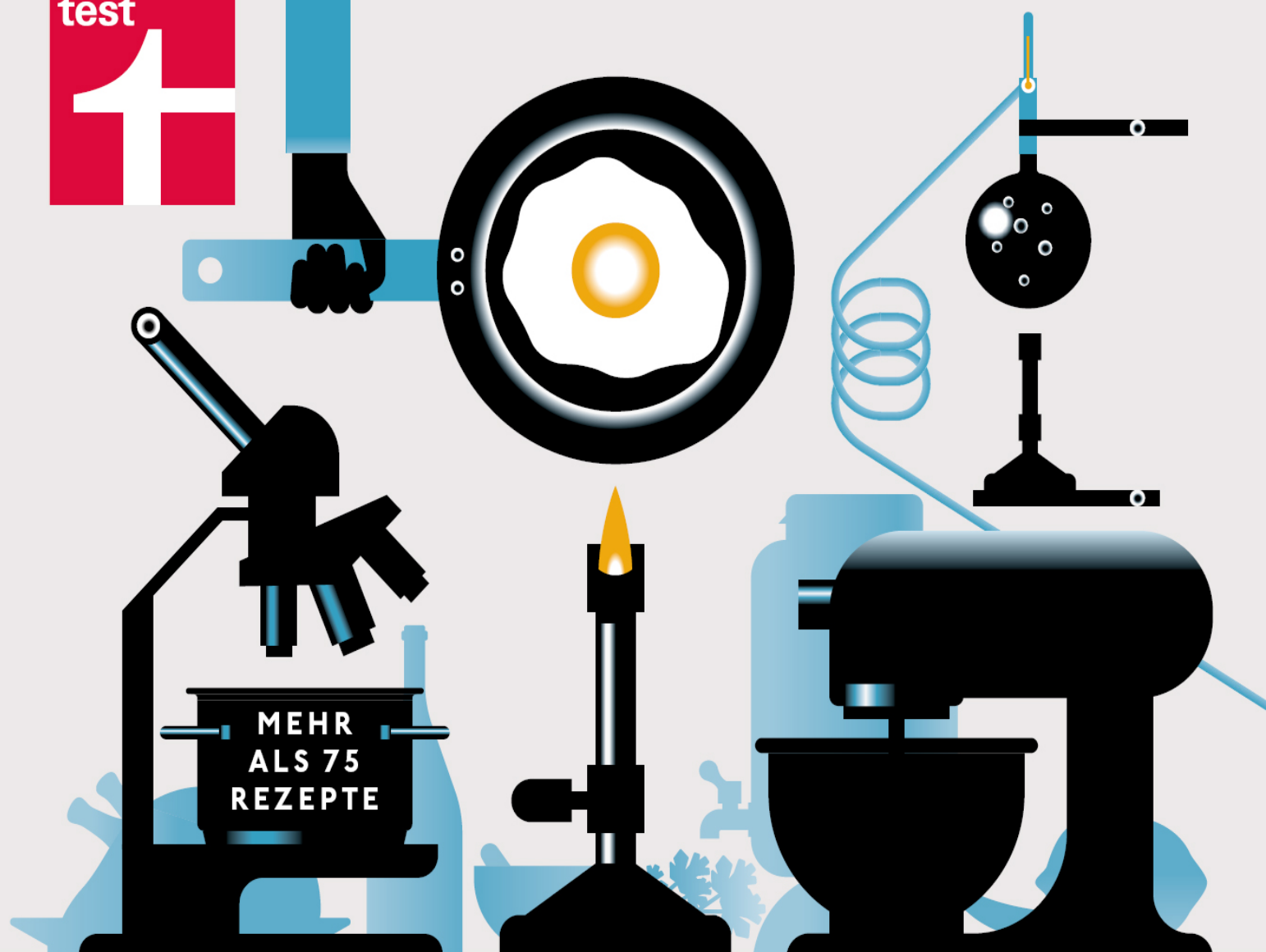


Stiftung  
Warentest

test

EKE MARIËN JAN GROENEWOLD



# KÜCHENLABOR

**BESSER KOCHEN MIT WISSEN-  
SCHAFTLICHEN ERKENNTNISSEN**



EKE MARIËN & JAN GROENEWOLD

Aus dem Niederländischen von  
Verena Kiefer

# **KÜCHENLABOR**

## **BESSER KOCHEN MIT WISSENSCHAFTLICHEN ERKENNTNISSEN**



# INHALT

## Vorwort

Die Küche als Labor

Der chemische Herd

## TEIL I – REAKTIONEN

1. Maillard-Reaktionen und Karamellisierung
2. Oxidation von Fetten
3. Enzyme
4. Fermentation

## TEIL II – GESCHMACK UND AROMA

5. Verflüchtigung von Aromen
6. Öl und Wasser
7. Aroma und Stärke
8. Was die Zunge schmeckt

## TEIL III – TEXTUR

9. Schmelzen und Erstarren
10. Verknoten und Spalten
11. Verdampfen und Kondensieren
12. Tränken und Entziehen
13. Emulgieren und Gerinnen
14. Aufschäumen und Entgasen

## **15. Suspendieren und Klären**

# **TEIL IV – 15 PROZESSE IN 6 REZEPTEN**

**Dank**

**Literatur**

**Register**





# VORWORT

Was mal als Update zu einem unserer früheren Bücher anfang, mündete schließlich in dieses vollkommen neue Buch *Küchenlabor*. Es begann damit, dass Jan ein Periodensystem für die Küche erstellen wollte, eine systematische Übersicht, in der sich alle Aspekte des Kochens organisieren ließen. Schon bald stellte sich aber heraus, dass ein solches System viel zu abstrakt und unpraktisch würde. Doch der gedankliche Keim für eine Prozessanalyse in der Küche war gepflanzt. Statt das Kochen anhand von Rezepten, Zutaten, Kochtechniken oder Landesküchen zu erläutern, beschlossen wir, unser Buch nach den chemischen und physikalischen Prozessen einzuteilen, die dem Kochen zugrunde liegen. Kein Periodensystem also, sondern ein umfassender Ansatz: eine großartige Aufgabe, die sich als so herausfordernd wie lohnend erwies.

