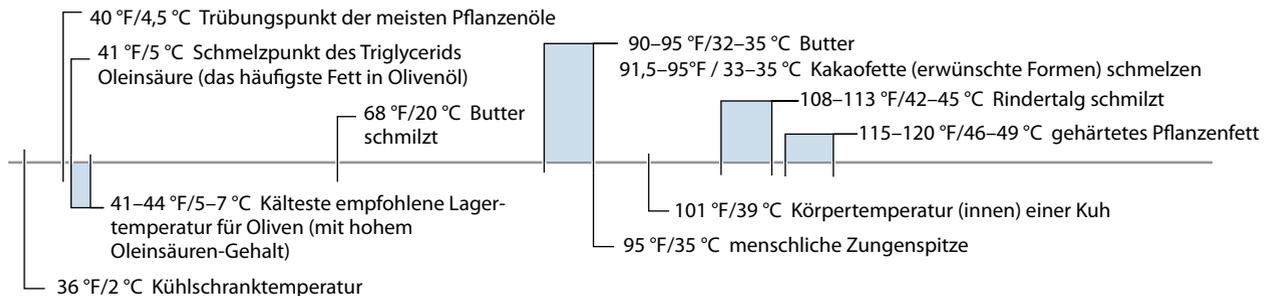


# 85 °F/30 °C: Durchschnittliche Schmelzpunkte von Fetten

*All generalizations are false, including this one.*

—Mark Twain

Und da wären wir beim ersten Temperaturbereich angekommen. Da ist eine Sache, die ich gleich loswerden muss: Temperaturbereiche für chemische Reaktionen lassen sich sehr, *sehr* schwer definieren, da auch Reaktionsraten beteiligt sind. Um das Ganze praktikabel zu halten, sind die Temperaturbereiche, die wir in diesem Kapitel benutzen, an denen orientiert, die beim Kochen anwendbar sind. (Kollagen, um das wir uns etwas später kümmern, kann technisch gesehen unter 104 °F/40 °C denaturieren, aber das, was da rauskommt, würdet ihr nicht essen wollen.) Bei den Fetten treffe ich eine generalisierte Annahme über deren Schmelzpunkte. Es handelt sich um eine falsche Generalisierung, aber sie ist hilfreich dabei, die Durchschnittswerte für gängige Fettsäuren besser zu begreifen: Viele Fette schmelzen über Zimmertemperatur, aber unter Körpertemperatur. (Deswegen kann auch ein Schokoladenhersteller behaupten: »Schmilzt im Mund, nicht in der Hand.«)



*Wichtige Fetttemperaturen und wo sie herkommen.*

Fette und Öle sind beim Essen essenziell. Sie liefern Geschmack, wie die gesalzene Butter zu gutem Brot oder ein feines Olivenöl am Salat. Sie sorgen für Textur, verleihen Keksen und Muffins die Fähigkeit, zu krümeln, und geben Eiscreme dieses unnachahmliche Mundgefühl. Und man benutzt sie zur Zubereitung von Essen, um Hitze beim Sautieren und Frittieren zu übertragen. Was genau ist Fett eigentlich? Wie funktioniert es beim Kochen und beim Essen? Und was zum Geier sind gesättigte Fette, Omega-3- und Transfett? Um auf diese Fragen eine Antwort geben zu können, müssen wir bei ein paar einfachen chemischen Bausteinen anfangen.

Fette und Öle – die nichts anderes sind als Fette, die bei Zimmertemperatur flüssig sind, weswegen ich ab jetzt nur noch von Fetten sprechen werde – sind Lipide, die man *Triglyceride* nennt. Das Wort *Triglyceride* beschreibt die chemische Struktur des Lipids, und es ist

