

VIERICH/VILGIS

# aroma

DIE KUNST DES WÜRZENS



KORIANDER / KREUZKÜMMEL / KRESSE / KRUEANG KAENG  
KUBEBENPFEFFER / KÜMMEL / KÜRBISKERNE / KURKUMA / LAL MIRCH  
LANGER PFEFFER / LAVENDEL / LIEBSTÖCKEL / LIMETTE / LORBEER  
MACADAMIANUSS / MACIS / MADRAS CURRY / MAJORAN / MALAGUETA  
MALTODEXTRIN / MANDEL / MARSALA / MARONEN / MASSALÉ / MASTIX  
MAYONNAISE / MEERRETTICH / MINT SAUCE / MINZE / MIRIN  
MISO / MITMITA / MOHN / MOHNÖL / MOJO / MOLE / MOLE VERDE  
MORCHEL / MULATO / MUSKATNUSS / MYRTE / NAGA-JOLIKA  
NAM PRIK / NELKEN / NIGELLA / NORI / NOUGAT / NUOC CHAM  
NYORA / OLIVEN / ORANGE / OREGANO / PALMÖL / PANCH  
PHORON / PAPRIKA / PARADIESKÖRNER / PARAKRESSE  
PARANUSS / PARMIGIANO / PASADO / PEQUIN / PERILLA



**ACETALDEHYD** stechend, frisch  
♣ Wasser → Orange



**ÄPFELSÄURE** fruchtig, apfelartig  
♣ Wasser → Berberitze, Morcheln, Steinpilz, Sumach, Tamarinde



**BUTANAL** fruchtig-stechend  
♣ Alkohol, Wasser (schlecht)  
→ cranberrys, Paranuss



**2,3 BUTANDION** butterig,  
fettig ♣ Alkohol, Fett  
→ Kaffee



**BUTAN-2-OL** süßlich,  
alkoholisch ♣ Alkohol, Wasser  
→ Trüffel



**BUTAN-2-ON** alkoholisch, äthe-  
risch, stechend ♣ Alkohol  
→ Trüffel



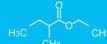
**(E,E)-2,4-DECADIENAL** wachsig,  
nussig ♣ Alkohol, Fett  
→ Sumach, Tomaten



**DODECANAL** frisch, zitrusartig,  
fettig ♣ Alkohol, Fett  
→ Orange



**ETHYLACETAT** fruchtig, süß-säu-  
erlich, klebstoffartig ♣ Wasser  
(schlecht), Fett → Amchoor



**ETHYL-2-METHYLBUTYRAT**  
ananasartig, röstig ♣ Alkohol,  
Fett → Granatapfel



**ETHYLBUTANOAT** fruchtig-ana-  
nasartig, orangig ♣ Alkohol,  
Wasser → Amchoor, Cashew,  
Parmesan



**ETHYLOCTANOAT** fruchtig, apfe-  
lig, Weinbrand, seifig  
♣ Alkohol, Fett → Parmesan



**HEXANAL** fruchtig, fettig, grün  
♣ Alkohol, Fett, warmes Wasser  
→ Algen, Cashew, Datteln, Erdnuss,  
Granatapfel, Haselnuss, Kürbisker-  
ne, Limette, Pekannuss, Walnuss



**(E)-DODEC-2-ENOL** fettig  
♣ Alkohol, Fett → Perilla



**HEXANSÄURE** schweißig-  
stechend ♣ Alkohol, Fett  
→ Mohn, Parmesan



**HEXAN-1-OL** blättrig,  
fruchtig, grüngrasig ♣ Alkohol,  
Fett, Wasser → Oliven,  
Weinbeere, Mohn



**HEXADECANSÄURE** fettig-wachsig  
♣ Fett → Paprika, Pinienkerne



**(Z)-3-HEXEN-1-OL** grün, blätter-  
artig, apfelig ♣ Alkohol, Wasser  
→ Bärlauch, Dill, Rauke



**1-IODPENTAN** meeresartig,  
benzinartig ♣ Alkohol, Fett,  
Wasser (schlecht) → Algen



**1-IODPROPAN** meeresartig,  
stechend ♣ Alkohol, Fett, Wasser  
(schlecht) → Algen



**2-IODPROPAN** meeresartig,  
iodig ♣ Alkohol, Fett, Wasser  
(schlecht) → Algen



**3-MERCAPTO-3-  
METHYLBUTYLFORMIAT**  
Katzenurin ♣ Alkohol, Wasser  
(schlecht) → Kaffee



**2-METHYLBUTANAL**  
kakaotartig, nussig ♣ Alkohol,  
Fett → Datteln, Kakao



**3-METHYLBUTANAL** holzig,  
nussig ♣ Alkohol, Fett → Algen,  
Champignon, Kakao, Kürbisker-  
ne, Tomaten



**4-METHYL-2-PENTANON** süßlich  
♣ Alkohol, Wasser → Maronen



**(Z,E,6Z)-NONA-2,6-DIEN-1-AL**  
gurkenartig, leicht wachsig  
♣ Alkohol, Fett → Borretsch,  
Eberraute



**NONANAL** blumig-wachsig, fettig  
♣ Alkohol, Fett → Algen, Erdnuss,  
Rose, Safran, Sumach, Zitrusfrüchte



**NONEN-2-AL** leicht schweißig  
♣ Alkohol, Fett → Pistazie



**(E)-NON-4-ENAL** floral, zitrusartig  
♣ Alkohol, Fett → Yuzu



**(E)-NON-6-ENAL** zitrusartig,  
wachsig ♣ Alkohol, Fett  
→ Yuzuschale



**OCTAN-3-OL** nussig, feucht,  
erdig-holzlig ♣ Alkohol, Fett  
→ Morcheln, Pfifferling



**(R)-1-OCTEN-3-OL** muffig, pilzartig,  
schimmelig ♣ Alkohol, Fett  
→ Algen, Basilikum, Champignon,  
cranberrys, Granatapfel, Morcheln,  
Pfifferling, Steinpilz



**(R)-1-OCTEN-3-ON** pilzig,  
metallisch, leicht orangig  
♣ Alkohol, Fett → Champignon,  
Granatapfel, Morcheln, Pfiffer-  
ling, Shiitake, Steinpilz, Yuzu



**OCTAN-2-ON** erdig-frisch-grün  
♣ Alkohol, Fett → Gewürznelke,  
Morchel



**OCTAN-3-ON** krautig, würzig,  
erdig, butterig ♣ Alkohol, Fett  
→ Shiitake



**OCTANSÄURE** seifig, säuerlich,  
milchfettig ♣ Alkohol → Ka-  
pern, Parmesan



**2,3-PENTANDION** karamellig,  
leicht butterig, nussig ♣ Alkohol,  
Fett → Datteln, Kaffee



**TRIBROMMETHAN**  
chloroformartig ♣ Alkohol, Wasser  
(schlecht) → Algen



**TRICHLORMETHAN**  
chloroformartig ♣ Alkohol,  
Wasser (schlecht) → Algen



**TRIDECANAL** wachsig, zitrusartig,  
♣ Alkohol, Fett → Algen



**UNDECAN** wachsig, benzinartig  
♣ Alkohol, Fett → Kerbel



**UNDECAN-2-ON** fettig,  
kräuterig, scharf ♣ Alkohol,  
Fett → Weinraute



**1-BUTEN-4-ISOTHIOCYANAT**  
stechend, scharf ♣ Alkohol,  
Fett → Rauke



**2-BUTYL-1-PROPENYL-DISULFID**  
schwefelig, harzig ♣ Fett, Wasser  
→ Asant



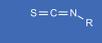
**DIMETHYLSULFID** schwefelig,  
schweißig ♣ Alkohol, Fett, Wasser  
→ Macadamianuss, Tomaten, Trüf-  
fel, Zwiebel, Schalotte,  
Frühlingszwiebel



**DIMETHYTRISULFID** kohlrartig  
♣ Alkohol → Zwiebel, Schalotte,  
Frühlingszwiebel



**DIPROPYLSULFID** lauchschwefelig  
♣ Fett Alkohol → Zwiebel,  
Schalotte, Frühlingszwiebel



**ISOTHIOCYANAT** stechend-  
scharf, tränenreizend ♣ Fett,  
Wasser → Kresse, Rauke, Senf



**PENTANTHIOL** schwefelig,  
lauchartig ♣ Fett, Wasser  
→ Schnittlauch



**CITRONELLAL** fruchtig-zitronig  
♣ Alkohol, Fett → Kaffirlimetten-  
blätter, Szechuanpfeffer, Zitronen-  
melisse, Zitronenverbene



**CITRONELLOL** rosig-blumig,  
leicht bitter ♣ Alkohol  
→ Kaffirlimettenblätter, Rose,  
Thymian, Zitronenmelisse



**GERANIAL** zitrusartig, blumig  
♣ Alkohol, Fett → Aprikosen,  
Basilikum, Ingwer, Rose, Zitronengras,  
-melisse, -verbene, Zitrusfrüchte



**GERANIOL** blumig, floral ♣ Alkohol,  
Fett → Curryblatt, Datteln, Lorbeer,  
Muskat, Rose, Rosmarin, Szechuan-  
pfeffer, Tamarinde, Wacholder



**GERANYLACETAT** blumig, rosig  
♣ Alkohol, Fett → Koriander-  
samen, Rose, Zitronenmelisse,  
Zitrusfrüchte



**NERYLYACETAT** rosen-orangenartig  
♣ Alkohol, Fett → Currykraut,  
Zitrusfrüchte



**OCIMEN** zitrus-kiefernartig  
♣ Alkohol, Fett → Asant, Basilik-  
um, Curryblätter, Eberraute,  
Estragon, Lavendel, Oregano,  
Parakresse, Szechuanpfeffer



**RHODINOL** rosenartig, blüten-  
artig, süßlich ♣ Alkohol, Wasser  
→ Rose



**BORNEOL** holzig-kampferig  
♣ Alkohol, Fett → Beifuß, Boh-  
nenkraut, Eberraute, Kurkuma,  
Muskat, Pekannuss, Rosmarin,  
Salbei, Wacholder



**CAMPHEN** wachsig,  
kampferartig, warm ♣ Alkohol,  
Fett → Angelika, Beifuß, Laven-  
del, Myrte, Rose, Zitrone



**3-CAREN** zitrusartig, terpentin-  
artig ♣ Alkohol, Fett → Curry-  
blätter, Lavendel, Pfeffer, Piment,  
Pinienkerne, Rosa Beeren