Während des Schreibens wurde uns immer klarer, welche Stärke diese Herangehensweise in sich birgt. Wir entdeckten, dass sich jeder Schritt in einem Rezept aufgrund chemischer und physikalischer Prozesse erklären lässt.

Mit diesem Buch möchten wir unsere Leserinnen und Leser in die wissenschaftliche Welt des Kochens mitnehmen. Wir sind davon überzeugt, dass jede und jeder mit dem Wissen um diese Prozesse besser und leckerer kochen kann.

Eke und Jan

# DIE KÜCHE ALS LABOR

Beim Kochen verwandeln wir unsere Küche in ein großes Laboratorium, auch wenn es uns nicht so richtig bewusst wird. Denn Kochen ist ein Zusammenspiel physikalischer und chemischer Prozesse. Ganz gleich, ob wir einfach nur ein Ei kochen oder ein Stück Fisch sous vide garen, ob wir Pommes frites mit Rosmarin als Antioxidans zubereiten oder Gemüse bei 90 °C dünsten: Es sind immer chemische und physikalische Prozesse, die das Aroma bestimmen.

In unseren früheren Büchern haben wir verschiedene molekulare Prozesse beim Kochen am Beispiel von Gerichten wie Pommes frites, Eis, Fleisch, Nudeln und Saucen erläutert. In *Küchenlabor* gehen wir ein wenig anders vor. Hier stehen die molekularen Prozesse im Mittelpunkt. Wir unterscheiden fünfzehn Prozesse, sowohl physikalischer als auch chemischer Natur, die in der Küche eine Rolle spielen. Anhand dieser Prozesse machen wir begreiflich, was in den Töpfen – und außerhalb – geschieht, denn jedes Rezept ist eine Aneinanderreihung von Prozessen. Mithilfe dieses Buches lässt sich jede Kochtechnik verstehen und jede Zutat perfekt (oder fast perfekt) zubereiten.

Dieses Buch soll in erster Linie dabei helfen, besser kochen zu lernen. Darum halten wir es praktisch und haben Reaktionsgleichungen weggelassen. Chemische Reaktionen in der Küche sind nämlich recht kompliziert und variieren in ihren Ergebnissen, weil sehr viele Zutaten daran beteiligt sind. Außerdem sind bisher etliche Prozesse der täglichen Küchenpraxis noch nicht oder kaum erforscht. Dieses Buch ist daher keine wissenschaftliche Abhandlung, sondern eine



praktische Anleitung für alle, die lernen wollen, durch mehr Wissen besser zu kochen.

Daneben ist *Küchenlabor* auch einfach ein Kochbuch mit köstlichen Gerichten. Jedes Kapitel runden wir mit einigen Rezepten ab, die beispielhaft für den Prozess stehen, um den es jeweils geht. So kann die Theorie gleich im eigenen Küchenlabor in die Praxis umgesetzt werden. Ganz hinten im Buch finden sich zudem sechs Rezepte, in denen verschiedene Prozesse zusammentreffen.

Manche Gerichte sind einfach und im Handumdrehen fertig (wie Schokosahne oder Ceviche), andere erfordern etwas mehr Können und Zeit (wie fermentiertes Rindersteak oder Orangeneis). Einige würde man am liebsten täglich auf den Tisch bringen (etwa Schwarze-Bohnen-Burger), andere bewahrt man sich lieber für eine besondere Gelegenheit auf (wie Szechuanpralinen). Allen Rezepten ist eins gemeinsam: Sie sind besonders, weil wir das Maximum aus den Zutaten herausholen.

## **WIE LECKER!**

Kochen ist Chemie, das ist nicht neu. Dennoch ist Kochen nicht nur ein Zusammenspiel chemischer Reaktionen, wobei bei denen neue Stoffe entstehen. Viele Prozesse beeinflussen auch die Zusammensetzung oder die Textur des Essens. Physikalisch gesehen besteht „schmackhaftes leckeres Essen“ aus dem richtigen Verhältnis flüchtiger Aromen und wasserlöslicher Grundgeschmacksrichtungen (süß, sauer, salzig, bitter, umami) in Kombination mit einer angenehmen Textur. Worum es beim Kochen geht, ist dafür zu sorgen, dass all diese köstlichen Geschmäcker und Aromen und die feinen Texturen schlussendlich auf unserem Teller landen.

Mit diesem Ziel vor Augen haben wir die Kochprozesse analysiert. Im ersten Teil von *Küchenlabor* beschreiben wir Prozesse, bei denen vor allem neue, flüchtige Aromen und

Grundgeschmacksrichtungen entstehen: Maillard-Reaktionen, Karamellisierung, Oxidation und Fermentation. All diese chemischen Reaktionen bringen neue Geschmacksstoffe und Aromen in unsere Gerichte.

In Teil zwei des Buchs erläutern wir, welche Prozesse beim Binden, Lösen und Wahrnehmen von Aromen und Geschmacksrichtungen eine Rolle spielen. Dabei geht es um die Interaktion von Aromamolekülen mit anderen Zutaten in unseren Gerichten, etwa wenn Aromen beim Kochen freigesetzt werden, wenn sich Aromastoffe in Öl oder Wasser lösen oder wenn Stärke die Flüchtigkeit von Aromen beeinflusst. Das letzte Kapitel in diesem Teil widmet sich den Grundgeschmacksrichtungen, die wir mit unserer Zunge wahrnehmen, und wie diese den Geschmack eines Gerichts beeinflussen.

