

Fette Pflanzen

Fette und Öle

- 2.1 Einführungen in die Fettchemie – 18**
- 2.2 Überblick über wichtige Pflanzenöle und Tierfette – 20**
 - 2.2.1 Kokosöl – 21
 - 2.2.2 Palmöl und Palmkernöl – 24
 - 2.2.3 Rapsöl – 25
 - 2.2.4 Sonnenblumenöl – 25
 - 2.2.5 Sojaöl – 26
 - 2.2.6 Leinöl – 27
 - 2.2.7 Rizinusöl – 28
 - 2.2.8 Olivenöl – 28
 - 2.2.9 Färberdistelöl (Distelöl/ Safloröl) – 29
 - 2.2.10 Jatrophaöl – 29
 - 2.2.11 Weitere Fette und Öle – 31
- 2.3 Einige Zahlen – 31**
- Weiterführende Literatur – 33**

Kapitelfahrplan

- Die Nomenklatur der Oleochemie wird erläutert und die wichtigsten Fettsäuren werden besprochen.
- Sie erfahren, welche Fette und Öle von technischer Bedeutung sind und warum.
- Die zwölf wichtigsten pflanzlichen Fette und Öle werden der Reihe nach vorgestellt, jeweils mit der Beschreibung der Pflanze, des Öls, seiner Gewinnung, seiner Zusammensetzung und seiner wichtigsten Anwendungen.
- Die tierischen Fette und Öle werden Ihnen kurz vorgestellt.
- Am Ende erhalten Sie einen Einblick in die Produktionszahlen der Fette und Öle.

2.1 Einführungen in die Fettchemie

Fette und Öle (engl. *fats and oils*) haben chemisch denselben Aufbau; sie unterscheiden sich nur in ihren Schmelzpunkten. **Öle** haben einen Schmelzpunkt unterhalb der Raumtemperatur, sind also (zäh) flüssig, **Fette** haben einen Schmelzpunkt oberhalb der Raumtemperatur, sind also fest. Unter „fest“ ist in der Oleochemie jedoch meist ein Aggregatzustand

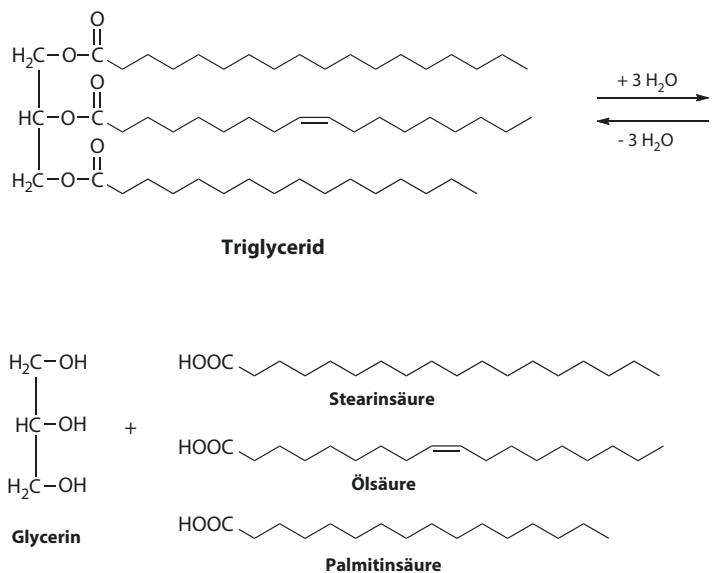
ähnlich wie Margarine zu verstehen. Fette kann man somit thermisch in Öle umwandeln und umgekehrt. Wer schon einmal flüssiges Olivenöl im Kühlschrank aufbewahrt hat, wird sicherlich nach einiger Zeit eine leichte Trübung beobachtet haben. In den folgenden Abschnitten werden wir vereinfachend nur von „Fetten“ reden, gemeint sind aber immer „Fette und Öle“.

Fette sind chemisch überwiegend **Triglyceride**, also Triester des Glycerins (1,2,3-Propantriol; engl. *glycerol*) mit langkettigen Carbonsäuren, den so genannten Fettsäuren (engl. *fatty acids*). Die drei Fettsäuren im Triglycerid können gleich, aber auch unterschiedlich aufgebaut sein. Ein typisches Beispiel für ein Fettmolekül zeigt **Abb. 2.1**. Durch Spaltung mit drei Molen Wasser lässt sich der Triester in das Triol Glycerin und in die drei Fettsäuren überführen, in diesem Beispiel in die Fettsäuren Stearinsäure, Ölsäure und Palmitinsäure. Diesen Vorgang nennt man auch **Fettspaltung** (engl. *fat splitting*) oder **Hydrolyse** (engl. *hydrolysis*).

In **Abb. 2.1** ist die Fettkette in der Skelettformel-Schreibweise dargestellt; dies vereinfacht wesentlich das Schreiben der langen Formeln. Die Abbildung zeigt auch, dass diese Reaktion umkehrbar ist, dass man also auch Triglyceride chemisch aus Glycerin und Fettsäuren synthetisieren kann. Im Labor nimmt man hierfür meist eine Säure als Katalysator hinzu.

In **Abb. 2.1** sehen wir drei unterschiedliche Fettsäuren (von oben nach unten): die gesättigte

Abb. 2.1 Fettspaltung eines Triglycerids mit Wasser in Glycerin und Fettsäuren



Octadecansäure mit dem Trivialnamen Stearinsäure, die ungesättigte *cis*-9-Octadecensäure, die Ölsäure, und die gesättigte Hexadecansäure mit dem Trivialnamen Palmitinsäure. Es fällt gleich auf, dass es sich nur um geradzahlige Carbonsäuren handelt. In der Tat findet man in der Natur nur in seltenen

Fällen ungeradzahlige Carbonsäuren, wie z. B. die Pentadecansäure. Alle Carbonsäuren haben natürlich eine IUPAC-Bezeichnung, die aber in der Oleochemie nur selten benutzt wird. Oftmals schon vor vielen Jahrzehnten sind Trivialnamen eingeführt worden.

Exkurs: Der faule Oleochemiker

Der Oleochemiker macht es sich häufig ein bisschen leichter und bezeichnet die Fettsäuren mit einem Kürzel. In diesem Kürzel steht zuerst das Symbol des Kohlenstoffs, gefolgt von der Anzahl der Kohlenstoffatome. Dann kommt nach einem Doppelpunkt die Anzahl der C=C-Doppelbindungen. Stearinsäure ist somit C18:0-Säure, Palmitinsäure C16:0-Säure und Ölsäure C18:1-Säure

(**Abb. 2.1**). Will der Oleochemiker noch angeben, an welcher Position sich die Doppelbindung befindet, so schreibt er das in Klammern nach einem großen griechischen Delta Δ. Will er auf eine *cis*-Doppelbindung hinweisen, erfolgt das mit der Abkürzung „c“, eine *trans*-Doppelbindung entsprechend mit „t“. Das vollständige Kürzel für die Ölsäure ist somit: C18:1

(Δ9/c.). Befinden sich mehrere Doppelbindungen in der Fettkette, so werden diese der Reihe nach in der Klammer aufgeführt. Die im Fischöl vorkommende Eicosapentaensäure besteht z. B. aus 20 C-Atomen und hat fünf *cis*-Doppelbindungen in den Positionen 5, 8, 11, 14 und 17; das Kürzel dazu lautet C20:5(Δ5,8,11,14,17/all c.).

Welche langkettigen Carbonsäuren findet man in den natürlichen Fetten? Hier werden in der Literatur etwas unterschiedliche Angaben gemacht, aber üblicherweise werden die geradzahligen gesättigten oder ungesättigten aliphatischen Carbonsäuren im C-Zahl-Bereich zwischen C₈ bis C₂₂ dazu gezählt; in Ausnahmefällen werden auch Carbonsäuren bis C₃₀ mit berücksichtigt. Ebenfalls findet man in sehr seltenen Fällen Fettsäuren mit Ketten, die einen aliphatischen Zyklus enthalten oder verzweigt sind. Im Folgenden sind die wichtigsten gesättigten Fettsäuren in **Tab. 2.1** und die wichtigsten ungesättigten Fettsäuren in **Tab. 2.2** aufgeführt. Diese Informationen sind nicht zum Auswendiglernen gedacht, sondern zum Nachschlagen.

Neben diesen Fettsäuren, die ausschließlich einen aliphatischen Kohlenwasserstoffrest besitzen, gibt es auch einige Fettsäuren, die zusätzlich zur Carboxygruppe noch eine weitere funktionelle Gruppe, z. B. eine Hydroxy-, Keto- oder Epoxygruppe, tragen. Die bekanntesten Vertreter dieser Fettsäuren sind in **Abb. 2.2** aufgeführt.