**BUTANSÄURE** säuerlich, unangenehm, ranzig ♣ Alkohol, Wasser → Parmesan



**BUTANSÄURE-2-PROPENYLESTER** nussig-röstig ♣ Alkohol, Fett → Haselnüsse



**N-DECAN** wachsig ♣ Alkohol, Fett → Langer Pfeffer



**DECANAL** leicht zitrusartig, wachsig ♣ Alkohol, Fett → Korianderkraut, Weinbeere, Zitrusfrüchte



**DECANSÄURE** fettig, ranzig ♣ Alkohol, Wasser (schlecht) → Kokosnuss



**(E)-DEC-4-ENAL** grün, floral, zitrusartig ♣ Alkohol, Fett → Yuzuschale



**ETHYLHEXANOAT** fruchtig, würzig ♣ Alkohol, Fett → Granatapfel, Parmesan



**ETHYL-METHYLBUTANOAT** orangig ♣ Alkohol, Wasser (schlecht) → Orange



**2-FLUORPROP-1-EN** leicht faulig ♣ Alkohol, Wasser → Algen



**HEPTAN-2-ON** fruchtig-käsige, Blauschimmel ♣ Alkohol, Fett, Wasser (schlecht) → Gewürznelke, Morcheln, Parmesan



**(E)-2-HEPTENAL** fettig-grün, beißend, mandelartig ♣ Alkohol, Fett → Algen, Walnuss



**(E)-HEX-2-ENAL** grünlich, blätterartig ♣ Alkohol → Algen, Aprikosen, Eberaute, Pistazie, Tomaten, Weinbeere



**(Z)-HEX-3-ENAL** grün-grasig ♣ Alkohol, Wasser → Basilikum, Granatapfel, Korianderkraut, Petersilie, Sauerampfer, Schnittlauch, Tomaten



**HEXAN-2-ON** scharf-stechend ♣ Alkohol, Fett → Morcheln



**(Z)-3-HEXENYL-2-METHYLBUTANOAT** fruchtig, unreife Äpfel, Grapefruit ♣ Alkohol, Fett → Rauke



**HEXYLACETAT** fruchtig, reif, süßlich ♣ Alkohol, Fett, Wasser (schlecht) → Oliven



**IODETHAN** blumig-würzig, teartig ♣ Alkohol, Wasser → Algen



**1-ODOCTAN** meeresartig, iodig ♣ Alkohol, Fett Wasser (schlecht) → Algen



**3-METHYLBUTANOL** erdig, verbrannt, whiskeyartig ♣ Alkohol, Fett, Wasser (schlecht) → Cashew



**3-METHYLBUTANSÄURE** stechend säuerlich-käsige, fruchtig ♣ Alkohol, Wasser → Kakao, Parmesan



**METHYL-2-HEXANAL** warm-kakaoartig ♣ Alkohol, Fett → Pistazien



**2-METHYL-1-PROPANOL** fruchtig-schokoladig, füssig ♣ Alkohol, Wasser → Trüffel



**5-METHYL-(E)-2-HEPTEN-4-ON** frisch, nussig, röstig ♣ Alkohol, Fett → Haselnuss



**6-METHYL-5-HEPTEN-2-ON** stechend, fruchtig, zitrusartig, grün ♣ Alkohol, Fett → Tomaten, Zitronenmelisse



**NONAN-2-ON** fruchtig-süßlich-erdig ♣ Alkohol, Fett, Wasser (schlecht) → Weinraute



**(E)-2-NONEN-1-OL** wachsig, grün, Melone ♣ Alkohol, Wasser (schlecht) → Algen



**(E)-2-OCTENAL** würzig, sojasaucenartig ♣ Alkohol, Wasser (schlecht) → Algen



**OCTANAL** blumig-rosenartig ♣ Alkohol, Fett → Erdnuss, Granatapfel, Zitrone



**OCTAN-1-OL** holzig, zitrusartig, würzig ♣ Alkohol, Fett, Wasser → Weinbeere



**OCTAN-2-OL** fettig, erdig, würzig ♣ Alkohol, Fett, Wasser → Weinbeere



**PENTADECANAL** wachsig ♣ Alkohol, Fett → Algen



**PENTANAL** fruchtig, holzig, leicht stechend ♣ Alkohol, Fett → Kürbiskerne, Paranuss, Walnuss



**PENTAN-1-OL** fruchtig-süßlich bis fruchtig-säuerlich, bananenartig, Aprikosenduft ♣ Alkohol, Fett → Mohn, Trüffel



**PENTAN-2-OL** fruchtig-süßlich bis fruchtig-säuerlich, bananenartig, Aprikosenduft ♣ Alkohol, Fett → Haselnuss



**PENTAN-3-OL** fruchtig-süßlich bis fruchtig-säuerlich, bananenartig, Aprikosenduft ♣ Alkohol, Fett → Weinbeere



**1-PENTEN-3-OL** butterig-grünlich ♣ Fett, Wasser → Walnuss



**YUZUNON** floral-zitrusartig ♣ Alkohol, Fett → Yuzu



**YUZUNOL** stechend-zitrusartig, floral ♣ Alkohol, Fett → Yuzu



**ALLICIN** schwefelig, Knoblauch ♣ Alkohol, Wasser → Bärlauch, Knoblauch, Kresse



**ALLYLSISOTHIOCYANAT** schwefelig-scharf ♣ Fett, Wasser → Meerrettich



**AJOEN** Knoblauch ♣ Alkohol, Fett → Knoblauch



**BLAUSÄURE** stechend bittermandelig ♣ Wasser → Bittermandeln



**METHANTHIOL** faulig, kohlarartig ♣ Alkohol, Wasser → Shiitake, Kaffee



**METHIONAL** zwiebel-fleischartig, kartoffelig ♣ Alkohol → Granatapfel, Kaffee, Tomaten, Zwiebel, Schalotte, Frühlingzwiebel



**3-METHYL-2-BUTEN-1-THIOL** schwefelig, faulig ♣ Alkohol, Fett → Kaffee



**METHYLPENTYL-DISULFID** schwefelig, stechend ♣ Alkohol → Schnittlauch, Zwiebel, Schalotte, Frühlingzwiebel



**METHYLSENFÖL** scharfstechend ♣ Alkohol, Wasser → Kapern



**4-METHYTHIOBUTYLISOTHIOCYANAT** scharf, stechend ♣ Alkohol, Wasser → Rauke



**HORTIENOL** floral, leicht holzig ♣ Alkohol, Fett → Weinbeere



**LINALOOL** blumig, zitrusartig, frisch ♣ Alkohol, Fett → Basilikum, Bohnenkraut, Koriandersamen, Majoran, Oregano, Zimt, Zitronenmelisse



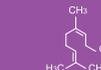
**LINALYLACETAT** frisch-süßlich, bergamotteartig ♣ Alkohol, Fett → Bergamotte, Szechuanpfeffer



**MYRCEN** süßlich-würzig, balsamisch, pfeffrig, terpeninartig ♣ Alkohol, Fett → Dill, Fenchel, Kardamom, Kümmel, Orange, Pfeffer, Piment, Rosmarin



**NERAL** zitronenartig ♣ Alkohol, Fett → Basilikum, Ingwer, Rose, Zitronengras, -melisse, -verbene, Zitrusfrüchte



**NEROL** frisch, rosig, zitrusartig ♣ Alkohol, Fett, Wasser → Bergamotte, Estragon, Kaffirlimettenblätter, Rose, Zitronenmelisse



**CARVEOL** pfefferminzartig ♣ Alkohol, Fett, Wasser → Kümmel



**CARVON, (S)-(+)** kümmelartig (R)-(-) pfefferminzartig ♣ Alkohol, Fett → Dill, Fenchel, Kümmel, Rose, Sternanis



**1,4-CINEOL** würzig ♣ Alkohol, Fett → Basilikum, Sternanis, Wacholder



**1,8-CINEOL** Eukalyptus, kampferartig ♣ Alkohol, Fett → Basilikum, Cranberries, Eberaute, Kardamom, Lavendel, Lorbeer, Piment, Wermut



**CUMINALDEHYD** cumin-mandelartig ♣ Alkohol, Fett → Kreuzkümmel



**P-CYMOLOL** holzig, terpeninartig, zitrusartig ♣ Alkohol, Fett → Aprikosen, Fenchel, Kreuzkümmel, Maronen, Nigella, Thymian



# AROMA – DIE KUNST DES WÜRZENS

## 6 EIN FEST FÜR DIE SINNE

Ein wohlgerichteter Teller regt alle Sinne an – und doch spricht man meist nur von „Geschmack“. Dabei sollte genauer unterschieden werden zwischen den fünf Grundgeschmacksrichtungen, die auf der Zunge wahrgenommen werden können, und der unglaublichen Vielfalt an Aromen, die über die Nase gerochen werden. Auch kulinarisch ein Erkenntnisgewinn.

9 DIE GESCHMACKSRICHTUNGEN

22 FUNKTIONELLE GRUPPEN

## 32 WÜRZPRAXIS

Abwechslungsreich würzen und gezielt Assoziationen herstellen – das ist möglich. Dieses Kapitel zeigt die vielfältigen Varianten, Speisen innerhalb der fünf Grundgeschmacksrichtungen zu würzen oder abzumildern – Ausgewogenheit ist dabei wichtig. Bei den Düften geht es um Unterstützung oder Ergänzung: die Prinzipien des Food-Pairing und Food-Completing.

52 GÄNGIGE ZUBEREITUNGSARTEN

56 FOOD-PAIRING UND FOOD-COMPLETING

## 61 EINE KLEINE GESCHICHTE DES WÜRZENS

Von Steinzeit und Antike über Mittelalter und Renaissance bis zur Küche der Neuzeit und Trends im 21. Jahrhundert: Wie Handel, Kriege und Entdeckungsfahrten ebenso wie die Moden der Hochküche und ihrer großen Köche die Verfügbarkeit von Gewürzen und deren Verwendung beeinflussten.