Der dritte Teil handelt von den Prozessen, die wesentlich die Textur unseres Essens bestimmen. Das können einfache Prozesse sein wie das Mischen, Rühren oder Filtrieren. Aber auch komplexere, etwa die Kristallisation von Schokolade oder das Emulgieren von Öl und Wasser mithilfe von Eigelb zu Mayonnaise. Ziel dieser Prozesse ist es, unser Essen härter, weicher, dicker, dünner, zäher, geschmeidiger, luftiger und so weiter zu machen. Bei der Beschreibung aller Kochprozesse erklären wir, an welchen Knöpfen man drehen muss, um diese Prozesse ganz nach den eigenen Vorstellungen zu gestalten.

Die richtige Balance von Textur, Geschmack und Aroma sorgt letzten Endes dafür, ob ein Gericht schmeckt oder nicht. Was „richtig“ ist, wird zum Teil durch persönliche Vorlieben bestimmt und teils durch die kulinarischen Erfahrungen, mit denen man aufgewachsen ist. Diese sozial-emotionale Dimension des Geschmackerlebens klammern wir in diesem Buch aus.

Im vierten und letzten Kapitel von *Küchenlabor* zeigen wir, dass alle Schritte eines Rezepts aus einer Aneinanderreihung der

verschiedenen Prozesse bestehen, die wir in diesem Buch beschreiben. Wir wünschen uns, dass unsere Leserinnen und Leser spätestens nach diesem Teil die Begeisterung für den prozessorientierten Ansatz beim Kochen mit uns teilen.

# DER CHEMISCHE HERD

In *Küchenlabor* betrachten wir das Kochen also durch eine wissenschaftliche Brille und beschreiben die Gerichte anhand chemischer und physikalischer Prozesse. Bei chemischen Prozessen verändern sich die Moleküle von Zutaten, weil sie miteinander reagieren und so neue Moleküle entstehen. Beispiele dafür sind Maillard-Reaktionen, Karamellisierung und Oxidation.

Chemische Reaktionen sind interessant, weil die neu entstehenden Stoffe den Geschmack, die Farbe und den Duft eines Gerichts verändern. Bei physikalischen Prozessen bleiben die Moleküle der Zutaten unverändert, doch Textur oder Zusammensetzung verändern sich. Eine Sauce kocht durch Verdampfen von Wasser ein, Zucker löst sich beim Rühren in Wasser auf, und ein gebundenes Dressing entsteht durch das Emulgieren von Öl in Wasser.

Die meisten Prozesse haben ein Pendant, das wir jeweils im selben Kapitel beschreiben. So behandeln wir zum Beispiel das Verdampfen und Kondensieren gemeinsam sowie das Emulgieren und Gerinnen. Manchmal geht ein Prozess nur in eine Richtung (und hat damit kein Gegenstück) wie das Fermentieren.

Die Unterteilung eines Rezepts in einzelne Kochprozesse ist komplex. Ein gutes Beispiel ist die Zubereitung von Pommes frites. Bei diesem scheinbar einfachen Vorgang kommt nämlich eine Vielzahl von Prozessen zusammen, wie wir unten sehen können. Was bei diesen Prozessen im Einzelnen geschieht, werden wir in den folgenden Kapiteln erklären.

- Verdampfen ([Kapitel 11](#)): Im Frittierfett verdampft Wasser aus
1. den Kartoffelstäbchen. Das führt dazu, dass das Fett brodelte.
  2. Maillard-Reaktionen ([Kapitel 1](#)): Durch die hohe Temperatur des Frittieröls werden die Pommes frites braun. Chemische Reaktionen verändern ihren Geschmack.
  3. Oxidation ([Kapitel 2](#)): Das Frittierfett reagiert mit Sauerstoff und diese Reaktion beeinflusst wie die Maillard-Reaktionen Farbe und Geschmack der Pommes.
  4. Tränken ([Kapitel 12](#)): In den Kartoffelzellen quellen die Stärkekörner, weil sie Wasser aus dem Zellplasma aufnehmen (sie werden vom Wasser getränkt). Die Kartoffel wird auf diese Weise „gar gekocht“.
  5. Entziehen ([Kapitel 12](#)): Weil Wasser aus der Kartoffel verdampft, trocknet die Oberfläche der Pommes frites aus. Dadurch kann die Temperatur steigen, was Bräunungsreaktionen ermöglicht.

Wir wollen in diesem Buch verdeutlichen, dass man diesen Prozessen (und noch dutzenden anderen) in allen Rezepten und bei allen Zubereitungsweisen ständig begegnet. Aber das Wissen um diese grundlegenden Kochprozesse allein reicht nicht. Richtig interessant wird es erst, wenn man diese Prozesse auch steuern kann. Das geht auf sieben verschiedene Arten, die wir als Regler unseres chemischen Herds bezeichnen.



## ZUSAMMENSETZUNG

Es liegt auf der Hand, dass die Zusammensetzung eines Gerichts die Kochprozesse beeinflusst. Schon die Maßangaben in Rezepten zeigen, dass die Zusammensetzung wichtig für den Geschmack ist. Um sie zu ändern, kann man einfach Zutaten hinzufügen oder das Wasser aus einem Gericht verdampfen lassen. Die Stoffe, die sich nicht verflüchtigen, werden in immer höherer Konzentration zurückbleiben; was sich natürlich auf die Zusammensetzung im Ganzen auswirkt. Wir haben sogar

ein Beispiel in diesem Buch, bei dem die „Zugabe“ von Licht die Zusammensetzung des Gerichts beeinflusst.