Im folgenden **Abschn. 2.2** werden die Pflanzen und Tiere vorgestellt, in denen Fette mit den unterschiedlichsten Fettsäuremustern vorkommen. In **Kap. 3** wird Ihnen die technische Verarbeitung der Fette zu Fettestern, Fettalkoholen und Fettaminen erläutert. In **Kap. 4** gibt es einen Überblick über die weitere Folgechemie der Fettstoffe,

Tab. 2.1 Wichtige gesättigte Fettsäuren

Abkürzung	IUPAC-Name	Trivialname	Englische Bezeichnung	Vorkommen
C8:0	Octansäure	Caprylsäure	Caprylic acid	Butter, Kokosöl
C10:0	Decansäure	Caprinsäure	Capric acid	Butter, Kokosöl
C12:0	Dodecansäure	Laurinsäure	Lauric acid	Tierfette, Kokosöl
C14:0	Tetradecansäure	Myristinsäure	Myristic acid	Tierfette, Kokosöl
C16:0	Hexadecansäure	Palmitinsäure	Palmitic acid	Tierfette, Palmöl
C18:0	Octadecansäure	Stearinsäure	Stearic acid	Tierfette, Palmöl
C20:0	Eicosansäure	Arachinsäure	Arachidic acid	Erdnuss-, Rüb- und Kakaoöl
C22:0	Docosansäure	Behensäure	Behenic acid	Rüb-, Erdnussöl

■ Tab. 2.2 Wichtige ungesättigte Fettsäuren

Abkürzung	IUPAC-Name	Trivialname	Englische Bezeichnung	Vorkommen
C16:1(Δ9/c.)	cis-9-Hexadecensäure	Palmitoleinsäure	Palmitoleic acid	Samenöle, Meerestiere
C18:1(Δ6/c.)	cis-6-Octadecensäure	Petroselinsäure	Petroselinic acid	Petersiliensamen
C18:1(Δ9/c.)	cis-9-Octadecensäure	Ölsäure	Oleic acid	Palmöl, Tierfette
C18:1(Δ9/t.)	trans-9-Octadecen-säure	Elaidinsäure	Elaidic acid	Wiederkäuer-Fette
C18:2(Δ9,12/c.c.)	9,12-Octadecadien-säure	Linolsäure	Linoleic acid	Sonnenblume, Tierfette
C18:3(Δ9,12,15/ all c.)	9,12,15-Octadeca-triensäure	Linolensäure	Linolenic acid	Pflanzenöle, Hanf-/ Leinöle
C18:3(Δ8,10,12/ t.t.c.)	8,10,12-Octadeca-triensäure	Calendulasäure	Calendulic acid	Korbblütler (Ringelblume)
C20:1(Δ5/c.)	cis-5-Eicosensäure	–	Eicosenoic acid	Weißer Sumpfschnabel
C20:4(Δ5,8,11,14/ all c.)	all-cis-5,8,11,14-Eicosatetraensäure	Arachidonsäure	Arachidonic acid	Leber, Tierfette, Fischöle
C22:1(Δ13/c.)	cis-13-Docosensäure	Erucasäure	Erucic acid	Alter Raps
C22:1(Δ13/t.)	trans-13-Docosensäure	Brassidinsäure	Brassicidic acid	Isomerisierung von Erucasäure

insbesondere der ungesättigten Oleochemikalien. In ► [Kap. 5](#) wenden wir uns dann dem Glycerin zu, dem zwangsläufigen Koppelprodukt der Oleochemie (■ [Abb. 2.1](#)).

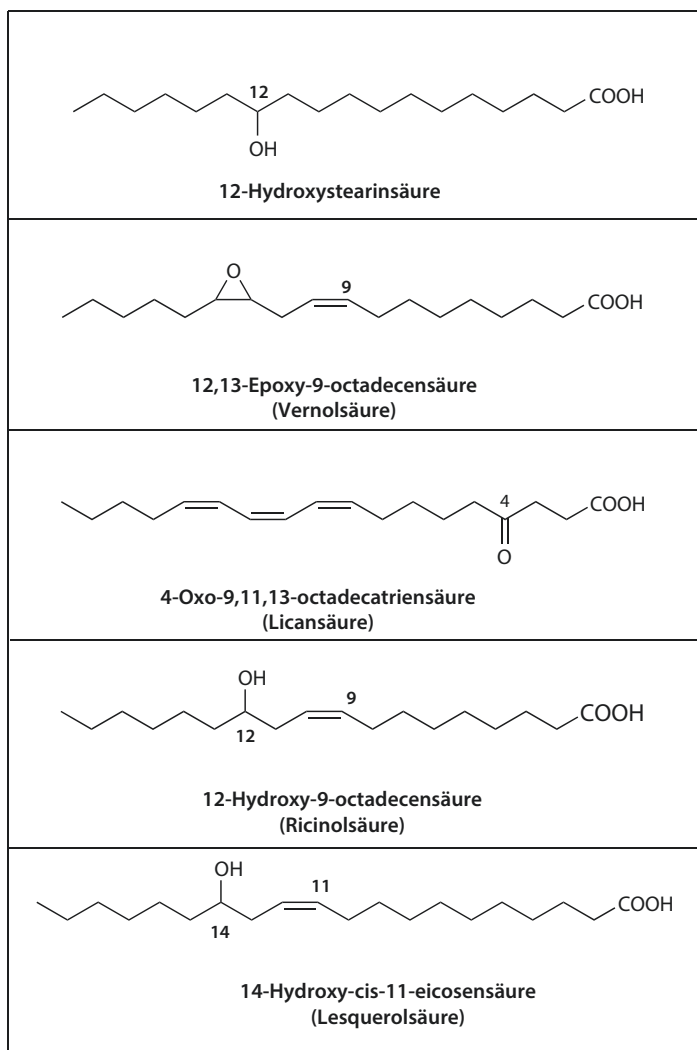
2.2 Überblick über wichtige Pflanzenöle und Tierfette

Vorab wird Ihnen mit ■ [Tab. 2.3](#) ein Überblick über die in der Technik wichtigsten Fette gegeben. Schon bei einem allerersten Blick über diese Tabelle fällt auf, dass es zwei sehr unterschiedliche Klassen von Fetten gibt: Eine Klasse enthält insbesondere die kurzkettigen C₁₂- und C₁₄-Fettsäuren, nämlich das Kokosöl und das Palmkernöl. Diese kurzkettigen Fettsäuren werden in der Industrie vereinfacht die **Laurics** genannt, eine Bezeichnung, die natürlich von der C12:0-Säure, der Laurinsäure, her stammt. Wie wir noch in ► [Kap. 3](#)

sehen werden, sind die Laurics von großer Bedeutung zur Herstellung spezieller Tenside. Zur Produktion dieser Tenside ist man somit ausschließlich auf Kokosöl und Palmkernöl angewiesen. Die zweite große Klasse der Fette enthält überwiegend C₁₈- und C₁₆-Fettsäuren.

■ [Tab. 2.3](#) zeigt ebenfalls zwei Beispiele dafür, dass Fette durch Züchtung oder auch durch Anwendung der Gentechnik verändert und weiterentwickelt werden können. Das ursprüngliche Rapsöl („alt“) enthält sehr viel Erucasäure (C22:1) und ist dadurch für die menschliche Ernährung ungeeignet. Durch Züchtung wurde das „neue“ Rapsöl entwickelt, das statt Erucasäure viel Ölsäure (C18:1) und Linolsäure (C18:2) enthält. Ähnlich war die Entwicklung bei der Sonnenblume: Die alte Sorte enthält viel Linolsäure; die neue Sonnenblumen-Qualität wird auch als *high oleic* bezeichnet, weil sie bis zu 91 % Ölsäure enthält. Um einen Vergleich mit tierischen Fetten ziehen zu können, ist in ■ [Tab. 2.3](#) am Ende auch Schmalz aufgeführt.

■ **Abb. 2.2** Natürliche Fettsäuren mit mehreren funktionellen Gruppen



Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Angaben in ■ [Tab. 2.3](#) über die Fettsäurezusammensetzung der verschiedenen Fette jeweils Mittelwerte sind. Es gibt nicht nur *die* eine Kokospalme, sondern sehr unterschiedliche Züchtungen mit unterschiedlichen Fettsäuregehalten. Bei den Fetten, bei denen die Fett-Zusammensetzung sehr stark variiert (z. B. Erdnussöl und Leinöl), wurden in der Tabelle Unter- und Oberwerte angegeben. Hinzu kommt noch, dass die Erntemengen und die Zusammensetzung der Fette ebenfalls stark vom Wachstumsverlauf und damit vom Wetter abhängig sind.