68 DER WEG DER GEWÜRZE IN EUROPA

72 DER WEG DER GEWÜRZE WELTWEIT

78 AROMEN DER WELT

82 KRÄUTER UND GEWÜRZE IM EIGENEN GARTEN

86 DIE GRUNDAUSSTATTUNG



## 89 KRÄUTER, GEWÜRZE & MEHR

Kräuter, Gewürze und viele weitere aromatische Zutaten aus aller Welt – Klassiker wie Exoten: Welche Aromen sie besitzen, wie man mit ihnen in der Küche umgeht – und wie sie kreativ kombiniert werden können. Dazu raffinierte Rezepte, die das Aroma der jeweiligen Zutat betonen.

- 90 FARBSHEMA: SO FUNKTIONIERT'S
- 135 SCHÄRFEGRADE
- 182 BOTANISCHE FAMILIEN
- 271 EINE PFLANZE – DREI AROMAPROFILE
- 295 SALZE DER WELT
- 371 SÜSSKRAFT IM VERGLEICH



## 374 GEWÜRZMISCHUNGEN

Ob indische Masalas oder ein französisches Bouquet: Woraus exotische wie klassische Gewürzmischungen bestehen, wie man sie selbst mischen und was man damit würzen kann.

- 384 DAS SPIEL MIT DEN AROMEN
- 389 MASALAS
- 400 DIE EIGENE GEWÜRZMISCHUNG – TEIL I
- 403 DIE EIGENE GEWÜRZMISCHUNG – TEIL II

## 409 SAUCEN UND PASTEN

Barbecuemischungen, Pestos, Chutneys und Moles: Viele Flüssigwürzen lassen sich frisch selbst anrühren. Bei verschiedenen Soja- und Fischsaucen wird das schon schwieriger.

- 425 FISCHSAUCEN UND VARIANTEN
- 433 WÜRZVARIANTEN MIT SOJASAUCE
- 452 SALSAS

## 459 ALKOHOLE, ESSIGE, FETTE UND ÖLE

Auch sie sind in der Küche interessant. Die wichtigsten Alkohol- und Essigsorten, die aromatischsten Würzöle und Fette: Wie sie schmecken, duften und trigeminal reizen – und was man mit ihnen in der Küche anstellen kann.

## 494 ANHANG

- 494 KLEINE GERUCHSSCHULE
- 495 WAS PASST WOZU?
- 506 REGISTER
- 517 LITERATUR UND QUELLEN
- 519 IMPRESSUM

# EIN FEST FÜR DIE SINNE

*Dass der Mensch sein Essen würzt, zeugt von Geschmack. Aber nicht nur von diesem, müsste man hier sofort einwenden. Denn das, was wir landläufig als Geschmack bezeichnen – als Geschmack einer Speise wie als menschlichen Geschmackssinn – ist nur die halbe kulinarische Wahrheit. Die andere lautet: Aroma.*

*Die Zunge erkennt süß und sauer, bitter, salzig, das herzhaft umami und eventuell sogar fettig, sie ertastet Texturen wie weich und hart, kross oder flüssig. Auch Reize wie heiß, kalt, scharf, brennend, beißend und prickelnd spielen eine große und unterschätzte Rolle. Sie sind keine Geschmacksreize, sondern eine Empfindung des Trigemini-nusnervs und tragen zum Gesamteindruck einer Speise, dem Flavour, erheblich bei. Aber Gerichte sind mehr als das: Sie sind blumig, kräuterig, jodig, fruchtig oder röstig, riechen leicht oder intensiv nach Zitronen oder Kiefernadeln, Rosen oder Orangen, Meer, Holz, Kampfer, Harz, Zimt, Moschus oder tausend anderen Dingen. Hier beginnt die Welt der Aromen – und das Gebiet der Aromaforschung.*

*In einer Zeit, in der wir relativ einfach über Zutaten aus allen Kontinenten verfügen können, ist das Würzen noch spannender geworden – und zugleich schwieriger: Woher soll man wissen, welche der Hunderten von heimischen und exotischen Gewürzen, Kräutern, Samen und Früchten zueinander passen? Hier kann ein wenig Wissen aus der Kräuterchemie wahre Küchenwunder bewirken. Denn wie sonst könnte man ahnen, dass japanische Wakame-Algen ausgezeichnet mit Schweizer Käse harmonieren? Und Dill, das klassische Kraut des Nordens, mit tropischen Bananen? Dieses Buch will dazu inspirieren, auf der Grundlage von Erkenntnissen aus der Lebensmittelchemie eine ganz neue Intuition beim Würzen zu entwickeln.*

# ESSEN: SINN UND SINNLICHKEIT

Wenn wir essen, arbeiten all unsere Sinne: Augen und Ohren, Tast-, Geruchs- und Geschmacksinn. Schon das Betrachten eines appetitlich angerichteten Tellers löst eine ganze Reihe von Erwartungen und Assoziationen aus. Gefällt mir, wie die verschiedenen Elemente angerichtet sind? Sagt mir die Optik zu? Das Auge ist die erste wichtige Prüfinstanz, dementsprechend spielen Farbe und Form der Speisen eine große Rolle. Gleichzeitig werden die Ohren gespitzt, wenn es verheißungsvoll in der Pfanne brutzelt oder wenn zischend flambiert wird. Nicht in jedem Fall, aber manchmal wissen wir sogar die haptischen Eigenschaften eines Gerichts zu schätzen – selbst in der gehobenen Küche gibt es Fingerfood. Immer aber wird vor dem ersten Bissen „geschnuppert“. Denn schon vor dem ersten Kosten versucht das Gehirn, das Gericht in das kulinarische Gedächtnis einzuordnen, besonders bei unbekanntem Speisen: Wie riecht denn das? Woran erinnert es? Während Dämpfe und flüchtige Aromen durch die Nase eingeatmet werden, gleicht das Gehirn die Gerüche sofort mit den „gespeicherten“ kulinarischen Erfahrungen und Profilen ab, um zu prüfen, ob die Speise wohl ess- und genießbar ist. Wie rasch und automatisch diese Prozesse ablaufen, kann man an sich selbst beobachten, wenn kulinarisch unbekanntes Terrain betreten wird.

Wird nach der Sicht- und Riechprüfung dann ein Bissen in den Mund genommen, werden die Vorgänge komplizierter. Der erste Zungenkontakt zeigt, ob die Vermutung und der Abgleich mit der individuellen kulinarischen Datenbank richtig waren: Das Essen schmeckt, oder es schmeckt nicht. Dieser Eindruck ist allerdings sehr kurz, denn wird der Bissen als positiv eingeschätzt, beginnt der Esser zu kauen, den Brei gegen den Gaumen zu drücken und im Mund hin und her zu bewegen. Geschmacks- und Tastsinn werden wichtig: Wie und wonach schmeckt die Speise? Ist sie scharf oder wirkt sie kühlend? Welche Konsistenz hat sie und wie verändert sie sich beim Kauen und Befeuchten mit Speichel? Das Kauen und „Schmatzen“ hat noch eine weitere Funktion, denn dabei werden eine Vielzahl von flüchtigen Aromen freigelegt, die jetzt gleichzeitig die Riechzellen im Nasenrachenraum reizen. Erst das sogenannte retronasale Riechen, zusammen mit dem Geschmack und Empfinden auf der Zunge und in der Mundhöhle, lässt uns die Speise entsprechend würdigen – oder auch nicht.

Dieses Urteil hängt allerdings nicht nur von Geschmack, Würzung oder Zubereitung ab, sondern auch von unserer kulturellen Prägung. Essen mit Genuss ist eine hochdimensionale Angelegenheit, weit mehr als „Ernährung“, die nur gut oder schlecht sein kann. Essen ist sinnlich und gehört zu unserer Kultur. Nicht zuletzt deshalb ist Essen in all seinen Facetten ein schier unerschöpfliches Forschungsfeld für zahlreiche Wissenschaftszweige wie beispielsweise Materialforschung, Design, Ethnologie, Geschichte, Biologie, Physik oder Chemie.

## WOZU WISSENSCHAFT?

Um zu wissen, was uns schmeckt, sind wir zwar nicht auf die Hilfe der Wissenschaft angewiesen, dafür haben wir unsere Sinne. Aber um zu wissen, was uns außerdem noch schmecken könnte, ist sie äußerst nützlich – dann nämlich, wenn Erfahrung und Experiment angesichts der Vielzahl an Möglichkeiten an ihre Grenzen geraten.

Die meisten Menschen haben gewisse Grundfertigkeiten beim Würzen entwickelt und geben mit großer Selbstverständlichkeit mindestens Pfeffer und Salz an jedes Gericht, Essig, Zitronensaft und Öl an nahezu jeden Salat. Ziel bei der Zugabe all dieser Zutaten ist es, das Essen interessanter zu machen und das Geschmackserlebnis zu intensivieren. Gewürzt und gekräutert wird dabei nach Gefühl, aber auch nach Tradition und Prägung. So hat jede Kultur ganz besondere Würzkombinationen entwickelt. Die chemische Untersuchung zeigt jedoch, dass alle Würztechniken

und -traditionen gewisse Gemeinsamkeiten aufweisen. Der Grund dafür liegt in der physiologischen Wahrnehmung von Duft und Geschmack, die bei allen Menschen ähnlich ist: Mit der Zunge können wir fünf Grundgeschmacksrichtungen schmecken – süß, sauer, salzig, bitter und den herzhaften umami-Geschmack, eventuell auch fettig – und über die Riechzellen der Nase nehmen wir Düfte wahr. Diese Duftstoffe lassen sich je nach ihrer chemischen Zusammensetzung sinnvoll in acht Gruppen einteilen. Anhand eines einfachen Farbgruppenschemas in diesem Buch kann man prüfen, welches Kraut oder Gewürz, welche Frucht oder sonstige Würzzutat welche Aromengruppen aufweist, und kann dementsprechend kombinieren – Kochen nach Farben, sozusagen: Kommen die Aromen aus derselben Gruppe, verstärken sie sich gegenseitig, während Duftstoffe aus verschiedenen Gruppen sich gegenseitig ergänzen.

