

Nutzpflanzen

Bearbeitet von
Reinhard Lieberei, Christoph Reisdorff

8., überarbeitete Auflage 2012. Buch. 488 S. Softcover
ISBN 978 3 13 530408 3
Format (B x L): 19,5 x 24 cm

[Weitere Fachgebiete > Chemie, Biowissenschaften, Agrarwissenschaften > Botanik](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Erderbse, *Vigna subterranea* (L.) VERDC.

syn. *Voandzeia subt.* (L.) THOU; engl. bambara bean, franz. pois bambara, voandzou, span. guisante de tierra
 Ordnung: Fabales, Familie: Fabaceae, Unterfamilie: Papilionoideae
 verwendete Pflanzenteile: Samen, Kotyledonen

Die Heimat der auch Bambara-Erdnuss oder Angola-Erbse genannten Pflanze ist in Nigeria und Kamerun in den Savannen des tropischen Afrikas beiderseits des Regenwaldgürtels zu suchen. Bei 20–28 °C und 600–1200 mm Niederschlag gedeiht sie auf armen Böden. Die bisher vernachlässigte Art ist trockentolerant und relativ resistent gegen Schädlinge und erzielt bessere Preise als die Erdnuss (*Arachis*). Sie ist daher für die lokalen Anbauer auch wirtschaftlich interessant.

Das einjährige Kraut mit auffallend langgestielten dreizähligen Blättern wächst entweder kriechend (ursprünglich) oder buschig aufrecht (domestiziert). Aus den Blattachseln entspringen dicht über dem Boden 1–2 cm lang gestielte Blütenstände mit zwei fertilen hellgelben Blüten, während eine dritte mittlere zu einem Drüsenköpfchen umgewandelt ist. Nach Selbstbestäubung wachsen hier die Blütenstandsstiele zum Boden. Unter das nektarausscheidende Drüsenköpfchen graben Ameisen Löcher, um den Nektar aufzusaugen zu können, bewirken damit aber zugleich, dass die heranwachsenden meist einsamigen Hülsen im Boden begraben werden. Diese reifen in 40–50 Tagen zu Haselnussgröße heran. Die Erträge von 0,7 t/ha konnten durch verbesserte Kulturmethoden und Auslese auf 1,3 t/ha gesteigert werden. Die oval-rundlichen Samen von der Größe der Sojabohne (Abb. 4.62) sind mit 17–24% hochwertigem Protein und ca. 50% verdaulichen Kohlenhydraten ein wertvolles Nahrungsmittel (s. Tab. 4.8, S. 122), das gekocht oder geröstet verzehrt wird. Die Produktion betrug 2010 in Afrika ca. 121 400 t, davon (in 1000 t) 59 in Burkina Faso, 26 in Mali und 25 in Kamerun.

Erdbohne, *Makrotyloma geocarpum* (HARMS) MARECH. et BAUD.

syn. *Kerstingiella geocarpa* HARMS; engl. ground-bean, franz. lentille de terre
 Ordnung: Fabales, Familie: Fabaceae, Unterfamilie: Papilionoideae
 verwendete Pflanzenteile: Samen, Kotyledonen

Des Weiteren ist es die in der Savannenzzone Westafrikas endemische Erd- oder Kandelbohne, in deren Namen die Erdfrüchtigkeit bezeichnet ist. Das annuelle niederliegende Kraut ähnelt der Bambara-Erdnuss. Es erzeugt kleine elfenbeinfarbige, kurzgestielte Blüten, deren Stiele sich nach der Befruchtung durch Wachstum verlängern, zum Boden krümmen und in ihn eindringen. Dort entwickeln sich dünnchalige, bleiche, meist einsamige, bei zwei oder drei Samen dazwischen etwas eingeschnürte Hülsen. Die eiweißreichen Samen (Abb. 4.63; s. Tab. 4.8, S. 122) von bohnenartiger Gestalt werden wie die der Erderbsen genutzt.

4.3 Fett- und ölliefernde Pflanzen

Fette und Öle sind die energiereichsten Speicherformen im Pflanzenreich. Einerseits sind diese Verbindungen durch einen sehr großen stoffwechselphysiologisch nutzbaren Energiegehalt ausgewiesen, andererseits sind Fette und Öle osmotisch inaktiv. Sie treten kaum mit den wässrigen Stoffwechselsystemen der Pflanze in Wechselwirkung und sind somit ideale Speicherstoffe.



Abb. 4.62 Same der Erderbse (*Vigna subterranea*).



Abb. 4.63 Same der Erdbohne (*Makrotyloma geocarpum*).

Tab. 4.10 Produktion pflanzlicher Fette und Öle im Jahr 2010

Art	Produktion (1000 t/Jahr)	Anbaufläche (1000 ha)
Ölpalme (<i>Elaeis guineensis</i>): Palmöl	45.097	14.997
Soja (<i>Glycine max</i>)	39.762	102.387
Raps (<i>Brassica napus</i>)	22.527	31.681
Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i>)	12.616	23.104
Ölpalme (<i>Elaeis guineensis</i>): Palmkernfett	5.647	14.997
Erdnuss (<i>Arachis hypogaea</i>)	5.136	24.070
Baumwolle (<i>Gossypium</i> sp.)	4.616	32.156
Kokosnuss (<i>Cocos nucifera</i>)	3.486	11.716
Olive (<i>Olea europaea</i>)	3.269	9.399
Mais (<i>Zea mais</i>)	2.312	161.908
Sesam (<i>Sesamum indicum</i>)	981	7.813
Lein (<i>Linum usitatissimum</i>)	614	2.219
Färberdistel (<i>Carthamus tinctorius</i>)	132	773

4.3

In den vergangenen dreißig Jahren haben die internationalen Forschungen zu fett- und ölspeichernden Pflanzen außerordentlich zugenommen. Dies beruht vor allem auf den Überlegungen, pflanzliche Öle als Industrierohstoffe und Kraftstofflieferanten einzusetzen, statt die sich stetig verteuernenden raffinierten Erdölprodukte zu verwenden. Damit wird der Weg in die Nutzung regenerierbarer Rohstoffquellen geebnet. Ebenso erlauben erweiterte Methoden der Fettchemie einen erweiterten Zugang zum Einsatz unterschiedlichster Pflanzenfette in diversen Bereichen der Industrie. Diese Anwendungsgebiete treten, ebenso wie die Verwendung von Alkohol aus pflanzlichen Kohlenhydraten zum Antrieb von Verbrennungsmaschinen, in Rohstoffkonkurrenz zu der Nutzung der Pflanzen für die Ernährung des Menschen und seiner Nutztiere.

Die weltweite Produktion an pflanzlichen Fetten und Ölen ist seit 1950 rasant angestiegen und sie ist gekennzeichnet durch die starke Erweiterung der Anbauflächen und die Verbesserung des bisher genutzten Pflanzenmaterials, aber auch durch den Einsatz neuer fett- und ölliefernder Pflanzenarten. Die weltweit führenden Öllieferanten sind derzeit Ölpalme, Soja und Raps (Tab. 4.10). Die Anbauflächen dieser Pflanzen haben stark zugenommen, aber auch die Ertragslage hat sich durch Züchtung und Optimierung der Kulturführung erheblich verbessert.

Sojabohne, *Glycine max* (L.) MERR.

syn. *Soja hispida* MOENCH; engl. soybean, franz. soja, span. Frijol soya
 Ordnung: Fabales, Familie: Fabaceae, Unterfamilie: Papilionoideae
 verwendete Pflanzenteile: Samen, Kotyledonen

Die Sojabohnenpflanze wird detailliert unter den eiweißliefernden Pflanzen beschrieben (S. 125). Der Ölgehalt der Samen beträgt 18 bis 20%. Das Öl findet sich in den Keimblättern. Es wird herausgepresst oder mit Fettlösungsmitteln extrahiert und stellt ein hellbraunes, nach Reinigung und Desodorierung schwach gelbes Öl dar, das bei -8°C bis -18°C erstarrt. Seine Glyceride enthalten vor allem die essenzielle Linolsäure (Tab. 4.11). Das Öl ist deshalb von besonderem ernährungsphysiologischem Wert und wird als Speiseöl, für die Herstellung von Back- und Bratfetten sowie zur Margarineproduktion verwendet. Bei der Raffination des Öls fällt das zu 2–3% darin vorkommende Phosphatid **Lecithin** an, das als Emulgator in vielen Zweigen der Lebensmittelindustrie und der Pharmazie Verwendung findet. Wegen seiner hydrophilen und lipophilen Gruppen im Molekül kann Lecithin zwischen wasser- und fettlöslichen Verbindungen vermitteln, d. h. es erleichtert die Wasserlöslichkeit fetthaltiger Produkte. Über

Tab. 4.11 Fettsäurezusammensetzung der an essenziellen Fettsäuren reichen Öle in % (nach Souci et al 1994)

Fettsäuren	Sojaöl	Baumwollsaatöl	Sonnenblumenöl	Sesamöl	Leinöl	Mohnöl
Palmitinsäure	6,7–14,5	16,2–27,7	2,9–13,3	6,7–14,3	5,7–6,2	9,6
Stearinsäure	0,5–8,9	2,4–4,8	1,0–9,6	4,0–5,0	3,4–3,8	1,9
Arachinsäure	0,1–0,9	0,0–1,3	0,1–0,8	0,5	0,6–1,0	–
Lignocerinsäure	–	–	0,4–0,8	–	–	–
Palmitoleinsäure	0,5	0,0–1,3	0,0–0,5	–	–	0,2
Ölsäure	14,3–28,7	12,4–22,9	13,3–68,8	31,4–51,4	17,2–19,1	10,6
Linolsäure	36,5–57,8	38,2–55,4	19,1–74,8	32,0–56,0	13,4–14,3	72,8
Linolensäure	1,9–14,7	0,5–1,4	0,1–1,9	0,0–1,9	52,8–55,3	0,5

Die in ihrer Menge dominierenden Fettsäuren sind fett hervorgehoben.

die Weltproduktion von Soja geben die Tabellen 6.20 und 6.26 im Anhang Auskunft.

Ölpalme, *Elaeis guineensis* JACQ.

engl. oil palm, franz. palmier à huile, span. palma de aceite, port. dendê
 Ordnung: Arecales, Familie: Arecaceae, Unterfamilie: Arecoideae
 verwendete Pflanzenteile: Fruchtfleisch, Steinkern

Herkunft. Die Ölpalme ist neben Soja die bedeutendste Ölpflanze unserer Zeit. Ihr Ursprungsgebiet liegt in der tropischen Regenwaldregion Zentral- und Westafrikas. Nachweislich gewann man dort schon im 15. Jh. das Öl aus den Früchten. Erst um 1850 kam das Öl nach Europa und wurde zunehmend importiert, als mit der wachsenden Bevölkerung der Fettbedarf anstieg und nicht mehr in ausreichendem Maß mit genügend billigen Fetten von der heimischen Landwirtschaft gedeckt werden konnte. Mit der Erfindung der Margarine um 1869 und der zunehmenden Verwendung pflanzlicher Fette dafür, erhöhte sich die Nachfrage nach Palmöl und daraus folgend der Anbau der Ölpalme, sodass sich heute die Kulturen über die gesamten Tropen ausdehnen.

Biologie. Die einhäusige Palme, die schon vom 5. Jahr an – noch im Rosettenstadium – erste Früchte trägt, wächst 15–30 m empor. Der Stamm ist von der Basis her bis zur Spitze gleichmäßig dick. Er bildet einen Schopf von 20–30 etwa 3–6 m langen fiedrig zerschlitzten Blättern (Abb. 4.64). Im unteren Drittel bleibt der Stamm von den Basen der nach zwei Jahren abfallenden Blätter bedeckt, im oberen Bereich ist der Stamm bei mehr als 30 Jahre alten Pflanzen glatt. Die Ölpalme wird bis zu 80 Jahre alt und bringt vom 12.–15. Jahr an volle Ernten.

Ihre Blüten stehen nach Geschlechtern getrennt an kolbigen Blütenständen in den Achseln der Laubblätter. Sie treten wechselweise periodisch auf, sodass eine Palme 4–5 Monate lang nur 8–10 männliche und in den folgenden 4–5 Monaten nur 8–10 weibliche Infloreszenzen bildet. Die Palme zeigt somit eine temporäre Zweihäusigkeit. Die männlichen Blütenstände bestehen aus 20–30 Ährenästen am Kolben mit je 700–1200 eingesenkten Blüten, die jeweils drei Staubblätter besitzen. Die Blüten der weiblichen Infloreszenzen tragen aus drei Fruchtblättern verwachsene oberständige Fruchtknoten mit drei Samenanlagen, von denen meist nur eine nach Wind- oder Käferbestäubung (*Elaidobius camerunicus*), in Malaysia auch durch Thripse, zur Entwicklung kommt und zu einem eiförmigen Samen in einer pflaumengroßen Steinfrucht heranreift. Weil der Fruchtansatz ohne *E. camerunicus* deutlich geringer ausfällt, kam die Ölpalmproduktion außerhalb Afrikas erst in Schwung, nachdem der Bestäuber in die neuen Anbauländer eingeführt wurde. In einem Fruchtstand (Abb. 4.65a), der ca. 70 cm Länge, 50 cm Durchmesser und bis zu 50 kg Gewicht erreicht, können 3000–6000 Früchte enthalten sein. Unter dem glatten Exokarp findet sich ein faseriges, im Reifezustand hellorangefarbiges Fruchtfleisch, das 50–70% Fett birgt, während das verholzte Endokarp den fetthaltigen Samen umschließt (Abb. 4.65d).

Man unterscheidet je nach Ausprägung des Endokarps drei Kultivare: **Dura** mit dickem, **Tenera** mit dünnem und die kleinfrüchtige **Pisifera** mit häutigem Endokarp. Genotypen des Kultivars Pisifera sind wirtschaftlich bedeutungslos.

Anbau, Standortansprüche. Als ausgesprochen tropisches Gewächs benötigt die Ölpalme für ihre Entwicklung eine mittlere Temperatur von 24–28 °C; 15 °C dürfen nicht unterschritten werden. Die Niederschläge soll-



Abb. 4.64 Fruchtende Ölpalme (*Elaeis guineensis*). Varietät mit dunklen Früchten.

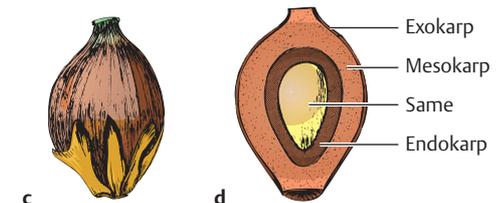


Abb. 4.65 Früchte der Ölpalme. a Fruchtstände. b Einzelfrüchte. c Schematische Darstellung einer Einzelfrucht. d Frucht im Längsschnitt.

ten mindestens 100 mm pro Monat betragen, und die Trockenzeit darf nicht länger als drei Monate dauern. Tiefgründige nährstoffreiche Böden sind erforderlich.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Aus dem Fruchtfleisch der Steinfrüchte wird das **Palmöl**, aus den Samen der Steinkerne das **Palmkernfett** bzw. **-öl** gewonnen, das eine andere Fettsäurezusammensetzung als das Palmöl aufweist. Um das Palmöl zu gewinnen, hackt man die Fruchtstände von Hand ab und lässt sie in Körben an Seilen vorsichtig zu Boden gleiten, um Druckschäden an den Früchten zu vermeiden. Bei Gewebeerletzung werden im Fruchtfleisch vorhandene Lipasen aktiv, die das Fett in Glycerin und Fettsäuren spalten. Noch am Tag der Ernte werden die Früchte mit Dampf erhitzt, um die Lipasen zu inaktivieren. Damit vermeidet man die Entstehung freier Fettsäuren, denn diese senken die Qualität des Öles. Bei mehr als 5 % freien Fettsäuren ist das Öl nur noch für technische Zwecke verwendbar (Kerzen, Seifen, Eisenverzinnerei). Nach der Hitzebehandlung werden die Früchte maschinell vom Fruchtstand gelöst und gequetscht (malaxiert), um die Steinkerne abzutrennen. Anschließend wird das Fruchtmus gepresst, das abfließende Rohöl geklärt und gereinigt. Dieses durch Carotinoide des Fruchtgewebes orangerot gefärbte Öl ist wegen seines hohen Schmelzpunktes von 30–77 °C bei Zimmertemperatur ein gelbliches Fett, welches für Speisezwecke zumeist noch gebleicht wird. Seine Glyceride bestehen hauptsächlich aus Öl- und Palmitinsäure (Tab. 4.12). Es dient als Speiseöl und zur Margarineherstellung. Die Pressrückstände des Fruchtfleisches enthalten viel Rohfaser und werden getrocknet als Heizmaterial für den Fabrikationsgang, ihre Asche als Düngemittel verwendet.

Neben den Früchten gewinnt man Fasern aus den Blättern, Bauholz aus den Stämmen und aus einem Teil der männlichen Infloreszenzen vielfach Palm-saft, der zu Palmwein vergoren und zu Arrak destilliert wird (S. 111). Die Erträge an Palmöl aus dem Fruchtfleisch belaufen sich auf 2,5–4, teilweise bis zu 5 t/ha und Jahr. Die Weltproduktion steigt, wie die Tabellen 6.27 und 6.28 des Anhangs ausweisen, an.

Die **Amerikanische Ölpame** (*E. oleifera* (H. B.) CORTES) aus Mittel- bis Südamerika, wird selten kultiviert, dient aber zur Einkreuzung von Resistenzeigenschaften in *E. guineensis*. Sie besitzt bis 47 % Öl im Fruchtfleisch.