2.2.1 Kokosöl

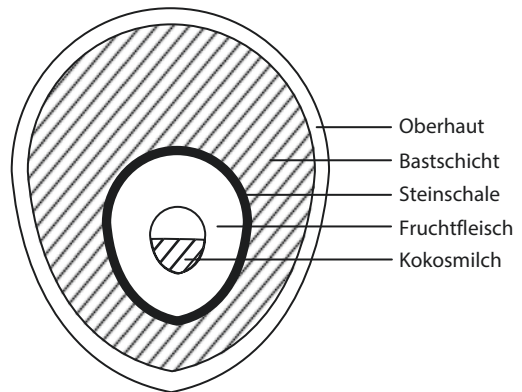
Palmen sind bedeutsame Gewächse, die sowohl Fette, Stärke und Eiweiß liefern. Mit ca. 2000 verschiedenen Arten bilden die „Palmae“ eine der größten botanischen Familien in der Tropenregion. Ein wichtiger Vertreter ist die Kokospalme (*Cocos nucifera*, engl. *coconut*), deren Verbreitung auf die Äquatorialzone beschränkt ist. Die Kokospalme kann bis zu 30 m hoch werden und trägt Fruchtstände, die 10–15 Kokosnüsse enthalten, die das ganze Jahr über reif werden (■ [Abb. 2.3](#)). Eine Kokosnuss hat ein Gewicht von 1–2,5 kg.

■ **Tab. 2.3** Übersicht über industriell wichtige Ölpflanzen und ihre Fettsäurezusammensetzung (typische Mittelwerte in Gew.-%)

Öl/Fett	12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	20:1	22:1
Kokosöl	48	17	9	2	7	1	0	0	0
Palmkernöl	50	15	7	2	15	1	0	0	0
Palmöl	0	2	42	5	41	10	0	0	0
Rapsöl (alt)	0	1	2	1	15	15	7	5	50
Rapsöl (neu)	0	1	4	1	60	20	9	2	2
Sonnenblume (alt)	0	0	6	4	28	61	0	0	0
Sonnenblume (neu)	0	0	4	2	91	3	0	0	0
Sojaöl	0	0	8	4	28	53	6	1	0
Erdnussöl	0	1	10	4	36–72	13–45	1	1	0
Leinöl	0	0	6	3	15–25	10–30	50–60	0	0
Schmalz	0	1	31	13	46	6	0	0	0



■ **Abb. 2.3** Kokospalme (© tobrotther / Fotolia)



■ **Abb. 2.4** Querschnitt durch eine Kokosnuss

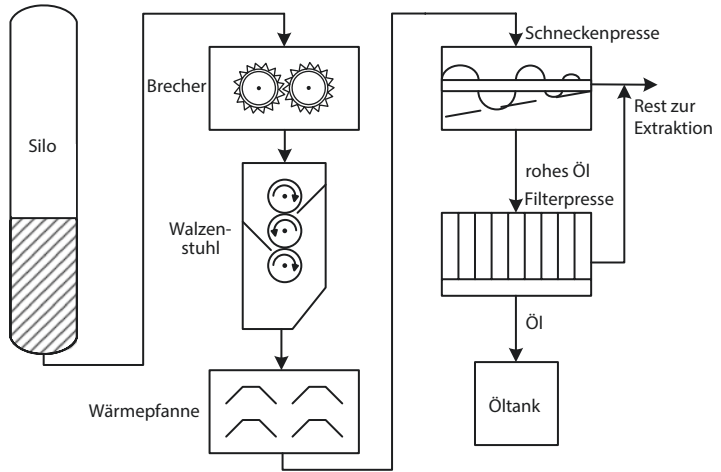
Jede Kokosnuss enthält im Inneren das Fruchtfleisch (die Kopra), das ca. 60 % Fette enthält. In jungen, unreifen Früchten befindet sich in einem Hohlraum des Fruchtfleisches noch das Fruchtwasser, auch als Kokosmilch bezeichnet (■ [Abb. 2.4](#)). Die Kopra ist von einer hölzernen Steinschale umgeben, die ihrerseits wieder von einer mehreren Zentimetern dicken Schicht von Kokosfasern, der Bastschicht, umschlossen wird. Die äußerste Hülle der Kokosnuss ist eine lederartige Oberhaut. Neuere Züchtungen der Kokospalme zielen darauf hin, Kokospalmen mit kürzeren Stämmen zu entwickeln. Sie können damit besser den tropischen Stürmen widerstehen, haben eine erhöhte Krankheitsresistenz und lassen sich besser ernten,

z. B. auch mit Erntemaschinen. Es gibt inzwischen Zwergmutanten der *Cocos nucifera*, die nur ca. 2 m hoch werden.

Exkurs: Die dressierten Affen

Die klassische Ernte von Kokosnüssen erfolgt nach mehreren Methoden: Man kann die reifen Nüsse auf den Boden fallen lassen und sammelt sie dort ein. Dies führt allerdings zu Ernteverlusten. In Afrika und Asien erfolgt die Ernte auch immer noch durch Pflücker, die die 30 m hohen Stämme hochklettern, um zu den Fruchtständen zu gelangen. In Malaysia gibt es für die Ernte extra darauf abgerichtete Affen, die Makaken, die die Palmen hochklettern und die Früchte herunterwerfen.

■ **Abb. 2.5** Mechanische Verfahren zur Ölgewinnung aus Ölfrüchten



Die Kokosnüsse werden von Oberhaut und Bast-schicht befreit und die Steinschale mechanisch auf-gebrochen, um die Kopra zu erhalten. Am Beispiel der Kopra wird im Folgenden die typische weitere Aufarbeitung von Ölfrüchten vorgestellt. Diese **Auf-arbeitung** wird in folgenden Schritten durchgeführt (■ **Abb. 2.5**):

- Die Kopra wird dann durch Brechwerke und Walzenstühle erst grob und dann fein **zerkleinert**.
- Das zerkleinerte Pflanzenmaterial wird schließlich in einer Wärmepfanne auf Tempera-turen von z. B. 70 °C **erhitzt**: Dadurch wird die Viskosität des Öls erniedrigt, das besser fließ-fähig wird. Außerdem werden Zellmembranen zerstört und Proteine koaguliert: Beides führt zu einer besseren Extrahierbarkeit des Öls.
- Die nächste Stufe der Aufarbeitung ist das **Auspressen** des Öls in einer kontinuierlich betriebenen Presse. Hierzu werden Schnecken-pressen eingesetzt, in denen sich eine Press-welle in Form einer Schnecke befindet, ähnlich wie in einem Fleischwolf. Um den Druck im Laufe des Pressvorgangs zu erhöhen, verjüngt sich der Durchmesser des Schneckengangs in Förderrichtung. Durch den Pressdruck entstehen Temperaturen bis ca. 100 °C. Die Schneckenpressen haben an ihrer Außenseite ein Sieb, durch das das Öl herausläuft. Dieses trübe Öl wird in einer Filterpresse filtriert und fließt dann in einen Vorratstank. Sowohl die Zerkleinerungs- als auch die Pressvorgänge

können wiederholt werden, um die Ölausbeute zu erhöhen.

Die verbleibenden Pflanzenreste enthalten nach diesem Vorgang meist noch einen Ölrestgehalt von 8 % oder mehr. Man kann diese Reste als sehr hoch-wertiges Viehfutter benutzen, aber häufig wird der Ölgehalt durch eine anschließende **Extraktion** noch weiter reduziert:

- Diese Extraktion kann z. B. mit *n*-Hexan oder mit Benzin erfolgen, wobei das Extraktionsgut im Gegenstrom zum Lösungsmittel geführt wird. Das Lösungsmittel wird anschließend durch Destillation wieder abgetrennt.
- Moderne Verfahren benutzen überkritisches Kohlendioxid (scCO_2) als Extraktionsmittel. Diese Verfahren erfordern aber hohe Drücke und sind deshalb kostenaufwendiger. Der Vorteil ist, dass sich das Kohlendioxid beim Entspannen der Lösung direkt vollständig verflüchtigt und somit garantiert keine Rest-Lösungsmittel mehr im Öl enthalten sind.

Die so isolierten „Rohöle“ müssen noch in einer wei-teren **Raffination** aufbereitet werden:

- Bei der **Entschleimung** werden durch Hydrolyse Eiweißstoffe und Phospholipide ausgefällt: Das Öl wird dadurch wesentlich lagerungsstabiler.
- Enzymatisch oder mikrobiell können die Triglyceride freie Fettsäuren abspalten, die dem Öl ungünstige Eigenschaften verleihen.

Diese Fettsäuren werden in einer **Entsäuerung** durch Zusatz von Alkalilaugen, z. B. verdünnte NaOH, neutralisiert.

- Öle können natürliche Farbstoffe enthalten, z. B. Carotinoide oder Chlorophyll. Ein Großteil dieser Stoffe wird bereits in den ersten beiden Schritten entfernt. Falls erforderlich, kann sich hier noch eine **Bleichung** mit Bleicherde oder eine **Adsorption** an Aktivkohle anschließen.
- Der letzte Schritt ist eine **Dämpfung** des Öls. Leicht flüchtige Produkte des Öls werden nach dem bekannten Prinzip der Vakuum-Wasserdampfdestillation entfernt. Da bei dieser Dämpfung auch unangenehme Gerüche entfernt werden, spricht man von einer Desodorierung des Öls.