## **TEMPERATUR**

Essen kann man auf viele verschiedene Arten erhitzen: im Topf, im Backofen, in einem Wasserbad wie beim Sous-vide-Garen und so weiter. Auch im Mund verändert sich die Temperatur. Wie erhitzt wird, ist jedoch für den Verlauf von Kochprozessen unwichtig, denn Zutaten verändern sich letzten Endes bei einer spezifischen Temperatur, nicht durch die Kochtechnik. Trotzdem schmecken gegrillte Kartoffeln aus dem Ofen anders als gekochte aus dem Topf. Wie das kommt, lässt sich durch andere Regler unseres chemischen Herds erklären.



## **ZEIT**

Wie lange dauert es, bis ein Ei hart ist, wenn es gekocht wird? Bei der Zubereitung von Gerichten spielt Zeit eine wichtige Rolle. Entscheidend ist sie vor allem für den Verlauf eines bestimmten Prozesses beim Kochen und für seine Intensität. Zum Zeitregler gehört aber auch die Reihenfolge, in der bestimmte Handlungen ausgeführt werden.



## **DRUCK**

Druck spielt bei etlichen Prozessen eine Rolle. Man kann ihn beispielsweise in einem Schnellkochtopf erhöhen und in einem Vakuumiergerät senken.



## **OBERFLÄCHE**

Auch die Größe von Zutaten und Küchenutensilien ist wichtig im Verlauf der Kochprozesse. Die Oberfläche und den Umfang von Zutaten kann man selbst bestimmen, etwa wie dick die Kartoffelstäbchen für Pommes frites sind oder wie groß die Blumenkohlröschen. Aber auch der Durchmesser der Teigschüssel oder die Anzahl der Drahtschlaufen an einem Schneebesen spielen eine Rolle.



## **ABDECKEN**



Manche Zubereitungen profitieren vom Abdecken. Abdecken verhindert Verdampfen, vermeidet die Zufuhr von Sauerstoff und verringert den Aromaverlust. In der einfachsten Form findet das Abdecken durch Auflegen eines Deckels auf den Topf statt, aber eine noch effektivere Form des Abdeckens ist das Vakuumieren von Gerichten vor oder nach der Zubereitung.



## **BEWEGUNG**

Gemeint sind hier alle Arten, Essen buchstäblich in Bewegung zu bringen: Schlagen mit einem Schneebesen, Rühren mit einem Löffel, Mixen in einer Küchenmaschine, Kneten von Teig etc.

Legen wir also los und setzen unser neues Wissen um Kochprozesse und den chemischen Herd im eigenen Küchenlabor in die Praxis um, um besser und schlauer zu kochen!

## TEIL I

# REAKTIONEN

**WARUM VERÄNDERT UNSER ESSEN BEIM KOCHEN ODER BACKEN FARBE, GESCHMACK UND AROMA? UND WIESO SETZEN SICH DIESE VERÄNDERUNGEN SOGAR NACH DER ZUBEREITUNG FORT? DAS LIEGT AN DEN CHEMISCHEN REAKTIONEN, UM DIE ES IN DEN FOLGENDEN VIER KAPITELN GEHT: MAILLARD-REAKTIONEN UND KARAMELLISIERUNG, OXIDATION VON FETTEN, ENZYMATISCHE REAKTIONEN UND FERMENTATION. DIE KAPITEL SIND NACH DER GRÖSSE DER MOLEKÜLE DER REAGIERENDEN STOFFE GEORDNET, VOM KLEINEN SCHREITEN WIR ZUM GROSSEN.**

Das erste Kapitel beginnt mit der Karamellisierung. Diese Reaktion verleiht verschiedenen Zuckerarten Aroma. Zuckermoleküle gehören zu den kleineren Molekülen beim Kochen. Maillard-Reaktionen – der zweite Reaktionstyp aus diesem Kapitel – sind Reaktionen zwischen Zuckern und Aminosäuren.