Das **Palmkernfett** von *E. guineensis* wird aus den Steinkernen der Früchte hergestellt. Die Samen enthalten 40–52 % Fett, das sich in seiner Zusammensetzung vom Palmöl deutlich unterscheidet. Die dreikantigen harten Stein-

Tab. 4.12 Fettsäurezusammensetzung der Glyceride von Palmölen und Palmkernfetten in % (nach Souci et al 1994)

Fettsäure	Palmöl	Palmkernfett	Kokosfett	Babassufett
Capronsäure	–	0,1–0,2	0,2–1,0	0,1
Caprylsäure	–	2,9–5,7	5,7–10,5	6,5
Caprinsäure	–	3,8–5,7	5,7–6,9	2,7
Laurinsäure	–	42,0–51,0	40,3–49,0	45,8
Myristinsäure	0,4–4,6	12,4–16,2	12,3–18,2	20,0
Palmitinsäure	30,5–48,8	7,6–8,6	6,7–10,5	7,0
Stearinsäure	1,4–7,6	1,0–2,9	0,8–5,7	–
Arachinsäure	0,5	–	–	–
Ölsäure	34,2–49,2	10,1–17,7	5,2–6,7	18,0
Linolsäure	4,8–12,0	0,7–5,8	1,0–1,9	Spur
Linolensäure	0,1–0,5	–	–	–

Die in ihrer Menge dominierenden Fettsäuren sind fett hervorgehoben.

kerne fallen bei der Gewinnung des Fruchtfleisches (Entpulpung) an und werden gesondert aufgearbeitet. Man säubert sie von anhängenden Fruchtfleischresten, trocknet und knackt sie mit Spezialmaschinen. Die in Trommeln oder Silos auf 5–7 % Wassergehalt getrockneten Samen (engl. kernels) werden oft erst in Ölmühlen der Verbraucherländer gemahlen, gepresst und mit Hexan extrahiert. Da die Samen nur 9–25 % der Palmfrüchte ausmachen, ist der Ertrag an Palmkernfett geringer als der an Palmöl.

Das Palmkernfett ist wie das Palmöl und das Kokosfett bei Zimmertemperatur fest, da der Erstarrungspunkt zwischen 20 °C und 24 °C liegt. Mit dem Kokosfett hat das Palmkernfett auch die Fettsäurezusammensetzung gemeinsam (Tab. 4.12), d. h. es ist reich an Laurin- und Myristinsäureglyceriden. Das flüssig hellgelbe, fest weißliche Fett dient zum Kochen und Braten und zur Margarinefabrikation. Partien, die über 5 % freie Fettsäuren enthalten, werden für Brennstoffe, Kosmetikprodukte und wegen des hohen Gehaltes an Laurinsäure, die gute schaumbildende Eigenschaften besitzt, für die Seifenindustrie verwendet. Die Presskuchen eignen sich mit ca. 20 % Eiweiß und dem Restfettgehalt als Viehfutter.

Circa 75 % des erzeugten Palmöls werden auf dem Weltmarkt verkauft, ca. 25 % dienen dem Eigenverbrauch (Tab. 6.27 und 6.28 im Anhang). Wegen des Ölgehaltes sowohl im Fruchtfleisch als auch im Samen erreicht die Ölpalme unter allen tropischen Ölpflanzen den höchsten Ölertrag pro Hektar.

Babassupalme, *Attalea speciosa* MART. ex SPRENG.

syn. *Orbignya speciosa* (MART.) BARB. RODR., *O. martiana* BARB. RODR., *O. phalerata* MART.; engl. babassu palm, franz., port. babaçu

Ordnung: Arecales, Familie: Arecaceae

verwendete Pflanzenteile: Steinfrüchte (Fruchtfleisch, Steinkerne)

Herkunft. Einen nicht unbeträchtlichen Anteil an der Weltfettversorgung trägt die Babassupalme bei. Sie ist in Brasilien beheimatet, wächst dort derzeit nur wild, kommt aber in manchen Gebieten bestandsbildend vor.

Biologie. Der schlanke Stamm der Babassupalme hat eine Höhe von 15–20 m und trägt an der Spitze einen Schopf riesiger, schräg aufwärts ragender fiedrig zerschnittener Blätter, die bis zu 7 m lang werden. Aus den Achseln der Blätter entspringen bis zu 1 m lange, herabhängende männliche und weibliche Blütenstände (Abb. 4.66a). Die Palmen fruchten vom 10. Jahr an bis zum Alter von 200 Jahren. Jeder Fruchtstand umfasst meist 200, maximal 600 gänseeigroße, 80–250 g schwere Steinfrüchte (Abb. 4.66b). Diese besitzen ein außen glänzend hellbraunes, innen faseriges Exokarp, ein 4–8 mm dickes stärkehaltiges fleischiges Mesokarp und ein zentrales hartholziges Endokarp, in das 4–6 Samen von der Größe und Gestalt von Paranusseembryonen eingeschlossen sind (Abb. 4.66d und Abb. 4.67). Die Samen machen nur ca. 9 % des Fruchtgewichts aus und enthalten 64–67 % fettes Öl, 7–10 % Eiweiß, 5 % Stärke, 5 % Zucker, 8 % Rohfaser und 2–3 % Mineralstoffe.

Anbau, Standortansprüche. Babassupalmen kommen in den feuchten Neotropen vor, besonders häufig sind sie entlang von Flussläufen und in Talsohlen. An solch feuchten Standorten sind sie manchmal auch in trockeneren semiariden Gebieten anzutreffen.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Brasilianische Kleinbauern sammeln die abgefallenen Früchte auf und bringen sie zu Sammelstellen. Die Samen können nur mit hohem mechanischem Aufwand aus den sehr harten Steinkernen freigesetzt werden. Mittlerweile verwendet man besonders konstruierte Knackmaschinen, die auch vom Kleinbauern am Standort der wild wachsenden Palmen eingesetzt werden können.

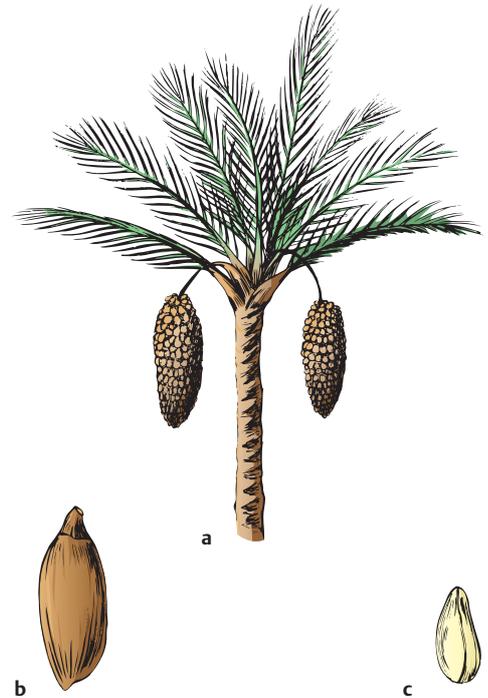


Abb. 4.66 Babassupalme (*Orbignya speciosa*).
a Habitus mit Fruchtständen. b Frucht seitlich.
c Same.

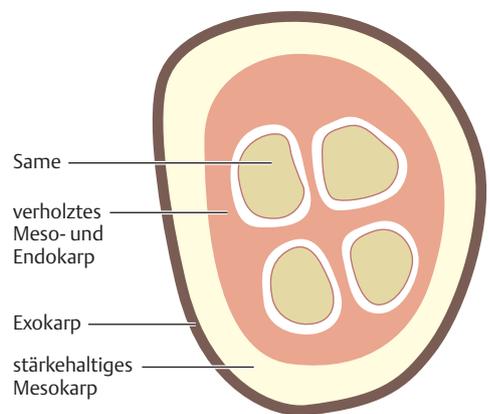


Abb. 4.67 Querschnitt durch die Frucht einer Babassupalme.

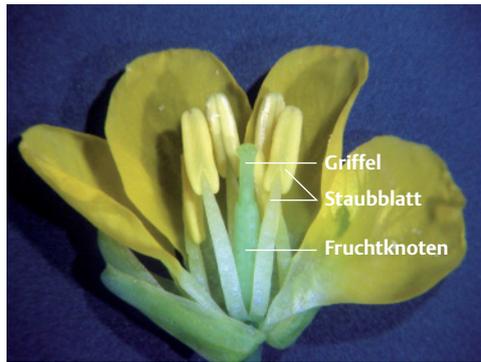


Abb. 4.68 Blüte von Raps (*Brassica napus* ssp. *napus*).



Abb. 4.69 Raps. a Erntereifer Bestand. b Samen. c Erntestrukturen: Spross mit reifen Früchten, geöffnete Schote, Samen.

Das aus dem Endosperm der gemahlene Samen ausgepresste Fett ähnelt dem Kokos- und Palmkernfett, ist wasserhell, riecht nussartig und besitzt einen Schmelzpunkt zwischen 21 °C und 31 °C. Es ist also bei Zimmertemperatur salbig fest und weiß gefärbt und besteht vorwiegend aus Glyceriden der Laurin- und Myristinsäure (s. Tab. 4.12, S. 134).

Das lange haltbare, gute Speiseöl wird in Brasilien gern verwendet. In den USA diente es als Schmieröl in Walzwerken und bei der Verzinnerei, in Europa vor allem in der Kosmetik (Shampoos, Lippenstifte). Die Fasern des Exokarps werden zu Seilen und Matten verarbeitet und die Steinkernschalen als Brennmaterial oder zur Holzkohलगewinnung benutzt. Unreife Früchte dienen mit ihrem stärkehaltigen Mesokarp als Mehllieferanten. 90% der Ernte werden auf dem Weltmarkt verkauft und vorwiegend im Kosmetikbereich eingesetzt.

Zusammen mit anderen Produkten nicht domestizierter Pflanzen sind diese Produkte als NTFP (non timber forest products) im Handel. Neben den Samen der Babassupalme werden auch die Samen verwandter Arten als NTFP gesammelt, wie von *Attalea cohune* MART., von anderen *Attalea*-Arten, von der **Sternnusspalme** (*Astrocaryum vulgare* MART.) sowie von der **Amerikanischen Ölpalme** (*Elaeis oleifera* (H.B.K.) CORTES), die vielleicht nur eine Varietät von *E. guineensis* darstellt.

Die Nutzung der Babassupalme hat erst seit 1929 eine größere Bedeutung erlangt. 1941 schlossen die USA nach Kriegseintritt in den Zweiten Weltkrieg einen Vertrag mit Brasilien, in dem sie die Gesamtanahme des Samenexportes vereinbarten. Man spricht diesen Pflanzen ein hohes Entwicklungspotenzial und eine hohe sozioökonomische Bedeutung zu, jedoch wird die konsequente entwicklungspolitische Förderung weder national noch international mit der erforderlichen Kraft aufgegriffen. Da die Ernte nicht organisiert ist, wird nur ein Bruchteil der riesigen Fruchtmengen eingebracht. Obwohl sich das Sammelergebnis in den 1990er Jahren erhöht hat, könnte der Ertrag durch geregeltes Ernten und systematischen Anbau noch gewaltig gesteigert werden. In den letzten 5 Jahren ist die Produktion leicht rückläufig und liegt knapp über 110.000 Tonnen (IBGE 2010).

Raps, *Brassica napus* L. subsp. *napus*

engl. rape, franz. colza, span. cabo, ital. ravizzone

Ordnung: Brassicales, Familie: Brassicaceae

verwendete Pflanzenteile: Samen, Kotyledonen

Herkunft. Raps ist eine seit alten Zeiten gebaute Ölsaart, die ihren Ursprung sehr wahrscheinlich in Südeuropa hat. In mediterranen Überschneidungsgebieten zwischen Populationen von *B. oleracea* ($n=x=9$) und *B. rapa* ($n=x=10$) soll Raps ($n=2x=9+10$) als Kreuzungsprodukt aus diesen beiden Arten entstanden sein (n =haploider Chromosomensatz; x =Chromosomensatz der Ursprungsarten).

Biologie. Die Pflanze ist ein gelb blühendes Kraut (Abb. 4.68), das jeweils in einer im Herbst ausgesäten Winter- und einer einjährigen Sommerform kultiviert wird. Die typischen Blüten der Kreuzblütler stehen in terminalen Trauben, deren Achsen sich während des Aufblühens enorm verlängern, sodass die ganze Pflanze bei der Reife Höhen von ca. 1,5 m erreicht. Die lange Blütentraube ist in Abbildung 4.69c anhand der reifen Schoten, die an der Traube ansetzen, ansatzweise zu erkennen.

Anbau, Standortansprüche. Die den gemäßigten Breiten zugehörige Ölsaart wird heute in weiten Teilen der Welt zunehmend, besonders auch in China angebaut.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Aus den Keimblättern der kleinen, gelblichen, bei Vollreife braunen runden Samen (Abb. 4.69c) lassen sich durch Quetschen zwischen Walzen oder in Schneckenpressen zu 40–50% Öl gewinnen. Das restliche Öl wird den Presskuchen durch Extraktion entzogen. Das dunkelgelbe, nach Reinigung hellgelbe, nicht trocknende Öl enthält vor allem Glyceride der unbekömmlichen Erucasäure (Tab. 4.13).

Für Speisezwecke muss es noch desodoriert werden. Im gehärteten Zustand ist es ein Backfett und Margarinerohstoff. In Europa verwendete die Industrie den größten Teil des Öls für technische Zwecke. Dazu wurde das Öl unter Erwärmen auf 150–180 °C mit Schwefel zu einer als Faktis bezeichneten elastischen Masse vermischt, die als Füllmaterial des Kautschuks (S. 391) bei der Herstellung von Gummiwaren notwendig ist. Ein anderer Teil des Öls wurde Schmierölen zugesetzt, bzw. dient heute als Biodiesel.

Um die Verwendbarkeit des Rapsöls in der Nahrungsmittelindustrie zu verbessern, hat man sich in Kanada, Schweden und Deutschland bemüht, Sorten zu züchten, deren Öl entweder frei von der in höheren Mengen gesundheitsschädlichen, einen kratzigen Geschmack bedingenden Erucasäure oder zumindest arm daran ist. Solche Sorten (sog. Null-Raps), bei denen die Erucasäure durch mehr Ölsäure (ca. 57%) und Linolsäure (ca. 23%) ersetzt ist, liegen seit Mitte der 1970er Jahre vor (Tab. 4.13) und werden bevorzugt angebaut. Auch die Gehalte der als störend empfundenen, scharf schmeckenden Glucosinolate (Senfölglycoside), die bis zu 3% des Trockengewichtes ausmachen können, konnten beim sogenannten 00-Raps (Doppelnull-Raps, engl. auch Canola, von **C**anadian **o**il, **l**ow **a**cid) durch Züchtung weitgehend eliminiert werden, sodass das Öl dieser Sorten für die Margarineproduktion geeignet ist.

Mittlerweile sind durch molekulare Studien die Gene für die Fettsäuresynthese bei Raps bekannt und lassen es zu, die Fettsäurezusammensetzung durch Gentechnik gezielt zu beeinflussen. Somit ist es prinzipiell möglich, Rapsöl in Zusammensetzungen zu erzeugen, die einem gewünschten Profil der Fettsäuren direkt entsprechen. Weltweit wurden 2010/11 ca. 25% der Raps-Produktionsflächen mit genetisch verändertem Raps bestellt.

Tab. 4.13 Fettsäurezusammensetzung der Glyceride von Ölen mit ungewöhnlichen Fettsäuren in % (nach Schormüller 1968, Schuster 1992)

Fettsäuren	Rizinusöl	Tungöl	Öiticaöl	Raps- und Rüböl	
				alte Sorten	neue Sorten
C ₁₆ Palmitinsäure	2,4	3,5–8	10,0–11	1,9–2,8	1,0–5
C ₁₈ Stearinsäure	2,4	3,5–8	10,0–11	1,0–3,5	1,0–4
C ₁₈ Dihydroxystearinsäure	0,6	–	–	–	–
C ₂₀ Arachinsäure	–	–	–	0,6–1,8	0,0–1
C ₂₂ Behensäure	–	–	–	0,6–2,1	0,5–2
C ₂₄ Lignocerinsäure	–	–	–	0,5–0,8	–
C _{18:1} Ölsäure	7,4	4,0–16	4,0–12	12,3–24	50,0–65
C _{18:1} Ricinolsäure (Hydroxyölsäure)	86,5	–	–	–	–
C _{18:2} Linolsäure	3,1	9,0–11	0,0–4	12,0–15,8	15,0–30
C _{18:3} Linolensäure	–	–	–	6,5–9,9	5,0–13
C _{18:3} α-Elaeostearinsäure	–	75,0–80	–	–	–
C _{18:3} Licansäure	–	–	70,0–82	–	–
C _{20:1} Eikosensäure	–	–	–	3,5–6,0	1,0–3
C _{22:1} Erucasäure	–	–	–	45,0–52,5	0,0–2
C _{22:2} Docosadiensäure	–	–	–	0,9–1,5	–

Die in ihrer Menge dominierenden Fettsäuren sind fett hervorgehoben.

Die Produktion (Tab. 6.29 im Anhang) hat sich in den letzten Jahrzehnten vervielfacht. Der Ertrag in Deutschland liegt bei 3,9 t/ha (Weltmittel 1,9 t/ha).

Der als Kreuzungselter des Rapses angesehene **Rübsen** (*B. rapa* subsp. *oleifera* (DC.) METZG.; engl. bird's rape, turnip rape, naven, franz. navette, span. nabo), hat im Gegensatz zum Raps grasgrüne Blätter sowie gestauchtere Blütentrauben, sodass Rübsenpflanzen nur ca. 80 cm hoch werden. Die häufig als „Unkräuter“ in Erscheinung tretenden Wildformen sind von den Kulturformen taxonomisch nicht zu unterscheiden, werden aber noch manchmal als eigene Subspezies (subsp. *silvestris* (LAM.) JANCHEN) aufgeführt. Rübsenpflanzen liefern in ihren Samen das Rüböl, das in der Zusammensetzung mit Rapsöl fast identisch ist und sich folglich auch im Verwendungsspektrum nicht von diesem unterscheidet. Die Rübsenpflanze war in Europa, im Nahen und im Mittleren Osten ein wichtiger Futter- und Öllieferant, wurde aber von den produktiven Zuchtformen des Rapses verdrängt. In manchen kühleren Lagen Nordosteuropas, Asiens sowie in Kanada ist der Rübsenanbau jedoch weiterhin ertragreicher als Rapsanbau.