Untersucht man das so erhaltene Kokosöl auf seine chemische Zusammensetzung, ergibt sich die bereits in **Tab. 2.3** (Zeile 1) vorgestellte Fettsäureverteilung: Die Triglyceride des Kokosöls enthalten in großen Anteilen die „Laurics“, also die Laurinsäure und die Myristinsäure, und in nur geringen Anteilen die Palmitin-, Stearin- und Ölsäure. Kokosöl ist deshalb ein hervorragender Rohstoff für Waschmittelalkohole (vgl. **Kap. 3**).

2.2.2 Palmöl und Palmkernöl

Eine weitere wichtige Palmenart ist die Ölpalme (*Elaeis guineensis*, engl. *oil palm*). Sie stammt ursprünglich aus den Regenwäldern Guineas und hat daher ihren botanischen Namen erhalten. Schon 1466 lernten die Portugiesen bei ihren Erkundungsreisen durch Westafrika die Ölpalme kennen, aber erst Mitte des 19. Jahrhunderts brachten die Holländer erste Exemplare nach Indonesien, wo heute – wie im benachbarten Malaysia – große Plantagen der Ölpalme existieren. Während die Kokospalmen sehr schlank sind und die alternden Blätter restlos abwerfen, ist die *Elaeis* relativ gedungen. An den sechs bis maximal 15 m hohen Ölpalmen bleiben die Stängelreste noch viele Jahre erhalten. Die Ölpalme liefert über 50 Jahre hinweg Ölfrüchte mit einer Jahresproduktion von bis zu 6 t pro Hektar. In den ca. 20 kg schweren Fruchtständen der Ölpalme wachsen



Abb. 2.6 Fruchtstand einer Ölpalme
(© Thomas Leonhardy/Fotolia)

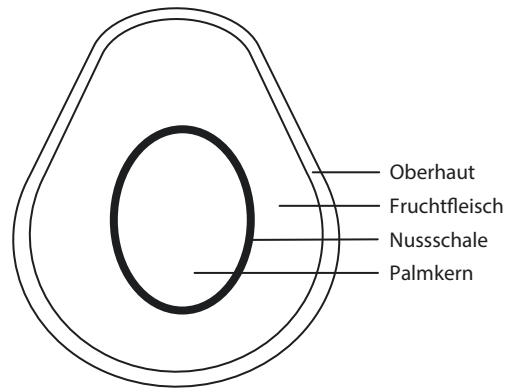


Abb. 2.7 Querschnitt durch eine Palmfrucht

eng aneinander gepresst Tausende kleiner Früchte (**Abb. 2.6**), die ein weiches fettreiches Fruchtfleisch und drei steinharte Samen enthalten. Bricht man die Nusschale dieser Samen auf, gelangt man an den ebenfalls fetthaltigen „Palmkern“ (**Abb. 2.7**).

Beide Bestandteile der Ölfrucht werden separat aufgearbeitet und ergeben verschieden zusammengesetzte Öle: Das Palmkernöl (engl. *palm kernel oil*) enthält, wie das Kokosöl, viele Laurics. Das aus dem Fruchtfleisch gewonnene Palmöl (engl. *palm oil*) besteht hauptsächlich aus den Triglyceriden der Palmitinsäure (die ihren Namen von der Ölpalme erhalten hat) und der Ölsäure. Die Verarbeitung des Fruchtfleischs muss direkt nach der Ernte erfolgen, da sonst bei beschädigten Früchten enzymatische Zersetzungen stattfinden, die die Säurezahl des Öls stark erhöhen (**Exkurs: Qualitätskriterien für den Oleochemiker**). Die hartschaligen Kerne sind dagegen gut lagerfähig.

Exkurs: Qualitätskriterien für den Oleochemiker

Um die Qualität der Rohstoffe schnell beurteilen zu können, hat der Oleochemiker einige Maßzahlen eingeführt, die sich relativ schnell durch Titration bestimmen lassen:

- Die **Iodzahl** (IZ, engl. *iodine value*) ist ein Maß für die Anzahl der C=C-Doppelbindungen und damit für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren. Sie wird entweder durch Titration mit elementarem Brom oder durch die Bestimmung der Aufnahme von Wasserstoff bestimmt.
- Die **Säurezahl** (SZ, engl. *acid number*) ist ein Maß für den

Gehalt an „freien“ (also nicht an Glycerin gebundenen) Fettsäuren, die sich bei Alterung aus den Triglyceriden abgespalten haben. Die SZ gibt die Masse an KOH (in mg) an, die zur Neutralisation von einem Gramm Öl verbraucht wird. Öle mit hoher Säurezahl sind minderer Qualität und deshalb auch niedriger im Preis.

- Die **Verseifungszahl** (VZ, engl. *saponification number*) gibt an, welche Masse an KOH (in mg) zur Bindung der in einem Gramm Öl enthaltenen freien

Säuren und zur Verseifung der Ester notwendig ist.

- Die **Hydroxylzahl** (OHZ, engl. *hydroxyl value*) ist ein Maß für die im Öl vorhandenen OH-Gruppen. Zur Bestimmung der Hydroxylzahl wird das Öl zuerst mit Acetanhydrid verestert. Die Hydroxylzahl gibt dann an, welche Masse an KOH (in mg) benötigt wird, um die bei der Veresterung frei werdende Menge Essigsäure zu neutralisieren.

2.2.3 Rapsöl

Rapsöl oder Rüböl wird aus den Samen des Rapses (*Brassica napus oleifera*; engl. *rapeseed oil*) gewonnen. Raps ist schon seit Langem eine der wichtigsten Ölpflanzen der gemäßigten Zone. Rapskörner wurden bereits in Ausgrabungen germanischer Siedlungen gefunden und im späten Mittelalter wurde in Deutschland das Rapsöl für Beleuchtungszwecke verwendet. Mit der Einführung des Petroleums Ende des 19. Jahrhunderts hat es diesen Verwendungszweck allerdings eingebüßt.

Raps gehört botanisch zur Familie der Kreuzblütler. Die Pflanzen werden bis zu 1,5 m hoch; aus den leuchtend gelben Blüten (■ Abb. 2.8) bilden sich

später die Samenschoten. Die darin enthaltenen, fast kugelrunden Saatkörner haben einen Durchmesser bis zu 3 mm. Wenn die Saatkörner glänzend schwarz sind, kann der Raps geerntet und verarbeitet werden.

Frühere („alte“) Rapsöle enthalten überwiegend die Erucasäure (C22:1), sowie die Ölsäure (C18:1) und die Linolsäure (C18:2) (■ Tab. 2.3). Die Erucasäure ist jedoch für die Ernährung des Menschen wertlos, da sie im menschlichen Körper nicht verarbeitet werden kann. Größere Mengen an Erucasäure können sogar zu Krankheiten der Herzkranzgefäße führen. 1974 gelang die Züchtung von erucasäurearmen Rapsorten, den so genannten „0-Sorten“. 1978 erfolgte eine weitere Verbesserung, nämlich die Einführung der „00-Sorten“. Mit diesen 00-Rapsorten gelang es, auch die Bildung von Glucosinolaten (an Glucose gebundene Senföle, Bitterstoffe) zu verhindern, die zur Störung der Schilddrüsenfunktion führen können. Der „neue Raps“ enthält überwiegend Ölsäure und Linolsäure und in geringeren Mengen Linolensäure. Der alte Raps ist als Industrie- und Energiepflanze von einiger Bedeutung; der neue Raps kann unbedenklich für hochwertige Nahrungsmittel eingesetzt werden.



■ Abb. 2.8 Rapsfeld (© artaxx / Fotolia)

2.2.4 Sonnenblumenöl

Die ursprüngliche Heimat der Sonnenblume ist Nordamerika. 1510 brachten die Spanier die Sonnenblume nach Europa, aber erst im 19. Jahrhundert

wurde ihre Bedeutung als Ölpflanze erkannt, als Peter der Große sie in Südrussland in größerem Umfang anpflanzen ließ. Die Sonnenblume (*Helianthus annuus*, engl. *sunflower*) gehört zur Familie der Korbblütler und ist eine einjährige Pflanze, die bis zu 5 m hoch werden kann. Für den kommerziellen Anbau werden aber 1–1,5 m hohe Sorten bevorzugt, die sich maschinell gut ernten lassen. Die Pflanze bildet einen scheibenförmigen Blütenstand (s. Titelbild des Buches), der mehrere Tausend kleiner Früchte enthalten kann. Diese *Sonnenblumenkerne* haben einen Ölanteil von bis zu 57 %, der Rest sind überwiegend Eiweiße, Kohlenhydrate und Mineralstoffe. Das (alte) Sonnenblumenöl enthält überwiegend Linolsäure (44–70 %) und Ölsäure (14–43 %, ■ Tab. 2.3) und ist wegen des hohen Anteils der essenziellen

Linolsäure (► **Exkurs: MUFA oder PUFA?**) ein hervorragender Rohstoff für die Speiseöl- und Margarineherstellung. In der Industrie wird es zu Seifen und Firnissen verarbeitet und dient teilweise als Ersatz für Leinöl. Der bei der Gewinnung verbleibende Presskuchen enthält bis zu 50 % Eiweiß und wird vielfach als Viehfutter verwendet.

