihnen ist es in jahrtausendelanger Kultur gelungen, alkaloidfreie Mutanten zu finden. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass man bei Bearbeitung eines genügend großen Materials auch bei den noch alkaloidhaltigen Lupinenarten solche Mutanten finden wird“ (von Sengbusch 1934). Sein Schüler Reinhold von Sengbusch entwickelte, ausgehend von dieser Interpretation der Parallelvariation, für die in der Landwirtschaft wichtigsten Lupinenarten (*Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius* und *Lupinus albus*), alkaloidfreie, süße Sorten.

Es ist eine persönliche Tragödie, dass Vavilov aufgrund von haltlosen Anschuldigungen während der Stalinzeit 1940 seiner Ämter enthoben und im gleichen Jahre zum Tode verurteilt wurde. Dieses Urteil wurde zwar in 20 Jahre Haft umgewandelt, aber Vavilov verstarb 1943 im Alter von 55 Jahren im Gefängnis, geschwächt durch Hunger.

1.3 Domestizierung – Eine Kulturleistung ersten Ranges

Es ist allgemein bekannt: Wildtiere taugen nicht zur Haltung in Haus und Hof, sie müssen erst gezähmt werden. Das gilt für die Mustangs der amerikanischen Prärie genauso wie für die Wildschweine Europas oder die Bergziegen des Nahen Ostens. Schon weniger bekannt ist, dass auch Wildpflanzen domestiziert werden müssen, auch sie müssen ihre Eigenschaften grundlegend verändern, um als Kulturpflanzen zu taugen. Denn was in der Natur das Überleben sichert, ist für den Bauern oft hinderlich.

Definition

Kultivierung bedeutet Aussaat bzw. Pflanzen, Pflege und Ernte von nützlichen Pflanzen, gleich ob sie wild oder domestiziert sind.

Domestizierung oder **Domestikation** ist ein genetischer Veränderungsprozess von Wildpflanzen (oder Wildtieren) als Ergebnis einer menschlichen Auslese auf geeignete Formen. Damit wird erst ein Zusammenleben mit dem Menschen bzw. eine planmäßige Nutzung, wörtlich: „in dessen Haus“ (lat. *domus*), ermöglicht.

Acker-/Pflanzenbau umfasst den Anbau von domestizierten Pflanzen (Kulturpflanzen) in einem Fruchtfolgesystem.

Die **Herkunft unserer Kulturpflanzen** ist auch nach über 100 Jahren Forschung noch nicht in jedem Fall zweifelsfrei geklärt (■ Tab. 1.2). Nur die wenigsten Kulturpflanzen stammen direkt von einer nah verwandten Wildpflanze ab, die heute noch im Ursprungsgebiet vorkommt, wie Einkorn, Gerste oder Futterrübe. Komplizierter ist die Entwicklung von Weizen, Hafer und Raps. Sie entstanden durch Kreuzung von verschiedenen Wild- und Kulturarten und besitzen deshalb mehrere, unterschiedliche Genome. Ähnlich, aber bewusst von Menschen erzeugt, ist die Herkunft von Triticale; hier wurden sogar verschiedene Gattungen gekreuzt. Die Zuckerrübe ist dagegen keine eigene Art, sondern eine besonders zuckerreiche Auslese aus der Futterrübe.

Bei der Domestikation sind es an der Einzelpflanze vor allem drei Merkmale, die sich ändern müssen: die Brüchigkeit des Ernteorgans (Ähre, Hülse, Schote), die harten Schutzmechanismen des Samens (Spelzen, Schalen) und die Kleinheit von Samen oder Frucht.

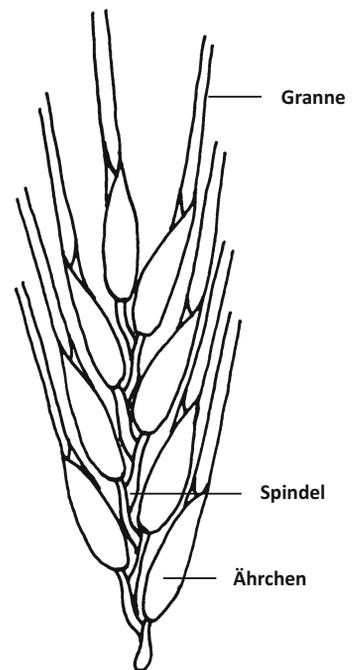
■ Tab. 1.2 Die wilden Vorfahren unserer Kulturpflanzen

Kulturpflanze	Abstammung
Einkorn (<i>Triticum monococcum</i>)	Wildeinkorn (<i>T. boeoticum</i>)
Emmer (<i>T. dicoccum</i>)	Wildemmer (<i>T. dicocoides</i>)
Hartweizen (<i>T. durum</i>)	Kulturemmer (<i>T. dicoccum</i>)
Weichweizen (<i>T. aestivum</i>)	Kulturemmer x Wildgras (<i>T. dicoccum</i> x <i>T. tauschii</i>)
Gerste (<i>Hordeum vulgare</i>)	Wildgerste (<i>H. spontaneum</i>)
Roggen (<i>Secale cereale</i>)	Wildroggen (<i>S. vavilovii</i>)
Hafer (<i>Avena sativa</i>)	Taubhafer (<i>A. sterilis</i>)
Triticale (x <i>Triticosecale</i>)	Hartweizen x Roggen (<i>T. durum</i> x <i>S. cereale</i>)
Mais (<i>Zea mays</i>)	Teosinte (<i>Z. parviglumis</i>)
Raps (<i>Brassica napus</i>)	Kohl x Rübsen (<i>B. oleracea</i> x <i>B. rapa</i>)
Futterrübe (<i>Beta vulgaris</i>)	Wildrübe (<i>Beta maritima</i>)
Zuckerrübe (<i>Beta vulgaris</i>)	Futterrübe (<i>Beta vulgaris</i>)
Kartoffel (<i>Solanum tuberosum</i>)	Wildkartoffel (<i>S. andigena</i>)