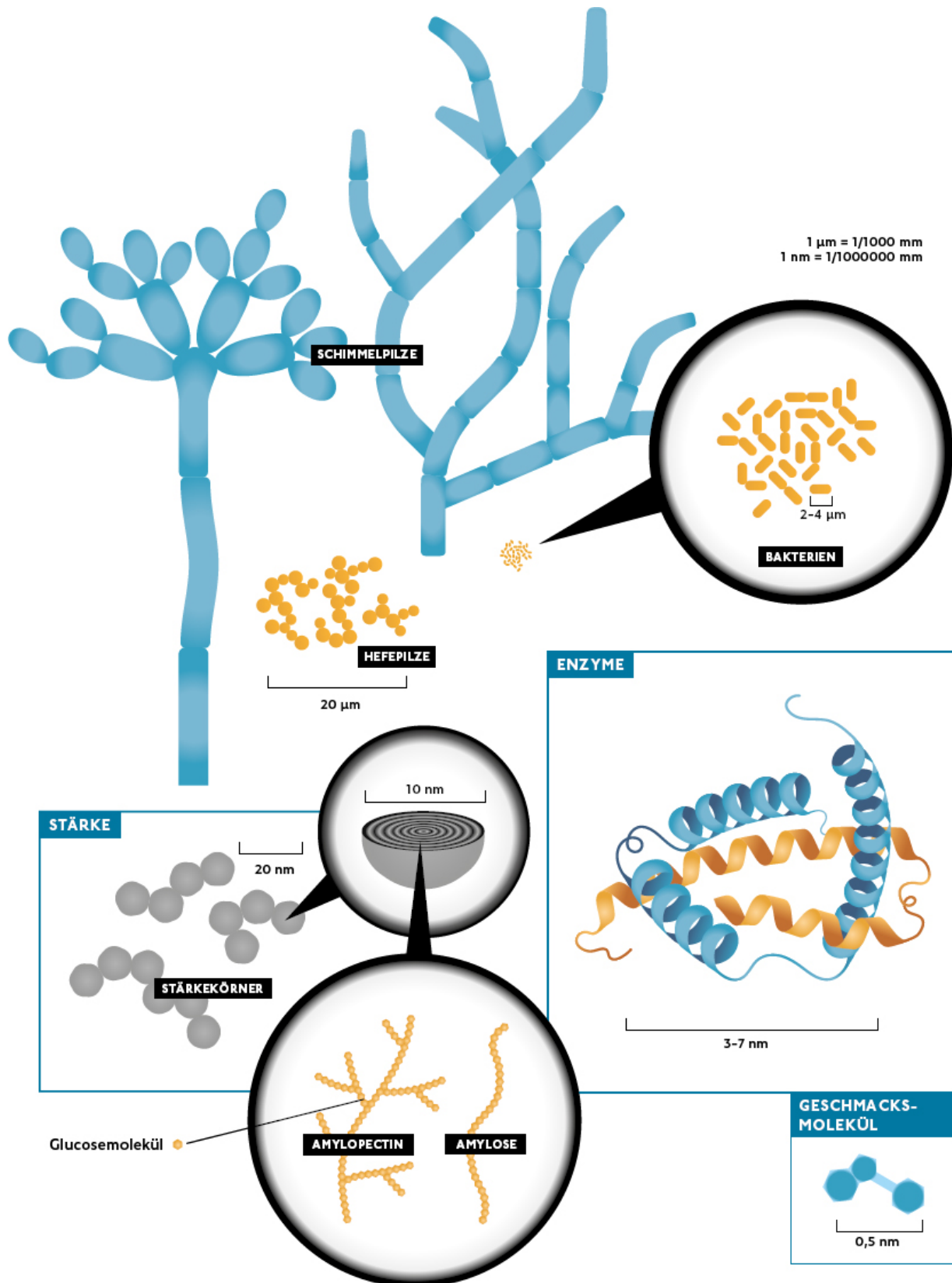
Diese chemischen Reaktionen können neue Grundgeschmacksrichtungen wie umami und bitter bilden, doch sie können auch zur Entstehung neuer Aromen beitragen. Das sind all die köstlichen Düfte, die sich beim Kochen ausbreiten. In diesem Teil geht es darum, wie sich Grundgeschmacksrichtungen und Aromen neu bilden. Wie sich dies beeinflussen lässt, zeigen wir im zweiten Teil des Buchs.

Die Oxidation von Fetten versuchen wir in der Küche meist zu vermeiden. Trotzdem widmen wir ihr das zweite Kapitel. Warum? Wie so vieles hat auch die Fettoxidation zwei Seiten, eine negative und eine positive. Wir erklären, wie man sich die positive Seite zunutze macht. Auch wenn Fettmoleküle bereits ein gutes Stück größer sind als jene von Zucker und Aminosäuren aus [Kapitel 1](#), sind sie im Vergleich zu Enzymen klein.

Ohne Enzyme sähe die Welt ganz anders aus. Ohne sie gäbe es kein Leben, wie wir es kennen. Beim Kochen tragen Enzyme dazu bei, Gerichte lebendiger zu machen. Sie verändern die Strukturen von Eiweiß, Kohlenhydraten und Fetten und damit Geschmack und Aroma. Enzyme sind unsere wahren Geschmacks- und Aromahelden im Küchenlabor, wir behandeln sie in [Kapitel 3](#). Zu den Enzymen gehören die langkettigen Eiweißmoleküle in Fleisch, Milch, Soja oder Eiern.

Um Fermentation geht es im vierten und letzten Kapitel dieses Teils. Bei diesem Prozess schauen wir in unserem Küchenlabor nur von der Seitenlinie aus zu. Die Kunst des Fermentierens ist es, Bakterien, Schimmel- und Hefepilze ihre Arbeit möglichst gut

allein machen zu lassen. Diese lebenden Mikroorganismen vervielfältigen sich nämlich während der Fermentation und produzieren Enzyme, die ihrerseits wieder für interessante Aroma- und Geschmacksveränderungen sorgen. Hefepilze und Bakterien sind viel größer als Enzyme, noch ein Stück größer als diese Einzeller sind die mehrzelligen Schimmelpilze.



**Die Erzeugung von Geschmack durch chemische Reaktionen auf verschiedenen Ebenen  
- im Topf, in Bakterien oder Pilzen oder bei der Lagerung. Die Abbildung zeigt, welche  
Moleküle und Mikroorganismen für diese Reaktionen verantwortlich sind und wie sie  
sich größtenteils zueinander verhalten.**



## **KAPITEL 1**

# **MAILLARD-REAKTIONEN UND KARAMELLISIERUNG**

## **GESCHMACK UND AROMA DURCH CHEMISCHE REAKTIONEN ERZEUGEN**

- **DER KÖSTLICHE DUFT UND KRÄFTIGE GESCHMACK VON KAFFEE**
- **DIE KOMPLEXEN AROMEN EINER LANGE GEZOGENEN BOUILLON**
- **DER UNTERSCHIED ZWISCHEN EINEM GEBRATENEN UND EINEM GEKOCHTEN RINDERSTEAK**
- **WAS MACHT POMMES FRITES KNUSPRIG UND GOLDBRAUN STATT MEHLIG UND SCHLAPP?**
- **DAS UNWIDERSTEHLICHE AN DULCE DE LECHE**



Haben Sie sich je gefragt, warum man Fleisch vor dem Schmoren anbrät? Warum eine Bouillon so lange ziehen muss oder weshalb Gemüse intensiver schmeckt, wenn man es grillt? Weil das Aroma gibt! Und Farbe noch dazu. In den Töpfen finden allerlei chemische Reaktionen statt, bei denen neue Aromastoffe entstehen. Diese Reaktionen sind nicht unheimlich oder gefährlich, sondern sehr willkommen. Setzt man sie richtig ein, bereichern sie jedes Gericht. Die wichtigsten chemischen Reaktionen im Küchenlabor sind die Maillard-Reaktionen und die Karamellisierung. Sie sind gute Freunde. Manchmal sind sie sogar so eng miteinander, dass es gar nicht so leicht ist, die beiden voneinander zu unterscheiden.