Bei der Sonnenblume sind insbesondere in Russland wichtige Neuzüchtungen erfolgt. Die „neue“ Sonnenblume wird auch mit dem Zusatz *high oleic* bezeichnet, weil sie bis zu 91 % Ölsäure, aber nur wenig Linolsäure (3 %) enthält (■ Tab. 2.3). Dieser Rohstoff führt zu einer Ölsäure mit hohem Reinheitsgrad und ist deshalb für die chemische Nutzung hervorragend geeignet, z. B. für die Herstellung von Lacken, Farben und technische Estern sowie für kosmetische Produkte.

Exkurs: MUFA oder PUFA?		
MUFA und PUFA sind keine Seeungeheuer, sondern wiederum nur gängige Abkürzungen der Oleochemiker und Ernährungsberater: ■ MUFA sind <i>monounsaturated fatty acids</i> , also einfach ungesättigte Fettsäuren, z. B. die häufig vorkommende Ölsäure.	■ PUFA sind <i>polyunsaturated fatty acids</i> , also mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Hierzu gehören die Linolsäure (C18:2), die Linolensäure (C18:3), die Eicosapentaensäure (C20:5, EPA) und die Docosahexaensäure (C22:6, DHA). EPA ist ein Vorläufer der Prostaglandine und verfügt	somit über wichtige pharmakologische Eigenschaften. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren gehören zu den essenziellen Fettsäuren, die dem menschlichen Körper mit der Nahrung zugeführt werden müssen, da er sie nicht selber produzieren kann.

2.2.5 Sojaöl

Die Sojapflanze (*Soja hispida*) gehört zu der Familie der Leguminosen und wurde bereits 1000 v. u. Z. in China angepflanzt. Erst im 19. Jahrhundert gelangte sie nach Europa und Amerika. Die Sojapflanze erzeugt Sojabohnen (engl. *soybeans*), die sowohl das Öl (20 %) als auch größere Mengen Eiweiß (40 %) enthalten. Äußerlich ähnelt die Pflanze der Buschbohne: Sie ist stark behaart und wächst in Form von Sträuchern mit bis zu 80 cm Höhe (■ Abb. 2.9).

Das Sojaöl wird durch Extraktion gewonnen und enthält ca. 50 % Linolsäure, 30 % Ölsäure und zwischen 3–11 % Linolensäure, die auch für das leichte Ranzigwerden des Sojaöls verantwortlich ist (■ Tab. 2.3). In Deutschland wird es für die Margarineproduktion verwendet, in den USA auch für die

Herstellung von Speiseölen. Sojaöl enthält bis zu 3 % Lecithine, die als Emulgatoren im Nahrungsmittelbereich als auch zu technischen Zwecken verwendet werden. Der bei der Sojaöl-Gewinnung anfallende Presskuchen, der Sojaschrot, enthält nahezu alle Proteine und Kohlenhydrate und dient in Form von Sojamehl, Sojamilch und Sojaquark (Tofu) als Nahrungsmittel für den Menschen, wird aber auch als Kraftfutter für Tiere eingesetzt. Das Sojaprotein kann nach Auflösen in Alkali auch zu Fäden versponnen werden, die nach Aromatisierung künstliches „Sojafleisch“ liefern.

Für die technische Nutzung des Sojaöls ist der hohe Gehalt an Linolsäure entscheidend: Lacke, Firnisse, Schmiermittel, Harze, Weichmacher und Farben werden mit Sojaöl hergestellt. In den letzten Jahren werden sojaölstämmige Polyole verstärkt als



■ Abb. 2.9 Sojapflanze (© chungking / Fotolia)

Ausgangsstoffe für Biopolymere (Polyester, Polyurethane, ► [Kap. 19](#)) diskutiert.

2.2.6 Leinöl

Lein gehört botanisch zur großen Familie der *Linaceae*, von der aber nur der *Linum usitatissimum* (übersetzt: der äußerst nützliche Lein) Bedeutung als Kulturpflanze erlangt hat. Die Frucht des Leins bildet eine kugelförmige oder ovale Kapsel, die die Leinsamen (engl. *linseed*) enthält (■ [Abb. 2.10](#)). Man kann den Lein in Öllein, Ölfaserlein und Faserlein unterteilen, wobei in dieser Reihenfolge der Ölgehalt geringer und der Faseranteil größer wird. Die Leinfaser wird auch als Flachs bezeichnet; Gewebe dieser Leinfaser nennt man Leinen.

Lein war den Sumerern und Ägyptern bereits vor 5000 Jahren bekannt, und auch in Europa wurde Lein bereits in der jüngeren Steinzeit angebaut. Faserlein benötigt für sein Wachstum relativ viel Wasser;



■ Abb. 2.10 Leinpflanzen (© Janine Fretz Weber / Fotolia)

der Öllein bevorzugt trockenere, warme Regionen mit Temperaturen um die 20 °C. Leinsamen haben einen Ölgehalt zwischen 30 und 50 %. Wie ■ [Tab. 2.3](#) zeigt, enthält das durch Mahlung, Pressung und/oder Extraktion gewonnene Leinöl neben Ölsäure (C18:1) und Linolsäure (C18:2) hohe Anteile an Linolensäure (50–60 % C18:3). Allerdings unterliegen die Kennzahlen für Leinöl teilweise sehr starken Schwankungen, insbesondere die Iodzahl (► [Exkurs: Qualitätskriterien für den Oleochemiker](#)).

Der hohe Anteil an dreifach ungesättigter Fettsäure führt dazu, dass Leinöl an der Luft durch Reaktionen mit Luftsauerstoff nach und nach polymerisiert und schließlich fest wird: Mehrere Fettsäuremoleküle vereinigen sich zu einem großen, verzweigten Molekül. Ein Öl mit diesem Verhalten wird auch als **trocknendes Öl** bezeichnet. Diese trocknenden Öle sind hervorragend geeignet zur Herstellung

ökologisch verträglicher Lacke, Anstrich- und Druckfarben sowie Firnisse. Weitere Anwendungen finden sich in der Papier-, Leder- und Wachtuchindustrie sowie bei der Herstellung des Bodenbelags **Linoleum** (► Abschn. 4.2.2). Schon der Name „Linoleum“ weist auf den Namen des Hauptrohstoffs, das Leinöl (lat. *oleum lini*), hin.

2.2.7 Rizinusöl

Rizinusöl (*Ricinus communis*, engl. *castor oil*) gehört zur Familie der *Euphorbiaceae* und stammt aus den Tropen Asiens und Afrikas. Heute sind Indien, China, Brasilien und Thailand die Hauptanbaubiete; in Europa wird die Pflanze z. B. in Rumänien und Spanien angebaut. Die Pflanzen werden bis zu 2 m hoch, haben große bis zu 40 cm lange Blätter und bilden Blütenstände mit bis zu 20 Früchten (■ Abb. 2.11). Die stacheligen, rot-grünen Früchte enthalten Samen mit einem Ölgehalt von ca. 50 %.

Die Besonderheit des Rizinusöls ist der hohe Gehalt (87 %) von Triglyceriden der Ricinolsäure, die wir bereits in ■ Abb. 2.2 kennen gelernt haben: Sie ist – wie Ölsäure – eine *cis*-C18:1-Säure, aber mit einer zusätzlichen OH-Gruppe in C12-Position. Außerdem enthält das Rizinusöl geringe Mengen an Ölsäure (7 %) und Linolsäure (3 %) sowie wenige gesättigte Säuren. Allerdings enthält die Rizinuspflanze auch einige toxische Substanzen, wie das Protein Rizin und das Alkaloid Rizinin, die nach der Pressung im Presskuchen verbleiben. Durch physikalische oder chemische Methoden, z. B. durch kurzes



■ Abb. 2.11 Fruchtsstände der Rizinuspflanze
(© LianeM / Fotolia)

Erhitzen auf 140 °C und/oder durch Behandlung mit Basen, können die Giftstoffe jedoch beseitigt und so der Presskuchen auch als Viehfutter genutzt werden.