Anmerkung: Die meisten Botaniker zählen heute die Wildart zur selben Art wie die Kulturart und versehen beide mit einer unterschiedlichen Bezeichnung der Unterart (*subspecies*, *ssp.*), z. B. beim Kulturmais – *Zea mays ssp. mays*, bei Teosinte – *Zea mays ssp. parviglumis*.

Alle Weizenarten, Roggen und Gerste besitzen Ähren (■ Abb. 1.3). Eine Ähre ist ein zusammengesetzter Blütenstand mit einer gestreckten Hauptachse, der Ährenspindel. Die Einzelblüten sitzen in Ährchen, wie viele Ährchen pro Spindelstufe vorhanden sind, ist charakteristisch für die Getreideart. Einkorn bildet nur ein Ährchen, Weichweizen bis zu vier Ährchen aus. Jedes Ährchen besteht aus einem Blütchen und mehreren Hüllen, den Spelzen. Ein befruchtetes Blütchen bildet ein Korn. Häufig sitzt an der Spitze jedes Ährchens ein borstenförmiger Fortsatz, die Granne. Sie dient als Schutz vor Vogelfraß, eventuell auch als Schutz vor Austrocknung.

Die Brüchigkeit der Ähre beim Getreide (Spindelbrüchigkeit, ■ Abb. 1.4a) oder der Hülse bei Leguminosen ist für Wildpflanzen lebensnotwendig, weil sie sich zur Fortpflanzung selbst aussäen müssen. Für Kulturpflanzen ist sie äußerst hinderlich, weil der Bauer den Erntezeitpunkt selbst bestimmen möchte und Samen und Früchte nicht vom Boden aufklauben, sondern die aufrecht stehenden Pflanzen mit Sichel, Sense oder Mähdröschler ernten möchte. Ähnliches gilt für die Schutzmechanismen des Samens, der oft in harte Kapseln eingeschlossen ist, die ihn vor Vogelfraß, vorzeitigem Verderb oder zu frühzeitigem Keimen schützt. Möchte man das Erntegut aber zur täglichen Ernährung nutzen, kostet es Mühe, Zeit und Kraft, an den essbaren Samen zu kommen. Nacktweizen, dessen Korn beim Dreschen von selbst frei gesetzt wird, ist hier das Erfolgsmodell (■ Abb. 1.4b).



■ Abb. 1.3 Schematischer Aufbau einer Getreideähre (Seitenansicht)



■ **Abb. 1.4** Veränderungen von Pflanzen bei der Domestikation (*im Uhrzeigersinn*): **a** Wildroggen mit spindelbrüchiger Ähre, fest in den Spelzen eingeschlossenen Körnern mit langen Grannen und sehr kleinen Körnern (*links*) im Vergleich zu einer modernen Roggenähre mit großen, nackten Körnern (*rechts*). **b** Dinkelähre mit festen Spelzen (*links*) – die Körner werden erst in der Mühle freigesetzt – im Vergleich zur Ähre des Nacktweizens (*rechts*). **c** Primitivroggen (*links*) und moderne Zuchtsorte (*rechts*) **d** Teosinte, die Wildform von Mais mit zarter, kleiner Ähre und steinharten, kleinen Körnern (*links*) im Vergleich zu großen, freiliegenden, nackten Körnern bei modernem Mais (*rechts*). **e** Natürlicher Standort mit wilder Gerste (*vorne*) und wildem Hafer (*hinten*) an der portugiesischen Atlantikküste

Domestikationsmerkmale (= Domestikationssyndrom)

An der Einzelpflanze:

- Festigkeit des Ernteorgans (z. B. bei Getreide: zähe Spindel)
- Verringerter mechanischer Schutz (z. B. bei Getreide: weiche Spelzen)
- Erhöhte Samengröße/Fruchtbarkeit (z. B. Großkörnigkeit, sechszeilige Gerste)
- Verlust von Bitterstoffen/Giftigkeit (z. B. bei Kartoffelknollen)

Am Pflanzenbestand:

- Verlust/Verringerung der Keimruhe (= Keimverzug, Dormanz)
- Synchronisierte Blüte/Reife
- Anpassung an Tageslänge (Langtag-/Kurztagpflanzen)

■ **Tab. 1.3** Wichtige Gene, die bei verschiedenen Kulturpflanzen wesentlich zur Domestikation beitragen (*Kleinbuchstaben* bedeuten, dass die Kultureigenschaft rezessiv vererbt wird)

Kulturpflanze	Gen(e)	Kultureigenschaft
Einkorn	<i>sog</i>	Weiche Spelzen
Emmer	<i>btr1, btr2</i>	Zähe Spindel
Hexaploider Weizen	<i>br</i>	Zähe Spindel
Nacktweizen	<i>tg1</i>	Weiche Spelzen
	<i>Q</i>	Freidreschend (nackt)
Gerste	<i>n</i>	Nacktes Korn
	<i>bt1, bt2</i>	Zähe Spindel
	<i>v</i>	Zeiligkeit
	<i>l</i>	Fertilität des äußeren Blütchens
Mais	<i>tb1</i>	Fehlende Verzweigung des Stängels
	<i>tga1</i>	Fehlende Samenhülle
Zuckerrübe	<i>BTC1</i>	Zweijährigkeit/Schossinduktion