Andere Kreuzblütler

Viele weitere Kreuzblütler liefern mit ihren Samen Öle, die allerdings nur lokale Bedeutung haben. So wächst in China und Japan ein Verwandter unseres Rettichs, der **Chinesische Ölettich** (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* PERS.), dessen Samenöl für Speisen und als Brennstoff genutzt wird. In Russland und Indien gewinnt man seit alters her aus den Samen der **Ölrauke** (*Eruca sativa* MILL), die zu 26–33 % Öl enthalten, das Rauken- oder Jambaöl für Speisezwecke und als Brennstoff. In Belgien, Holland, Russland und USA baut man den als Unkraut der Leinfelder bekannten **Leindotter** (*Camelina sativa* (L.) CRANTZ) an und verwendet das aus den Samen gepresste, trocknende Öl (Ölgehalt 30–35 %) in Mischung mit Leinöl als Anstrichöl. Auch aus den Samen von **Hederich** (*Raphanus raphanistrum* L.) und der **Graukresse** (*Berteroa incana* (L.) DC.) lässt sich Hederichs- bzw. Kresseöl (Ölgehalt 15–20 bzw. 20 %) gewinnen, die beide lokal als Speiseöl oder als technische Öle genutzt werden. Ebenso wird aus den Samen des **Abessinischen Meerkohls** (*Crambe abyssinica* HOCHST.) Samenöl für industrielle Zwecke gepresst.

Sonnenblume, *Helianthus annuus* L.

engl. sunflower, franz. tournesol, span., port. girasol
 Ordnung: Asterales, Familie: Asteraceae, Unterfamilie: Asteroideae
 verwendete Pflanzenteile: Achaenen, Kötyledonen

Herkunft. Aus der Neuen Welt ist neben Mais und Bohne auch die Sonnenblume nach Europa gebracht worden (1596). Sie ist ein Gewächs der ariden Gebiete Nordamerikas (Great Plains) und wurde zunächst als Zierpflanze gehalten. Obwohl sie schon von den Indianern zur Nutzung angebaut worden ist, wurde ihre Bedeutung als Öllieferant erst um 1830 wiederentdeckt, und zwar in Südrussland, wo sie als Steppengewächs zusagende Wachstumsbedingungen fand.

Biologie. Die Sonnenblume ist trotz ihrer Höhe von 50–400 cm ein einjähriges Kraut, das eine durch sekundäres Dickenwachstum erstarkende Sprossachse mit großen herzförmigen Blättern und einen mächtigen scheibenförmigen Blütenstand von 6–45 cm Durchmesser hervorbringt (Abb. 4.70). Auf dem leicht geneigten oder überhängenden markhaltigen



Abb. 4.70 Blütenstand der Sonnenblume (*Helianthus annuus*).

Blütenstandsboden stehen in spiraliger Anordnung die zahlreichen Einzelblüten (Abb. 4.71a), die am Rand als sterile gelbe Zungenblüten einen Schauapparat bilden, während die inneren als unscheinbare blassgelbe fertile Röhrenblüten die Früchte liefern (Abb. 4.71b). Letztere besitzen einen unterständigen einsamigen Fruchtknoten, der sich nach Insektenbestäubung zu einer Achaene (Abb. 4.72) entwickelt. Der darin verborgene Embryo enthält in seinen Speicherkeimblättern neben 21–24 % Eiweiß, 36–57 % fettes Öl, 12,3 % Kohlenhydrate, 6,3 % Ballast- und 3,3 % Mineralstoffe.

Anbau, Standortansprüche. Die stark nährstoffzehrende Sonnenblume verlangt guten Boden und Düngung. Als Steppenpflanze ist sie bescheiden in ihren Feuchtigkeitsansprüchen, benötigt aber viel Wärme.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Die Fruchtstände werden bei Zwergsorten (50–100 cm hoch) maschinell geerntet und gedroschen, bei höherem Wuchs von Hand abgeschnitten und nach dem Trocknen entkernt. Den maschinell isolierten Embryonen wird das Öl durch Pressung oder Extraktion entzogen.

Filtriert und wegen eines leicht bitteren Geschmacks desodoriert, findet es als Speiseöl, zur Margarinefabrikation und, da es stark trocknend ist, in der Lackindustrie Verwendung. Das gelbliche Öl erstarrt zwischen -16°C und -18°C und besteht hauptsächlich aus Glyceriden der Öl- und Linolsäure (s. Tab. 4.11, S. 132). Die Presskuchen mit 40–50 % Eiweiß dienen als Viehfutter. Ein Teil der Früchte wird auch als Vogelfutter verkauft, die großen Achaenen mancher Sorten werden gern als Knabberkost verzehrt. Bei uns nimmt der Anbau von Sonnenblumen zu, zum Teil für Gründüngung.

Die Erträge der Pflanze liegen in Deutschland bei 2 t/ha. Im Weltmittel waren es 2010 1,3 t/ha. Die stark steigende Weltproduktion geht aus Tabelle 6.30 in Anhang hervor.

Andere Korbblütler

Unter den Korbblütlern mit ölhaltigen Achaenen sind noch einige Vertreter von mehr lokaler Bedeutung zu nennen. So wird das **Gingellikraut** oder die **Nigersaat** (*Guizotia abyssinica* (L. f.) CASS.) in Ostafrika und in Ostindien angebaut, eine bis 2 m hohe krautige einjährige Asteracee aus Abessinien mit hellgelben Blütenkörbchen. Die ausgedroschenen schwarzen Achaenen enthalten in ihren Embryonen 35–45 % Fett, das zu 60–80 % aus Linolsäure besteht. Durch Auskochen gemahlener Achaenen in Wasser gewinnt man ein gelbes, stark trocknendes Öl, das im Erzeugerland für Speisezwecke dient; doch werden auch die ganzen Früchte als Nahrung verwandt.

Die ebenfalls tubuliflore Asteracee **Ölmadie** (*Madia sativa* MOLINA) ist an der Westküste Amerikas von Chile bis Kalifornien zu Hause und wird dort, aber auch in Südeuropa in geringem Umfang angebaut. Die einjährige, bis 1 m hohe Pflanze, die 0,6–1,1 t/ha Achaenen mit ca. 40 % Öl in den Embryonen erzeugt, liefert ein dunkelgelbes, schwach trocknendes Öl, das vorwiegend zu technischen Zwecken, z. B. als Schmieröl, dient.

Schließlich ist hier die **Öldistel** (*Carthamus tinctorius* L.; auch **Färberdistel**, **Safflor** oder Falscher Safran genannt) als alte Kulturpflanze Vorder- und Mittelasiens mit zweifachem Nutzwert anzuführen. Einerseits lässt sich nämlich aus den Blüten der tubulifloren Asteracee (Unterfamilie der Carduoideae) ein roter Farbstoff, das **Carthamin**, gewinnen, das neben Indigo bis in die Neuzeit einen wichtigen Farbstoff darstellte (S. 405), andererseits speichern die Embryonen der Achaenen bis zu 50 % fettes trocknendes Öl, das zu ca. 74 % aus den essenziellen Linolsäuretriglyceriden besteht und deswegen als Saffloröl gern verwendet wird. Das Öl wird ferner in der Lack- und Firnisindustrie genutzt. Die Erträge der anspruchslosen, trocken- und salztoler-

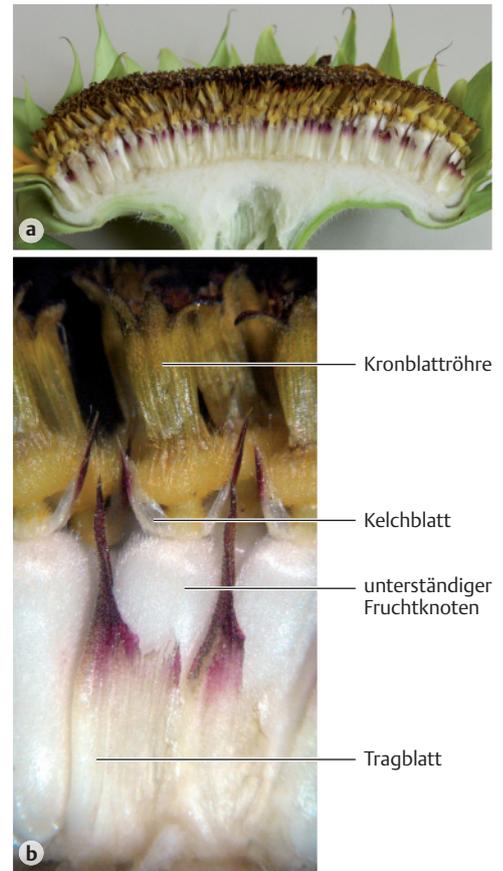


Abb. 4.71 Sonnenblume. a Blütenstand im Längsschnitt. b Einzelblüte.

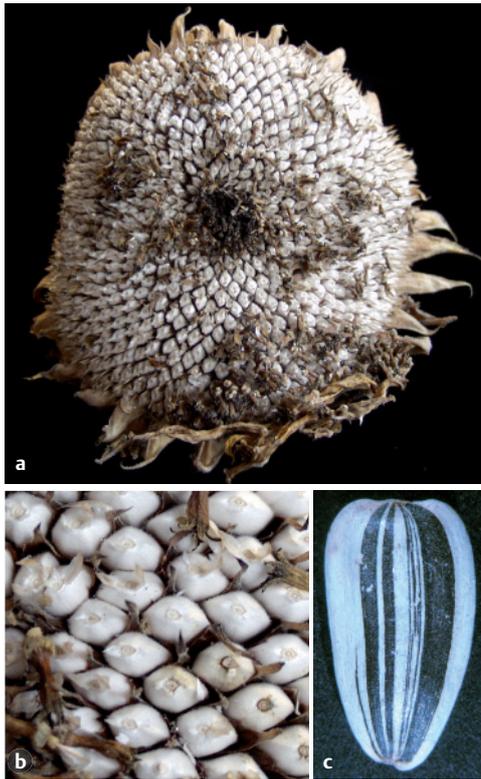


Abb. 4.72 Fruchtstand der Sonnenblume (*Helianthus annuus*). a Fruchtstand. b Ausschnitt: Einzelfrüchte (Achaenen) in Aufsicht. c Achaene in der Seitenansicht.

ranten, tiefwurzelnden, krautigen Art – jetzt auch mit stachellos beblätterten Sorten – liegen zwischen 2 und 0,5 t/ha. Die Weltproduktion stieg bis in die 1990er-Jahre auf ca. 900 000 t und schwankt nun zwischen 550 000 und 700 000 t pro Jahr. Die fünf wichtigsten Anbauländer laut FAO-Produktionsdaten für 2010 waren (in 1000t): Indien (171), Kasachstan (122), USA (100), Mexiko (97) und Argentinien (44).

Erdnuss, *Arachis hypogaea* L.

engl. pea nut, ground nut, franz. u. ital. arachide, span. cacahuete
 Ordnung: Fabales, Familie: Fabaceae, Unterfamilie: Papilionoideae
 verwendete Pflanzenteile: Mesokarpuß, Samen, Kotyledonen

Herkunft. Von der schon um 3000–2000 v. Chr. in den Anden Boliviens domestizierten Erdnuss kennt man keine Wildform, da sie schon bei der Entdeckung Amerikas nur kultiviert vorkam. Es gibt in Brasilien allerdings einige weitere *Arachis*-Arten. Der Spanier Oviedo beschrieb als erster die Erdnuss 1547. Schon im 16. Jh. gelangte sie durch den Sklavenhandel nach Afrika, wo die Pflanze angebaut und zu einer viel genutzten Frucht wurde. Sie diente auch zur Ernährung der Sklaven auf der Überfahrt nach Amerika, da sie leicht, gut haltbar und nährstoffreich ist. Die Spanier brachten sie nach Indonesien, und zu Beginn des 18. Jh. wurde sie in Indien und China, später in Virginia (USA) in Kultur genommen. Seit die Erdnuss als Ölfrucht mehr und mehr gefragt ist, hat sie sich über die Tropen und Subtropen der ganzen Welt ausgebreitet.

Biologie. Die Erdnusspflanze ist ein einjähriges Kraut mit 50–60 cm langer Pfahlwurzel. Die Pflanze verzweigt sich schon aus den Achseln der Keimblätter heraus und bildet niederliegende oder buschförmig aufsteigende 30–80 cm lange Sprossachsen mit paarig gefiederten Blättern. Aus den Achseln der basalen Blätter entspringen 2–6 nacheinander erblühende gelbe Schmetterlingsblüten. Sie erscheinen gestielt, sind aber sitzend, denn unter dem Perianth befindet sich ein stielartiges röhrenförmiges sogenanntes Hypanthium (Blütenbodengewebe), das an seiner Basis den kleinen Fruchtknoten birgt. Der Griffel ragt durch diese Röhre hindurch bis zum Perianth, das aus Kelch, Fahne, Flügeln und Schiffchen sowie acht fertilen und zwei sterilen Staubblättern besteht. Der einfächrige mittelständige Fruchtknoten enthält 1–6 Samenanlagen. Die Blüte ist nur wenige Stunden geöffnet und welkt nach vollzogener Selbstbestäubung.

Kurz darauf beginnt die Basis des winzigen Fruchtknotens interkalar zu wachsen. Der so entstehende Karpophor (Fruchtträger) schiebt den fertilen Abschnitt des Fruchtknotens mit den Samenanlagen voran (Abb. 4.73a). Anschließend krümmt sich der Karpophor positiv geotrop und deponiert den Fruchtknoten 5–6 cm tief im Boden (Abb. 4.73b). Dort entwickelt sich während 4–5 Monaten der Fruchtknoten in horizontaler Lage zu der nussartigen, zwischen den Samen etwas eingeschnürten Frucht (Abb. 4.74a). Diese Verlagerung der Frucht in den Boden wird als Geokarpie (S. 130) bezeichnet.

Die Frucht besteht aus einem holzigen, netzrunzeligen, gelben Perikarp. Dabei handelt es sich eigentlich um das Mesokarp, denn während der Fruchtentwicklung im Boden stirbt zuerst das Exokarp, später das Endokarp ab, das zeitweilig zu einem Speichergewebe anschwillt, dann aber zu einer weißen, watteartigen Schicht vergeht. Als Hülle bleibt nur das Mesokarp übrig. Obwohl die Erdnuss zu den Fabaceen, den Hülsenfrüchtlern, zählt, verhält sich ihre Frucht anders als die sich öffnenden Hülsen der Bohnen und Erbsen: Sie bleibt geschlossen und gehört demnach morphologisch

zu den Nüssen – daher die Bezeichnung Mesokarpius. Die Frucht schließt bis zu vier, meist aber nur zwei von einer rötlichen, papierdünnen Testa umhüllte Samen ein. Die Nährstoffe sind in den Keimblättern gespeichert (Abb. 4.74b).

Anbau, Standortansprüche. Die Erdnusspflanze gedeiht optimal bei 25–28 °C und ca. 500 mm Niederschlag. Sie benötigt lockeren Boden, in den die Karpophore leicht eindringen können und in dem sich das mit Wurzelknöllchen besetzte Pfahlwurzelsystem gut entfalten kann.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Zur Ernte schneidet man die Pfahlwurzel mit der Hacke oder mit dem Pflug durch und hebt die Pflanze mit den daran hängenden Früchten aus dem Boden. Anschließend werden die Nüsse samt dem Kraut auf Gestellen (Reitern) von ca. 40% auf 10% Wassergehalt getrocknet, danach gedroschen oder maschinell gebrochen. Die Erdnüsse können gegebenenfalls noch geschält werden. Das relativ eiweißreiche Blattstroh findet als Viehfutter Verwendung.

Erdnussöl gehört zu den bedeutendsten Speiseölen. Zur Gewinnung werden die enthülsten und von der Samenschale befreiten Samen gemahlen und in Schneckenpressen warm gepresst. Danach folgt Extraktion mit Hexan als Lösungsmittel. Das gereinigte Öl besitzt eine hellgelbe Farbe, erstarrt zwischen 3 °C und 0 °C, ist nicht trocknend und besteht überwiegend aus Glyceriden der Öl- und Linolsäure (s. Tab. 4.14). Es dient als Speiseöl, oft in Mischung mit anderen Ölen, für Fischkonserven und besonders zur Margarineherstellung, wobei es durch Hydrierung zu einem streichfähigen Fett gehärtet wird. Für Speisezwecke unbrauchbare Chargen werden zur Kerzen- und Seifenproduktion sowie als Salben- und Pomadengrundlage verwendet. Das anfallende Erdnusschrot stellt mit 40–50% Eiweiß ein ausgezeichnetes Futtermittel, und zu Mehl gemahlen, ein wertvolles Lebensmittel dar.