Rizinusöl wird schon seit Langem angebaut und verwendet, u. a. bereits vor 6000 Jahren im alten Ägypten. In der Pharmazie dient es als Abführmittel und in der Kosmetik für die Herstellung von Badeölen, Lippenstiften und Shampoos. In der Technik werden die guten Schmiereigenschaften und die hohe Viskosität des Rizinusöls für die Herstellung von Schmierölen genutzt. Aufgrund der für Fettstoffe ungewöhnlichen Funktionalität findet Ricinolsäure aber verstärkt auch als oleochemische Reaktivkomponente zur Herstellung von Farben, Lacken, Tinten, Schäumen und Polymeren Verwendung (► Abschn. 19.2.2).

2.2.8 Olivenöl

Auch der Olivenbaum (*Olea europaea*) ist schon seit Langem in unserem Kulturkreis heimisch: Seit ca. 5000 Jahren ist er bei den Sumerern und Ägyptern bekannt und wurde schon zur Zeit Homers in Griechenland angepflanzt. Aus dem zuerst mittelhohen Strauch bildet sich ein Baum, der bis zu 20 m hoch und dessen Stamm bis zu 4 m dick werden kann. Durch sein intensives Wurzelwerk ist der Ölbaum sehr anspruchslos und benötigt nur wenig Wasser. Die Steinfrüchte, die Oliven (■ Abb. 2.12) können bis zu 2,5 cm dick werden und sind je nach Sorte grün, rötlich, violett oder schwarz. Das Olivenöl (engl. *olive oil*) wird durch das Auspressen der reifen, ganzen oder entsteinten Früchte gewonnen. Bei einer ersten Pressung unter mäßigem Druck und Temperaturen bis 25 °C bildet sich das nahezu farblose *oleum virginicum*; bei höherem Pressdruck und höheren Temperaturen entstehen gelbe bis braune Öle.

Der Hauptbestandteile des Olivenöls sind Triglyceride der Ölsäure (84 %); außerdem enthält es Palmitinsäure (9 %), Linolensäure (4 %) und Arachinsäure (1 %). Es ist ein hervorragendes Speiseöl, wird aber auch für die Hautpflege, für die Herstellung von Seifen und für technische Zwecke, z. B. für Maschinenöle, eingesetzt. Wegen des hohen Ölsäureanteils ist es ein wichtiger Rohstoff in der Oleochemie, und wir werden der Ölsäure und ihren Derivaten in ► Kap. 3 und ► Kap. 4 noch häufiger begegnen.



■ **Abb. 2.12** Frucht und Blätter des Olivenbaums
(© Maceo / Fotolia)



■ **Abb. 2.13** Blüte der Färberdistel (© Dr. Renate Kaiser-Alexnat, Institut für Färbepflanzen, Michelstadt)

2.2.9 Färberdistelöl (Distelöl/ Safloröl)

Die Färberdistel oder Saflor (*Carthamus tinctorius*; engl. *safflower*) gehört – wie die Sonnenblume – zur Familie der Korbblütler. Sie ist ein Distelgewächs, das – wie der Name schon verrät – ursprünglich als Färbepflanze angebaut wurde. Der rote Farbstoff aus den Blütenblättern wurde im Mittelalter zur Färbung von Textilien eingesetzt (■ [Abb. 2.13](#)).

Die Samen der Färberdistel enthalten bis zu 37 % Öl und sind ebenfalls sehr proteinhaltig (20–55 %). Das dickflüssige Öl ist gold- bis rotgelb und in etwa vergleichbar mit dem Leinöl: Es enthält 70–80 % Linolsäure und bis zu 20 % Ölsäure, ist also sehr stark ungesättigt und kann deshalb wie Leinöl als trocknendes Öl in der Lackindustrie eingesetzt werden. Es dunkelt nicht nach und ist deshalb auch für helle Farben und Lacke geeignet. Allerdings ist seine Haltbarkeit stark eingeschränkt: Nur unter Kühlung ist es bis zu 12 Monate lagerfähig. Wegen seines nussähnlichen Geschmacks ist Färberdistelöl auch als Speiseöl geschätzt und wird bei hohem Cholesterinspiegel auch als diätisches Lebensmittel verwendet.

2.2.10 Jatropaöl

Die Jatrophapflanze (*Jatropha curcas*, engl.: *jatropha*) gehört zu den Wolfsmilchgewächsen (*Euphorbiaceae*) und ist in tropischen und subtropischen Gebieten beheimatet. Das Besondere an dieser Pflanze ist, dass sie aufgrund ihrer Genügsamkeit und Robustheit auch in trockenen Savannen wächst, wo Lebensmittelpflanzen nicht überleben können. Sie ist deshalb ideal geeignet, um auch in wüstenähnlichen und erosionsgefährdeten Gebieten noch Ölpflanzenanbau zu betreiben. Der Jatrophastrauch kann bis zu 8 m hoch werden und bildet pflaumen-große Früchte, die mehrere Samen enthalten. Diese Samen, die „Purgiernüsse“, bestehen bis zu 60 % aus Öl (■ [Abb. 2.14](#)). Der Presskuchen enthält zwar bis zu 60 % Rohprotein, ist aber als Nahrungsmittel für Mensch oder Tier ungeeignet, da er giftige



■ **Abb. 2.14** Purgiernüsse, die Samen der Jatrophapflanze
(© Prashant ZI / Fotolia)

Substanzen, die Phorbolester, enthält, die bisher nicht entfernt werden können.

Jatrophaöl enthält zu ca. 75 % ungesättigte Fettsäuren, insbesondere Ölsäure (42 %) und Linolensäure (35 %), und nur kleinere Mengen gesättigter Fettsäuren wie Palmitinsäure (14 %) oder Stearinsäure (6 %). Allerdings ist die Zusammensetzung der Jatrophaöle recht schwankend. In den letzten

Jahren hat das Jatrophaöl eine besondere Aufmerksamkeit erlangt, weil es wegen seiner hohen Cetanzahlen (ca. 60) auch als Dieseltreibstoff („Biodiesel“) genutzt werden kann. In Teilen Südamerikas, Afrikas und Asiens hat es deshalb beim Anbau von Jatropha einen starken Anstieg gegeben. Die Energieprobleme der Industriestaaten wird diese Pflanze jedoch nicht lösen können.

Exkurs: Ein Öl, das gar kein Öl ist

Auch die Jojobapflanze (*Simmondsia chinensis*, engl. *jojoba*) mit ihren graugrünen, lederartigen Blättern liebt die Sonne: Sie stammt aus der Sonorawüste zwischen Kalifornien und Mexiko und ist heute auch in trockenen Standorten Argentiniens, Südafrikas und Südaustralien beheimatet. Die Jojobapflanze kann man – wie Jatropha – auf Landflächen anpflanzen, die zur Nahrungsmittelproduktion nicht mehr geeignet sind. Der Name ist übrigens indianischen Ursprungs und müsste eigentlich „Ho-Ho-Ba“ ausgesprochen werden. Das aus den Samen des immergrünen Jojobastrauchs gewonnene gelbliche Öl ist nach unserer Definition gar kein Öl, sondern ein Wachs! Öle sind definiert als Triester des Glycerins

(► Abb. 2.1), Wachse sind aber Monoester von Fettsäuren mit primären Alkoholen. Da Jojobaöl aber ein Wachs mit einem sehr geringen Schmelzpunkt ist (7 °C), wird es trotzdem häufig bei den Ölen mit aufgeführt. Das Jojobaöl besteht aus Estern der ungesättigten Fettsäuren Eicosensäure (C20:1) und Docosensäure (C22:1) mit ungesättigten C11- und C12-Alkoholen. Damit ähnelt es stark dem Sperml, das früher aus dem Walrat des Pottwals gewonnen wurde. Da der Walfang aber stark eingeschränkt wurde, steht das Sperml heute kaum noch zur Verfügung. Die Samen der Jojobapflanze haben große Ähnlichkeit mit den Oliven (► Abb. 2.15). Die Hauptverwendung findet Jojobaöl in Kosmetika wie

Hautcremes und Lippenstiften, daneben aber auch als Wachsüberzug von Zitrusfrüchten oder Süßwaren. Auch für pharmazeutische Zwecke wird Jojoba verwendet, z. B. zur Heilung von Hautkrankheiten und Brandwunden. Da es bei hohen Temperaturen seine Viskosität nahezu beibehält, wird es auch als Schmiermittel für schnellaufende Motoren eingesetzt. Einige nehmen auch Jojobaöl als Speiseöl zu sich: Da im menschlichen Körper keine Enzyme existieren, die den Monoester abbauen können, kann man mit diesem Trick sehr fette Speisen genießen, ohne dicker zu werden. Von dieser „Reduktionskost“ ist allerdings abzuraten, da das nicht abgebaute Öl im Darm verbleibt und dann für Durchfall sorgen kann.