Für Wildpflanzen ist die Samengröße nicht so wichtig, solange sie nicht so klein wird, dass die Keimung gefährdet ist. Wichtiger für das Überleben ist die Bildung sehr vieler Samen. Deshalb ist Kleinkörnigkeit oder Kleinfrüchtigkeit die Regel. Das zeigt sich heute noch bei den kleinen Zieräpfelchen im Garten oder den oft winzigen Samen von wilden Gräsern. Wer dagegen von selbst angebauten Pflanzen leben muss, wird schon von alleine auf große Samen und Früchte achten, damit er möglichst viel erntet. Deshalb sind große Ähren und Samen eine der wichtigsten Kultureigenschaften (■ [Abb. 1.4a, d](#)).

Viele Merkmale, die zur Domestikation erforderlich sind (Domestikationssyndrom, ► [Box](#)), werden einfach vererbt und sind leicht selektierbar, da sie sich stabil ausprägen und auch bei einfachen Ackerbaugesellschaften auffallen. Interessanterweise sind die meisten dieser **Gene** ► **Gen**] (■ [Tab. 1.3](#)), mit Ausnahme des Q-Locus, rezessiv vererbt. Sie stellen also in der natürlichen Umgebung eine Defektmutante dar, wurden aber durch die Domestizierung von Wildpflanzen einseitig selektiert und sind heute in unseren Kulturpflanzen fixiert. Deshalb sind viele Kulturpflanzen in der Natur kaum noch überlebensfähig, sondern vom Anbau durch den Menschen abhängig geworden. Am deutlichsten wird dies bei Mais (■ [Abb. 1.4d](#)). Sein Vorfahr Teosinte hat eine kleine, einreihige Ähre, die bei der Reife von selbst zerfällt, die wenigen Körner sind in eine steinharte Fruchtschale eingeschlossen. Mais dagegen hat einen vielreihigen Kolben mit Hunderten von Körnern, die Samenschale ist zu einem dünnen Häutchen zurückgebildet. Der Kolben bleibt fest und würde als Ganzes zu Boden fallen, wenn man ihn nicht erntete. Die Hunderte von Körnern, die dann an

Gen: Abschnitt der DNS, der zu einem oder mehreren Eiweißmolekülen führt.

einem Fleck liegen bleiben, könnten aufgrund der großen Konkurrenz auf engstem Raum schon als Keimpflanzen nicht überleben. Hinzu kommt, dass Teosinte sich als Pflanze stark in viele, dünne Stängel mit je einer Ähre verzweigt, während Mais darauf selektiert wurde, nur einen kräftigen Stängel mit einem riesigen Kolben zu entwickeln. Diese Merkmale sind durch einige wenige, einzelne Gene vererbt (■ Tab. 1.3). Dasselbe gilt für die erhöhte Fruchtbarkeit der sechszeiligen gegenüber der ursprünglich zweizeiligen Gerste (► Kap. 4). Diese wird erreicht, weil ursprünglich sterile Blütchen fertil wurden und deshalb statt zwei bis zu sechs Körnern an zwei gegenüberliegenden Spindelstufen reifen.

Bei Kartoffeln und Leguminosen kommt zu den Kulturmerkmalen noch der Verlust von Bitterkeit oder gar Giftigkeit der Ernteprodukte. So enthalten Wildkartoffeln auch in der Knolle giftige Alkaloide (Solanin), die sie vor Feinden schützen. Sie werden beim Kochen nicht vollständig abgebaut und führen dann zu einem Kratzen im Hals, das natürlich unerwünscht ist. Heutige Kartoffelsorten enthalten Solanine nur noch in den grünen Pflanzenteilen, die Knollen sind praktisch frei davon.

Hinzu kommen typische Eigenschaften, die den **ganzen Pflanzenbestand** betreffen und in der Mehrzahl komplex vererbt werden. Hier stehen die fehlende oder sehr stark reduzierte Keimruhe (Dormanz) von Kulturpflanzen, die Synchronisierung von Blüte und Reife und der Einfluss der Lichtperiode (Photoperiodismus) im Vordergrund. Üblicherweise entwickeln sich Bestände von Wildpflanzen sehr ungleichmäßig (■ Abb. 1.4e), alle wichtigen Lebensprozesse einer Pflanze – Keimung, Blüte, Reife – sind ungleichzeitig und ziehen sich über Wochen hin. In der Natur ist dies sinnvoll, dadurch wird das Risiko vermindert, dass durch äußere Einflüsse, wie Frost, Trockenheit, Dürre, Sturm, Hagel oder Krankheiten gleich der ganze Bestand vernichtet wird. Bei Trockenheit etwa sind früh reifende Pflanzen im Vorteil, die ihren Lebenszyklus dann schon weitgehend abgeschlossen haben, einen Sturm können dagegen vor allem Pflanzen überleben, die noch nicht so weit entwickelt sind, deren Ähren noch nicht schwer von unreifen Körnern sind. Der Landwirt dagegen möchte seinen Bestand möglichst am gleichen Tag ernten. Auch wenn dies in frühen Ackerbaugesellschaften, in denen alles reine Handarbeit war, nicht dieselbe große Rolle spielte wie heute, war es trotzdem lästig und zeitraubend, wenn ein Feld mehrfach abgeerntet werden musste. Deshalb haben die Bauern sicherlich schon damals auf die zeitliche Synchronisation der Bestände geachtet. Dazu mussten genetisch komplex vererbte Merkmale, wie Blüh- und Reifezeit, beeinflusst werden. Die Auslese ist trotzdem recht einfach: Wenn beispielsweise ein Feld nur zu einem bestimmten Termin abgeerntet wird, dann kommen nur Pflanzen zur Wiederaussaat, die zu diesem Termin halbwegs reif sind.