Außer zur Ölgewinnung werden die Samen als solche verzehrt, bei uns vor allem geröstet und gesalzen. In den Erzeugerländern zerstampft man vielfach die Kerne, kocht sie in Wasser und knetet sie. Nach Abschöpfen des überstehenden Öls wird der Rückstand als Brei oder Fladen genossen. In Indien erzeugt man aus in Wasser gekochten Samen einen Brei, der mit 5–6 Teilen Wasser vermischt und filtriert die sogenannte Erdnussmilch ergibt. Sie dient als Kuhmilchersatz und enthält neben Fett auch 4–5% Eiweiß. Die Amerikaner schätzen besonders die „peanut butter“ oder Erd-

Tab. 4.14 Fettsäurezusammensetzung der Glyceride von ölsäurereichen Fetten und Ölen in % (nach Schormüller 1968, Schuster 1992, Souci et al 1994)

Fettsäure	Olivenöl	Erdnussöl	Buchelöl	Haselöl	Kakaobutter
C ₁₄ Myristinsäure	0,1–0,2	0,0–0,47	0–12	0,15	–
C ₁₆ Palmitinsäure	6,5–14,9	5,7–16,4		8–12	22,6–30,4
C ₁₈ Stearinsäure	1,3–3,1	1,1–6,2		0–1,5	30,2–36,0
C ₂₀ Arachinsäure	0,41	1,4–4,7		–	–
C ₂₂ Behensäure	–	2,9		–	–
C ₂₄ Lignocerinsäure	–	1,4	–	–	–
C _{16:1} Palmitoleinsäure	0,96–3,2	0,0–1,0	–	–	0,1–0,5
C _{18:1} Ölsäure	60,0–79,4	31,2–64,2	48,0–57,0	80–90	29,2–36,4
C _{20:1} Eikosensäure	–	0,3–2,7	–	–	–
C _{18:2} Linolsäure	3,5–12,7	11,7–45,9	33,0–38,0	4–8	1,3–4,0
C _{18:3} Linolensäure	0,6–0,95	0,0–1,3	0,5–2,0	–	0,4

Die in ihrer Menge dominierenden Fettsäuren sind fett hervorgehoben.

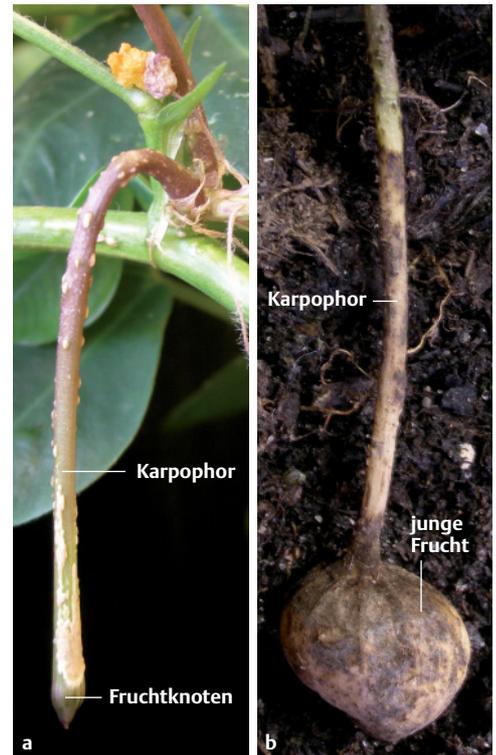


Abb. 4.73 Erdnusspflanze. a Junger Karpophor. b Junge Frucht an einem Karpophor.

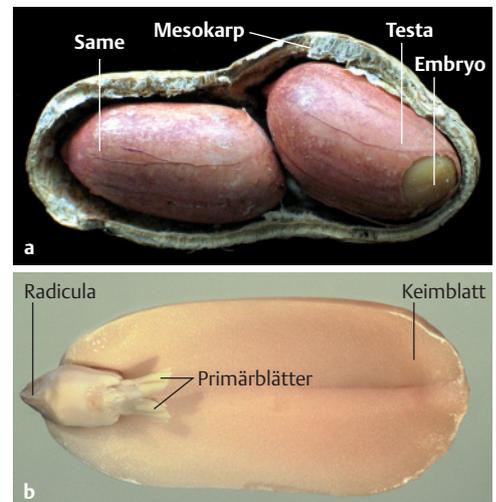


Abb. 4.74 Frucht einer Erdnuss. a Geöffnete Frucht mit zwei Samen. b Embryo, bei dem ein Keimblatt entfernt wurde.

Box 4.12 Aflatoxine in Erdnüssen

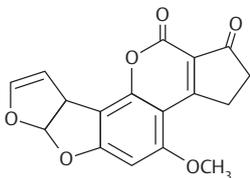
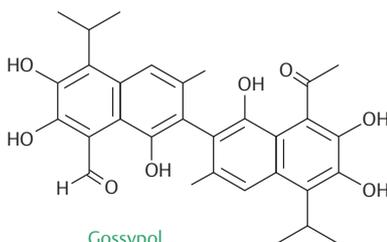
Erdnüsse gehören mit Muskatnuss, Pistazien, Haselnüssen und Mandeln zu den Lebensmitteln, bei denen die Gefahr der Kontamination durch hoch toxische Aflatoxine vergleichsweise groß ist. Bei den Aflatoxinen handelt es sich um eine Gruppe von Mycotoxinen, die von den Schimmelpilzen *Aspergillus flavus* LINK und *Aspergillus parasiticus* SPEARE gebildet werden können, wenn sie in einer warmen und feuchten Umgebung auf eine gute Nahrungsquelle (Kohlenhydrate, Fette oder Proteine) treffen. *A. flavus* gilt allgemein als Lagerpilz, doch werden vor allem Erdnüsse bereits vor der Ernte durch den Pilz besiedelt. Besonders bei Trockenstress und hohen Temperaturen können selbst frisch geerntete

Erdnüsse daher erheblich mit Aflatoxinen belastet sein. Mittlerweile sind Sorten von Erdnusspflanzen beschrieben, die gegenüber *A. flavus* weniger anfällig sind. Die molekularen Hintergründe von Resistenzmechanismen gegen *A. flavus* werden gegenwärtig vor allem am Mais untersucht.

Da Aflatoxine lebertoxisch und stark carcinogen sind, unterliegen die gefährdeten Lebensmittel EU-weit strengen Kontrollen. Die dabei gemessenen Werte liegen hierzulande in der Regel deutlich unter dem Grenzwert für Säuglingsnahrung von 0,01 µg/l, bei durchschnittlich 6% der untersuchten Chargen aflatoxingefährdeter Lebensmittel gab es bislang Grund zur Beanstandung.

Box 4.13 Giftiges Gossypol in Baumwollsaatöl

Baumwollsaatöl enthält das sehr giftige Gossypol, das aus den Harzdrüsen der Samen stammt. Das Gift lässt sich jedoch durch Erhitzen oder mit Chloroform beseitigen, sodass Speiseöl giftfrei ist. Es findet sich auch in den Presskuchen, die noch 6–16% Öl und 23–44% Eiweiß enthalten und als wertvolles Tierfutter dienen, wegen des Gossypolgehaltes aber nur von Wiederkäuern, die mehrere Mägen besitzen, genutzt werden können. Bei Menschen und Tieren mit Einfachmägen häuft sich das Gift an und löst Störungen im Blut, an Herz, Lunge und Leber aus. Neue Verfahren ermöglichen es, das aus dem Ölkuchen gewonnene und entgiftete Baumwollsaatmehl auch für die menschliche Ernährung in Form von Proteinkonzentraten verwertbar zu machen. In China wurde Gossypol 1970 als ein die Spermienbildung des Mannes hemmender Stoff erkannt und als chemisches Verhütungsmittel für Männer eingesetzt.

Aflatoxin B₁

Gossypol

nussbutter. Man mahlt geröstete und ungeröstete Erdnüsse, homogenisiert den Brei unter Zugabe von Erdnussöl und fügt Sojamehl, Honig, Malz oder Käse zu der streichfähigen Masse. 100 g Erdnussbutter enthalten 28% Eiweiß, 17,5% Kohlenhydrate und ca. 49% Fett. Eine Gefahr geht von einem Befall der Erdnüsse durch Arten des Pilzes *Aspergillus* aus, der das sogenannte **Aflatoxin** bildet, dessen Aufnahme für Mensch und Tier gesundheitliche Schäden nach sich ziehen kann (Box 4.12).

Die Fruchterträge liegen zwischen 0,5 und 8,5 t/ha, im Weltmittel bei 1,5 t/ha. Die Weltproduktion ist stark gestiegen (Tab. 6.31 im Anhang).

Baumwolle, *Gossypium*-Arten

engl. cotton, franz. coton, span. algodón

Ordnung: Malvales, Familie: Malvaceae

verwendete Pflanzenteile: Samen, Embryonen

Über die Baumwollpflanzen und ihre verschiedenen Arten wird unter den Faserpflanzen auf Seite 359 ausführlich berichtet.

Als ein bedeutsames Nebenprodukt des Baumwollanbaus fällt das Öl der Samen an. Nach der Ernte der aus den Kapseln herausquellenden, von Samenhaaren dicht besetzten Samen (Abb. 5.2c, S. 360) werden die Haare in Entkörnungsmaschinen von den birnenförmigen kleinen Samen abgetrennt. Letztere weisen ca. 3 mm Durchmesser auf und enthalten im Embryo 7–12% Wasser, 16–25% Öl sowie 15–34% Eiweiß und 21–33% Kohlenhydrate.

Aus diesen dickschaligen, maschinell geschälten Samen wird durch Pressen ein braunes, nach Reinigung und Bleichen hellgelbes, halbtrocknendes Öl extrahiert. Es erstarrt zwischen +4 °C und –6 °C und ist wegen seines hohen Linolsäureanteils (s. Tab. 4.11, S. 132) für die Margarineherstellung besonders wertvoll. Die dritte Pressung ergibt ein nur technisch brauchbares Öl, das in der Seifen-, Kosmetik- und Kerzenindustrie oder als Schmieröl Verwendung findet. Das Öl enthält das braune, stark giftige phenolische Dialdehyd **Gossypol** (Box 4.13).

Wegen des ausgedehnten Baumwollanbaus ergibt sich eine riesige Samenproduktion, von der allein ca. 70% auf China, Indien und die USA entfallen. In primitiven Kulturen liegt der Ertrag an Baumwollsaat und Fasern zwischen 0,2 und 0,6 t/ha, in intensiven zwischen 1,5 und 3,0 t/ha, wobei die Haare ca. 1/3, die Samen 2/3 des Gewichts ausmachen. Die Baumwollsaatproduktion ist in Tabelle 6.32 im Anhang dargestellt.

Biologie. Ähnlich der Kartoffelpflanze bildet sie dünne unterirdische Ausläufer, die nach einiger Zeit das Längenwachstum einstellen und im Spitzbereich durch Dickenwachstum zu etwa eichelgroßen Sprossknollen anschwellen (Abb. 4.89). Als Sprossmetamorphosen sind die Knollen mit schuppenförmigen Blättchen besetzt, die während des Dickenwachstums zerfasern. Die Knollen dienen zur vegetativen Vermehrung. Da die Pflanze kaum Samen bildet, sät man zum Anbau die Knollen aus. Sie treiben aus den Achseln der Schuppenblätter mit Knospen aus, die sich bald sprossbürtig bewurzeln.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Die mühselige Ernte erfolgt 3–5 Monate später durch Ausgraben und Auflesen der Erdmandeln. Diese enthalten 8 % Eiweiß, 40 % Kohlenhydrate und 20–25 % fettes Öl, dessen Triglyceride vorwiegend Ester der Ölsäure sind. Die nuss- oder mandelartig schmeckenden Knollen werden roh oder gekocht als Gemüse genossen, doch wird auch das Öl unter schwacher Erwärmung als gutes, nicht trocknendes, hellgoldgelbes Speiseöl gepresst. In Spanien stellt man aus gekochten und mit Wasser durchgekneteten Erdmandeln ein milchartiges Getränk, „Horchata“, her, das nach dem Filtrieren mit Gewürzen und Fruchtessenzen aromatisiert und dann getrunken oder auch als Speiseeis gegessen wird. Außer im Mittelmeergebiet wird die Erdmandel heute auch in Ostindien, Westafrika und Brasilien kultiviert, besitzt jedoch nur lokale Bedeutung. Der Ertrag wird mit 5–12 t/ha angegeben.

Das **Nussgras** (*C. rotundus* L.) mit ähnlichen Knöllchen ist ein weltweit in den Tropen verbreitetes lästiges Unkraut. Sein Öl dient als Duftöl.

4.4 Obstliefernde Pflanzen

Obst ist ein Sammelbegriff für alle diejenigen Samen und Früchte kultivierter oder wildwachsender Pflanzen, die im Allgemeinen roh verzehrt werden und von angenehmem, meist süßem oder säuerlichem Geschmack sind. Nach botanischen Einordnungskriterien lassen sich Fruchtopst und Samenobst im weitesten Sinne unterscheiden.

Fruchtopst. Beim Fruchtopst werden die fleischigen oder saftigen Teile der Frucht verzehrt. Dabei handelt es sich meist um das Perikarp oder Teile des Perikarps. In vielen Fällen sind es jedoch andere fleischig werdende Teile der Blüte oder des Blütenstandes z. B. der Blütenboden, die verzehrt werden. In allen Fällen handelt es sich um Schließfrüchte. Zum Fruchtopst zählen Beeren, Steinfrüchte, Sammelfrüchte, Fruchtverbände und Hülsen.

Samenobst. Bei einigen Nutzpflanzen handelt es sich bei den als Obst verzehrten Pflanzenteilen um fleischig saftige Bestandteile des Samens, nämlich um die äußere Samenschale (Sarkotesta) oder um Samenmäntel (Arilli). Bei landläufig als „Nüsse“ und „Kerne“ bzw. als Schalenobst bezeichneten Pflanzenteilen werden Samen-Speichergewebe verzehrt. Da in all diesen Fällen Teile des Samens vornehmlich roh verzehrt werden, spricht man hier botanisch konsequent von Samenobst, wobei die offensichtlichen ernährungsrelevanten Unterschiede zwischen saftig-fruchtigen und fettreichen festen Geweben unberücksichtigt bleiben. Im Sprachgebrauch als Nüsse und Kerne bezeichnete Samen bieten zumeist sehr nahrhaftes Gewebe, wohingegen von den Früchten überwiegend das saftige, vitaminhaltige und mit unterschiedlichen Anteilen an Säuren und Zucker versehene Fruchtfleisch verwendet wird.

Im alltäglichen Umgang unterscheidet man nach Kernobst (Äpfel und Birnen), Steinobst (Kirschen, Pflaumen, Pfirsiche), Beerenobst (Stachelbeeren,

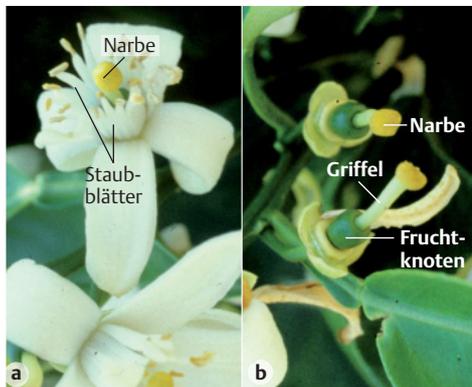


Abb. 4.89 Erdmandel (*Cyperus esculentus*) mit Sprossknollen.

Tab. 4.15 Führende Obstarten in der weltweiten Produktion (nach FAO 2012)

Obstart	Produktion in Mio. t/Jahr	
	2004	2010
Citrus-Früchte, gesamt	110,9	123,7
Apfelsinen	64,3	69,4
Tangerinen, Mandarinen, Clementinen, Satsumas	23,4	21,3
Zitronen und Limonen	12,6	14,2
Grapefruits und Pampelmusen	4,7	7,0
Obst-Bananen	72,7	102,1
Wassermelonen	95,6	89,0
Äpfel	63,4	69,6
Weintrauben	67,1	68,3
Mangos (inkl. Mangosteen und Guaven)	27,2	38,7
Kochbananen	32,0	36,6
Honigmelonen	27,3	25,0
Birnen	18,7	22,6
Pfirsiche und Nektarinen	15,3	20,3
Ananas	16,1	19,4
Papayas	6,8	11,2
Pflaumen	9,6	11,0
Datteln	7,8	7,9
Erdbeeren	3,5	4,4
Kakipflaumen	2,6	4,1
Avocados	3,1	3,8
Aprikosen	2,8	3,4
Kirschen	1,8	2,1
Cashewäpfel	1,7	1,9
Kiwi	1,1	1,4
Feigen	1,0	1,1

4.4

**Abb. 4.90 Citrus-Blüte und Fruchtknoten (*Citrus spec.*)**. a Blüte. b Fruchtknoten im Anfangsstadium der Fruchtentwicklung.

Himbeeren, Erdbeeren), Schalenobst (Haselnüsse, Walnüsse) und Wildobst (Heidelbeeren, Holunderbeeren).

Im Rahmen der Anreicherung der täglichen Nahrung mit Mineralstoffen und gesundheitsfördernden Pflanzeninhaltsstoffen kommt dem Obst große Bedeutung zu. In den Zeiten beschleunigten globalen Transportes hat sich das Obstangebot in unseren Breiten um subtropisches und tropisches Obst stark erweitert. Der heutige Obstmarkt bietet eine erfreulich große Auswahl an Produkten. Nicht nur die große Zahl an Obstarten ist beeindruckend, ebenso ist es das außerordentliche Spektrum an Obstsorten, die sich in Form, Farbe, Geschmack, Reifezeit usw. unterscheiden. Die heutige Auswahl ist derartig groß, dass die Vielfalt des Obstes im Rahmen dieses Buches nicht erschöpfend dargestellt werden kann.

In Deutschland sind ungefähr 30 Obstarten im Anbau, in Europa sind es 200 und weltweit etwa 1000. Die Anzahl weltweit vorhandener mehrjähriger Obstpflanzenarten mit essbaren Früchten wird auf ca. 5000 geschätzt. Auf der Sortenebene findet eine schnelle Weiterentwicklung statt. Man kann davon ausgehen, dass derzeit z. B. ca. 30 000 Apfelsorten bekannt sind und mehrere 1000 Genotypen der Gattung *Citrus*, die prinzipiell alle untereinander kreuzbar sind.