■ Abb. 2.15 Samen des Jojobastrauchs (© Roman Dekan / Fotolia)



2.2.11 Weitere Fette und Öle

Da ein Lehrbuch nur einen sehr begrenzten Umfang hat, beenden wir hiermit die Beschreibung der wichtigsten Ölpflanzen. Mohn- und Hanföle, Erdnuss- und Walnussöle, Sandelholz- und Kürbiskernöle und viele andere mehr werden deshalb hier nicht weiter erläutert. Insgesamt gibt es ca. 1400 Arten von Ölpflanzen, von denen ca. 20 kommerziell angebaut werden. Am Ende dieses Kapitels werfen wir aber noch einen Blick auf einige wichtige Fette tierischen Ursprungs:

- **Schmalz** (engl. *grease*) ist eine Sammelbezeichnung für streichbare tierische Fette. Typische Vertreter sind Schweine-, Gänse- und

Butterschmalz. Wichtige Fettsäuren des Schmalzes sind Öl-, Palmitin- und Stearinsäure (■ Tab. 2.3).

- **Talg** (engl. *tallow*) ist eine feste, körnige Fettmasse, die zur menschlichen Ernährung meist weniger geeignet ist. Aus diesem Grund sind Talge auch relativ preiswert. Die wichtigsten Vertreter der Talge sind der Rinder- und der Hammeltalg. Sie enthalten auch Fettsäuren ungerader C-Zahl, z. B. die Margarinsäure (C17:0), *trans*-Fettsäuren wie z. B. die Elaidinsäure (■ Tab. 2.2) sowie verzweigte Fettsäuren. Auch im Rindertalg dominieren – wie im Schmalz – die Triglyceride der Öl-, Palmitin- und Stearinsäure.

Exkurs: Der gesunde Eskimo

Fischöle (engl. *fish oils*) werden aus Heringen oder aus Abfällen bei der Fischverarbeitung gewonnen. Charakteristisch für Fischöle ist der sehr hohe Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, den PUFA, mit vier bis

sechs C=C-Doppelbindungen, z. B. der Arachidonsäure (■ Tab. 2.2). Diese haben für den Menschen eine besondere ernährungsphysiologische Bedeutung: Sie wirken sich günstig auf Prävention und Behandlung von

Arteriosklerose und Herz-Kreislauf-Krankheiten aus. Gefunden hat man diesen Effekt bei den Eskimo, die trotz ihrer sehr hochkalorischen und fettreichen Ernährung, u. a. mit Fischen, kaum zu Herzerkrankungen neigen.

2.3 Einige Zahlen

Die **weltweite Produktion** von Fetten und Ölen ist in den letzten Jahrzehnten enorm gesteigert worden, insbesondere zur Produktion von Nahrungsmittelfetten. Die Entwicklung in den letzten vier Jahrzehnten zeigt ■ Abb. 2.16: Der Gesamtverbrauch an Fetten und Ölen ist von 41 Mio. Tonnen im Jahr 1970 auf über 200 Mio. Tonnen im Marktjahr 2014/15 gestiegen und hat sich in dieser Zeit somit verfünffacht! Auch für die Zukunft werden ähnliche Steigerungsraten erwartet.

■ Abb. 2.17 zeigt noch einmal etwas genauer, wie die Welt-Produktionssteigerungen für die einzelnen Öle im letzten Jahrzehnt verlaufen sind. Lange Zeit hinweg war das Sojaöl das wichtigste Öl weltweit; inzwischen wurde es – durch stetig neue Ölpalmen-Anpflanzungen im asiatischen Raum – durch das Palmöl überholt. Die Reihenfolge der wichtigsten Öle lautet somit heutzutage: Palmöl > Sojaöl > Rapsöl > Sonnenblumenöl > Talge > Palmkernöl > Kokosöl.

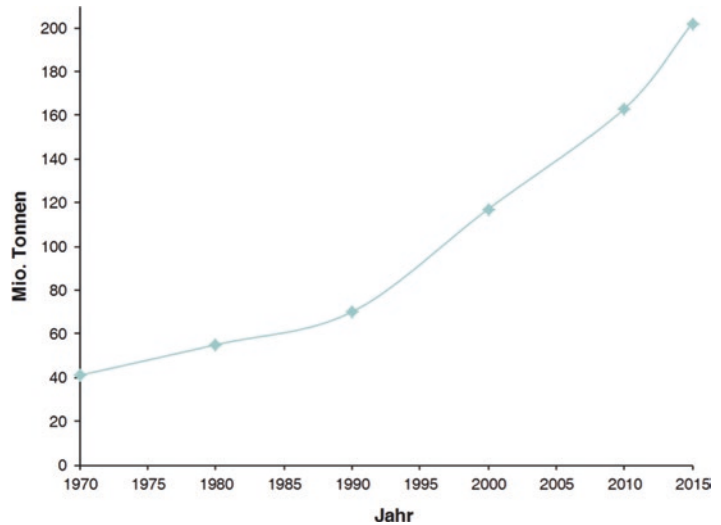
Ein kurzer Blick noch auf die mittleren Ölpreise in Europa für die vier wichtigsten Öle im März 2015 (Quelle: www.oilworld.biz):

- Palmöl 0,75 \$ kg⁻¹
- Sojaöl 0,80 \$ kg⁻¹
- Sonnenblumenöl 0,87 \$ kg⁻¹
- Rapsöl 0,81 \$ kg⁻¹

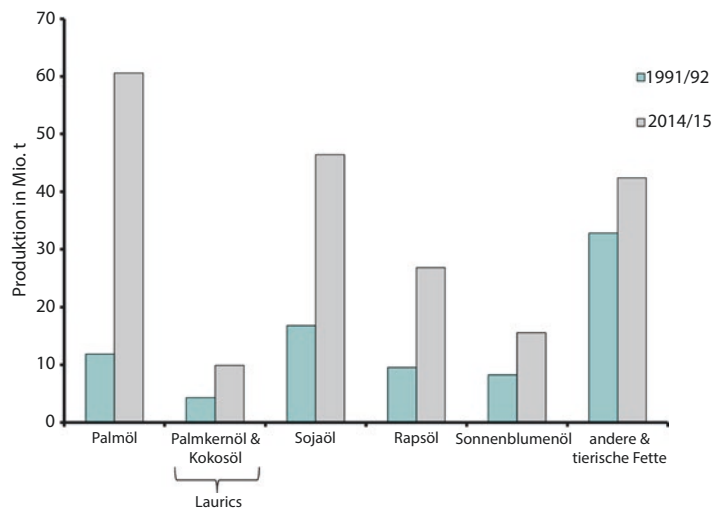
Schließlich folgen noch einige statistische Angaben der „Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe“ über die spezielle Situation der Fette und Öle in **Deutschland**:

- Im Jahr 2013 wurden 1,2 Mio. Tonnen Fette und Öle stofflich verwendet (■ Tab. 2.3).
- Diese 1,2 Mio. Tonnen teilen sich auf in knapp 20 % tierische Fette und in 80 % Pflanzenöle, insbesondere Rapsöl, Leinöl, Sonnenblumenöl, Palmöl, Sojaöl, Kokosöl und Rizinusöl.
- Die heimischen Industriepflanzen wurden auf 153.000 ha Ackerfläche angebaut. Hierzu zählen mit Abstand der Raps (140.000 ha) sowie die Sonnenblume (9000 ha) und das Leinöl (3500 ha). Beachten Sie bitte bei diesen Zahlen, dass hier der Bereich der Energiepflanzen nicht mit betrachtet ist: Raps wird in Deutschland noch auf weiteren 616.000 ha angepflanzt, um Biodiesel zu erzeugen (► Kap. 20).

■ **Abb. 2.16** Weltweiter Verbrauch an Fetten und Ölen (im Zeitraum 1970 bis 2014/15, Quelle: www.oilworld.biz)



■ **Abb. 2.17** Weltproduktion verschiedener Fette und Öle (Quelle: www.oilworld.biz)



Zusammenfassung (Take-Home Messages)

- Bei den **pflanzlichen Fetten** unterscheidet man zwischen den Laurics mit überwiegend kurzen Fettsäureketten (C_{12} – C_{14}) und den Fetten mit überwiegend längeren Ketten (C_{16} – C_{22}).
- Zu den **Laurics** gehören das **Kokosöl** und das **Palmkernöl**. Sie spielen eine wichtige Rolle als Rohstoffe zur Herstellung oleochemischer Tenside.
- Am Beispiel der Kokosnüsse wurde die **Gewinnung von Ölen** aus Samen und

Nüssen erläutert: Diese werden zerkleinert, erwärmt und in Schneckenpressen ausgepresst. Anschließend wird das trübe Öl filtriert. Der verbleibende Presskuchen kann mit Kohlenwasserstoffen oder überkritischem CO_2 noch extrahiert werden.

- Das alte **Rapsöl** enthält Erucasäure ($C_{22:1}$) und ist dadurch für die menschliche Ernährung ungeeignet. Durch Neuzüchtung entstand das neue Rapsöl mit hohen Gehalten an Ölsäure ($C_{18:1}$) und Linolsäure ($C_{18:2}$).