Ähnlich ist es mit der Keimruhe (= Dormanz). In den Steppen Vorderasiens folgt auf die Reife der Getreide eine lange Trockenzeit. Es ist für die Pflanzen sinnvoll, dass die Samen nicht sofort nach der Reife bei dem ersten kurzen Regen keimen, sondern erst, wenn ausreichend Niederschläge fallen. Deshalb haben die meisten Wildarten

eine ausgeprägte Keimruhe entwickelt, die mehrere Monate dauern kann. Für den Bauern ist das ungünstig, er entscheidet alleine über die Saatzeit und bewahrt zwischen Ernte und Aussaat seine Körner trocken in Schuppen und Scheunen auf. Die meisten Kulturpflanzen haben daher nur noch eine geringe Dormanz.

Der Photoperiodismus bestimmt, wann eine Pflanze zum Blühen kommt. Es gibt tagneutrale sowie **Langtag-** [► **Langtagpflanzen**] und **Kurztagpflanzen** [► **Kurztagpflanzen**].

Wenn Pflanzen aus fernen Regionen stammen, kann dies hinderlich sein. Bei uns ist der Sommer mit Langtag verbunden, der Winter mit Kurztag. Die Wildkartoffel bildet z. B. erst im Kurztag Knollen, bei uns würde die Knollenbildung also erst im Herbst beginnen und das ist für die frostempfindliche Kartoffel viel zu spät. Deshalb musste sie in Europa auf Tagneutralität ausgelesen werden. Diese entscheidenden, zum Teil komplex vererbten Eigenschaften, die wir heute als Domestikationssyndrom bezeichnen, wurden von den ersten Ackerbauern während Jahrtausende langer Prozesse selektiert.

Hinzu kommen dann noch ackerbauliche Eigenschaften, die die Arbeit des Landwirtes erleichtern, Kurzstrohigkeit gehört dazu. Seit das Stroh nicht mehr zum Dachdecken und Körbeflechten oder als Stalleinstreu verwendet wird, werden die modernen Sorten immer kürzer. Ein Primitivroggenbestand dagegen, der züchterisch noch nicht verändert wurde, ist gut um ein Drittel länger (■ **Abb. 1.4c**), aber auch standschwächer und hat einen viel geringeren Kornertrag.

Langtagpflanzen: Langtagpflanzen kommen nur zur Blüte, wenn eine kritische Tageslänge (meist 12 Stunden) überschritten ist.

Kurztagpflanzen: Kurztagpflanzen blühen erst, wenn eine kritische Tageslänge unterschritten ist.

1.4 Die Entstehung der Kulturpflanzen in Südwestasien

Die genauesten Kenntnisse über den Beginn der Domestikation der einzelnen Kulturarten haben wir aus Südwestasien (■ **Tab. 1.4**). Auffallend ist, dass bei Einkorn, Emmer, Gerste, Erbse und Linse die frühesten gesicherten Funde jeweils von derselben oder benachbarten Fundstellen stammen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass nicht unterschiedliche Völker verschiedene Wildpflanzen kultivierten, sondern dass diese Pflanzen praktisch gleichzeitig kultiviert wurden und später „als Paket“ weitergegeben wurden. Dazu passt auch, dass dieselben Wildpflanzen schon Jahrtausende früher als Nahrungsquelle gesammelt wurden. So gehen Funde von Wildlinsen in die mittlere Steinzeit zurück (Berg Karmel, 60.000–50.000 *cal* v. Chr.) und an der ergiebigen Fundstelle Ohalo II am See Genezareth in Israel (ca. 21.000 *cal* v. Chr.) fanden sich Wildemmer, Wildgerste, wilde Linse und wilde Erbse zusammen mit den Samen wilder Gräser und einigen Wildfrüchten, wie Mandeln, Oliven, Pistazien und Trauben. Die wilden Getreide wachsen in Südwestasien in kleinen Beständen am Rande von Wäldern, in Lichtungen, an Wegrändern oder auf Bergkuppen, so wie man auch heute in Südeuropa noch kleine Bestände wilder Gersten- und Haferformen findet (■ **Abb. 1.4e**).