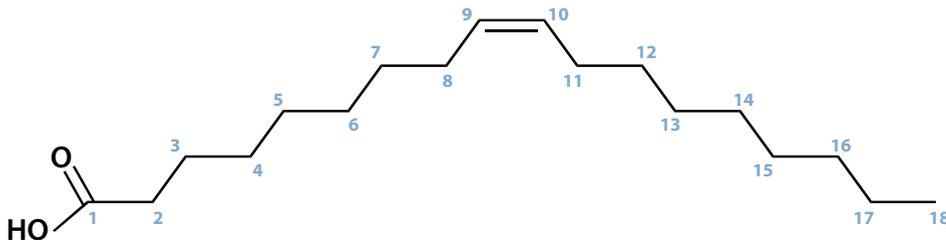
diese chemische Struktur, die für die Eigenschaften eines Fetts verantwortlich zeichnet. *Tri* heißt drei, aber drei was? Es sind keine drei Glyceride, sondern nur eines, an dem drei bestimmte Dinge dranhängen. Ein *Glycerid* ist ursprünglich ein Glycerinmolekül. Hängt man es an andere Dinge an, bekommt es den neuen Namen. Der erste Schritt zum Verständnis von Fetten ist also ein Blick auf das Glycerin.

Das ist das, was Chemiker eine *Linienstruktur* nennen. Man muss kein Chemie-Geek sein, um das zu verstehen. Die Os stehen für Sauerstoff und die Hs für Wasserstoff. Die Linien zeigen, an welchen Stellen Elektronen von den Atomen geteilt werden. Überall da, wo die Linie einen Knick hat (oder von selbst endet, was bei Glycerin nicht vorkommt), befindet sich ein Kohlenstoffatom und meist auch ein paar Wasserstoffatome.

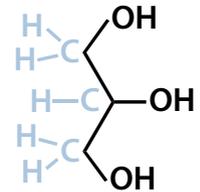
Kohlenstoffbasierte Lebensformen enthalten eine Menge Kohlenstoff und Wasserstoff – ungefähr ein Fünftel eures Körpers ist Kohlenstoff und ein Zehntel Wasserstoff! Diese beiden Elemente sind so häufig, dass sie in Linienstrukturen nicht auftauchen, wenn sie für sich stehen. (Das ist das Chemikeräquivalent eines Kochs, der davon ausgeht, dass ihr selbst wisst, wann eine Prise Salz angemessen ist.)

Ich habe ein bisschen an der Darstellung dieser Linienstruktur gefrickelt – normalerweise sind die schattierten Teile da nicht drin. Sie zeigen die Kohlenstoff- und Wasserstoffatome, die der Chemiker daraus ableiten würde, wie die Linien aussehen. Kohlenstoff hat stets vier Bindungen, deswegen hängt am mittleren C auch nur ein Wasserstoffatom. Glycerin, der erste Baustein von Fetten, hat die Summenformel  $C_3H_8O_3$  – drei Kohlenstoff-, acht Wasserstoff- und drei Sauerstoffatome. (Die Summenformel sagt allerdings nichts über den Aufbau des Moleküls aus!)

Hier haben wir also den ersten Baustein von Fetten; ein Glycerinmolekül, das an drei bestimmte Irgendwasse gebunden ist. Diese drei Irgendwasse sind tatsächlich drei verschiedene *Fettsäuren* – lange Ketten aus Kohlenstoffatomen mit einer ganz bestimmten Säure an einem Ende (Carboxyl-Säure), die sich an diese OH-Punkte im Glycerin anbindet. Es ist leicht zu verstehen, wenn man es vor sich sieht. So sieht eine der häufig vorkommenden Fettsäuren, die Oleinsäure, aus.



*Oleinsäure ist eine Kohlenstoffkette mit 18 Kohlenstoffatomen und einer Doppelbindung zwischen dem 9. und 10. Kohlenstoffatom.*

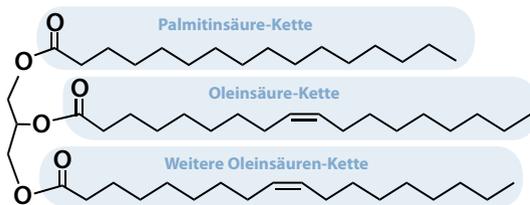


*Ein Glycerinmolekül.*

Fettsäuren sind einfache Moleküle mit nur zwei Variablen: wie lang die Kohlenstoffkette ist und ob es irgendwo Doppelbindungen gibt. Oleinsäure besitzt 18 Kohlenstoffatome mit einer *Doppelbindung* zwischen dem 9. und 10. Kohlenstoffatom; ihr erkennt das an der doppelten Linie. Eine Doppelbindung tritt auf, wenn die Verbindung zweier benachbarter Kohlenstoffatome vier statt zwei Elektronen benutzt. Würde man dort ein Wasserstoffatom ergänzen, würde die Doppelbindung zu einer Einfachbindung, was die Fettsäure verändern würde. (In diesem Fall würde aus der Oleinsäure eine Stearinsäure.)