4.4.1 Beerenobst von weltwirtschaftlicher Bedeutung

Citrusfrüchte

Citrusfrüchte stehen im Vergleich der weltweiten Fruchtopst-Produktion an erster Stelle (Tab. 4.15). Die auch **Agrumen** (= Sauerfrüchte) genannten Früchte sind Beeren besonderer Art (Endokarpbeere, Hesperidium). Ihr Perikarp ist nämlich nicht komplett fleischig-saftig. Vielmehr kommt das genießbare Fruchtfleisch durch eine ungewöhnliche Entwicklung des Endokarps zustande (s. u.).

Der Fruchtknoten der Citrusblüte (Abb. 4.90) besteht aus 5–12 synkarp verwachsenen Fruchtblättern. So entsteht eine entsprechende Anzahl an Fruchtfächern, in denen zentral-winkelständig die Samenanlagen zu finden sind (Abb. 4.91b). Bei der Entwicklung des Fruchtknotens zur Frucht wachsen aus der die Fruchtfächer auskleidenden Haut – aus dem Endokarp – zahlreiche **Emergenzen**, sogenannte Saftschläuche in die Hohlräume ein (Abb. 4.91c, d). Diese prallen Saftschläuche füllen schließlich, sich gegenseitig abplattend, die Fruchtfächer aus und umschließen die Samen. Nur ganz wenig Mesokarpgewebe trennt die Endokarphäute benachbarter Fruchtfächer (Abb. 4.91a). Bei einigen *Citrus*-Arten bildet das die Endokarphaut umgebende Mesokarp bei der Reife ein lockeres faseriges Gewebe, sodass sich die Fruchtsektoren voneinander lösen lassen. In der zentralen Columella verlaufen die aus dem Fruchts蒂el kommenden Leitbündel bis etwa zur Mitte der Frucht, wo sie zu den Plazenten der Samen führen (vgl. Abb. 4.93a). Nur wenn, wie bei den sogenannten **Nabelapfelsinen** (Navel-Orangen), ein zweiter kleinerer, oft unvollkommener Fruchtblattkreis gebildet wird, der wie eine kirschgroße Zweitfrucht an der Spitze der Apfelsine eingebettet ist (Abb. 4.93b), verlaufen die Leitbündel auch im oberen Teil der faserig schwammigen Columella.

Die Fruchtschale reifer Citrusfrüchte besteht mengenmäßig vor allem aus Mesokarpgewebe und weist zwei Farbbereiche auf (Abb. 4.91a). Unter der wachsbefleckten Epidermis (Exokarp) folgt ein dünnes, größtenteils schon zum Mesokarp gehöriges, durch Carotinoide gelb bis orange gefärbtes Gewebe, **Flavedo** genannt. Im Flavedo befinden sich zahlreiche Ölbehälter, die mit artspezifischen ätherischen Ölen gefüllt sind. Der als **Albedo** bezeich-

nete Teil des Mesokarps besteht aus einem bei der Reife relativ trockenen, durch große Interzellularen weißlich erscheinenden Schwammgewebe. Je nach *Citrus*-Art löst sich die aus Exo- und Mesokarp bestehende Schale infolge unterschiedlicher Zerkleinerung der Albedo bei der Reife leicht (Mandarine) oder schwer (Zitrone) vom häutigen Endokarp. Auch der Durchmesser der Schale ist bei den Arten und Sorten unterschiedlich und im Extremfall, wie bei der Pomeranze und Zitronatzitrone, fast größer als der des saftigen Fleisches.

Citrusfrüchte werden vor allem wegen ihres hohen Gehaltes an Vitamin C von 30–50 mg pro 100 g geschätzt (Tab. 4.16). Als weitere charakteristische, ernährungsphysiologisch interessante Inhaltsstoffe sind phenolische Substanzen des Flavanontyps zu nennen, die in glykosylierter Form (z. B. **Naringin**, **Hesperidin**, Abb. 4.92) häufig bitter schmecken. Hesperidin gilt wegen seiner antioxidativen Eigenschaft als Co-Akteur von Vitamin C. Es macht bisweilen mehr als 50 % der antioxidativen Eigenschaften von Säften aus Citrusfrüchten aus. Es wird auch diskutiert, dass Flavanone der Oxidation von Vitamin C entgegenwirken und so dessen Wirksamkeit steigern. Außerdem ist Hesperidin entzündungshemmend und wirkt bei Grippe antiviral. Die gesundheitsförderliche Wirkung von Citrusfrüchten kommt also durch das Zusammenwirken mehrerer Inhaltsstoffe zustande und nicht ausschließlich durch den Gehalt an Vitamin C, der übrigens bei einigen anderen Pflanzen identisch (Erdbeere) oder sogar weitaus höher ist (z. B. Acerola, Weißdorn, Guave, Grünkohl, Rosenkohl).

Citrusgewächse sind kleine Bäume oder Sträucher mit wechselständigen, etwas ledrigen Blättern, deren Blattstiel häufig flügelartig verbreitert ist. Bei fast allen Arten finden sich kurze oder längere Blattdornen, die Metamorphosen eines der beiden Vorblätter eines Seitenorgans darstellen. Die weißen oder rosafarbenen *Citrus*-Blüten (Abb. 4.90) entspringen meist einzeln den Blattachsen. Je fünf Kelch- und Blütenblätter sowie 10 oder 15 Staubblätter umgeben einen Nektar absondernden Gewebewulst (Diskus), dem der oberständige Fruchtknoten mit gestielter Narbe aufsitzt (s. Abb. 4.98a, S. 164). Die Bestäubung erfolgt durch Insekten, erübrigt sich aber bei parthenokarpen Kultursorten, deren Früchte samenlos sind. Die sehr formenreiche Gattung ist infolge vielfältiger Kreuzungen und Mutationen systematisch schwer zu gliedern. Die wichtigsten Formen und Arten sind im Folgenden kurz geschildert.

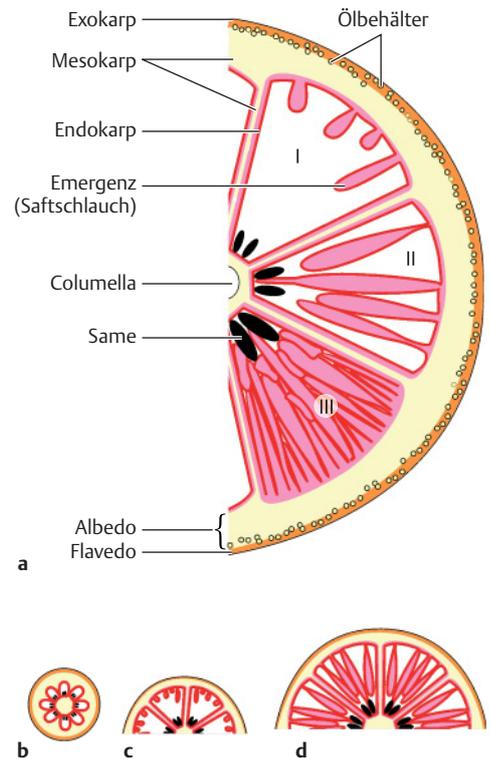


Abb. 4.91 Citrusfrucht. Bei der Frucht handelt es sich um eine Endokarbbeere. **a** Stark schematisierte Darstellung der Entstehung des Fruchtfleisches aus Emergenzen des Endokarps (rot) in drei Phasen I–III. **b** Fruchtknoten mit Samenanlagen. **c, d** Fruchtentwicklung. In den Abbildungen **b–d** sind die Größenverhältnisse berücksichtigt.

Tab. 4.16 Inhaltsstoffe von Citrusfrüchten in 100 g essbarem Anteil
(nach Souci et al 1994)

Bestandteile	Apfelsine	Mandarine	Grapefruit	Zitrone
Wasser (g)	85,7	86,7	89,0	90,2
Eiweiß (g)	1,0	0,7	0,6	0,7
Fett (g)	0,2	0,3	0,15	0,6
Kohlenhydrate (g)	8,25	10,1	7,41	3,16
Ballaststoffe (g)	1,60	1,70	1,60	0,9 R
Mineralstoffe (g)	0,48	0,7	0,35	0,5
Organische Säuren (g)	1,13	–	1,48	4,88
Vitamine				
Vitamin B ₁ (mg)	0,079	0,06	0,048	0,051
Vitamin B ₂ (mg)	0,042	0,03	0,024	0,02
Nicotinamid (mg)	0,30	0,20	0,24	0,17
Vitamin C (mg)	49,4	30,0	44,0	50,7

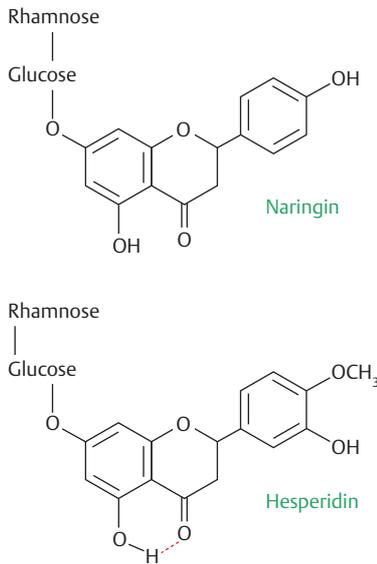


Abb. 4.92 Phenolische Inhaltsstoffe von Citrusfrüchten.

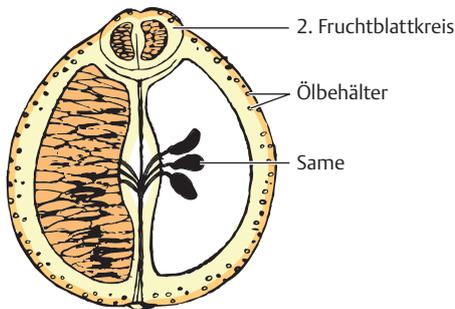
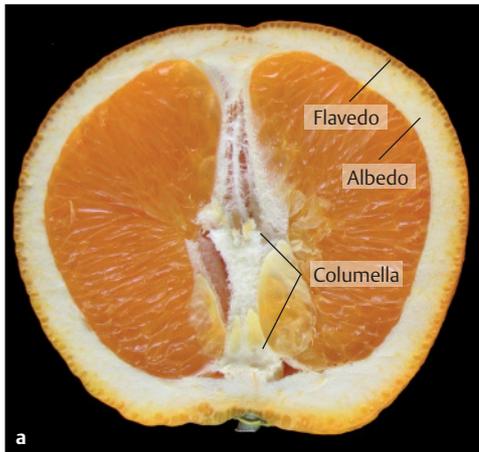


Abb. 4.93 Apfelsine (*Citrus sinensis*). a Längsschnitt. b Schematischer Längsschnitt durch eine Nabelapfelsine.

Apfelsine, *Citrus sinensis* (L.) OSBECK

Orange; syn. *C. aurantium* LOUR ssp. *sinensis* ENGLER; engl. u. franz. orange, span. naranjo dulce, ital. arancio dolce
Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae
verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endocarps

Herkunft. Der aus China stammende „Chinaapfel“ ist dort seit 2000 v. Chr. nachweislich genutzt worden. Die Art breitete sich über Indien schon früh nach Babylonien aus und soll um 800 v. Chr. die hängenden Gärten der Semiramis geschmückt haben. Gartenfreudige Fürsten kultivierten die immergrünen, im 15. Jh. nach Europa gelangten Pflanzen in Kübeln als Zierde, vor allem im Barockzeitalter, und ließen sie in den Gewächshauskomplexen der Schlösser, den Orangerien, anbauen und pflegen. Allerdings hegte man vorzugsweise die Pomeranze (S. 163), die als Duftspender beliebt war. Orangenkulturen wurden erst Ende des 18. Jh. in Spanien angelegt. Doch bedurfte es der modernen Transportmittel, um die Apfelsinen zu einer bedeutenden Exportfrucht werden zu lassen.

Anbau, Standortansprüche. *Citrus*-Arten brauchen für eine gesunde Entwicklung und gute Produktion generell sonnige Standorte. Eine durchgängig gute Wasserversorgung muss durch gleichmäßig übers Jahr verteilte Niederschläge von insgesamt 1200–2000 mm oder durch Bewässerung sichergestellt sein. Nur in der kältebedingten dormanten Phase (z. B. im mediterranen Winter) und im Endstadium der Fruchtentwicklung werden längere Trockenperioden (bis zwei Monate) schadlos überdauert. Kurze Kälteperioden bis zu -2°C werden nach einer vorangegangenen Härtungsphase nicht nur gut überstanden, sie fördern auch die Anlage von Blütenknospen. Sinkende Temperaturen bei der Fruchtreife verbessern die Qualität des Erntegutes. Kälte- und Trockentoleranz aber auch die Krankheitsresistenz von *Citrus*-Bäumen können durch die Verwendung verschiedener Pfropfunterlagen (z. B. *Poncirus trifoliata*) verbessert werden. Da alle *Citrus*-Arten sehr anfällig gegen zahlreiche Krankheitserreger und Schädlinge sind, ist der Aufwand für Pflanzenschutzmaßnahmen in *Citrus*-Kulturen allgemein sehr hoch.

Verarbeitung, Produkte. Wegen der hohen Anfälligkeit werden Früchte, die für den Export bestimmt sind, mit großer Sorgfalt von Hand geerntet, da Verletzungen Eintrittsorte für (Schimmel-)Pilze darstellen. Binnen kurzem können Pilze auf Citrusfrüchten einen solchen Infektionsdruck ausüben, dass sie sich rasch über unverletzte Früchte ausbreiten und so ganze Chargen vernichten. Für die Herstellung von Saft oder Saftkonzentraten – letztere sind wegen der reduzierten Transportkosten für den wachsenden transkontinentalen Handel von zentraler Bedeutung – wird jedoch ohne besondere Vorsicht und auch maschinell geerntet, weil die Früchte direkt nach der Ernte weiterverarbeitet werden. Die bei der Safterstellung anfallenden Schalen (Albedo und Flavedo) werden zur Gewinnung von ätherischen Ölen, von Pectin oder als Viehfutter verwendet.

Apfelsinen (Abb. 4.93) kommen in zahlreichen Sorten auf den Markt und werden aus den Subtropen der ganzen Welt angeliefert. Neben runden gibt es ovale Formen, die besonders großen, in Israel angebauten **Jaffa-Apfelsinen** und die **Nabelapfelsinen** („Navelinas“, Navel-Orangen) mit einem zweiten, kleineren Fruchtblattkreis (Abb. 4.93b). Manche als **Blutapfelsinen** bezeichnete Sorten enthalten wasserlösliche Anthocyane im Fruchtfleisch. Die ernährungsphysiologisch relevanten Inhaltsstoffe sind im Vergleich der gängigsten *Citrus*-Arten in Tabelle 4.16 aufgeführt. Ein erheblicher Teil der Apfelsinenernte wird zu Saft verarbeitet. Die Produktion (Tab. 6.38 im Anhang) wuchs von 12 Mio. t im Jahr 1948/52 auf heute fast 70 Mill. t bei Erträgen in den Haupterzeugerländern zwischen 7,5 und maximal 38 t/ha (Weltmittel: 17 t/ha).



Abb. 4.94 Mandarine (*Citrus deliciosa*). a Bestand. b Früchte.

Mandarine, *Citrus deliciosa* TEN.

syn. *C. nobilis* LOUR. var. *deliciosa*; engl. tangerine, franz. mandarine, ital. mandrino, span. mandarina
 Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae
 verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endokarps

Biologie. Diese Art, deren Entstehung im Mittelmeergebiet vermutet wird und die vielleicht von *C. reticulata* BLANCO aus Südostasien abstammt, tritt in zahlreichen Sorten auf. Allen gemeinsam ist im Vergleich zur Apfelsine der etwas kleinere Wuchs und die geringere Größe der orangeroten bis roten Früchte (Abb. 4.94). Ihre Schale lässt sich sehr leicht lösen.

Verarbeitung, Produkte. Das Fleisch ist sehr süß und enthält weniger Säuren (Tab. 4.16). Die eigentliche, heute weltweit angebaute Mandarine weist sehr zahlreiche Kerne (Samen) auf, während die leuchtendroten **Satsumas** (in der japanischen Provinz Satsuma gezüchtet) parthenokarp entstehen, also kernlos sind. Botanisch werden Satsumas als *C. unshiu* MARC. klassifiziert und im Mittelmeerraum sowie in den USA kultiviert. Als **Tangerine** (*C. tangerina* hort. ex TANAKA) im engeren Sinne wird die Sorte mit den kleinsten Früchten bezeichnet, die vielfach als Dosenobst im Handel ist. Die samenlose **Clementine** (*C. clementina* hort. ex TANAKA), 1912 zufällig bei Oran in Algerien entdeckt, wird als Abkömmling eines Hybrids aus *C. deliciosa* und *C. aurantium* (Bitterorange, s. u.) angesehen. Sie schmeckt sehr süß, reift früher als die Mandarine und erscheint schon im November auf dem Markt. Die Produktion aller Mandarinsorten ist in Tabelle 6.39 im Anhang aufgeführt. Die Erträge belaufen sich in den Haupterzeugerländer auf 7,5–36 t/ha (Weltmittel: 11 t/ha).

Grapefruit, *Citrus × paradisi* MACF.

syn. *C. decumana* L. var. *racemosa* ROEM., Hybrid aus *C. maxima* × *C. sinensis*; franz. pamplemousse, ital. u. span. pomelo
 Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae
 verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endokarps

Herkunft. Um 1750 soll die Grapefruit aus einer Kreuzung zwischen Pampelmuse und Apfelsine auf den Westindischen Inseln entstanden sein. Ihr Anbau für Handelszwecke begann erst 1880 in Florida, dehnte sich aber inzwischen weltweit aus, hauptsächlich in den Südstaaten der USA und zunehmend in Israel und Südafrika.