Die Erforschung der Domestikation – ein interdisziplinäres Kapitel der Wissenschaft

Als sich im 19. Jahrhundert die ersten Wissenschaftler über die Herkunft der Kulturpflanzen Gedanken machten, stand ihnen nicht viel mehr zur Verfügung als einige getrocknete Sammlungsexemplare, später auch frisch gesammelte Pflanzen. Sie versuchten diese Pflanzen nach ihren äußeren Merkmalen

(morphologisch) zu ordnen und Verwandtschaftsbeziehungen aufzustellen. Dies war erfolgreich bei Kulturpflanzen, die noch so ähnlich aussahen wie ihre wilden Vorfahren, etwa bei der Gerste. Das Herkunftsgebiet vermutete man nach Vavilov dort, wo die größte Vielfalt an Formen herrschte, was aber

auch nicht immer eindeutig ist. So findet man bei der Gerste in ihrem Herkunftsgebiet Südwestasien, aber auch in Äthiopien und Tibet eine große Mannigfaltigkeit. Heute gibt es zahlreiche weitere Methoden zur Erforschung der Domestikation:

Archäobotanische Funde

Funde von Pflanzenresten in archäologisch bearbeiteten Siedlungen sind die direktesten Nachweise. Die morphologische Bestimmung von Pflanzenresten (Samen, Früchte, Teile von Fruchtständen, auch Phytolithen und Stärkekörner) wird datiert durch die ¹⁴C-Methode oder gleichzeitig gefundene Kulturgüter.

Die Feststellung ihrer morphologischen Veränderungen in Zeit und Raum und ihrer Beziehung zu modernen Kulturpflanzen ermöglicht Rückschlüsse. Aus diesen Resten kann man unter günstigen Umständen auch Erbmaterial (DNS) extrahieren. Häufig ist es aber schwierig, Feinheiten zu unterschei-

den, z. B. können die freidreschenden („nackten“) Weizenarten nicht an den Körnern, sondern nur an den Spindelgliedern unterschieden werden, ebenso lassen sich nur wenige Domestikationsmerkmale archäologisch fassen.

Verwandtschaftsbeziehungen durch molekulare Marker

Molekulare Marker sind anonyme DNS-Abschnitte, deren Ort im Genom bekannt ist. Heute gibt es Markertypen, die in großer Zahl gleichmäßig über das Genom verteilt sind, und mit Mikrochips erfasst

werden. Je ähnlicher sich zwei Individuen in ihren DNS-Abschnitten sind, desto näher sind sie verwandt, desto kleiner ist der Zeitraum, vor dem sie sich auseinander entwickelt haben. So gibt es drei Rassen des

Wildeinkorns, aber nur eine davon ist direkt mit dem Kultureinkorn verwandt. Ähnliches gilt für die Verschiedenheit der DNS-Bausteine (Nukleotide) innerhalb einzelner Gene.

Bestimmung des Domestikationsgebietes

Mit molekularen Markern kann auch das Gebiet eingegrenzt werden, wo die Domestikation stattfand. Dazu untersucht man eine größere Zahl moderner Sorten aus möglichst allen Verbreitungsgebieten sowie Populationen der Wildart aus möglichst vielen Herkunftsgebieten mit demselben Satz an molekularen Markern. Die Wildpopulationen, die am nächsten mit den modernen Sorten verwandt sind, gelten als Ursprungspopulation und deren Verbreitungsgebiet als Domestikationszentrum. Auf diese Weise wurden beispielsweise die Kara-

cadağ-Berge in der südöstlichen Türkei (► [Abschn. 2.2](#)) als Domestikationszentrum von Einkorn bestimmt. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Population, die von den frühen Bauern domestiziert wurde, auch heute noch in ihrem ursprünglichen Gebiet existiert. Auch kann man mit diesen genetischen Methoden nur den Endpunkt der Domestikation feststellen, u. U. können Jahrtausende vorher schon Domestikationsereignisse stattgefunden haben, die durch nachfolgende Vermischungen zwischen Wild- und Kulturgetreide überdeckt wurden. Mit molekularen

Markern können auch verschiedene Genvarianten (Allele) entdeckt werden, deren Verbreitung kartiert werden kann. Heute werden Ansätze verfolgt, um mit einer Kombination von allen verfügbaren Daten zu schlüssigen Aussagen über die Domestikation zu kommen. Dazu gehören auch Pollenanalysen, die biogeographische Verbreitung der Wildarten und die Deutung archäologischer Funde, wie etwa Erntemesser, Mühlesteine, Mörser oder Speicherbauten.

Exkurs

„Im Jahre des Herrn“ – Altersbestimmung archäologischer Funde

Die Radiokohlenstoffmethode oder ^{14}C -Datierung ist ein Verfahren zur Datierung von kohlenstoffhaltigen, insbesondere organischen Materialien mit einem Alter zwischen 300 und etwa 60.000 Jahren. Es beruht darauf, dass in abgestorbenen Lebewesen die Menge an gebundenen, leicht radioaktiven ^{14}C -Atomen gemäß dem Zerfallsgesetz abnimmt. Lebende Organismen sind von diesem Effekt nicht betroffen, da sie ständig neuen Kohlenstoff aus der Umwelt aufnehmen, der wieder den normalen Anteil an ^{14}C -Atomen einbringt.

Das in Jahren *before present* (BP) angegebene Datum eines ^{14}C -Labors bezieht sich nach einer internationalen Vereinbarung auf das Jahr 1950. Es hat zunächst keinen kalendrischen Wert, da der ^{14}C -Gehalt der Atmosphäre im Verlauf der

Erdgeschichte erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Daher werden heute alle ^{14}C -Rohdaten mit dem realen ^{14}C -Gehalt zu Lebzeiten des organischen Probenmaterials kalibriert, was zu Abweichungen von bis zu mehreren Tausend Jahren führen kann und den Vergleich mit der älteren Literatur schwierig macht. Wissenschaftlich werden heute möglichst nur noch kalibrierte Daten verwendet. In diesem Buch werden in den Tabellen möglichst beide Daten angegeben bzw. mit dem Zusatz *cal* gekennzeichnet, jeweils bezogen auf „v. Chr.“ oder „n. Chr.“. Die Übertragung ist dabei nicht linear und der Abstand vergrößert sich mit zunehmendem Alter. Für kalibrierte Daten von 1000–2000 v. Chr. werden 200–400 Jahre addiert, für kalibrierte Daten zwischen 4000 und 7000 v. Chr.

werden bereits 700–1000 Jahre hinzugerechnet. Deshalb erscheinen die Domestizierungsereignisse in Südwestasien heute deutlich älter als bei den früher verwendeten, unkalibrierten Werten.