## WAS IST KARAMELLISIERUNG?

Karamellisierung ist eine chemische Reaktion, zu der es beim Erhitzen von Zucker kommt. Jede Zuckerart hat eine bestimmte Temperatur, bei der die Zuckermoleküle zerfallen und miteinander neue Stoffe bilden. Geschmack und Aromen, die sich daraus ergeben, sind von der Temperatur abhängig. Zu Beginn der Reaktion entwickeln sich hauptsächlich angenehme Aromen wie die von Butter und Milch (der Aromastoff Diacetyl), Frucht (Aromastoffgruppen Ester und Lactone) und Karamell (der Aromastoff Maltol). Je höher die Temperatur steigt und je mehr Zuckermoleküle zerfallen, desto saurer und bitterer wird der Geschmack und sogar ein verbranntes Aroma bildet sich heraus. Der Zucker verliert an Süße und seine Farbe wird brauner. Oder schwarz. Dann ist er verbrannt.

## ZUCKERARTEN UND KARAMELLISIERUNGSTEMPERATUREN

	KOMMT VOR IN	TEMPERATUR
Fructose	Früchten, Honig, Agavensirup	110 °C

(Fruchtzucker):






Glucose (Traubenzucker):	Glucosesirup, Maissirup	160 °C
Saccharose (Kristallzucker):	Zuckerrohr, Zuckerrüben und Zuckerpalme	160 °C
Maltose (Malzzucker):	Wird durch Fermentation von Getreidezuckern (zum Beispiel Gerstenzucker) hergestellt.	180 °C

## KARAMELL KOCHEN

Karamell entsteht, wenn man Kristallzucker (Saccharose) in ein wenig Wasser auflöst und anschließend einkocht, bis der Sirup braun wird. Bei etwa 160 °C zerfällt Kristallzucker in Glucose und Fructose. Von dem Moment an überstürzt sich die Reaktion, weil Fructose bei 110 °C karamellisiert und Glucose bei 160 °C. Der Sirup bekommt Farbe, und weil bei der Reaktion Wärme freigesetzt wird, steigt die Temperatur schnell. Ein guter Grund, eine Schüssel mit kaltem Wasser bereitzustellen, um den Topf abzukühlen, sobald das Karamell die richtige Farbe erreicht hat. In der Tabelle mit den verschiedenen Stadien der Karamellisierung sieht man, dass Zuckersirup bei 170 °C eine leichte Farbe bekommt. Bei 190 °C ist das Karamell schon dunkelbraun und bitter, bei 210 °C ist es schwarz und reif für den Mülleimer. Ein gutes Karamell mit einer braunen Farbe und vollem Geschmack kocht bis zu einer Temperatur zwischen 180 und 188 °C und eignet sich perfekt für eine köstliche klassische Crème Caramel (siehe Rezept auf [Seite 31](#)).

Noch bevor Kristallzucker bei einer Temperatur von 160 °C karamellisiert, durchläuft ein Zuckersirup verschiedene andere Stadien, die für eine Konditorei nützlich sind. Je mehr Wasser aus dem Sirup verdampft, desto fester wird der Sirup nach dem Abkühlen. Die Tabelle beschreibt verschiedene Stadien im Karamellisierungsprozess.

# STADIEN DER KAREMELLISIERUNG VON SACCHAROSE (KRISTALLZUCKER)

SCHRITT		TEMPERATUR	BESCHREIBUNG UND VERWENDUNG	
1	Starker Bruch	168 °C	Der Zuckersirup färbt sich leicht. Nach dem Abkühlen ist der Zucker hart und wird in harten Bonbons verwendet. Kaum Karamellgeschmack.	
2	Helles Karamell	180 °C	Hellbraun, geschmacksintensiv. Nach dem Abkühlen hart. Eignet sich gut zum Ziehen von Karamellfäden.	
3	Medium-Karamell	180-188 °C	Goldbraun bis kastanienbraun. Voller Karamellgeschmack. Ideal für Karamellsauce.	
4	Dunkles Karamell	188-204 °C	Dunkelbraun, bitterer Geschmack, riecht verbrannt. Nur zum Färben alkoholischer Getränke oder Desserts geeignet.	
5	Black Jack	210 °C	An diesem Punkt zerfällt Zucker in reinen Kohlenstoff. Schmeckt verbrannt. Nicht mehr verwenden!	

Quelle: [foodinfo.net](https://www.foodinfo.net)

## **BÄRUNUNGSREAKTIONEN BEIM KOCHEN**

Zu Bräunung und Geschmacksentwicklung kommt es nicht nur, wenn wir Zucker verwenden. Auch beim Braten und Backen zuckerreicher Gemüse und Früchte entstehen neue Aromen und Geschmacksstoffe. Ein gutes Beispiel sind angeschwitzte oder geröstete Zwiebeln. Nach einiger Zeit färben sie sich braun und Geschmack und Aroma verändern sich. Dasselbe gilt für Möhren, Süßkartoffeln und gebackene Äpfel oder Birnen. Kondensierte Milch wird beim Erhitzen ebenfalls braun und heißt dann Dulce de Leche (siehe Rezept auf [Seite 25](#)). Weil das Ergebnis dem Karamellisieren von Zucker ähnelt, sprechen wir beim Kochen oft von karamellisierten Zwiebeln und Möhren. Genau genommen handelt es sich jedoch nicht um Reaktionen, die unter die Karamellisierung fallen, sondern Beispiele für Maillard-Reaktionen. Richtiger wäre es also, von „maillardisierten“ Zwiebeln oder dem „Maillardieren“ von Möhren zu sprechen.