Die konkrete Anwendung dieses chemischen Wissens kann dann etwa so aussehen: Liebstöckel enthält den Aromastoff **SOTOLON**, der süßlich nach Ahornsirup duftet. Denkbar wäre daher eine Kombination mit süßen Früchten, etwa mit Erdbeeren, die man in eine dicke Sauce aus Liebstöckel setzt. Über das **SOTOLON** bekommen die Sommerfrüchte Noten von Ahornsirup und Karamell, und das ganz ohne Zucker und Hitze. Wem das gemundet hat, kann als Nächstes Liebstöckel durch Bockshornklee ersetzen: Auch hier ist die Konzentration von **SOTOLON** recht hoch und die Kombination mit Erdbeeren funktioniert tatsächlich – wenn man die Bockshornkleesamen zuvor mit kochendem Wasser überbrüht, damit sie weich werden und einen Teil ihres Bittergeschmacks verlieren. Weiß man außerdem, dass sich das Aroma **SOTOLON** sehr gut von einer fettigen Umgebung „einfangen“ lässt, also in Fett löslich ist (→ Löslichkeit, S. 28), dann kann man die restlichen überbrühten Bockshornkleesamen zwischen die Hälften eines quer durchgeschnittenen Camemberts legen, damit sie den Käse aromatisieren. Jetzt haben wir den Salat: Liebstöckel, Bockshornklee, Erdbeeren, Camembert. All das hängt zusammen, wird über Gewürze und Kräuter miteinander verbunden – und schmeckt auch noch!

Dieses Buch will die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Gewürz- und Kräuterchemie für jeden verständlich in die Küchen tragen. Sein Ziel ist nicht, enzyklopädisches Wissen auszubreiten, sondern grundlegende Kenntnisse zu vermitteln, auf deren Grundlage man abenteuerlich, aber gut würzen kann.

## GESCHMACKSSINN UND GRUNDGESCHMACK

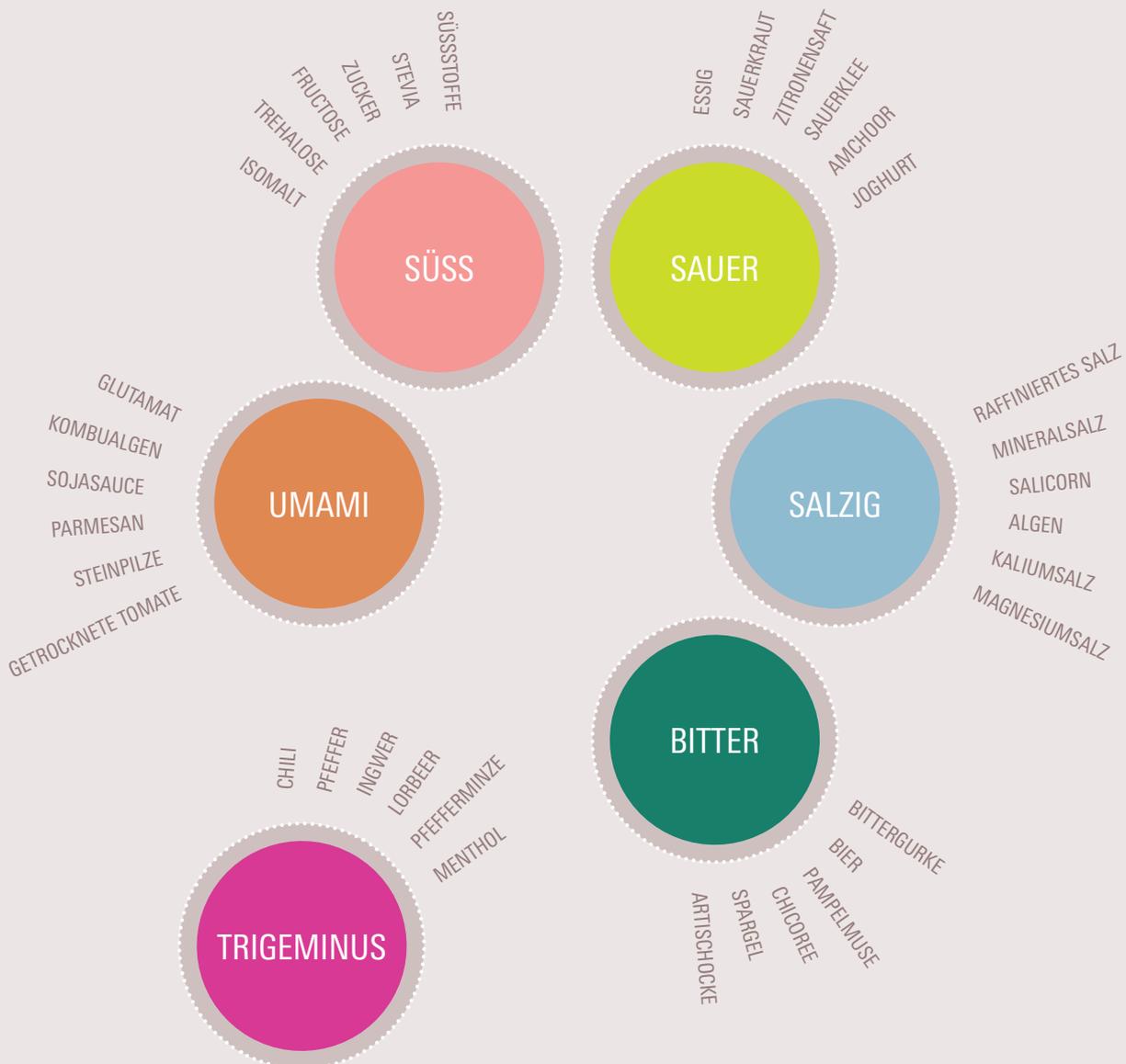
Wenn wir Schnupfen haben oder die Nase aus anderen Gründen verstopft ist, gebrauchen wir häufig die Worte: „Heute schmeckt mir gar nichts“, oder: „Ich habe gar keinen Geschmackssinn.“ Genau genommen ist das falsch, denn in diesem Fall ist nur das Riechvermögen eingeschränkt. Schmecken auf der Zunge kann man in aller Regel auch bei der stärksten Erkältung.

„Geschmack“ ist vermutlich eines der am häufigsten falsch verwendeten Wörter, wenn es um Essen und Trinken geht. Meist bezeichnen wir damit den ganzen Genuss, ohne zwischen Aroma und Geschmack einer Speise beziehungsweise dem menschlichen Geruchs- und Geschmackssinn zu differenzieren. Ein einfaches Beispiel dafür, dass es einen wesentlichen Unterschied gibt, ist die Mischung aus Zucker und Zimt, die sich bei den meisten als Kindheitserinnerung eingepreßt hat: Bei zugehaltener Nase schmeckt sie lediglich „süß“, riecht man hingegen nur daran, duftet sie „warm, zimtig“. Erst im Mund, bei geöffneter Nase, nehmen wir mit der Zunge den süßen Geschmack wahr, während gleichzeitig die duftenden Aromen über den hinteren Rachenraum – retronasal – in die Nase gelangen. Kurz gesagt: „Geschmack“ wird nur mit der Zunge geschmeckt, Aromen oder Duftstoffe werden mit der Nase gerochen.

# DIE GRUNDGESCHMACKSRICHTUNGEN

Verglichen mit der Welt der Düfte ist Schmecken recht langweilig. Bislang sind lediglich fünf Grundgeschmacksrichtungen nachgewiesen: süß, sauer, salzig, bitter und umami. Es gibt zwar ebenfalls Rezeptoren auf der Zunge, die einen Geschmack nach „fett“ erkennen können, ob dieses Signal allerdings an das Gehirn weitergeleitet wird, ist bislang unklar. Wenn man sich beim Verkosten die Nase zuhält, lassen sich die reinen Grundgeschmacksrichtungen in einer Speise erkennen.

Die Reize scharf, heiß, kalt, beißend, prickelnd und adstringierend sind hingegen kein Geschmacksreiz: Hierbei werden die Schmerzrezeptoren gereizt. Die Signale dieses Trigemiusnervs tragen ebenfalls zum Genuss bei.



(scharf, heiß, kalt, prickelnd, beißend, adstringierend)