International werden kalibrierte ^{14}C -Rohdaten mit *calBP* (*before present*) oder *calBC* (*before Christ*) bezeichnet. Ein *calBP*-Datum ist immer 1950 Jahre älter als das entsprechende *calBC*-Datum. Die Kalibrierung erfolgt meist nach Baumringkalendern (Dendrochronologie), die für jede Weltregion erstellt werden müssen. Der Hohenheimer Jahrringkalender für Mitteleuropa reicht beispielsweise lückenlos bis ins Jahr 10.461 v. Chr. zurück und ist der älteste der Welt. Die Zeit n. Chr. wird im Englischen oft als *AD* (= *Anno Domini*) angegeben.

Tab. 1.4 Früheste gesicherte Funde der einzelnen Kulturarten in Südwestasien sowie Gegenüberstellung der kalibrierten (*cal*) und unkalibrierten Zeiträume. (Nach Zohary et al. 2012)

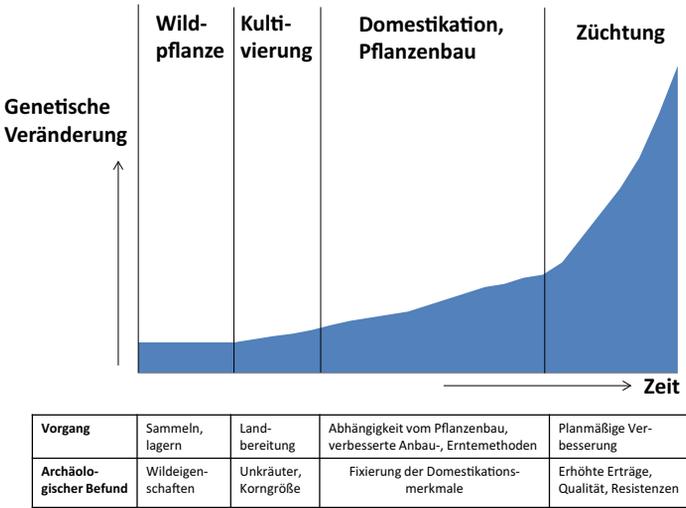
Kulturart	Fundstelle	Zeitraum (<i>cal</i> v. Chr.)	Zeitraum (v. Chr.)
Einkorn	Çayönü, Türkei	8300–7600	7350–6650
Emmer	Çayönü, Türkei	8300–7600	7350–6650
Nacktweizen	Tell-Aswad, Syrien	8250–7600	7300–6650
Gerste (2-zeilig)	Tell-Aswad, Syrien	8250–7600	7300–6650
Gerste (6-zeilig)	Çatal Höyük, Türkei	7400–7000	6450–6050
Erbse	Tell-Aswad, Syrien	8550–8250	7550–7250
Linse	Yiftha'el, Israel	8150–7750	7200–6800
Lein, Flachs	Jericho, Israel	7950–7600	7000–6650

Spätestens seit dem 13. Jahrtausend v. Chr. waren in Südwestasien bereits Mikrolithen zum Schneiden und Reibsteine für das Mahlen wild wachsenden Getreides in Gebrauch. Derartige Ansätze führten zur Ausbildung der natufischen Kultur, auch Natufien (10.300–8200 v. Chr.) genannt, die von Dorothy A. E. Garrod 1928 entdeckt wurde. Heute sind ihre Überreste im Kerngebiet vom Jordantal bis zur israelischen Küste an rund 20 Fundstätten bekannt. Die Kultur strahlte aber aus bis nach

Jordanien, den Libanon und nach Syrien. Von besonderem Interesse war für die Archäologen von Anfang an, dass sich in den Überresten Sichelklingen, Sichelgriffe und sogar einige intakte Sicheln fanden. Die Klingen aus Flintstein hatten oft einen bestimmten Glanz, der als Zeichen ihres Einsatzes zum Schneiden von Pflanzen, wahrscheinlich Gräsern und Getreide, angesehen wird. Auch Werkzeuge, die zum Mahlen und Entspelzen des Getreides gedient haben könnten, wurden gefunden. Am Berg Karmel wurden Mörser entdeckt, die in soliden Fels gehauen waren und an der Fundstätte Mallaha fanden sich handwerklich perfekte, dekorierte Steinpistille zum Mörsern und gepflasterte Gruben als Lager. Andere Fundstätten gaben kleinere, tragbare Mörser und Stößel frei, die aus Basaltgestein geschliffen waren, Handmühlen und flache Schalen. Dies lässt darauf schließen, dass die Natufier schon zu dieser frühen Zeit sesshaft waren, denn so große und schwere Steingeräte entwickelt keine nomadische oder auch nur halbnomadische Kultur.