Box 4.14 Grapefruit interagiert mit Medikamenten

Grapefruits enthalten mit 10–80 mg/100 g recht hohe Mengen des bitter schmeckenden Naringins (Abb. 4.92), das in Orangen oder Zitronen nur in Spuren zu finden ist. Im Darm wird Naringin durch Abspaltung des Zuckerrestes zu Naringenin, das inhibitorisch auf das Enzym Cytochrom P₄₅₀ 3A4 wirkt. Dieses Enzym hat ein sehr breites Substratspektrum und ist am Abbau vieler körperfremder Stoffe beteiligt, darunter auch Arzneistoffe. Neben Wirkstoffen, die so inaktiviert werden, gibt es auch solche, die durch das Enzym erst in eine aktive Form überführt werden. Daher kann Grapefruitgenuss durch die Inhibierung des Enzyms Cytochrom P₄₅₀ 3A4 die Dosiswirkung mancher Medikamente in die eine oder andere Richtung beeinträchtigen.

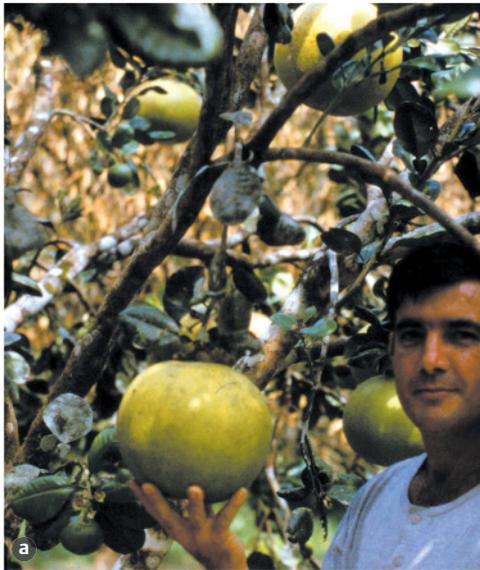


Abb. 4.95 Pampelmuse (*Citrus maxima*).



Abb. 4.96 Zitrone (*Citrus limon*).

Biologie. Die oft fälschlich als Pampelmuse (*C. maxima*) bezeichnete Grapefruit ist erheblich größer als die Apfelsine, besitzt eine plattrunde Form und häufig eine zitronengelbe Schale. Die bis zu 10 m hohen Bäume gedeihen nur in den Subtropen.

Es gibt rosafleischige Sorten, deren Farbe auf dem Carotinoid Lycopin beruht.

Verarbeitung, Produkte. Das sehr saftige, säuerliche und infolge des hohen Gehaltes an dem Flavanoglykosid **Naringin** bitterliche Fleisch bestreut man mit Zucker und löffelt es aus der Frucht. Daneben ist die Verarbeitung zu Saft sehr bedeutsam. Über die Inhaltsstoffe gibt Tabelle 4.16 Auskunft. Bei der Ernte von Grapefruit (Tab. 6.40 im Anhang) sind in den letzten Jahren Erträge von 10–60 t/ha zu verzeichnen (Weltmittel: 26 t/ha).

Pampelmuse, *Citrus maxima* (BURM.) MERR.

syn. *C. grandis* (L.) OSBECK; engl. shaddock, pomelo, franz. pamplemousse, span. toronja

Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae

verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endocarps

Unter allen *Citrus*-Arten ragt die in Südostasien wild und kultiviert vorkommende Pampelmuse durch die Größe ihrer Früchte heraus mit einem Durchmesser bis 25 cm und einem Gewicht von 2–6 kg (Abb. 4.95). Sie besitzt eine 2–3 cm dicke gelbe bis grünliche Schale und ein faseriges, durch **Naringin** (s. auch S. 159) sehr bitter schmeckendes Fruchtfleisch, dessen Saft zur Herstellung von Bittergetränken genutzt wird.

Zitrone, *Citrus limon* (L.) BURM. F.

Sauerzitrone; syn. *C. medica* L. var. *limon* L.; engl. lemon, franz. citron, ital. limone, span. limon

Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae

verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endocarps

Den Chinesen war die Zitrone schon 500 v. Chr. bekannt. Durch die Araber kam sie um 1000–1200 n. Chr. nach Europa. Heute wird sie im Mittelmeergebiet, in Asien, auch in Süd-, Mittel- und im südlichen Nordamerika angebaut.

Ihre rosa behauchten, wohlduftenden Blüten treten das ganze Jahr über an den 3–6 m hohen Bäumen neben unreifen und reifen Früchten auf, die durch eine kegelig vorspringende Spitze gekennzeichnet sind (Abb. 4.96). Das saftige Fruchtfleisch enthält zu 3,5–7 % die nach der Pflanze benannte Zitronensäure und viel Vitamin C (Tab. 4.16, S. 159). Die Erträge schwanken zwischen 20 und 50 t/ha. Über die Produktion von Zitronen, Limetten und ähnlichen sauren Citrusfrüchten, wobei die Zitronen überwiegen, informiert Tabelle 6.41 im Anhang.

Saure Limette, *Citrus aurantiifolia* (CHRISTM. et PANZ.) SWINGLE

engl. lime, franz. limette acide, ital. u. span. lima, port. limão

Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae

verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endocarps

Die aus Südasien stammende Saure Limette (bisweilen Limone genannt) wächst strauchig und bringt mandarinengroße, grüne, dünnschalige Früch-

te hervor. Die Form der Früchte kann als Mittelding zwischen Zitrone und Orange beschrieben werden (Abb. 4.97). Die Saure Limette wird vorzugsweise im engeren Tropengebiet Amerikas, Afrikas und Asiens kultiviert. Der Saft ist aromatischer als Zitronensaft und wird für Limonaden, Fruchtsirups und zur Gewinnung von Zitronensäure ausgepresst. Ganze Früchte in Stücke geschnitten und mit Zucker zerdrückt finden in Cocktails Verwendung (z. B. Caipirinha), wobei auch die ätherischen Öle aus der Schale das Getränk aromatisieren.

Hier sei auch die **Süße Limette** (*C. limetta* RISSO; engl. Sweet Lime) aus dem tropischen Asien erwähnt, die besonders in Mittel- und Südamerika angebaut wird. Sie besitzt kleine kugelige Früchte mit grüngelber, kleinporiger, sehr dünner Schale und grünlich-weißem Fleisch. Ganze Früchte werden, wie auch die Saure Limette, in Cocktails verwendet. Der süßsäuerliche, sehr würzig schmeckende Limettensaft lässt sich zu Fruchtsirup verarbeiten und für Erfrischungsgetränke einsetzen.

Zitronatzitrone, *Citrus medica* L.

engl. citron, franz. cedrat, ital. cedro, span. cidra
 Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae
 verwendete Pflanzenteile: Mesokarp

In Gestalt und Farbe der Zitrone ähnlich, unterscheidet sich die größere, in Indien beheimatete Zitronatzitrone vor allem durch die sehr dicke, warzig-runzlige Fruchtschale. Diese ist wegen ihres Gehaltes an spezifischen ätherischen Ölen der hauptsächlich genutzte Teil, während das gering ausgebildete Fruchtfleisch allenfalls zur Saft- und Marmeladenherstellung dient. Das Mesokarp noch nicht gelbreifer halbiertes Früchte wird zunächst in Salzwasser und, wenn es glasig erscheint, in Zuckersirup eingelegt. So kandierte Fruchtschalen, Zitronat oder Sukkade genannt, würzen, in Würfel geschnitten, verschiedene Backwaren. Hauptproduzenten der Früchte dieses nur 3 m hohen Baumes sind Sizilien, Griechenland und Korsika.

Bitterorange, *Citrus aurantium* L.

Pomeranze; syn. *C. aurantium* subsp. *amara* ENGL.; engl. seville, franz. bigarade, ital. arancia amaro
 Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae
 verwendete Pflanzenteile: Saftschläuche des Endokarps und Mesokarp

Die aus Nordindien stammende Pomeranze wurde bei uns hauptsächlich in den Orangerien gehalten, da sie wenig kälteempfindlich ist. Sie dient vielfach als Unterlage zur Pfropfung von Edelreisern anderer *Citrus*-Arten. Ihre runden, dunkelorange-farbenen kleinen Früchte weisen eine stark grubig-strukturierte, sehr dicke Schale auf. Das Fleisch schmeckt bitter und ist kaum zum Rohgenuss geeignet. Dagegen liefern sie, in Streifen geschnitten und mit Zucker eingekocht, die hervorragende, besonders in England beliebte Orangenmarmelade, die nicht etwa aus Apfelsinen bereitet wird. Ferner wird das Mesokarp wie beim Zitronat kandiert und so zu „Orangeat“ als Backzutat verarbeitet. Außerdem spielt das ätherische Öl der Blüten und Früchte, wie übrigens bei fast allen *Citrus*-Arten, eine wichtige Rolle als Parfümkomponente. Hauptproduzenten der Pomeranzen sind Spanien, Sizilien, Indien, Südafrika und Westindien.

Die kleine **Chinotte** aus China (*C. myrtifolia* RAF.; syn. *C. aurantium* var. *pumila*) wird mit ihrer sehr bitteren Schale zur Aromatisierung der in Ita-



Abb. 4.97 Saure Limette (*Citrus aurantiifolia*).

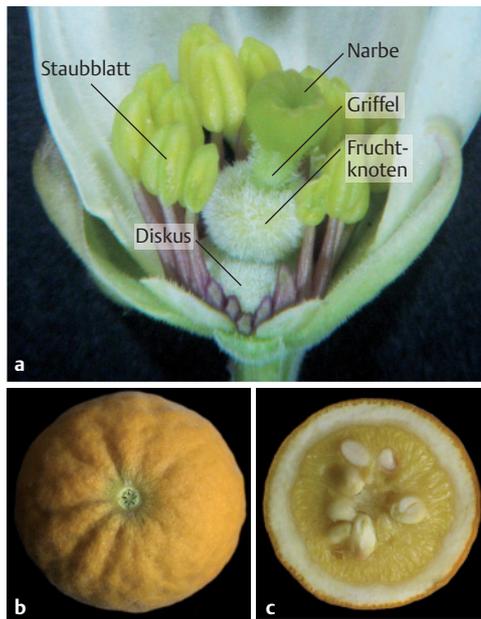


Abb. 4.98 Dreiblättrige Bitterorange (*Poncirus trifoliata*). a Geöffnete junge Blüte. b Frucht. c Querschnitt durch die Frucht.

4.4

lien beliebten Bitterlimonade „Chinotto“ und zur Gewinnung des Chinottoöles genutzt. Auch bei der **Bergamotte** (*C. bergamia* RISSO et POLT.; syn. *C. aurantium* [RISSO] var. *bergamia* WIGHT et ARN.) liefert die Schale der kleinen blassgelben Früchte das bräunlichgelbe, ätherische Bergamottöl für Parfüme, Haarwasser und Kölnisch Wasser sowie zur Aromatisierung von Schwarzem Tee („Earl Grey“) und Curaçao-Likör. Sie wird z. B. in Kalabrien und Sizilien angebaut.

Neben den genannten *Citrus*-Arten gibt es noch einige Hybridformen. Die mittelgroßen, in Florida gezüchteten **Tangelos** sind eine Kreuzung aus Tangerine und Grapefruit. Sie schmecken süß und zugleich angenehm schwach bitter und erfrischend, eignen sich jedoch wegen der dünnen Schale nicht zum Transport. Die **Chironjas** sind eine Zufallskreuzung zwischen der aus China stammenden Apfelsine (daher die Silbe „Chi“) und der Pampelmuse (span. Toronja) und wurden 1956 auf Puerto Rico entdeckt. Ihre Früchte sind groß und glänzend gelb, die 5–8 mm dicke Schale lässt sich leicht ablösen, und das saftige Fleisch soll weder die starke Säure der Apfelsine noch die Bitterkeit des anderen Elter aufweisen. **Citrangen** sind durch Kreuzung von *C. sinensis* mit dem Pollen der dornigen, bedingt winterharten und als Zierstrauch gepflanzten **Dreiblättrigen Bitterorange** (*Poncirus trifoliata* (L.) RAF.; syn. *C. trifoliata* L.; Abb. 4.98) entstanden. Sie eignen sich als Unterlage für Pfropfungen von *Citrus*-Kultursorten, doch sind die Früchte einiger Sorten in Spanien des Geschmackes wegen beliebt.

Kumquat, *Fortunella margarita* (LOM.) SWINGLE

Zwergpomeranze; syn. *Citrus margarita* LOUR.; engl. oval kumquat, ital. u. span. kumquat
 Ordnung: Sapindales, Familie: Rutaceae
 verwendete Pflanzenteile: Mesokarp

Kumquats wurden früher zur Gattung *Citrus* gerechnet. Der kleine strauchartige Baum erzeugt Früchte von der Gestalt und der Größe einer Pflaume, die in Farbe und Anatomie der Apfelsine gleichen, aber nur fünf Fruchtsektoren, also fünf Fruchtblätter aufweisen. Die orangefarbene Schale ist ihres Aromas wegen der eigentliche Genuss bringende Teil der Frucht, während die Saftschläuche des Endokarps sehr bitter sind. Kumquats werden gern als Verzierung auf kalten Platten beigelegt oder süß eingemacht und zu Marmelade verarbeitet. Die wenig kälteempfindlichen Pflanzen gedeihen vor allem in China und Japan, wo auch die **Marumi-Kumquat** (*F. japonica* (THUNB.) SWINGLE) wächst. Die **Limequat** (*F. margarita* × *Citrus aurantiifolia*) besitzt rundliche Früchte von Kumquatgröße und wird wie diese mitsamt der dünnen grünlich-gelben Schale genossen.

Obst- und Mehlbanane, *Musa* × *paradisica* L.

engl. banana, plantain, franz. banane, plantain, span. banana, plátano
 Ordnung: Zingiberales, Familie: Musaceae
 verwendete Pflanzenteile: Meso- und Endokarp

Unter dem Beerenobst nimmt die Banane die Stelle einer Weltwirtschaftspflanze ein (Tab. 4.15, S. 158). Essbare Bananen stammen von den Wildarten *M. acuminata* COLLA (Genom AA) oder *M. balbisiana* COLLA (Genom BB) oder von beiden ab. Die Obst- und Mehlbananen sind samenlose, zumeist triploide Cultivare, auf die der Speziesbegriff nicht anwendbar ist.

Box 4.15 Pilzkrankungen bei Bananenpflanzen

Der Komplex *Musa* × *paradisica* spaltet sich in zahlreiche Cultivare (= Sorten) und Subcultivare. „Gros Michel“ war bis in die 1950er-Jahre die meistkultivierte Obstbananensorte. Da sie anfällig für die **Panamakrankheit** ist, eine um 1900 aufgetretene Welkekrankheit (verursacht durch den Pilz *Fusarium oxysporum* f. *cubense* [SMITH] SNYDER et HANSEN), musste die Sorte vielerorts durch andere, weniger anfällige Cultivare wie „Cavendish“, „Robusta“ und „Lacatan“ ersetzt werden. Kulturen dieser Sorten werden nun durch eine erstmals 1963 auf den Fiji-Inseln aufgetretene **Blattfleckenkrankheit** massiv bedroht. Diese als **Schwarze**

Sigatoka bezeichnete Krankheit, die bei befallenen Pflanzen meist zu 100%igem Ernteausfall führt, wird durch den pilzlichen Erreger *Paracercospora fijiensis* var. *difformis* (MULDER et STOVER) DEIGHTON verursacht.

Da wegen der Sterilität der Bananenpflanzen deren Genom seit mehreren 1000 Jahren quasi unverändert blieb und klassische Züchtungsmethoden kaum angewendet werden können, setzt man große Hoffnungen auf gentechnische Methoden zur Bildung von Resistenzen gegen Pilze, Viren und Nematoden.

Der Cultivarkomplex der Kulturbananen wird daher mit der Bezeichnung *Musa* × *paradisica* belegt. Die wichtigsten Obstbananen haben die genetische Konstitution AAA (z. B. die Cultivare „Gros Michel“, „Cavendish“). Die meisten Kochbananen (s. u.) sind Hybride der Form AAB, ABB oder BBB. Die Bananencultivare sind unterschiedlich anfällig gegenüber verschiedenen Erkrankungen. Insbesondere die Panamakrankheit und eine als Schwarze Sigatoka bezeichnete Blattfleckenkrankheit setzen den Beständen zu (Box 4.15).

Herkunft. Bananen sind schon in vorgeschichtlicher Zeit vom Menschen genutzt worden. Als Urheimat wird Südostasien angesehen (Malaysien, Indonesien, Philippinen, Borneo, Papua Neu Guinea). Schon im 1. Jahrtausend v. Chr. kam die Banane nach Afrika. Um 1500 n. Chr. erreichte sie die Kanarischen Inseln. Von dem Chronisten Gonzalo Fernández de Oviedo (1478–1557) ist überliefert, dass die Banane 1516 von dort nach Santo Domingo und 1535 nach Peru eingeführt wurde. Aufgrund der einfachen Kultivierbarkeit, der guten Erträge und wegen ihres hohen Nährwertes wurde die Banane von der indigenen Bevölkerung sehr schnell über die gesamten Neotropen verbreitet. Seit Kühlschiffe die Früchte aus den Tropen zügig in die gemäßigten Breiten transportieren, nimmt die wirtschaftliche Bedeutung der Banane stark zu.