## **WAS SIND MAILLARD-REAKTIONEN?**

Beim Erhitzen werden außer dem reinen Zucker auch fast alle anderen Zutaten nicht nur der Karamellisierung, sondern auch anderen Bräunungsreaktionen unterzogen. Jede Zutat enthält neben Zuckern auch Aminosäuren (Eiweißbausteine) und Fette. Die Bräunungsreaktionen zwischen Aminosäuren und Zuckern heißen Maillard-Reaktionen. Mit ihnen haben wir es beim Kochen täglich zu tun. Warum wissen wir dann so wenig über sie? Maillard-Reaktionen sind unglaublich komplex, sogar Chemiker zerbrechen sich darüber den Kopf. Zum Glück sind die für uns relevanten Grundprinzipien gut verständlich.

Maillard-Reaktionen sorgen dafür, dass unsere Gerichte attraktiver werden. Beim Kochen, Braten oder Backen entstehen allerlei unwiderstehliche Aromen, die bewirken, dass wir gern kosten möchten. In Fleisch und Kartoffeln zum Beispiel stecken Zucker und Aminosäuren, die beim Braten unter dem Einfluss von



Wärme und Zeit miteinander zu Hunderten neuer Farb- und Aromastoffe reagieren.

Ohne Zucker und Aminosäuren keine Maillard-Reaktionen. So einfach ist das. Doch es braucht mehr, und zwar in erster Linie Wärme. Je mehr Wärme, desto schneller verläuft die Reaktion. Aber nicht nur Temperatur und Zeit spielen eine Rolle, auch die Zusammensetzung eines Gerichts bestimmt den Verlauf von Maillard-Reaktionen. Im Folgenden behandeln wir die Regler, mit denen sich die Reaktionen beeinflussen lassen.



## ZEIT

Maillard-Reaktionen können viel Zeit beanspruchen. Etwa bei traditionellem Balsamico, der auch ein Ergebnis von Maillard-Reaktionen ist. Bevor der Wein zu Balsamico-Essig wird, verstreichen einige Jahre. Ein weiteres Beispiel ist die Vanilleschote: Frisch vom Baum ist sie steinhart und bitter, doch nach einer Temperaturbehandlung und einer monatelangen Ruhephase bekommt sie das typische Vanille-Aroma. Dasselbe gilt für die dunkle Farbe im Bier, die innerhalb weniger Wochen durch Maillard-Reaktionen zwischen dem Eiweiß aus dem Getreide und dem Malzzucker ganz von selbst entsteht.

In der folgenden Tabelle ist zusammengestellt, welche Zeit und Temperatur für verschiedene Produkte aus Maillard-Reaktionen nötig ist. Vereinfacht gesagt läuft es darauf hinaus, dass kurze Zubereitungen für effektive Maillard-Reaktionen eine hohe Temperatur verlangen, etwa das (An-)braten eines Rindersteaks oder Grillen eines Hamburgers. Lange Zubereitungen dagegen brauchen eine niedrige Temperatur, wie es beim Ziehen einer Bouillon der Fall ist.

PRODUKT	ZEIT	TEMPERATUR
Balsamico-Essig	Jahre	10 °C
Vanille	Monate	25 °C

<b>Dunkles Bier</b>	<b>Wochen</b>	<b>40 °C</b>
<b>Fond</b>	<b>Tage</b>	<b>90 °C</b>
<b>Bouillon</b>	<b>Stunden</b>	<b>95 °C</b>
<b>Risotto</b>	<b>20-30 Minuten</b>	<b>110-120 °C</b>
<b>Rindersteak</b>	<b>Minuten</b>	<b>120-140 °C</b>

#### **Maillard-Reaktionen in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur**

### **FONDS, BOUILLONS UND SAUCEN**

Bei der Zubereitung einer kräftigen Bouillon ist Zeit ein entscheidender Faktor, allerdings nicht zur Extraktion der Aromen aus den Zutaten – dazu genügt schon eine Stunde. Wichtig ist die lange Dauer vielmehr für das Zusammenspiel der an den Maillard-Reaktionen beteiligten Zutaten. Eine Rinder- oder Hühnerbouillon – reich an Eiweißen und Zuckern aus dem Bouquet garni – wird im Laufe der Zeit allmählich brauner und herzhafter im Geschmack – und das ist der Beweis für erfolgreiche Maillard-Reaktionen.



#### **TEMPERATUR**

Bei einer hohen Temperatur verlaufen chemische Reaktionen schneller. Der Geschmack eines Gerichts wird daher nicht nur von den Zutaten bestimmt, sondern auch von der Geschwindigkeit, mit der Maillard-Reaktionen erfolgen. Bei einem Gericht geht es auch nie nur um eine einzelne Maillard-Reaktion, es sind immer mehrere zugleich. Jede Reaktion hängt wiederum auf eine andere Weise von der Temperatur ab und entfaltet ihre eigenen charakteristischen Aromen. Daher ist es auch eine gute Idee, eine Fleischbouillon in einem Schnellkochtopf herzustellen. Unter Druck steigt die Temperatur beim Ziehen nämlich auf 120 °C, statt auf 90 oder 95 °C – ein absoluter Schub für die Maillard-Reaktionen und die Veränderung des Aroma-Bouquets.