Aufgrund neuer Funde diskutieren einige Wissenschaftler die Möglichkeit, dass bestimmte Wildpflanzen schon lange vor ihrer eigentlichen Domestikation geschont oder in ihrem Wachstum gefördert worden sind, das bezeichnet man dann als „Kultivierung“ (*pre-domestication cultivation*). Indizien dafür sind der Fund von großen Mengen an Wildgetreide, die allein durch Sammeln nur schwer zusammenkommen, und/oder das Vorkommen von Pflanzensamen in archäologischen Funden von Wildpflanzen, die keine Nahrungspflanzen darstellen, ungenießbar oder giftig sind und deshalb als Unkräuter gedeutet werden. Es gibt heute mindestens zehn archäologische Stätten aus der Zeit vor der Domestizierung von Kulturpflanzen (10.000 bis ca. 8500 cal v. Chr.), auf die diese Kriterien zutreffen. Spektakulär war etwa ein Fund von einigen Kilo Wildgerste (260.000 Körner) und Wildhafer (120.000 Körner) in einem Haus aus Gilgal/Israel. Ähnlich wurden in einem Ort in der Nähe von Nazareth/Israel rund 1,4 Mio. Wildlinsensamen entdeckt, die versetzt waren mit einem Labkraut (*Galium tricornerutum*), das heute noch als Unkraut in Linsen gilt. Eine solche Kultivierung von Wildpflanzen kann man sich auf verschiedene Weise vorstellen. Vielleicht haben die Menschen die Produktivität der in Israel und Syrien vorkommenden Wildpflanzenbestände erhöht, indem sie fremde Pflanzen ausrupften („jäten“) oder nach der Ernte das Stroh abbrannten, was einer Düngung entspricht. Sie könnten auch mit einem Grabstock eine primitive Bodenbearbeitung durchgeführt haben, um die Keimrate zu erhöhen, und anschließend die unerwünschten Pflanzen gejätet haben. Es erscheint plausibel, dass es Übergangsformen zwischen dem reinen Wildbeutertum („Jäger und Sammler“) und dem landwirtschaftlichen Anbau von Kulturpflanzen gab (■ Abb. 1.5). So waren die späten Natufier zwar noch Sammler und jagten Gazellen, aber sie waren bereits sesshaft. Am Ende dieser Periode müssten die Menschen dann den nächsten Schritt zur Kultivierung gemacht haben, was später in eine Domestikation der Wildpflanzen mündete. Durch die reine Förderung von Wildpflanzen werden diese gar nicht oder nur wenig genetisch verändert. Erst wenn regelmäßig eine planmäßige Ernte und Aussaat erfolgt, kommt es zu

1.4 • Die Entstehung der Kulturpflanzen in Südwestasien



■ **Abb. 1.5** Entwicklung der Kulturpflanzen und ihre zunehmende genetische Veränderung, kulturelle Vorgänge und archäologischer Befund (zeitliche Abstände sind nicht maßstabsgerecht)

den beschriebenen Domestikationsereignissen mit ihren tiefgreifenden morphologischen Veränderungen. Der Beginn der Pflanzenzüchtung im 19. Jahrhundert führte dann zu einer rasch ansteigenden genetischen Veränderung der Kulturpflanzen bis zum heutigen Stand.

Warum im Gebiet des Fruchtbaren Halbmondes überhaupt Bauernvölker entstanden, ist heute auch in der Wissenschaft noch sehr umstritten. Eine gängige Hypothese hängt mit der Kälteperiode der Jüngeren Dryas zusammen, die angeblich die Nahrungsquellen unsicherer machte, zur Versteppung der Landschaft führte, die Herden von Wildtieren abwandern ließ und deshalb die Menschen zur Landwirtschaft „zwang“. Dies erklärt einiges, aber nicht alles. Vor allem war die Jüngere Dryas schon vorbei als die ersten Reste von Kulturpflanzen auftraten. Und vor allem erklärt es nicht, warum in ganz anderen Teilen der Welt (Mittel- und Südamerika) etwa zur selben Zeit Menschen begannen, Landwirtschaft zu betreiben (► [Abschn. 1.6](#)). Stattdessen gilt heute die Ansicht, dass komplexe Wechselwirkungen verschiedener Kräfte die Domestizierung von Pflanzen ins Rollen brachten: Sesshaftigkeit und die beginnende Urbanisierung, kulturelle und religiöse Ansichten haben womöglich in einem sich selbst verstärkenden Kreislauf den Schwung erzeugt, der die alten Jäger-Sammler-Kulturen allmählich ablöste.

Die wichtigsten unserer Kulturpflanzen stammen aus dem Gebiet des „**Fruchtbaren Halbmondes**“ (■ [Abb. 1.6](#), ► [Definition](#)). Hier kamen mehrere günstige Momente zusammen, die eine Entwicklung von Ackerbau und Viehzucht ermöglichten. In den Steppengebieten, auf den Lichtungen der Eichenmischwälder und in den bergigen Regionen Südwestasiens gab es zahlreiche wilde Grasarten, die zur Ernährung dienen konnten: Hafer, Roggen, Einkorn, Emmer und Gerste. Sie haben zusammengesetzte Ähren mit vielen, relativ großen Körnern pro



■ **Abb. 1.6** Der Bereich des „Fruchtbaren Halbmondes“ mit den wichtigsten Fundstellen der frühen Jungsteinzeit in Südwestasien (die gefärbte Fläche kennzeichnet Wald oder Waldsteppe der damaligen Zeit)

Exkurs

Geografische Begriffe: Naher Osten, Vorderasien, Vorderer Orient, Levante, Südwestasien

Auch geografische Begriffe sind dem Wandel unterworfen. Deshalb sind viele ältere Bezeichnungen heute nicht mehr gebräuchlich bzw. gelten als zu unscharf oder eurozentrisch. Im Zusammenhang mit unserem Thema gilt dies vor allem für folgende Begriffe:

Naher Osten: Arabische Staaten Vorderasiens sowie Israel, insbesondere die Region des Fruchtbaren Halbmondes und die Arabische

Halbinsel. Im Englischen sowie z. B. Arabischen, Hebräischen und Türkischen als „Mittlerer Osten“ (*Middle East*) bezeichnet.