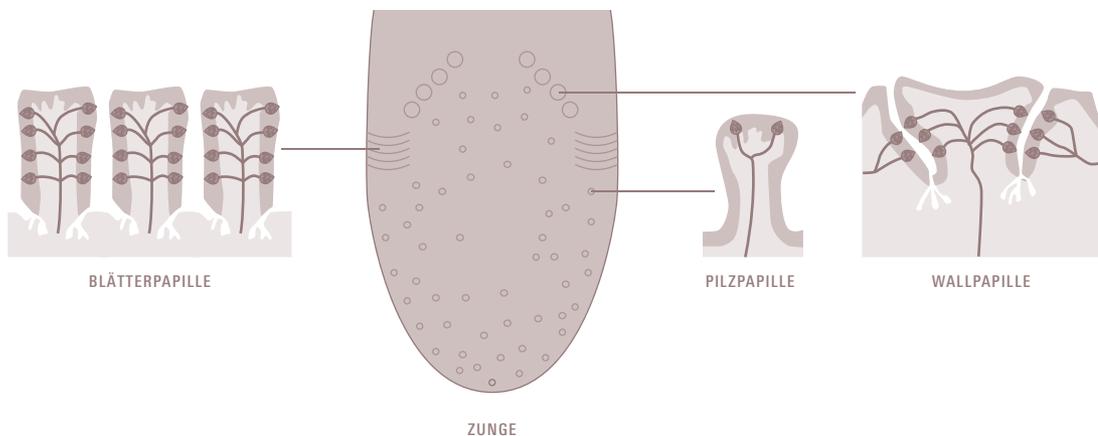
## DIE GRUNDGESCHMACKSRICHTUNGEN

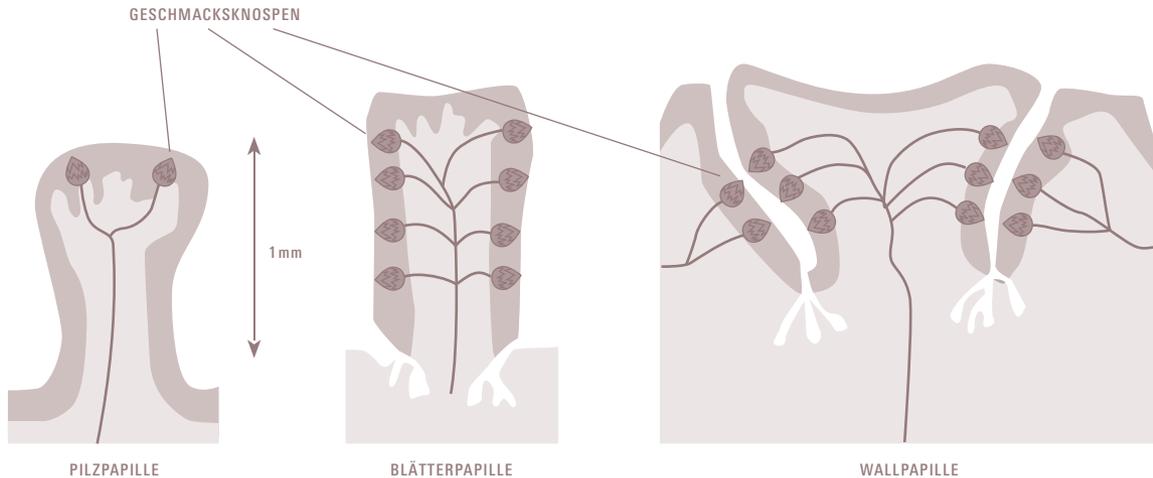
Bisher werden fünf plus eine Grundgeschmacksrichtungen als gesichert angesehen: „süß“, „sauer“, „salzig“ und „bitter“ kennt wohl jeder. Die nicht ganz so geläufige fünfte Grundgeschmacksrichtung, der „umami“-Geschmack, steht für „herzhaft, fleischig“. Entsprechende Rezeptoren wurden Anfang des 20. Jahrhunderts von dem japanischen Chemiker Ikeda Kikunae auf der menschlichen Zunge entdeckt. Der Geschmack wurde nach dem japanischen Wort für „wohlschmeckend“ benannt. Erst 2011 wurde nachgewiesen, dass es auf der menschlichen Zunge außerdem gustatorische Rezeptoren für „fett“ beziehungsweise für Fettsäuren gibt. Das wäre ein sechster Grundgeschmack, wobei bisher nicht geklärt ist, ob diese Signale im Gehirn entsprechende Botschaften auslösen. Aktuell diskutiert die Forschung, ob es möglicherweise auch Rezeptoren für „Wasser“ beziehungsweise „wässrig“ im Mundraum gibt. Taufwegen zumindest besitzen welche, vielleicht auch wir Menschen.

## DER GESCHMACKSSINN UND SEINE FUNKTION

Aber warum eigentlich der ganze Aufwand, weshalb können wir schmecken? Die Antwort liegt in der Evolution. Bei unseren Vorfahren gab es weder Zutatenlisten noch Inhaltsstoffangaben. Trotzdem mussten sie herausfinden, was genießbar war und was nicht. Mit der Entdeckung des Fett-Rezeptors wird immer deutlicher, dass wir schmecken können, was der Mensch aufgrund seiner Biologie und Physiologie am dringendsten benötigt: Energie (Zucker, süß), Proteine (Fleisch, proteinreiche Pflanzen, umami-Geschmack) und mineralreiche Lebensmittel (salzig). Andererseits musste gewarnt werden: Bittere Beeren oder Wurzeln sind mit großer Wahrscheinlichkeit giftig, stark saure Früchte zumindest mit Vorsicht zu genießen, da sie häufig unreif sind. Der physiologische Nutzen für den menschlichen Körper von sowohl Fett (Energiespeicher) als auch Wasser sprechen für die Vermutung, dass auch diese Stoffe geschmacklich wahrgenommen werden können.

Das zeigt sich auch bei den ursprünglichsten Reaktionen auf die Grundgeschmacksrichtungen, die jedem Menschen angeboren sind: Während süße Lebensmittel oder die sowohl süßlich als auch nach umami schmeckende Muttermilch bei Säuglingen einen wohligh lächelnden Gesichtsausdruck erzeugen, reagieren diese auf bittere Lebensmittel mit einem abwehrenden „gustofazialen Reflex“ – sie verziehen auf ganz charakteristische Weise ihr Gesicht. Auch auf Saures reagieren Kleinkinder ähnlich negativ. Dieser gustofaziale Reflex verliert sich nach einiger Zeit, die Akzeptanz bis hin zum Genuss der Geschmacksrichtungen „sauer“ und „bitter“ kann also





„erlernt“ werden. Viele Gemüse weisen zum Beispiel einen erheblichen Bitterstoffgehalt auf, man denke nur an Rosenkohl oder Brokkoli. Auch Spinat ist aufgrund seines erheblichen Anteils an Oxalsäure nicht immer leicht zu ertragen. Da ist es kein Wunder, wenn Kinder diese Beilagen zu Beginn eher ablehnen. Der Lernprozess und die Anpassung der Geschmackserfahrung ist ein wesentlicher Aspekt der Ernährung und des Genusses. Das Erlernete wird im Geschmackserkennungsgedächtnis abgelegt und kann ständig abgerufen werden.

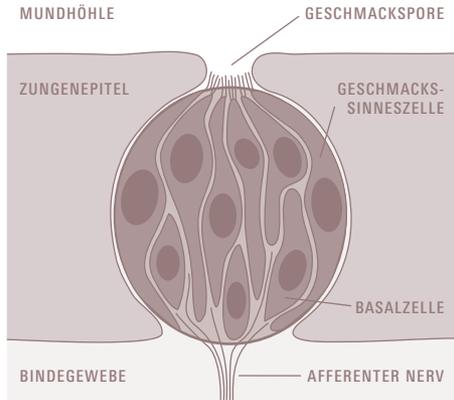
Ein funktionierender und verlässlicher Geschmackssinn ist heute ebenso wichtig wie in der Urgeschichte. Entwickeln wir Lust auf Herzhaftes? Süßes? Oder Salziges? Nicht selten stecken dahinter Andeutungen eines Mangels. Allerdings wird unsere Fähigkeit, auf diese Signale zu hören, mehr und mehr durch ein Überangebot von Nahrung zurückgedrängt. In diesen Mechanismus greift auch stark überwürztes und nicht ausgewogen zubereitetes Convenience Food ein. Die durch diese Lebensmittel hervorgerufene Verarmung und Vereinheitlichung unserer Wahrnehmung ist mindestens genauso problematisch wie die viel diskutierten Zusatzstoffe.

## DIE ZUNGENPAPILLEN

Die stark zerfurchte und zerklüftete Oberfläche der Zunge erlaubt ein sehr feinfühliges Schmecken: Die Geschmacksreize sind rasch erkennbar und gleichzeitig für eine gewisse Zeit wahrnehmbar. Die Struktur, die man mit dem bloßen Auge noch erkennen kann, besteht aus vielen einzelnen Papillen. Von ihnen gibt es mehrere unterschiedlich geformte Typen in den verschiedenen Bereichen der Zunge: Pilzpapillen liegen vorwiegend auf der Zungenoberfläche, Blätterpapillen hauptsächlich am Zungengrund und Wallpapillen in der Nähe der Zungenwurzel. Die ganze Zunge ist darüber hinaus mit Fadenpapillen besetzt, die die physikalischen Eigenschaften der Lebensmittel – Oberflächenbeschaffenheit, Fließverhalten oder andere Textureigenschaften – schnell und sehr genau erkennen. Entgegen früherer Annahmen gibt es aber keine „Geschmackslandkarte“ auf der Zunge, also bestimmte Bereiche, in denen man etwa nur „süß“ oder nur „bitter“ wahrnehmen könnte.

## DIE GESCHMACKSKNOSPEN

Geschmacksknospen liegen an den Wänden der Papillen und erinnern in ihrer Form tatsächlich an Blütenknospen. Sie bestehen aus mehreren Sinneszellen, die sich in verschiedenen Segmenten anordnen. Jede Sinneszelle ist dabei durch mehrere Nervenfasern mit dem Zentralnerven-



system verbunden, das Signale ins Gehirn weiterleitet, wo der Geschmacksreiz erst in die entsprechende Geschmacksqualität, also beispielsweise „salzig“, „sauer“ oder „bitter“, übersetzt wird. Erkennt – oder wie Physiker sagen: detektiert – wird die jeweilige Geschmacksrichtung allerdings schon in den Geschmacksknospen durch Geschmacksrezeptoren in den sogenannten Mikrovilli, fadenförmigen Ausstülpungen, die die Oberfläche und damit die „Feinfühligkeit“ der Sinneszellen in der Geschmacksknospe erhöhen. Die feinen fingerförmigen Strukturen von ca. 500 nm Größe (also ein Zweitausendstel Millimeter) sind von Speichel umgeben und kommen dadurch mit den Geschmacksstoffen der Speisen in Berührung.

### WIE FUNKTIONIEREN REZEPTOREN?

Für das Erkennen von Molekülen und molekularen Eigenschaften gibt es mehrere komplizierte Mechanismen. Vereinfacht könnte man sagen: Ein Geschmacksreiz wird durch jeweils ganz bestimmte Stoffe ausgelöst, die in einem Lebensmittel, Kraut oder Gewürz enthalten sind, wobei für jeden Geschmacksreiz andere Stoffe verantwortlich sind. Diese werden vom Speichel gelöst und im Mundraum an den Rezeptoren vorbeigespült, bis sie zufällig an den für ihre Geschmacksrichtung „zuständigen“ Rezeptor gelangen und dort andocken. Nur dort passen sie und lösen ihren Reiz aus. Passt der Stoff nicht, reagiert auch der Rezeptor nicht – man spricht deshalb vom „Schlüssel-Schloss-Prinzip“.