Auch Pürierte Suppen und Eintopfgerichte bekommen in einem Schnellkochtopf viel mehr Aroma, weil man den Maillard-Regler kräftig hochdrehen kann. Neben Zeit und Temperatur ist somit auch das Aroma ein sehr wichtiges Argument für die Verwendung des Schnellkochtopfs.

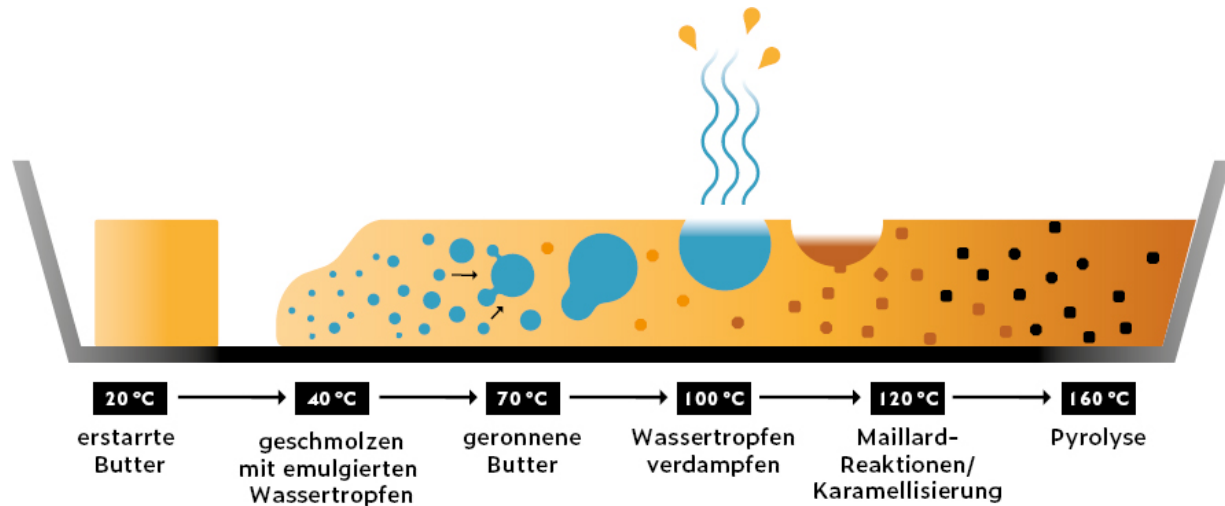
## **PYROLYSE: ZU INTENSIVES BRÄUNEN**

Braten oder Frittieren in nativem Olivenöl extra ist nicht empfehlenswert, denn die winzigen Oliventeile, die noch von der ersten Pressung darin enthalten sind, versengen schnell und werden schwarz, statt angenehm zu bräunen. Ursache für diese Schwarzfärbung ist die Pyrolyse: Ein Prozess, bei dem die Moleküle der Nahrungsteilchen gespalten werden, weil die Temperatur zu hoch wird, ohne dass es zu einer Verbrennung kommt (da der Sauerstoff fehlt). Butter hat dasselbe Problem – die enthaltenen Zucker und Eiweiße pyrolysieren bei zu hoher Temperatur. Deswegen sollte Butter beim Braten nie zu lange erhitzt werden (siehe auch die Abbildung zu *Beurre noisette* oder Nussbutter unten). Sie darf nur kurz aufschäumen und hellbraun werden, bevor man sie zu Kartoffeln oder Fleisch reicht. Ein Rindersteak sollte vorzugsweise in Öl gebraten werden; für den Geschmack reicht ein Stück Butter am Ende der Zubereitung.

## **DIE ZUBEREITUNG VON BEURRE NOISETTE**

Anhand von *Beurre noisette* erläutern wir, was beim Erhitzen von Butter in der Pfanne geschieht. Geschmolzene Butter ist eine Emulsion kleiner Wassertropfen in Butterfett. In diesen Wassertropfen sind Milchzucker und Eiweiß gelöst. Erhitzt man die Butter weiter, gerinnt die Emulsion. Bei 100 °C verdampft das Wasser. Das geht mit kleinen Explosionen einher, die winzig kleine Fetttropfen in die Umgebung katapultieren. Die Zuckerkonzentration in den Wassertropfen nimmt durch die Verdampfung immer weiter zu, wodurch auch die Temperatur steigen kann (durch Siedepunkterhöhung, mehr dazu in [Kapitel 5](#): Verflüchtigung von Aromen). Dadurch reagieren Zucker und

Eiweiß miteinander und zeigen Bräunungsreaktionen. Diese Maillard-Reaktionen und die Karamellisierung bewirken die braune Farbe und den nussigen Geschmack der Butter. Wenn das letzte bisschen Wasser verdampft ist, kann die Temperatur fast unbegrenzt steigen und die Eiweiße und Zucker pyrolysieren. Das führt allerdings zu Beurre noir, und ist nicht, was wir wollten. Das Rezept für Beurre noisette findet sich auf [Seite 265](#).



Der Prozess des Erhitzens von Butter in einer Pfanne bis 160 °C



## ZUSAMMENSETZUNG

Ob wir einem Gericht nun Zutaten wie Zucker, Aminosäuren und Fett zufügen oder sie eher weglassen – wir beeinflussen damit immer den Verlauf der Maillard-Reaktionen.

## ZUFÜGEN VON ZUCKER

Zur Beschleunigung von Maillard-Reaktionen und Karamellisierung können wir Gerichte zuckern. Am besten eignen sich einfache Zucker wie Glucose, Fructose oder Lactose (Milchzucker). Mit Mehrfachzuckern wie Kristallzucker oder Stärke funktioniert das weniger gut. Verwendet man beispielsweise Fructose statt Kristallzucker, lässt sich der Karamellisierungsprozess beschleunigen, denn dieser Zucker