Vorderer Orient: In einem eher religiös-kulturellen Sinne entspricht dieser Begriff (Orient = Morgenland!) in etwa dem Nahen Osten.

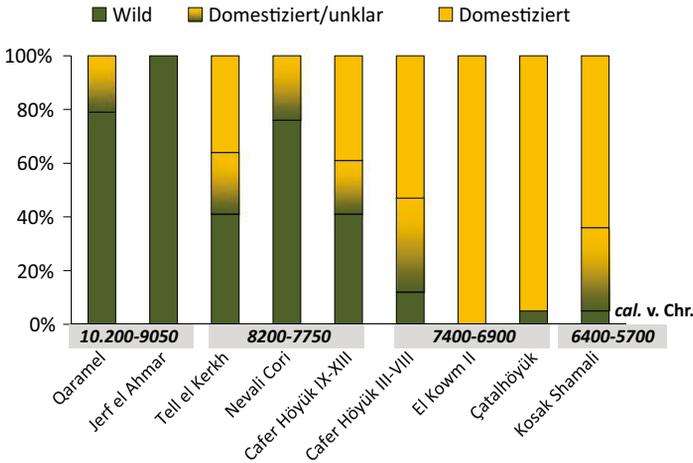
Vorderasien umfasst die asiatischen Teile der Türkei (= Anatolien), das Kaukasusgebiet, die Arabische Halbinsel, den Irak und Iran.

Levante (italienisch für „Sonnenaufgang“): Küsten und Hinterland der Anrainerstaaten der östlichen Mittelmeerküste, also die heutigen Staaten Syrien, Libanon, Israel, Jordanien und die palästinensischen Autonomiegebiete.

In diesem Buch wird für die beschriebene Region grundsätzlich der neutrale geografische Begriff „Südwestasien“ (engl. *Southwest Asia*) verwendet.

Ähre, die Ernte ging unter den damaligen Bedingungen relativ schnell. Ab ca. 8550 *cal* v. Chr. finden sich dann die ersten Zeichen von kultivierten Pflanzen. Ährenbruchstücke von Gerste, Einkorn und Emmer mit fester Spindel sind die sichersten Hinweise auf Ackerbau. Daneben kultivierten die Menschen damals Erbsen, Linsen, Kichererbsen, Bitterwicke und Lein, die deshalb zusammen mit den Getreiden „Gründerpflanzen“ genannt werden. Ihre Wahl scheint aus heutiger Sicht wohl überlegt. Die Getreide liefern Stärke (Kohlenhydrate) und Mineralstoffe, Linsen, Linsenwicke und Erbsen in erster Linie Eiweiß und Lein liefert Fett und Fasern.

1.4 • Die Entstehung der Kulturpflanzen in Südwestasien



■ **Abb. 1.7** Anteil von Wild- und Kulturformen des Weizens in einigen Fundstätten Südwestasiens. (Nach Fuller 2007)

Fruchtbarer Halbmond

Der Begriff „Fruchtbarer Halbmond“ (engl. *Fertile Crescent*) wurde 1914/16 von dem amerikanischen Archäologen James Henry Breasted eingeführt. Es ist die Bezeichnung für das niederschlagsreiche Winterregengebiet nördlich der Syrischen Wüste bzw. im Norden der arabischen Halbinsel (■ [Abb. 1.6](#)). Dieses umfasst Teile der heutigen Staaten Israel, Libanon, Türkei, Syrien, Jordanien, Irak und Iran.

Kontrovers wird noch der **Zeitraum der Domestikation** diskutiert. Wie lange dauerte es, bis aus Wildpflanzen vollständig domestizierte Pflanzen wurden? Die Archäobotaniker können die kultivierten Getreide anhand morphologischer Details von den Körnern der Wildgetreide unterscheiden, wenn auch nicht bei jedem einzelnen Korn. Es gibt nur wenige Fundstellen mit einer genügend großen Anzahl von Resten, um beurteilen zu können, ob eine Ansammlung von Pflanzen als domestiziert gelten kann. Früheste Funde fester Ährenspindeln von Weizenformen datieren etwa in die Mitte des 9. Jahrtausends v. Chr. (■ [Abb. 1.7](#)). In etwas jüngeren Siedlungen wie Tell el Kerkh stammen bis zur Hälfte der geborgenen Getreidekörner von domestiziertem Weizen, aber erst weitere 1000 Jahre später, in El Kowm II, sind alle gefundenen Körner den Kulturformen zuzuordnen. Im selben Zeitraum sei den frühen Bauern im heutigen Syrien auch die Zähmung von Gerste gelungen, rechneten die Forscher Ken-ichi Tanno und George Willcox im renommierten Fachblatt *Science* vor (2006). „Die Ergebnisse zeigen, dass die Domestizierung von Getreide mehr als 1000 Jahre benötigte.“ Denn auch bei der Gerste zeigen die archäobotanischen Funde über diesen langen Zeitraum immer Mischungen zwischen Kultur- und Wildformen. Etwa zu dieser Zeit wurden auch