- Das Öl der alten **Sonnenblume** enthält sehr viel Linolsäure, ähnlich wie das **Sojaöl**. Die neu gezüchteten *High-oleic*-Sonnenblumen enthalten dagegen fast ausschließlich Ölsäure. Ölsäure ist auch die Hauptfettsäure des **Olivenöls**.
- Aus dem Leinsamen wird das **Leinöl** gewonnen, das einen hohen Anteil an Linolensäure (50–60 % C18:3) enthält. Diese mehrfach ungesättigte Fettsäure (engl. *polyunsaturated fatty acid*, PUFA) kann an der Luft zu einer festen Schicht polymerisieren. Leinöl wird deshalb auch als **trocknendes Öl** bezeichnet. Auch das **Färberdistelöl** (Safloröl) enthält größere Anteile an PUFA und wird deshalb ähnlich wie Leinöl in der Lack- und Farbindustrie angewendet.
- Die Hauptfettsäure des **Rizinusöls** ist die Ricinolsäure, eine C18:1-Säure mit einer zusätzlichen Hydroxyfunktion in der C12-Position. Das Öl hat gute Schmiereigenschaften, kann aber wegen seiner Alkoholgruppe auch vielseitig weiter chemisch umgesetzt werden.
- **Jatrophaöl** kann in den Entwicklungsländern größere Bedeutung erlangen, weil es auch in ariden Gebieten wächst. Wegen seiner hohen Cetanzahl kann es als „Biodiesel“ eingesetzt werden.
- **Jojobaöl** ist kein Fett, sondern ein Wachs, also ein Monoester einer Fettsäure mit einem langkettigen Alkohol. Jojobaöl findet in der Kosmetik, in der Pharmazie und als Schmiermittel Verwendung.
- Wichtige **tierische Fette und Öle** sind Schmalz, Talg und Fischöle. **Schmalz** und **Talge** haben hohe Anteile an Öl- und Palmitinsäure; **Fischöle** enthalten die für die Ernährung wichtigen vier- bis sechsfach ungesättigten Fettsäuren.
- Im Marktjahr 2014/15 betrug die weltweite **Produktion an Fetten und Ölen** ca. 202 Mio. Tonnen. Die mengenmäßig bedeutendsten Öle weltweit sind Palmöl, Sojaöl, Rapsöl und Sonnenblumenöl.
- In **Deutschland** werden derzeit jährlich ca. 1,2 Mio. Tonnen Fette und Öle stofflich genutzt.

? Zehn Quickies zu ► Kap. 2

1. Gibt es in den natürlichen Fetten auch ungeradzahlige Fettsäuren? Kennen Sie ein Beispiel?
2. Schreiben Sie die Kürzel auf für die *cis*-6-Octadecensäure (Petroselinsäure), die *trans*-9-Octadecensäure (Elaidinsäure) sowie für die *trans*-13-Docosensäure (Brassidinsäure)!
3. Nennen Sie (mindestens) eine Fettsäure mit einer Hydroxygruppe!
4. Was sind „Laurics“? In welchen Ölen kommen diese Fettsäuren vor?
5. Unterscheiden Sie zwischen MUFA und PUFA. Nennen Sie Beispiele!
6. Ihnen wird der unbehandelte Presskuchen der Rizinuspflanze als Hundefutter angeboten. Wie reagieren Sie?
7. Welche Ölpflanzen sind besonders anspruchslos?
8. Nennen Sie Beispiele für „trocknende Öle“! Woher haben sie ihren Namen?
9. In welchen Fetten und Ölen findet man einen relativ großen Anteil an Ölsäure?
10. Warum ist die Extraktion von Ölpflanzen mit überkritischem Kohlendioxid besonders vorteilhaft?

■ ... und zur Belohnung noch ein Fußballer-Zitat:

- » Das muss man verstehen, dass er Schwierigkeiten hat, sich einzugewöhnen. Er ist die deutsche Sprache noch nicht mächtig. (Jürgen Wegmann)

Weiterführende Literatur

Monographien und Übersichtsartikel

- McKeon TA, Hayes DS, Hildebrand DF, Weselake RJ (2016) Industrial oil crops. AOCS Press, Elsevier, London
- Johnson LA, White PJ, Galloway R (2015) Soybeans – Chemistry, production, processing and utilization. AOCS Press, Elsevier
- Bockisch M (Hrsg) (2015) Fats and oils handbook. AOCS Press, Elsevier
- Krist S, Buchbauer G, Klausberger C (2013) Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle, 2. Aufl. Springer-Verlag, Wien
- Matthäus B, Fiebig H-J (Hrsg) (2013) Speiseöle und Fette. Erling-Verlag, Clenze

- Firestone D (Hrsg) (2013) Physical and chemical characteristics of oils, Fats, and Waxes. AOCS Press, Urbana, IL
- Lai O-M, Tan C-P, Akoh CC (Hrsg) (2012) Palm oil: production, processing, Characterization, and uses. AOCS Press, Urbana, IL
- Gunstone F (Hrsg) (2011) Vegetable oils in food technology. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex
- Biermann U, Bornscheuer U, Meier MAR, Metzger JO, Schäfer HJ (2011) Fette und Öle als nachwachsende Rohstoffe in der Chemie. Angew Chem 123:3938–3956
- Gunstone F (2009) The chemistry of oils and fats: sources, composition, properties and uses. Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex
- Vollmann J, Rajcan I (Hrsg) (2009) Oil crops. Springer, Heidelberg
- Matthäus B, Münch EW (Hrsg) (2009) Warenkunde Ölpflanzen/ Pflanzenöle. AgriMedia. Erling-Verlag, Clenze
- Nowak B, Schulz B (2008) Taschenlexikon tropischer Nutzpflanzen und ihrer Früchte. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim
- Boskou D (2006) Olive oil, chemistry and technology, 2. Aufl. AOCS Press, Urbana, IL
- Roth L, Kormann K (Hrsg) (2005) Atlas of oil plants and vegetable oils. Erling-Verlag, Clenze
- Shahidi F (Hrsg) (2005) Bailey's industrial oil and fat products, Bd 2, Edible oil and fat products: edible oils, part 1, 6. Aufl. Wiley, Oxford
- Löw H (2003) Pflanzenöle. Leopold Stocker Verlag, Graz
- Christie WW (2003) Lipid analysis. The Oily Press, Bridgewater
- Bickel-Sandkötter S (2001) Nutzpflanzen und ihre Inhaltsstoffe. Quelle & Meyer-Verlag, Wiebelsheim
- Thomas A (2000) Fats and fatty oils. In: Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, online edition. Wiley-VCH, Weinheim
- with high levels of oleic and palmitic acids. Eur J Lipid Sci Technol 105:130–137
- Luchetti F (2002) Importance and future of olive oil in the world market. Eur J Lipid Sci Technol 104:559–563
- Piazza GJ, Foglia TA (2001) Rapeseed oil for oleochemical usage. Eur J Lipid Sci Technol 103:450–454
- Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V. (DGF), www.dgfett.de/

Originalstellen

- Mutlu H, Meier MAR (2010) Castor oil as renewable resource for the chemical industry. Eur J Lipid Sci Technol 112:10–30
- Mielke T (2008) Global outlook for oilseeds & products for the next 10 years. Techn. Rep. Oilworld, Hamburg
- Achten WMJ, Verchot L, Franken YJ, Mathijs E, Singh VP, Aerts R, Muys B (2008) Jatropha biodiesel production and use. Biomass Bioenerg 32:1063–1084
- Meier MAR (2008) Pflanzenöle für die chemische Industrie. Nachrichten aus der Chemie 56:738–742
- Rupilius W, Ahmad S (2007) Palm oil and palm kernel oil as raw materials for basic oleochemicals and biodiesel. Eur J Lipid Sci Technol 109:433–439
- Carter C, Finley W, Fry J, Jackson D, Willis L (2007) Palm oil markets and future supply. Eur J Lipid Sci Technol 109:307–314
- Daimler-Chrysler (2004) Hightech report 2/2004. Öl vom Ödland – Das indische Jatropha-Projekt
- Hahn A, Ströhle A (2004) ω -3-Fettsäuren. Chem in unserer Zeit 38:310–318
- Gunstone FD (Hrsg) (2004) Rapeseed and canola oil. CRC Press, Blackwell Publ., Oxford
- Guinda A, Dobarganes MC, Ruiz-Mendez MV, Mancha M (2003) Chemical and physical properties of a sunflower oil

<http://www.springer.com/978-3-662-55254-4>

Einführung in die Chemie nachwachsender Rohstoffe

Vorkommen, Konversion, Verwendung

Behr, A.; Seidensticker, Th.

2018, XI, 393 S. 307 Abb., 173 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-662-55254-4