Biologie. Morphologisch ist die Bananenpflanze eine 5–9 m hohe Staude, die aus einem knolligen Rhizom heraus mit steifen Blattscheiden (Unterblättern) einen hohlen Scheinstamm bildet (s. Abb. 2.16, S. 24), während die flachen Spreiten (Oberblätter) zu einem Schopf ausgebreitet sind. Die später oft vom Wind zerschlitzen Spreiten können 4–6 m lang und bis zu 1 m breit werden. Der in Bodennähe befindliche Scheitel der stark gestauchten Sprossachse streckt sich erst nach 9–12 Monaten vegetativer Entwicklung durch den Scheinstamm hindurch und erzeugt in der Mitte des Blattschopfes eine mächtige, bald herabhängende terminale Infloreszenz (Abb. 4.99). Diese trägt in dichter Folge bläulich-braunrote Tragblätter (Brakteen), die sich von der Basis her nach und nach entfalten und später abfallen. In den Achseln einer Braktee stehen zwei Reihen kollateraler Beiknospen (s. Abb. 2.14, S. 22), aus denen Blüten hervorgehen.

Die ersten 10–12 Brakteen an der Basis der Infloreszenz tragen je 14–18 rein weibliche Blüten, deren unterständige Fruchtknoten sich ohne Bestäubung parthenokarp zu den fingerförmigen Früchten entwickeln (Abb. 4.100b). Die spitzwärts folgenden 10–12 Tragblätter enthalten ebensoviele zwittrige Blüten, deren Fruchtknoten sich jedoch nicht zu Früchten entwickeln. Die danach austreibenden Tragblätter bringen in ihren Achseln stets männliche Blüten hervor (Abb. 4.100a). Sowohl die männlichen als auch die weiblichen Blüten der Kulturbananen sind durchweg steril.

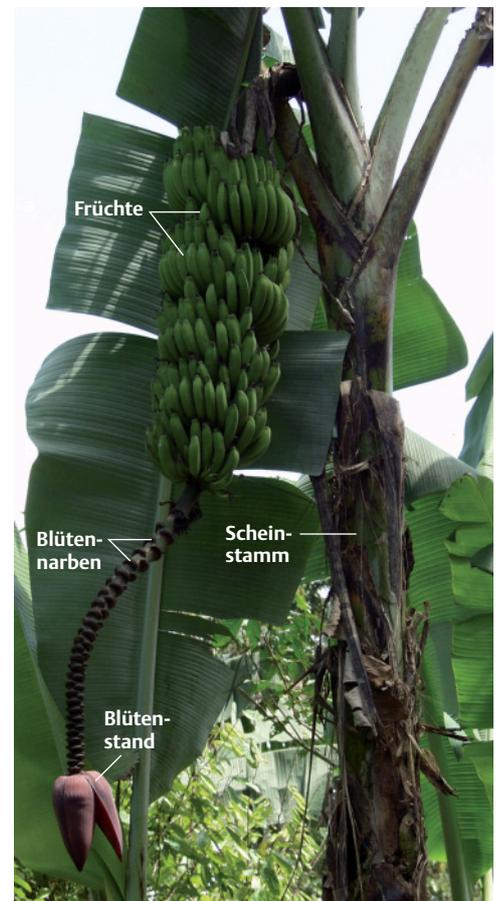
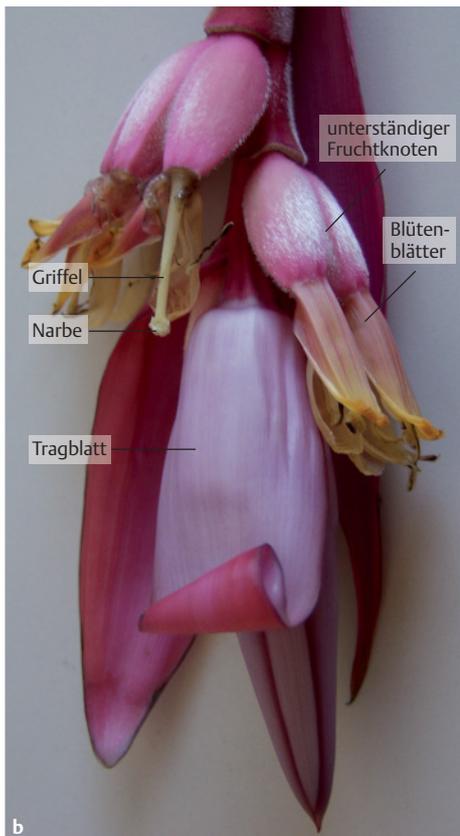
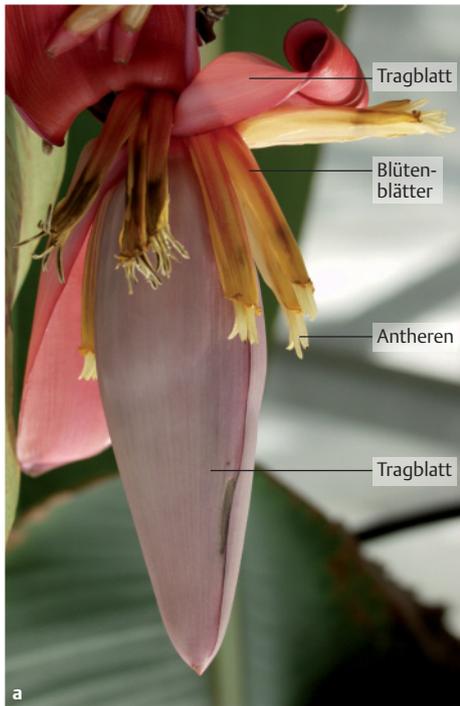


Abb. 4.99 Bananenpflanze (*Musa* × *paradisica*) kurz vor dem entwicklungsbedingten Absterben. Oberhalb des Blütenstandes erkennt man Narben abgefallener Teilblütenstände.



Die in drei Monaten heranreifenden Früchte sind kenokarp, d.h. sie besitzen keine Samen, sondern nur schwärzliche Rudimente der Samenanlagen. Die Früchte sind fünfkantige (bei Vollreife runde), aus drei Fruchtblättern synkarp verwachsene, unterständige Beeren. Die Fruchtpulpa aus Meso- und Endokarp füllt die drei Fruchtfächer aus und umgibt die zentralwinkelständige Samenrudimente (Abb. 4.101). Die Fruchtschale, aus Blütenbodengewebe und Exokarp gebildet, ist 2–8 mm dick und von vielen Faserbündeln durchzogen, die das Abziehen der Schale ohne Zerreißen ermöglichen. Sie ist ferner von leitbündelbegleitenden, milchröhrenartigen Gerbstoffschläuchen durchsetzt, die auch Kautschuktröpfchen enthalten. Die innersten Gewebeschichten der Schale an der Grenze zur Pulpa sind faserreich, sodass sich die Schale leicht von der Pulpa lösen lässt. Nach der Fruchtreife sterben die oberirdischen Organe der Staude ab (Abb. 4.99a), doch bleiben die schon vor der Blühreife aus den Achseln der Blattbasen am Rhizom hervorgegangenen Schösslinge erhalten und sichern die vegetative Vermehrung der Pflanze.

Anbau, Standortansprüche. Bananenpflanzen verlangen gleichmäßige Wasserversorgung durch ausgewogen über das Jahr verteilte Niederschläge zwischen 1200 und 2000 mm oder eine entsprechende Bewässerung. Die meisten für den Export bestimmten Bananen werden auf Schwemmlandböden produziert, da die Pflanzen für gutes Wachstum auf solch nährstoffreiche, tiefgründige Böden angewiesen sind. Das Temperaturoptimum liegt bei 27 °C. Länger anhaltende Kälteeinbrüche von unter 10 °C schädigen die Stauden, Frost vernichtet sie. Bananen gedeihen am besten in vollem Sonnenlicht. Häufige Bewölkung, wie sie z. B. in den feuchten Tropen vorkommt, führt zu Produktionseinbußen.

Zur Neuanlage von Pflanzungen verwendet man 5–7 Monate alte Rhizomschösslinge, die gerade in der Infloreszenzbildung stehen. Sie werden zuerst auf ca. 30 cm geköpft und die Infloreszenzanlagen auf diese Weise abgeschnitten. Anschließend schlägt man sie vom Mutterrhizom ab. Sie bewurzeln bald und erzeugen neue Schösslinge, von denen man den am stärksten durchwachsenden stehen lässt und die anderen entfernt. Die Selbstverjüngung durch Schösslinge ermöglicht Dauerkulturen von 15–20 Jahren.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Das Fruchtfleisch der Obstbanane, anfangs fest und stärkehaltig, wird bei der Reife durch Spaltung der Stärke in Zuckermoleküle süß. Man erntet die Früchte der Obstbananen im grünen vorreifen Zustand. Meist wird das Reifestadium anhand des Querschnittsumfanges der Früchte bestimmt, die zum optimalen Erntezeitpunkt 75 % ihres maximalen Umfangs erreicht haben und noch kantig sind (an der Pflanze ausgereifte Bananen sind im Querschnitt rund). Die Früchte können im vorreifen Zustand durch niedrige Temperaturen und bisweilen durch erhöhte CO₂- und verringerte O₂-Gehalte der Umgebungsluft über Wochen transport- und lagerfähig gehalten werden. Im Einfuhrland werden die Bananen in Speziallagerhäusern mit regulierbaren Gas-, Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen zur Nachreife aufbewahrt und auf Abruf durch Begasung mit dem natürlichen Phytohormon **Ethen** (= Ethylen) zur Reife gebracht. Eine reife Banane ist gelb mit Reihen brauner Punkte und hat eine ideale Süße und das volle Aroma entwickelt. Am Bananenaroma sind über 350 Substanzen beteiligt, unter denen die sogenannten **Bananenester** in der

Abb. 4.100 Blüten von *Musa spec.* (nicht *Musa* × *paradisiaca*). **a** Blütenstand mit männlichen Blüten. **b** Blütenstand mit weiblichen Blüten.

sensorischen Wirkung dominieren. Bei diesen Estern handelt es sich um eine Untergruppierung der **Fruchtester**, worunter allgemein aromagebende Ester kurz- bis mittelkettiger Carbonsäuren und Alkohole zusammengefasst werden. Neben leicht verdaulichen Kohlenhydraten und Vitaminen (Tab. 4.17) findet sich ein sehr hoher Kaliumgehalt (ca. 0,5 g pro 100 g essbarem Anteil). Bemerkenswert ist, dass in Bananen die Neurotransmitter **Serotonin** (7,7 mg/100 g) und **Dopamin** (65 mg/100 g) enthalten sind.

Außer zum Export und Frischverzehr werden in vielen Erzeugerländern Trocken- und Feigenbananen hergestellt. Dazu schält man gelbreife Früchte und dörft sie bei 60 °C, bis sie lederbraun gefärbt sind. Daneben dient die Banane auch zur Erzeugung von alkoholhaltigem „Bananenbier“. Hierzu werden gedämpfte Bananen mit viel Wasser durchgeknetet. Die abgeseigte Flüssigkeit lässt man über mehrere Tage mit natürlicher Hefe gären. Bananenblätter schließlich werden für vielerlei Zwecke wie zum Dachdecken und Verpacken genutzt. In Zukunft könnten Bananen im Zuge des sogenannten **Phytopharming** (Box 4.16) auch als Träger „essbarer Impfstoffe“ eingesetzt werden.

Die Erträge schwanken erheblich, zwischen 1 und 50 t/ha. Die fünf wichtigsten Exportländer für Obstbananen waren im Jahr 2009 Ecuador, Kolumbien, die Philippinen, Costa Rica und Guatemala. In den Hauptanbaugebieten Indien und China werden Bananen vor allem für den Bedarf im eigenen Land produziert. Über die Produktion der Obstbananen gibt Tabelle 6.42 im Anhang Auskunft.

Zu den **Mehl-, Stärke-** oder **Kochbananen** gehören Sorten, deren Stärke bei der Reife nicht zu Zucker abgebaut wird und die vorreif geerntet und bis zum Gelbwerden gelagert werden. Trotz größerer, bis 50 cm langer Früchte, werden bislang deutlich geringere Erträge als mit Obstbananen erzielt. Das Fruchtfleisch wird in den Erzeugerländern gekocht, gebraten, geröstet oder zu Brei zerstampft gegessen und liefert vielerorts in den Tropen eine wichtige Kohlenhydratbasis der täglichen Nahrung, häufig in Ergänzung zu Maniok, Batate, Kartoffel und Getreideerzeugnissen. Auch ein Bananenmehl wird gewonnen, indem man das Fruchtfleisch auf 15 % Wassergehalt trocknet und mahlt. In Wasser oder Milch suspendiert dient es hierzulande z. B. zur Bereitung von Diätkost oder es wird zur Brotherstellung anderem Mehl

Tab. 4.17 Inhaltsstoffe von tropischen Beeren in 100 g essbarem Anteil (Mittelwerte) (nach Souci et al 1994)

Bestandteile	Honig-melone	Wasser-melone	Banane	Dattel (getrocknet)
Wasser (g)	85,4	90,3	73,9	20,2
Eiweiß (g)	0,9	0,6	1,15	1,85
Fett (g)	0,1	0,2	0,18	0,53
Kohlenhydrate (g)	12,4	8,29	20,03	65,07
Ballaststoffe (g)	0,73	0,22	1,82	8,70
Mineralstoffe (g)	0,40	0,40	0,83	1,82
Vitamine				
β-Carotin (mg)	4,7	0,25	0,03	0,15
Vitamin B ₁ (mg)	0,060	0,045	0,044	0,036
Vitamin B ₂ (mg)	0,020	0,050	0,057	0,073
Nicotinamid (mg)	0,60	0,15	0,65	1,9
Vitamin C (mg)	32,0	6,0	12,0	3,0

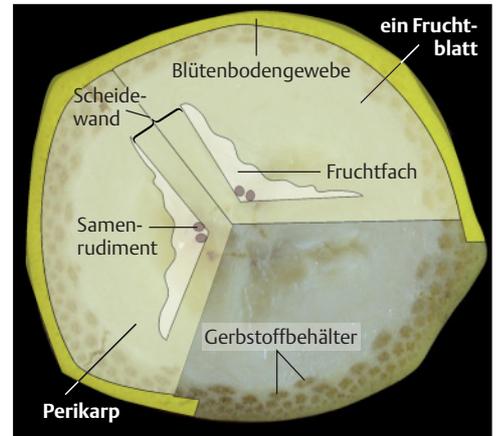


Abb. 4.101 Querschnitt einer Bananenfrucht. Die Zugehörigkeit der Gewebe ist schematisch angedeutet.

Box 4.16 Banane und Phytopharming

Der Begriff Phytopharming steht für die Produktion von pharmazeutisch wirksamen Substanzen in Pflanzen. In Laborexperimenten wurden z. B. in Bananenpflanzen durch Gentransfer erfolgreich Impfstoffe, nämlich Oberflächenantigene des Hepatitis-B-Virus, eingebracht (Kumar et al. 2005). Hinter diesem biotechnologischen Ansatz steht die Idee, durch vaccinsynthetisierende Nahrungspflanzen breite Bevölkerungsschichten vor allem in armen Ländern gegen häufige Krankheiten auf einfachem Wege zu immunisieren. Daneben gibt es auch Bestrebungen, Bananen mit Genen zur Produktion von Antikörpern z. B. gegen Erreger von grassierenden Durchfallerkrankungen auszustatten. Es wurde auch schon diskutiert, ob sich in Regionen mit drohender Überbevölkerung Nahrungspflanzen mit kontrazeptiven Inhaltsstoffen als Mittel zur Kontrolle des Bevölkerungswachstums einsetzen ließen. Neben grundsätzlichen ethischen Bedenken vor allem auch angesichts einer möglichen „autoritären“ Medikation ohne Einwilligung der Betroffenen mahnen Kritiker an, dass eine äußerliche Differenzierung zwischen Nahrungspflanzen mit und ohne pharmazeutischen Wirkstoff nicht möglich sei. In der Folge kann auf lange Sicht deren Durchmischung nicht mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Bislang befinden sich die Phytopharming-Ansätze noch im Experimentalstadium.

Pflanzen und pflanzliche Produkte bestimmen das menschliche Leben in nahezu allen Bereichen. Neben der offensichtlichen Versorgung des Menschen mit Nahrung und Genussmitteln nimmt die Bedeutung der Pflanzenprodukte für verschiedenste Lebensbereiche einen solch weiten Raum ein, dass es kaum möglich ist, allen Nutzungsaspekten Rechnung zu tragen. Bei technischer Nutzung beginnt die Betrachtung bei der Verwendung z. B. als Konstruktionsholz bei Haus- und Möbelbau, jedoch macht man sich kaum klar, dass auch Dinge des täglichen Lebens wie Tapetenkleister, Schuhcreme, Zeitungspapier oder Geschmacksstoffe aus Pflanzen entstehen. Um wie viel komplexer ist die Frage nach der Herkunft der Grundstoffe für viele Lacke und Farben, für technische Produkte wie Gerbstoffe zur Lederherstellung oder die große Menge an Elastomeren für die Reifenindustrie, Medizintechnik, Elektroindustrie. Diese Bereiche durchdringen das tägliche Leben und sind in der Regel so selbstverständlich, dass man erst bei Versorgungsengpässen darauf aufmerksam wird, welches die Quellen der Bedarfsgegenstände sind. Um diese Engpässe vorausschauend zu vermeiden, sind angesichts der globalen Veränderungen der Lebensräume Ressourcenschutz und -schonung der nachwachsenden Rohstoffe äußerst wichtige Themen, die trotz ihrer großen Bedeutung oft nachrangig eingestuft werden. Ein dringliches Konfliktthema zeichnet sich derzeit ab: es ist die Entscheidung, Äcker vermehrt für die Produktion von Energieträgern statt für die Produktion von Lebensmitteln zu verwenden.