Doppelbindungen sind entscheidend für das Verständnis von Fetten. Gesättigte und ungesättigte Fette, Omega-3- und Omega-6-Fette, Transfette, ja sogar die Schmelzpunkte der Fette, sie alle ergeben sich daraus, wie viele Doppelbindungen sich in einem Molekül befinden und wo.

Jetzt kennt ihr die beiden Bausteine der Fette. Drei Fettsäuren und ein Glycerinmolekül verbinden sich miteinander und machen Fett. (Sie werfen dabei noch ein Wassermolekül ab, deswegen sehen die Diagramme ein wenig anders aus.)



*Fett besteht aus drei Fettsäuren, die mit einem Glycerinmolekül verbunden sind. Dies hier findet man in Olivenöl, das etwa 20–25 % des Fetts darin ausmacht, und ist mehrfach ungesättigt.*

Es gibt ein paar Dutzend bekannte Fettsäuren, die meist zwischen 8 und 22 Kohlenstoffatome lang sind und null bis drei Doppelbindungen haben. Jedes Fettmolekül kann eine Kombination aus einigen Dutzend verschiedener Fettsäuren sein, was bedeutet, es gibt Hunderte möglicher Kombinationen bei Fettmolekülen. Das macht Fette so ungemein komplex.

Nachdem wir die chemischen Grundlagen abgehandelt haben (nein, wir machen jetzt keinen Test), können wir all die Fragen beantworten, die ich mir zu Fetten immer schon gestellt habe:

### **Was unterscheidet gesättigte und ungesättigte Fette?**

Fettsäuren ohne Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen nennt man *gesättigte* Fettsäuren. Sie sind mit Wasserstoffatomen gesättigt; es gibt keine Möglichkeit, noch welche dazuzuquetschen. Die oben abgebildete Palmitinsäure ist gesättigt. Besitzt eine Fettsäure nur eine Doppelbindung, nennt man sie *einfach ungesättigt* – man kann noch exakt ein Wasserstoffmolekül einbinden, genau da, wo die Doppelbindung sich befindet, Oleinsäure ist, wie ihr gesehen habt, einfach ungesättigt. Fettsäuren mit zwei oder mehr Doppelbindungen nennt man *mehrfach ungesättigt*. Die gleiche Definition gilt für Fette: Das abgebildete Beispielfett hat zwei Doppelbindungen, was es mehrfach ungesättigt macht. Meist sind ungesättigte Fette gesünder

als gesättigte, aber nicht immer. Es gibt gute gesättigte Fette und schlechte ungesättigte. Pflanzen erzeugen meist ungesättigte Fette, aber nicht immer (Kokosöl, du bist gemeint); Tiere erzeugen meist gesättigte Fette, aber nicht immer.

### Was bestimmt den Schmelzpunkt eines Fettmoleküls?

Der Schmelzpunkt wird durch die Form der Fettmoleküle bestimmt, die ihr in der Linienstruktur nicht richtig sehen könnt, und davon, wie die Moleküle sich zusammenpferchen. Die Form hat mit der Anzahl der Doppelbindungen zu tun. Gesättigte Fette sind extrem flexibel – sie können sich um jede der Kohlenstoffverbindungen herum verbiegen und verdrehen –, und sie strecken sich normalerweise in gerader Linie aus, sodass sie sich gut aufeinanderstapeln, um feste Fette zu bilden. Öle haben mehr Doppelbindungen, die sich nicht verdrehen können, deswegen sind sie mehr »aus der Form« und sie lassen sich schlechter zusammendrängen. Mehr Doppelbindungen = weniger Sättigung = niedrigerer Schmelzpunkt = höhere Wahrscheinlichkeit, dass es ein Öl ist. Wie die Moleküle sich zusammendrängen lassen, spielt eine große Rolle. Triglyceride können in drei mögliche kristalline Strukturen aushärten, jede davon hat einen anderen Schmelzpunkt. (Es gibt auch noch ein paar technische Unterschiede durch Isomere). Diese unterschiedlichen Kristalltypen sind auch der Schlüssel zu guter Schokolade, zu der wir demnächst kommen werden.