Während sich der Aufbau der Geschmacksrezeptoren für „salzig und „sauer“ ähnelt, funktionieren alle anderen jeweils grundsätzlich anders. Dies liegt an der Natur der Geschmacksauslöser. Salzgeschmack wird durch Ionen ausgelöst: Kochsalz, also Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ), löst sich in wässriger Umgebung in positiv geladene Natriumionen ( $\text{Na}^+$ ) und negativ geladene Chlorid-ionen ( $\text{Cl}^-$ ) auf. Sowohl die Art der Teilchen als auch die elektrische Ladung zwischen beiden wird von „Ionenkanälen“, sogenannten Kanalproteinen, wahrgenommen: Erst bei dieser Doppelbedingung reagiert der Rezeptor. Der Sauergeschmack wird durch Säuren und damit durch positiv geladene Protonen ( $\text{H}^+$ ) ausgelöst, die ebenfalls als kleine geladene Teilchen über Kanalproteine detektiert werden. Die für die Reize „umami“ und „bitter“ verantwortlichen Moleküle sind komplizierter aufgebaut – entsprechend komplex müssen die jeweiligen Detektoren sein. Der Umami-Geschmacksrezeptor spricht auf den Stoff Glutaminsäure an, Bittergeschmack dagegen wird von unterschiedlichen Stoffen ausgelöst. Strikt nach dem „Schlüssel-Schloss-Prinzip“ gibt es 25 verschiedene Bitterrezeptortypen, die jeweils eine bestimmte Ausprägung von „bitter“ erkennen können. Alle senden sie ihr individuelles „bitter“-Signal. Diese in der Wissenschaft als TAS2R-Rezeptorenfamilie bezeichneten Detektoren sind allerdings nicht bei allen Menschen gleich ausgeprägt. Abhängig von der genetischen Veranlagung wird „bitter“ von „Bitterschmeckern“ stärker wahrgenommen als von „Nicht-Schmeckern“. Auch das entscheidet, ob beispielsweise Brokkoli – ein Gemüse mit vielen Bitterstoffen – gemocht wird oder nicht. Für die Wahrnehmung der Geschmacksrichtungen „süß“ sind wiederum zwei Rezeptoren notwendig, die in engem Kontakt miteinander stehen. Erst wenn ein Molekül dieses „Rezeptorduett“ reizt, wird an das Gehirn der Reiz „süß“ weitergegeben. Das neu entdeckte Rezeptorprotein CD36 für das Erkennen des Geschmacks von „fett“ befindet sich ebenfalls in der Zellmembran der Mikrovilli. Es ist jedoch nicht der einzige Detektor für Fettsäuren: Die G-Proteinrezeptoren GPR40 und GPR120 lösen etwa bei Kontakt mit langkettigen freien Fettsäuren

ein Signal aus. Ob diese Rezeptoren aber eine direkte Verdrahtung ins Gehirn haben, um dort einen Sinnesreiz „fett“ auszulösen, ist bisher noch nicht klar.

## DER „GESCHMACK“ DES STILLEN WASSERS

Oben wurde es bereits angesprochen: Taufiegen können Wasser schmecken. Ob der Mensch tatsächlich ebenfalls „wässrig“ schmecken kann, ist wissenschaftlich (noch) nicht erwiesen. Mit Blick auf den physiologischen Nutzen wäre es anzunehmen: Wasser ist ein polarer Stoff (→ Lösungsmittel, S. 29), der die ebenfalls polaren Mineralstoffe bindet und damit hilft, den Körper effektiv mit Mineralien zu versorgen. Und wie schmeckt eigentlich Wasser? Die Frage erscheint zunächst absurd und die spontane Antwort lautet wohl meist: „neutral“ oder: „nach nichts“. Aber dies ist nur auf den ersten Blick richtig, denn Wasser unterschiedlicher Quellen wird durchaus als verschieden empfunden. Erspürt wird dabei die unterschiedliche Mineralienzusammensetzung, die von der Region und dem Gestein der Quelle bestimmt wird. Sorten mit höherem Kalzium- und Magnesiumanteil wirken bei gleichzeitig höherer Konzentration von Hydrogencarbonat etwa weit aus frischer, heller. Im Gegenzug wird Wasser, das arm an diesen Substanzen ist, als eher still, manchmal sogar stumpf empfunden.

## GESCHMACK UND TEMPERATUR

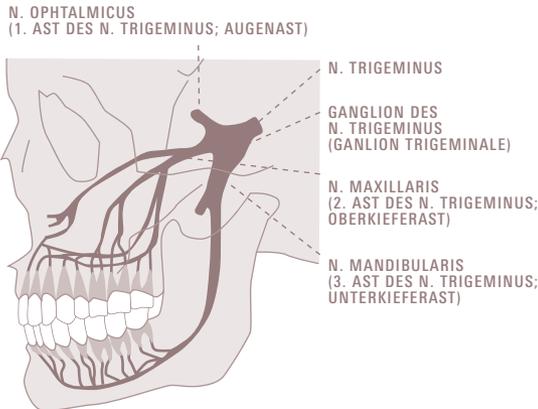
Die Intensität eines Geschmacks ist von der Temperatur abhängig, diese Erfahrung hat jeder Koch schon einmal gemacht. Man spricht vom „thermal taste“. Eine im heißen Zustand kräftig abgeschmeckte Tomatensuppe wirkt beim Versuch, dieselbe als eiskalte *Gazpacho* zu servieren, fade und wenig aufregend. Dann muss nachgewürzt werden. Salzig und süß verstärken sich tendenziell unter Temperaturerhöhung, sauer und bitter nehmen eher ab. Ab etwa 40 °C wird die Geschmackswahrnehmung immer mehr durch den Einfluss der Wärmerezeptoren überdeckt. Diese Effekte bestimmen somit das Würzen und können bei der Zubereitung beachtet werden.

Ein weiterer für Köche wichtiger Aspekt, der mit der Temperatur zusammenhängt, ist ganz schlicht der Unterschied zwischen heiß und kalt, der unser sinnliches Erlebnis um eine weitere Dimension erweitert: Kräftige Warm-Kalt-Kontraste auf einem Teller heben den Genuss. Dabei muss die Temperatur nicht einmal „echt“ sein: Die Inhaltsstoffe von Gewürzen wie Chili oder Minze regen exakt die gleichen Empfindungen an, welche durch Hitze beziehungsweise Kühle verursacht werden (→ Reizen des Trigeminusnervs, Seite 48).

Betrachtet man die Kreationen von Spitzenköchen, so finden sich dort etwa gegrillte Jakobsmuscheln neben geräuchertem Ziegenkäse und eiskaltem Tomatensorbet oder eine heiße Schokoladenmousse, die neben einem kalten Granité aus Orangenlikör serviert wird. Aber auch die Hausmannskost setzt diese Effekte ein: etwa beim Dessertklassiker Vanilleeis mit heißen Himbeeren oder beim heißen Pfefferminztee.

## SCHARF IST KEIN GESCHMACKSREIZ

Ein wichtiges Element des Würzens wurde bisher nur gestreift: Die Empfindung für Schärfe, wie sie etwa von Pfeffer, Chili oder Ingwer vermittelt wird, ist keine Geschmacksqualität, sondern ein Schmerzreiz – genauso wie die kühlende Wirkung der Minze. Wahrgenommen wird sie von den Enden des Trigeminusnervs. Diese im ganzen Körper verteilten Nerven sind für das menschliche Empfinden von Schmerz zuständig, worunter auch das Gefühl von Hitze und Kälte fällt. Chili zum Beispiel brennt beim Schneiden oder Entkernen auch an den Händen – und seine Schärfe zieht ähnliche Schweißausbrüche nach sich wie große Hitze.



Die Nervenendigungen des Trigemini finden sich im gesamten Mundraum.

Die Schmerzrezeptoren reagieren also nicht nur auf Temperaturunterschiede oder Verletzungen, sondern auch auf bestimmte Moleküle: etwa auf das **CAPSAICIN** in Chili, das **PIPERIN** in Pfeffer, das **GINGEROL** in Ingwer oder das kühlende **MENTHOL** in Pfefferminze. **ZIMTALDEHYD** in Zimt wie auch die verschiedenen schwefelhaltigen Senföle im Knoblauch, Lauch oder Zwiebeln werden ebenfalls als „schmerzhaft kalt“ empfunden. Ob die Reize von echter Temperatur oder von entsprechenden Molekülen stammen, können die Rezeptoren nicht unterscheiden. Der Temperaturbereich des Mundraums, ungefähr 0 °C bis 50 °C, lässt sich daher auch komplett mit verschiedenen Kräutern und Gewürzen abdecken.

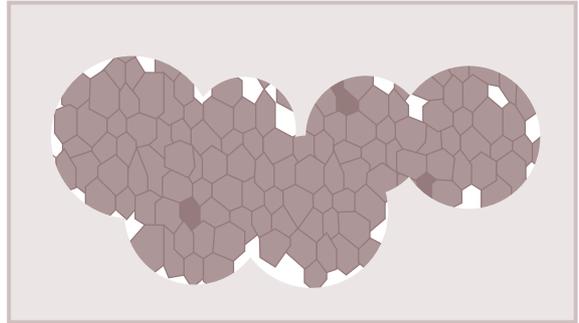
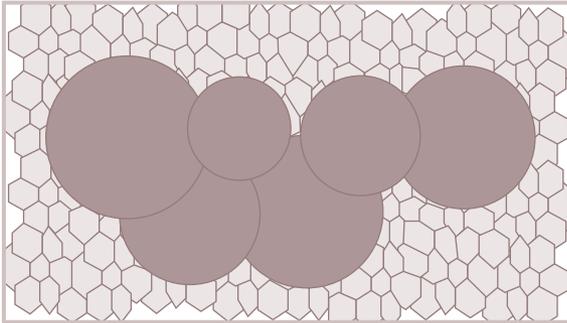
Der Aufbau der Schmerzrezeptoren ist hochkomplex: Pfefferschärfe, Chilischärfe oder kühlende Minze werden jeweils von verschiedenen Rezeptoren wahrgenommen. Erst vor wenigen Jahren wurde nachgewiesen, dass das Prickeln und die leichte Taubheit auf der Zunge vom **HYDROXY- $\alpha$ -SANSHOOL** in Szechuanpfeffer und Parakresse speziell auf die Reizung eines zweiporigen Kaliumrezeptors zurückzuführen ist. Auch das spürbare Prickeln von Mineralwasser und Champagner ist eine Reizung des Trigemini. Bei Kohlensäure wurde Kohlendioxid verkapselt, das beim Auflösen freigesetzt wird und auf der Zunge einen prickelnden Effekt auslöst. Etwas Brausepulver in Cremes, Schokoladenmousse oder Kartoffelpüree lassen altbekannte Gerichte durch das trigeminale Prickeln in neuem Glanz erscheinen.

Wie sehr sich die Sinne durch entsprechende Kombinationen beeinflussen lassen, zeigt ein kleines Experiment: Eine Tasse heiße Schokolade, die über Pfefferminze mit etwas Menthol versetzt wird, bringt die Schmerzrezeptoren in Verwirrung: Einerseits ist es heiß, andererseits vermittelt die Reize des Trigemini dem Gehirn wegen Menthol: kalt. Diese widersprüchlichen Informationen können von uns nicht ohne weiteres zugeordnet werden. Anders als beim bekannten heißen Pfefferminztee kann das Gehirn in diesem Fall nicht auf Erinnerungen zurückgreifen.