5.1 Faserliefernde Pflanzen

Schon in frühester Zeit haben die Menschen es verstanden, aus Pflanzen Fasern zu gewinnen, die sie zu Kleidung und Gegenständen des Haushaltes verarbeiten konnten. In allen Fällen handelt es sich bei den Fasern entweder um Haare, also Bildungen der Epidermiszellen, oder um Bündel von Sklerenchymfasern, die zur Festigung der Leitbündel und Blätter dienen. Die Zellwände der Haare und Fasern bestehen vor allem aus Cellulose, in geringeren Anteilen aus Hemicellulose und Pektin. Sklerenchymfasern enthalten auch inkrustiertes Lignin. Wenn im Folgenden Haare als Fasern bezeichnet werden, so gilt dies nicht als botanischer, sondern als technischer Begriff.

5.1.1 Haare als Fasern

Samenhaare

Baumwolle, *Gossypium herbaceum* L. A. CHEV, *G. hirsutum* L., *G. barbadense* L., *G. arboreum* L.

engl. cotton, franz. coton, ital. cotone, span. algodón, port. algodão
Ordnung: Malvales, Familie: Malvaceae
verwendete Pflanzenteile: Samen

Herkunft. Baumwolle ist eine sehr alte tropische Kulturpflanze mit mehreren Ursprungszentren, die zum einen im südlichen Afrika oder Indien, Indonesien, zum anderen an den Westhängen der nördlichen Anden und in Mesoamerika anzutreffen ist. Die vier kultivierten Baumwoll-Species wurden unabhängig voneinander domestiziert. Nach archäologischen Funden wurde Baumwolle schon ca. 3000 v. Chr. im Indus sowie um 2500 v. Chr. in Peru verarbeitet und um 500 v. Chr. in Ägypten angebaut. Ausdauernde Wildformen finden sich in ariden Gebieten der Tropen und Subtropen der ganzen Welt verstreut.

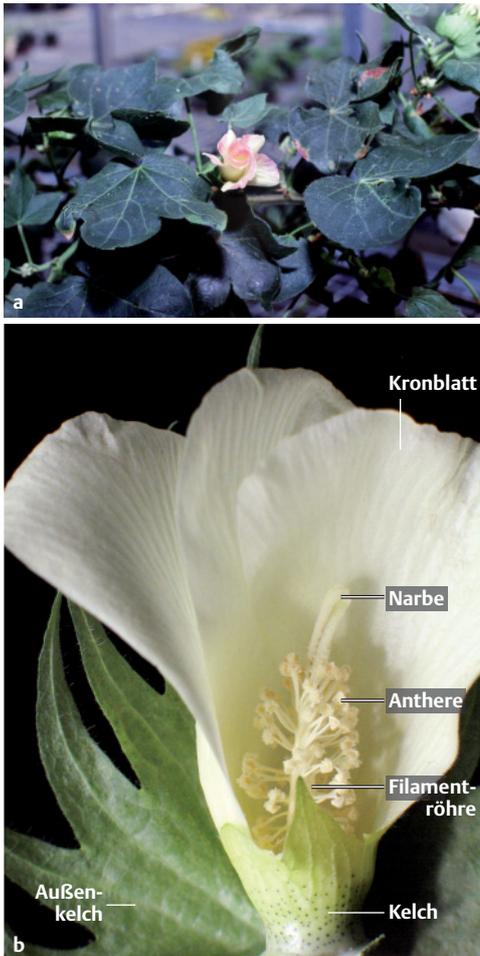


Abb. 5.1 Baumwollblüte (*Gossypium spec.*).
a Sprossstück mit Blüte. b Geöffnete Blüte.

In Europa gewann die Baumwolle erst zu Beginn des 19. Jh., insbesondere mit der Erfindung der Entkörnungsmaschine (Gin, s.u.) in den USA, an Bedeutung und entwickelte sich dann mit dem Bevölkerungsanstieg, der Industrialisierung und Kolonisierung außereuropäischer Länder rasch zu einer Weltwirtschaftspflanze. Die besonderen Eigenschaften wie Festigkeit, Faserlänge, Spinnbarkeit und gute Anfärbbarkeit machten sie entsprechend konkurrenzfähig gegenüber anderen faserliefernden Pflanzen. Bedingt durch die hohe Nachfrage erweiterte sich die Anbaufläche, die sich heute in die Subtropen und sogar in die gemäßigten Breiten ausdehnt, sofern das Klima warm genug ist. Viele fruchtbare Böden stehen durch den konkurrierenden Anbau von Baumwolle nicht mehr der Lebensmittelproduktion zur Verfügung.

Biologie. Baumwollhaare sind einzellige, bandartig abgeflachte und in sich schraubig verdrehte, bis 4 cm lange Samenhaare, die sich aus Epidermiszellen der Samenschale entwickeln. Die Baumwollarten (Box 5.1) sind meist ausdauernde Stauden, die jedoch in der Kultur einjährig gehalten werden. Anfangs verzweigt sich die Pflanze monopodial, mit Beginn der Blütenbildung sympodial. Alle Achsen tragen wechselständig lang gestielte fünfblappige Blätter, deren Achselknospen im oberen Bereich jeweils zu fünfzähligen, gelben, weißen oder purpurroten Blüten auswachsen. Unterhalb der fünf Kelchblätter befindet sich ein Außenkelch, der aus drei lang gezähnten Hochblättern gebildet wird. Die Filamente der zahlreichen Staubblätter sind zu einer Röhre verwachsen (Abb. 5.1b). Die dreizipfelige Narbe wird durch Selbstbestäubung, seltener durch Insektenbestäubung mit Pollen belegt, der nach ca. 30 Stunden die 6–10 Samenanlagen in den Fächern des aus 3–5 Fruchtblättern gebildeten Fruchtknotens befruchtet. Die 3–5fährige Kapsel reift in ca. vier Wochen. In dieser Zeit wachsen auch die Samenhaare heran (Abb. 5.2a, b).

Zwischen den längeren, **Lintfasern** genannten Haaren stehen kurze Haare, die als **Linters**, Linterfasern oder Grundwolle bezeichnet werden. Beide sind anfänglich von Plasma erfüllt, sterben aber schließlich ab und fallen bandartig zusammen. Bei der Reife öffnen sich die lokuliziden Kapseln von der Spitze her an den Mittelnähten der Fruchtblätter (vgl. Abb. 2.35l, m, S. 40) und lassen die Samen mit ihren Haarbäuschen heraustreten (Abb. 5.2c).

Anbau, Standortansprüche. Die frostempfindlichen Pflanzen bevorzugen warmes arides Klima, wobei während der Frühentwicklung ausreichende

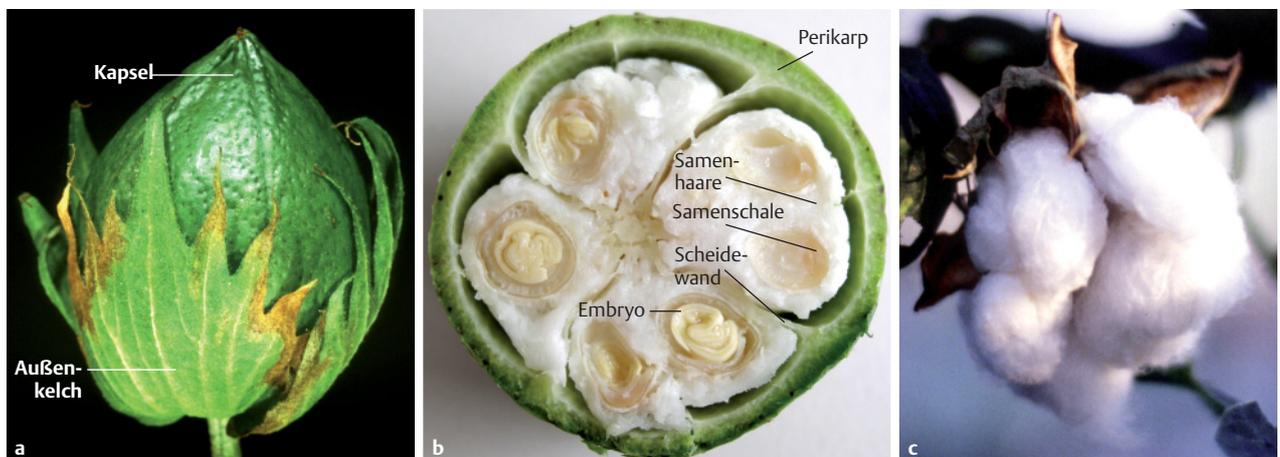


Abb. 5.2 Baumwollkapsel (*Gossypium spec.*). a Reife Kapsel mit Außenkelch. b Kapsel im Querschnitt. c Reife, aufgeplatzte Kapsel.

Wasserversorgung, später trockenes Wetter notwendig ist. Für die 2–3 m lange Pfahlwurzel ist ein tiefgründiger, durchlüfteter Boden erforderlich, der nicht zu salzhaltig sein darf. Der Anbau ist zwischen 47 Grad nördlicher und 28 Grad südlicher Breite möglich.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Die Ernte guter Qualitäten erfolgt bei ausreichenden Arbeitskräften wie in Ägypten und im Sudan von Hand und dem Reifefortschritt entsprechend mehrmals. In den USA und in Russland setzt man Pflückmaschinen ein, die jedoch die Qualität beeinträchtigen, denn die ungleichmäßig reifenden Kapseln werden auf einmal geerntet und die Blätter ebenfalls erfasst. Es kann jedoch ein vorheriger Blattabwurf durch Frost oder Chemikalien (Defoliantien) ausgelöst werden. In den USA hat man Vakuumplücker (fahrbare Maschinen mit vielen Saugarmen) und Spindelplücker (Maschinen mit drehbaren Spindeln, die die Haare der reifen Samen der geöffneten Kapseln erfassen und eindrehen) entwickelt. Mit ihnen kann differenziert geerntet werden.

Die Anbauer verkaufen ihre Samenbaumwolle an Fabriken, in denen die Lintfasern (s. o.) zunächst mit sogenannten Ginmaschinen von den birnenförmigen Samen abgetrennt (egreniert, entkörnt) werden. Andere Maschinen schneiden dann die kurzen Linterfasern (s. o.) ab. Während die ölreichen Samen als Saatgut oder zur Gewinnung des Baumwollsaatöls (S.142) Verwendung finden, werden die Lintfasern zu Baumwollgarnen versponnen, die Linterfasern aber als Polstermaterial genutzt oder wegen ihres hohen Cellulosegehalts (80–90%) als Rohstoff für die Papier-, Cellulose- und Kunstseidenindustrie verkauft. Die Erträge schwanken stark zwischen 0,1 und 1 t/ha Lintfasern. Über die Faserproduktion gibt Tabelle 6.64 im Anhang Auskunft, über die Samenproduktion siehe Seite 142.

Fruchthaare

Kapokbaum, *Ceiba pentandra* (L.) GAERTN.

Wollbaum; engl. silk cottontree, franz. kapokier, capoc, span. ceiba, árbol capoc

Ordnung: Malvales, Familie: Malvaceae, Unterfamilie: Bombacoideae
verwendete Pflanzenteile: Endokarp

Biologie. Der ursprünglich im tropischen Südamerika beheimatete Kapokbaum ist ein Gewächs des Regenwaldes und heute in den Tropen der ganzen Welt anzutreffen. In der Jugend ist sein von großen Brettwurzeln gestützter Stamm mit kegelförmigen Stacheln besetzt. Er erreicht bis 50 m Höhe und trägt an den horizontal stehenden, etagenförmig verzweigten Ästen handförmig gefingerte, lang gestielte Blätter. Wenn diese zu Beginn der Trockenzeit abgeworfen werden, erscheinen an den Zweigenden büschelweise die weiß oder rosa gefärbten Blüten. Nach Bestäubung durch Wind, Insekten oder Fledermäuse entwickeln sich die oberständigen Fruchtknoten zu Kapseln von ca. 20 cm Länge und länglich ovaler Gestalt, die sich bei manchen Formen öffnen, bei anderen geschlossen bleiben. Bis zu 100 runde braunschwarze Samen liegen zwischen gelblich-weißen Haaren, die der Innenepidermis der Fruchtwand (Endokarp) entspringen, jedoch bei der Reife abbrechen (s. Abb. 2.35f, g, S. 40). Infolge eines feinen Wachsüberzugs sind die 10–35 mm langen Fasern glatt und lassen sich nicht verspinnen. Sie bestehen zu 64% aus Cellulose und Hemicellulose. Der lichtbedürftige Baum braucht 1000–1500 mm Niederschlag während der Regenzeit. Er fruchtet vom 5. bis 60. Lebensjahr.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Man pflückt die Früchte von Hand oder schlägt sie mit Stangen ab und rechnet mit 4,5–6 dt/ha Fasererträgen

Box 5.1 Baumwollarten

Die angebauten Arten gliedern sich in zwei altweltliche mit $2n = 26$ Chromosomen, die strauch- oder baumförmige Art *G. arboreum* und die einjährige Art *G. herbaceum*, sowie in die mehrjährigen, in der Kultur einjährig gehaltenen neuweltlichen mit $2n = 52$ Chromosomen, zu denen *G. hirsutum* (**Upland-Baumwolle**) und *G. barbadense* (**Sea-Island-Baumwolle**) gehören. Kreuzungen und Züchtungen haben zu einem großen Sortenreichtum geführt. Man bewertet die Faser insbesondere nach ihrer Länge (Stapel), wobei die von *G. barbadense* mit 3–4 cm erheblich vor *G. hirsutum* mit 2–3 cm und *G. arboreum* bzw. *herbaceum* mit 1,8–2,2 cm rangieren. Wertvolle langstapelige Sorten werden bevorzugt in Ägypten und Peru, die mittellangstapeligen, wirtschaftlich bedeutendsten in den USA und kurzstapelige in Asien angebaut. 75% der Produktion fallen auf mittelstapelige, ca. 15% auf langstapelige und 10% auf kurzstapelige Ware.

und 0,7–1,4 t/ha Samen. Kapokfasern dienen nach Entfernen der Samen ohne weitere Aufbereitung als Polster- und Isoliermaterial und, da sie unbenetzbar sind, auch zur Füllung von Schwimmwesten und Rettungsringen. Die Samen enthalten 22–25 % fettes Öl, das in der Fettsäurezusammensetzung dem Baumwollsaatöl ähnlich ist und wie dieses Gossypol enthalten kann, aber in deutlich geringeren Mengen. Es wird zur Seifenerzeugung oder als Leuchtöl und nach Raffination als Speiseöl genutzt. Die Hauptproduktion findet sich in Südostasien mit Indonesien an der Spitze. Kleinere Mengen liefern die Philippinen, Afrika sowie Mittel- und Südamerika.

Der **Asiatische Kapok** (*Bombax ceiba* L.; syn. *B. malabaricum* DC.) ist ein dem Kapokbaum ähnlicher, in Südostasien heimischer Baum, dessen nicht ganz so gut bewerteten Fruchthaare fast zur Hälfte die Weltkapokproduktion ausmachen.

5.1.2 Fasern aus Sprossachsen

Die zu Bündeln vereinigten Sklerenchymfasern (Bastfasern) krautiger zweikeimblättriger Pflanzen sind lang gestreckte, dickwandige tote Zellen. Sie stehen an der Innenseite der Rinde vor den Leitbündeln oder umgeben sie ringsum und bewirken die Festigkeit der Sprossachse. Da sie elastisch sind, können die Pflanzen z. B. bei Winddruck in ihre aufrechte Stellung zurückkehren. Die stark mit Cellulose versetzten Zellwände der Faserzellen werden über Pektin miteinander verbunden und sind oft mit Lignin sekundär verstärkt.

Lein, *Linum usitatissimum* L.

Flachs; engl. flax. franz. lin. ital. u. span. lino, port. linho
 Ordnung: Geraniales, Familie: Linaceae
 verwendete Pflanzenteile: Sprossachsen

Im Gegensatz zum Öllein (S. 148) liegt beim Faser- oder Ölfaserlein (Kombinationslein) das Hauptgewicht der Produktion auf der Fasererzeugung. **Biologie.** Der schlanke Stängel der einjährigen Pflanze trägt beim Faserlein eine geringer verzweigte Infloreszenz als beim Öllein. Der Faserlein weist im Stängelquerschnitt von der Rinde her gesehen vor dem Phloem der ringförmig angeordneten Leitbündel je ein Faserbündel auf, dessen Faserzellen im mittleren Teil des Stängels, entsprechend der Internodienlänge, 2–6 cm lang sind. Im unteren Teil und im oberen Abschnitt erreichen die Zellen eine Länge bis 10 cm.

Ernte, Verarbeitung, Produkte. Reife Pflanzen werden aus dem Boden gezogen (gerauft) und getrocknet. Um die bis 60 cm langen Faserbündel zu isolieren, legt man gebündelte Pflanzen nach Abstreifen der Kapseln (Riffeln) zur sogenannten **Röste** in stehendes oder langsam fließendes Wasser (Wasserröste) oder lässt sie in taureichen Gebieten auf dem Feld liegen (Tauröste). Bei diesem Vorgang lösen pektinabbauende Bakterien (Wasserröste) oder Pilze (Tauröste) die Mittellamellen auf und trennen auf diese Weise die Zellen voneinander. Heute wird ebenfalls eine rein chemische Mazeration durchgeführt, doch gilt das biologische Röstverfahren als das schonendere. Neue Aufschlussverfahren mit gezielter mikrobieller Animpfung der geernteten Pflanzen sind derzeit in Entwicklung. Nach 2–3 Wochen werden die Pflanzen erneut getrocknet, wobei bereits ein Teil der voneinander isolierten Zellen abplatzt. Anschließend klopft und bricht man die gebündelten Stängel und schwingt sie, um die Faserbündel von den noch anhängenden Zellen der Rinden- und Holzteile zu befreien. Schließlich