### Was ist eine Omega-3-Fettsäure? Oder Omega-6?

Das zu kapieren, ist wirklich eine coole Sache, wo von den Dingen und ihren gesundheitlichen Wirkungen ständig die Rede ist. Omega-3-Fettsäuren haben eine Doppelbindung am dritten Kohlenstoffatom von hinten (also von dem der Bindung an das Glycerid entgegengesetzten Ende). Und das war's auch schon. Da es mindestens eine Doppelbindung hat, kann es per Definition kein gesättigtes Fett sein. Omega-6 bezeichnet entsprechend, wie ihr euch denken könnt, eine Fettsäure, die eine Doppelbindung am sechsten Kohlenstoffatom von hinten besitzt. Olein ist eine Omega-9-Fettsäure: Zählt mal 9 Atome von rechts ab auf dem Bild. Der Körper benötigt Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren, kann sie aber nicht aus anderen Fetten herstellen. Deswegen heißen sie auch essenzielle Fettsäuren. (Was nicht bedeutet, dass mehr unbedingt besser ist!)

### Und was ist nun ein Transfett?

*Trans* ist Latein für »quer« oder »entgegengesetzt«, als Gegensatz zu *cis*, dem lateinischen Wort für »gleich«. Bei einem Transfett befinden sich die Kohlenstoffbindungen auf entgegengesetzten Seiten einer Doppelbindung. Bei Cis-Fetten liegen die Kohlenstoffverbindungen auf der gleichen Seite der Doppelbindung, und sie sind extrem häufig – sie sind die natürliche Form von Fettsäuren mit Doppelbindungen. (Darmbakterien mancher Tiere verarbeiten etwas Cis-Fett zu Transfett, aber nicht viel – es gibt also



*Einen Docht in ausgeschmolzenes Rinderfett stellen – schon ist die Kerze fertig. Rinderfett besteht größtenteils aus Stearin- und Oleinsäuren, sodass es bei Zimmertemperatur fest wird. Fett ist eine hervorragende Energiequelle!*

durchaus natürlich vorkommende Transfette. Die Dosis macht's!) Wenn man mehrfach ungesättigte Fette nimmt und sie hydriert, also härtet (die Technik wurde 1902 von einem deutschen Chemiker patentiert), schiebt man Wasserstoffatome in die Fettsäuren und macht dadurch aus einigen der Doppelbindungen einfache Bindungen. Das erhöht den Schmelzpunkt, bei dem die Fette bei Zimmertemperatur fest werden und nicht in den Lebensmitteln herumwandern. Der höhere Schmelzpunkt ist ein Grund, in Backwaren Butter statt Öl zu verwenden. Das Hydrieren von Fetten macht sie steifer, härter, womit sie für eine größere Bandbreite von Anwendungen genutzt werden können. Das sind unsere gehärteten Fette. Bei der Hydrierung können aber auch Transfette entstehen, weil einige Prozesse, die man benutzt, um Wasserstoff hinzuzufügen, auch bereits vorhandene Wasserstoffatome verschieben können. Wenn das passiert, hat man ein Transfett erzeugt, und dieses Fett hat eine Struktur, die sich auf andere Transfette aufstapeln kann. In größeren Mengen führt das zu gesundheitlichen Problemen. (Die Moleküle sind auf eine Art und Weise »aus der Form« gebracht, die dazu führt, dass sie enger aneinanderpassen.)