Diese mitunter schmerzhaften Reizungen des Trigemini sind eine wichtige Komponente des Würzens, sie umfassen, was man mit „brennend“, „scharf“, „kühlend“, „beißend“, „stechend“ oder „brenzlich“ beschreiben würde. Die körperlichen Reaktionen sind bekannt: tränende Augen, vermehrter Speichelfluss, wärmendes oder kühlendes Gefühl, Niesreiz. Damit kann man in der Küche hervorragend spielen – allerdings sehr vorsichtig. Ein noch rauchendes Stück Zimt oder Süßholz, das unter einer Glasglocke einen Ziegenkäse oder etwas gegarten Fisch räuchert, weckt nicht nur die Vorfreude auf das Raucharoma, sondern kitzelt beim Abheben des Glases die Nase und reizt ganz leicht die Augen. Es werden Stimmungen ausgelöst, die – falls nicht übertrieben wird – den Genuss noch steigern, wie z.B. beim hörbar prickelnden Champagner.

## ADSTRINGENZ

Adstringenz ist ein Gefühl im Mund, für das ebenfalls die Trigemini verantwortlich sind. Beim Genuss von Schokolade mit extrem hohem Kakaoanteil und starker Röstung, beim Trinken eines gerbstoffreichen Rotweins, eines Matchas (grüner Tee) oder beim Kauen von Walnüssen weiß man sofort, was das Wort bedeutet: dieses zusammenziehende Gefühl auf der Zunge, das manchmal als „trocken“, „rau“ oder „pelzig“ bezeichnet wird. Der physikalische Grund für das adstringierende Gefühl ist die Wirkung der Gerbstoffe auf die Proteine, die im Speichel für dessen Viskosität und „Schleimigkeit“, also seine physikalische Struktur, verantwortlich sind. Solange die Proteine als Einzelmoleküle fein verteilt sind, nimmt man Speichel als angenehme, die Schleim-



häute benetzende Flüssigkeit wahr. Kommen jedoch Gerbstoffe ins Spiel, sorgen sie dafür, dass sich viele Proteine zu größeren Ansammlungen verbinden, was zu einem deutlich anderen Fließverhalten führt: Die Benetzung und Reibung verändern sich, was wir mittels des Trigeminusnervs deutlich spüren können.

## DIE TEXTUR VON LEBENSMITTELN

Der Begriff „Textur“ wird oft verwendet, wenn man Form und Aggregatzustand einer Speise beschreibt, etwa knusprig, hart oder flüssig. Aber Textur ist mehr: Der Begriff umfasst alle Effekte, die von der physikalischen Struktur der Lebensmittel bestimmt sind. Diese ist klar über physikalische Parameter wie Härte, Wassergehalt oder Cremigkeit definiert. Im Gehirn werden diese physikalischen Eigenschaften in eine individuelle Empfindung umgesetzt. Wird etwa ein als „knackig“ beschriebenes Lebensmittel gegessen, bedeutet das Folgendes: Aus einer knackigen, also harten Hülle können zunächst kaum Aromen entweichen. Auf der Zunge wird so eine unelastische Speise als kantig, rau und wenig anschiemig wahrgenommen. Sie ist kompakt und lässt sich als Ganzes im Mundraum bewegen. Speichel durchdringt kaum die Schale, das Lebensmittel schmeckt zunächst nach nichts. Erst wenn man daraufbeißt, knackt und kracht es, und die Duftnoten und Geschmacksstoffe werden auf einen Schlag freigegeben. Dieser Vorgang lässt sich auf andere Formen und Oberflächen – rund oder kantig, weich, glatt oder rau, klebrig, schaumig oder mehlig – und auf die Aggregatzustände fest, flüssig oder gasförmig übertragen. Dabei darf man nicht vergessen, dass viele Lebensmittel und Speisen nicht nur aus einer, sondern aus verschiedenen Komponenten bestehen, die alle unterschiedliche Eigenschaften haben und somit eine Kaskade von verschiedenen, gekoppelten Textureindrücken auslösen.

Die Textur einer Speise hat also Einfluss auf ihren Geschmack, ihr Aroma und das Gefühl, das sie im Mund erzeugt. Ein einfaches Beispiel demonstriert dies: Die unterschiedliche Wirkung, die ein und dasselbe Lebensmittel in zweifacher textueller Gestalt erzielt, ist uns vom Besuch auf dem Jahrmarkt bekannt – bei Zuckerwatte. Kaum jemand würde auf die Idee kommen, drei Würfel Zucker in den Mund zu nehmen und davon zu schwärmen. Wird der Zucker hingegen zu einer Watte verarbeitet, kann er ein kleines Vergnügen für Jung und Alt werden. Ein anderes Beispiel wäre das klassische Alltagsdessert Panna cotta: Leckt man an ihr lediglich mit der Zunge, wirkt die Speise sehr langweilig, denn die in ihr eingefangenen Aromen und Geschmacksauslöser gelan-

Schematische Darstellung eines Lebensmittels, das links aus einer festen, knusprigen Hülle, einer porösen schaumigen Füllung und flüssigen Tröpfchen in der Mitte besteht. Rechts sind die inneren Bestandteile vertauscht: Unter der erneut festen, knusprigen Hülle liegt hier eine Flüssigkeit, die eine poröse-schaumige Masse umgibt. Die Texturerlebnisse sind aufgrund der unterschiedlichen Anordnungen der einzelnen Strukturelemente vollkommen verschieden.

**Wohlschmeckendes, cremiges Speiseeis** vereint alle drei Aggregatzustände: feste Eiskristalle, flüssige Fettphasen und durch eine Eismaschine (einen Paco-Jet) jede Menge untergehobene Luft als Gas. Erst das Zusammenwirken dieser drei Phasen lässt das Eis so schmackhaft werden. Dabei wurde das Aroma noch gar nicht angesprochen: Erdbeer-, Vanille-, Banane-, Schokoladen- oder herzhaftes Steinpilzeis? Ungeachtet dessen lässt uns allein schon das ausgewogene Zusammenspiel der Phasen jedes Eis als wohltuend empfinden.

## TEXTUR UND PASTA

Zähflüssige Saucen, deren feste Inhaltsstoffe sehr klein sind, können von glatter Pasta sehr gut aufgenommen und zum Mund geführt werden, sofern die Oberfläche der Pasta ein gutes Haften ermöglicht. Dagegen erfordern Saucen mit größeren Bestandteilen wie zum Beispiel Hackfleisch besser strukturierte Pasta, etwa Spiralnudeln. Zwischen den Windungen hat das Hackfleisch Platz, wird eingespannt und kann so zusammen mit einer ausgewogenen Menge von Sauce zum Mund geführt werden. Erst die wohlabgestimmten und ausbalancierten Texturen von Nudeln und Sauce garantieren das perfekte Pastaerlebnis.

Wie gut Saucen haften bleiben, hängt nicht zuletzt auch von den Trocknungszeiten und dem Restwassergehalt ab. Hobby-Pastahersteller machen sich daher bereits lange vor der Mahlzeit Gedanken über die Textur ihrer Nudeln.

Hinter den Begriffen Textur, Food-Design oder Food-Structuring verbirgt sich nicht unbedingt etwas Abenteurerliches oder gar Künstliches – sie beschreiben vielmehr kleine und große Kniffe, mit denen Geschmackserlebnisse allein über die „Materialauswahl“ optimiert werden können.

gen nicht in ausreichendem Maße auf die Zunge und in den Mundraum, um wahrgenommen zu werden. Erst wenn das Dessert gekaut wird, werden Geschmack und Duft freigegeben. Wie schnell und effektiv diese „Explosion“ erfolgt, ist wiederum eine Frage der Rissbildung und der „mechanischen“ Eigenschaften – der Textur – des Puddings.

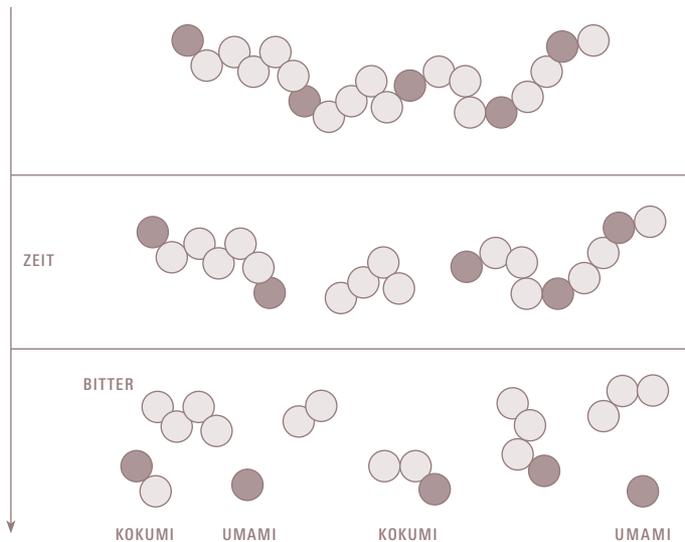
Nicht nur der Geschmack, sondern auch die Textur von Lebensmitteln wird im kulinarischen Gedächtnis gespeichert. Trotz seines Fleischaromas käme etwa selbst mit verbundenen Augen niemand auf die Idee, Fleischextrakt für echtes Fleisch zu halten, weil er eben flüssig ist. Angebratenes und dadurch mit Röstaromen versetztes Tofu, beträufelt mit Fleisch-Extrakt oder →umami-Paste kommt nahe heran – wenn nicht die Faserstruktur von echtem Fleisch fehlen würde.

## GESCHMACKSMODULATION: MUNDFÜLLE – KOKUMI

Wie die Bezeichnung für den herzhaften, auf Protein deutenden Geschmack – „umami“ – stammt auch der Begriff „kokumi“ aus dem Japanischen. Er lässt sich am besten mit „Mundfülle“ übersetzen. Dabei bedeutet „Mundfülle“ nicht unbedingt das cremig-fettige Gefühl einer süßlichen *Panna cotta*. Eine große Mundfülle wird beispielsweise ebenso durch eine sehr lange gekochte Hühnerbrühe oder einen anderen Fleischfond erzeugt. Auch eine einfache *Pasta bolognese* oder ein mexikanischer Bohneneintopf besitzen eine große Mundfülle.