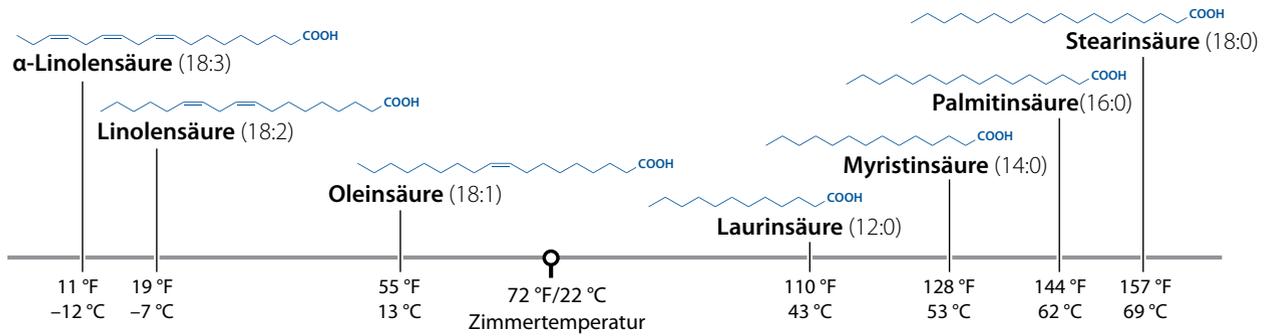
---

### Warum schmelzen manche Sachen, während andere anbrennen?

Das ist davon abhängig, welche Verbindungen beteiligt sind. Schmelzen ist ein physikalischer Vorgang, ein Phasenübergang von fest zu flüssig, der die molekulare Struktur nicht verändert. (An- und Ver-)Brennen ist dagegen eine chemische Veränderung (im Normalfall Verbrennung oder Pyrolyse). Manche Substanzen schmelzen und brennen dann, andere brennen, ehe sie schmelzen, und es gibt auch welche, die nicht schmelzen oder brennen. Nahrungsmittel sind fast immer Mischungen verschiedener Substanzen, was die Sache kompliziert. Zum Beispiel Butter: Wenn man sie erwärmt, schmilzt zunächst das Fett, und bei höheren Temperaturen verbrennt dann die Milchtrockenmasse.

---

Da wäre noch eine Schwierigkeit hinsichtlich Fetten in der Küche: Tierische wie pflanzliche Fette sind Mischungen ganz unterschiedlicher Fettmoleküle. Wenn ihr einen Behälter hättet, in dem sich nur Fette befinden, die aus Oleinsäure bestehen (der Hauptbestandteil von Olivenöl), würden diese exakt bei 41 °F/5 °C schmelzen. Aber das Öl enthält noch andere Fettsäuren. Deswegen wird gutes Olivenöl trüb, wenn man es im Kühlschrank aufbewahrt – einige der Fette werden fest, während andere flüssig bleiben.



Gängige Fettsäuren und ihre Schmelzpunkte. Gesättigte Fette (die ohne Doppelbindungen, erkennbar an dem »0«) und länger-kettige Fette besitzen deutlich höhere Schmelzpunkte.

Fett	Häufige Fettsäuren				
	Linolensäure	Oleinsäure	Laurinsäure	Myristinsäure	Palmitinsäure
Butter	4 %	27 %	2 %	11 %	30 %
Schmalz	6 %	48 %	-	1 %	27 %
Kokosöl	1 %	6 %	50 %	18 %	8 %
Olivenöl	5–15 %	65–85 %	-	0–1 %	7–16 %
Rapsöl (hoch oleinhaltig)	20 %	63 %	-	-	4 %
Distelöl (hoch oleinhaltig)*	16–20 %	75–80 %	-	-	4,5 %
Distelöl (hoch linolenhaltig)	66–75 %	13–21 %	-	-	3–6 %
Eigelb	16 %	47 %	-	1 %	23 %
Kakaobutter	3 %	35 %	-	-	25 %

\* Verschiedene Unterarten der gleichen Pflanze können unterschiedliche Fettsäureprofile ergeben. Distelöl gibt es z. B. in zwei Varianten: hoch oleinhaltig, das benutzt man fürs Kochen, und hoch linolenhaltig, das benutzt man für Farben (es ähnelt dem Leinöl). In den USA benutzt man den Begriff Canola für Rapsöl mit niedrigem Anteil an Erucasäure, um es von anderem Rapsöl zu unterscheiden. Auch Wachstumsbedingungen können das Fettsäureprofil beeinflussen.

# Wichtige Temperaturen für Fette

## *Stockpunkt (Pourpoint)*

Ein Fett muss mindestens so warm sein, dass man es »gießen« kann – was man geschmolzen, aber nicht notwendigerweise flüssig nennen würde. Die meisten Nussöle haben einen Stockpunkt von ca. 34 °F/1 °C.

## *Trübungspunkt (Cloud point)*

Das ist die Temperatur, bei der ein Fett eintrübt (wolkig wird), auch wenn es noch gießbar ist. Das sieht man in der Küche eigentlich selten, außer man hat sein Öl kalt gelagert. Deswegen kommt Olivenöl auch nicht in den Kühlschrank. Die meisten Nussöle trüben bei 40 °F/4,5 °C.

## *Schmelzpunkt*

In diesem Temperaturbereich sind ausreichend Fettmoleküle geschmolzen, um das Fett flüssig zu machen. Fast alle Fette sind Mischungen von Fettsäuren in verschiedenen kristallinen Formen, deswegen ist in der Praxis der Schmelzpunkt der Temperaturbereich, in dem ein Fett von hart zu fest zu flüssig übergeht. In Backwaren benutzen wir normalerweise Fett, das bei Zimmertemperatur fest ist, und Fette, die bei Zimmertemperatur flüssig sind (Öl!), für Dressings und Dips. (Der Erstarrungspunkt liegt häufig ~ 10 °F/~ 6 °C darunter.)

~ 25° F/~ -4 °C: Olivenöl

90–95°F/ 32–35°C: Butter

95–113 °F/35–45 °C: Schmalz

115–120 °F/46–49 °C: gehärtetes Pflanzenfett

## *Rauchpunkt*

Bei dieser Temperatur beginnt das Fett, sich thermisch zu zersetzen; dünne Rauchfetzen steigen aus dem Topf auf, und das ist die Temperatur, die man zum Frittieren haben möchte. Nicht raffinierte Öle enthalten

pflanzliches Material, das verbrennt, wodurch sie einen niedrigeren Rauchpunkt besitzen.

230 °F/ 110 °C: unraffiniertes Rapsöl

350–375 °F/ 177–191 °C: Butter, gehärtetes

Pflanzenfett, Schmalz

400 °F/ 205 °C: Olivenöl

450 °F/ 232 °C: Distelöl

475 °F/ 245 °C: geklärte Butter, Ghee, raffiniertes Rapsöl

510 °F/ 265 °C: raffiniertes Distelöl

## *Flammpunkt*

Bei dieser Temperatur kann Fett aufflammen, aber es ist nicht heiß genug, um weiterzubrennen. Wenn ihr etwas über einer Gasflamme röstet und seht, wie ein paar Dämpfe kurz aufflammen, dann habt ihr den Flammpunkt.

540 °F/ 282 °C: Schmalz

610 °F/ 321 °C: Olivenöl

630 °F/ 332 °C: Rapsöl

## *Brennpunkt*

Das ist die Temperatur, bei der ein Fett weiterbrennt, wenn man es anzündet; wichtig für Kerzen, aber nicht wünschenswert in der Küche! Wenn etwas in Flammen aufgeht, nehmt es von der Wärmequelle und legt einen Deckel drauf.

666 °F/ 352 °F: Schmalz

682 °F/ 361 °C: Olivenöl

685 °F/ 363 °C: Rapsöl

## *Selbstentzündungspunkt*

Bei dieser Temperatur entzündet sich eine Substanz spontan, ohne dass man sie anzündet. Ausgesprochen wichtig im Automotor, aber etwas, das man in der Küche unbedingt vermeiden sollte.

689 °F/ 365 °C: Ethanol (Alkohol)

800–905 °F/ 427–485 °C: Holz (Kiefer, Eiche)