Der kokumi-Eindruck ist kein Texturmerkmal, sondern – wieder einmal – eine „molekulare Angelegenheit“. Der gemeinsame Nenner dieser Gerichte ist die sehr lange Kochzeit. Dabei findet ein Prozess statt, der in der Fachsprache Hydrolyse genannt wird: Die in allen Lebensmitteln vorkommenden Proteinketten zerfallen langsam in immer kleinere Teile. Bruchstücke, die aus zwei oder drei Aminosäuren und einer Glutaminsäure bestehen, werden  $\gamma$ -Glutamylpeptide genannt. Diese Bruchstücke sind unter anderem für den kokumi-Effekt verantwortlich. Anders als die Geschmacksreize werden sie nicht über Rezeptorproteine wahrgenommen – wie der kokumi-Eindruck jedoch sensorisch genau wahrgenommen wird, ist bisher nicht bekannt. Man weiß nur, dass es sich bei den kurzen Peptidstücken stets um Kombinationen von Aminosäuren mit jeweils unterschiedlicher Löslichkeit handelt: Fett und Wasser. Die Proteinbruchstücke schmecken selbst nicht, wirken aber als Modulatoren und stimulieren den Gesamteindruck aller Sinnesreize und deren Intensität, die beim Essen angesprochen werden: Textur, Geschmack, Duft und Empfinden (→ Abrunden: kokumi, Seite 48).

Das Zerlegen der Proteine in diese „kokumisierenden“ Glutamylpeptide kann sowohl durch Fermentation als auch durch Enzyme, pH-Wert-Änderungen oder, wie in den bereits genannten Beispielen, durch Hitze vonstatten gehen. Bei der Herstellung von Sojasauce etwa werden zum Zerlegen der Proteine enzymatische Fermentationsprozesse eingesetzt. Auch die lange Reifung von Käse lässt neben vielen anderen Reaktionen solche Proteinbruchstücke entstehen, die für die große Mundfülle reifer Käse sorgen. Unter diesem Aspekt erscheint es geradezu logisch, dass fast jedes Pastagericht mit Tomaten kombiniert und anschließend mit reifem Parmesan bestreut wird: Das verleiht dem eher „langweiligen“ Geschmack der Pasta eine Tiefe und Mundfülle à la „umami“



Der gemeinsame Nenner von umami-Geschmack und kokumi-Effekt: Sind zwei oder drei Aminosäuren (hell) noch mit der Glutaminsäure (dunkel) verbunden, wird kokumi-Mundfülle ausgelöst. Freie Glutaminsäure wird dagegen Glutamat genannt – und erzeugt den herzhaften umami-Geschmack.

und „kokumi“. Selbst in grünem Matcha-Tee wurden Proteinteile gefunden, die nicht nur den kokumi-Eindruck, sondern auch bitteren und umami-Geschmack verstärken.

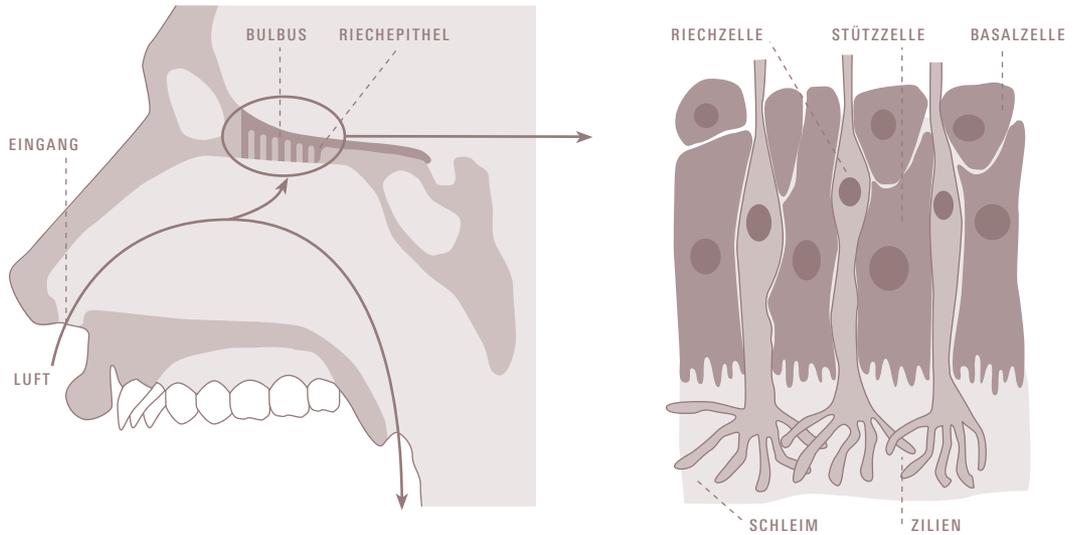
Die Beschreibung solcher Abläufe klingt nach Chemie und Lebensmitteltechnologie, die Vorgänge selbst gehören jedoch zu den Standardtechniken, die Köche oder Käsemeister seit Langem täglich einsetzen, um eine deutliche Geschmacksintensivierung und Mundfülle zu erzielen. Das zeigt erneut: Erforscht und benannt werden diese Prozesse nur langsam, vieles ist erst seit wenigen Jahrzehnten geklärt. Intuitiv und traditionell gewachsen werden solche Würztechniken hingegen schon seit Jahrtausenden angewandt – auch wenn weder die alten Römer noch mittelalterliche Käser das Wort „kokumi“ kannten. Genießen konnte der Mensch schon immer, aber man könnte sagen, dass Physik, Chemie, Psychophysik und Neurobiologie den kulinarischen Effekt eines Happens erklären.

## GERUCHSSINN UND AROMEN

All die verschiedenen Reize, die beim Essen mit der Zunge beziehungsweise über die Trigemini-nervenendigungen im Mundraum wahrgenommen werden – der Geschmack der Speise, ihre Schärfe, Temperatur, Textur und die Mundfülle – machen immer noch erst einen geringen Teil des Genusses aus. Es fehlt noch ein zentraler Aspekt: der Duft des Gerichts – sein Aroma. Vor dem ersten Bissen schon prüft die Nase: Riecht die Speise angenehm? Ungewöhnlich? Welche Erinnerungen, Assoziationen und Emotionen weckt der Duft? Wird die Speise anschließend gekaut, ermöglicht das retronasale Riechen die Verbindung von Grundgeschmack und Aromen. Erst dann wird das Essen in seiner gesamten Komplexität sinnlich erfasst.

### DUFT, GERUCHSSINN UND IHRE FUNKTION

Beim Würzen und Kräutern in der Küche sollte man sich im Klaren darüber sein, dass wir mit „Sex and Crime“ aromatisieren: Die meisten Moleküle, die für schätzenswerte Düfte verantwortlich



Duftstoffe strömen über die Luft in die Nase und treffen auf den Riechkolben, den Bulbus und das Riechepithel. Dieses Gebilde besteht aus vielen Riechzellen, die in Zilien enden. Letztere sind von Schleim (einer proteinreichen Flüssigkeit) umgeben, der in der Lage ist, Duftstoffe zu lösen.

sind, dienen den Pflanzen entweder als Sexuallockstoff zur Fortpflanzung oder als Waffe gegen Fressfeinde, seien es die Blütendüfte der Rose oder Geranie oder die beißenden Aromaten des Thymians. Das vielleicht eindrucksvollste Beispiel ist der Trüffel. Was den schwarzen Trüffel so einmalig macht, ist Androst, der Sexuallockstoff des Ebers. Der Aromastoff, der das Fleisch nichtkaskarierter Eber abstoßend, Trüffelgerichte hingegen betörend riechen lässt, spielt auch in der Parfümerie eine wichtige Rolle: Kein gutes Männerparfüm kommt ohne Androst aus. Ein Mythos ist hingegen, dass sich Trüffelschweine auf ihrer Suche an Androst orientieren – sie erschnüffeln das schwefelig riechende DIMETHYLSULFID.

Die biologische Funktion des menschlichen Geruchssinns ähnelt der des Schmeckens. Auch Gerüche weisen uns einerseits auf wertvolle Stoffe hin, etwa wenn der Duft eines Gerichts uns nicht nur sprichwörtlich das Wasser im Mund zusammenlaufen lässt, und warnen uns andererseits vor Gefahren. Faulige oder fäkalartige Gerüche kann der Mensch schon bei äußerst geringer Konzentration wahrnehmen, denn diese deuten auf Gifte hin.

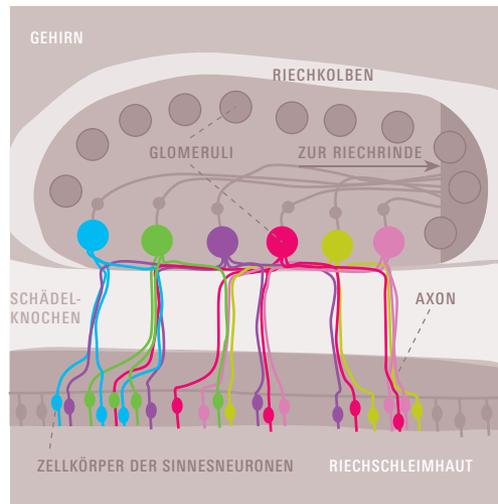
Allerdings spielen hier Menge und Zusammensetzung eine entscheidende Rolle, wie ein Beispiel aus der Parfümherstellung verdeutlicht: Das Aroma SKATOL, das bei der Verdauung von Aminosäuren entsteht, stinkt für sich allein kräftig nach Kot. Fehlen winzigste Spuren dieses Stinkstoffs aber in einem Parfüm, so ist es nur eine halbe Sache. SKATOL ist auch in Rohmilchprodukten enthalten und ruft zusammen mit der 4-ETHYLOCTANSÄURE den „Stallgeruch“ von Rohmilchkäsen hervor. Obwohl SKATOL nicht direkt beim Riechen am Flakon oder im Käse wahrgenommen wird, gehört es unbedingt in das harmonische Zusammenspiel von vielen weiteren Duftstoffen. Ein winziger Hauch eines Krauts oder Gewürzes ergibt neue Aromen, obwohl die Einzelkomponente nicht mehr wahrnehmbar ist. So wundert es nicht, dass Schokolade, Kaffee oder Rostbraten schweißige Duftnoten enthalten.

In der Küche lassen sich ähnlich wie in der Parfümerie Düfte und Duftkompositionen gezielt einsetzen, um Assoziationen und Emotionen zu wecken oder andere Gerüche zu überdecken. Immer jedoch haben sie das Ziel, wohltuend auf die Umgebung zu wirken.

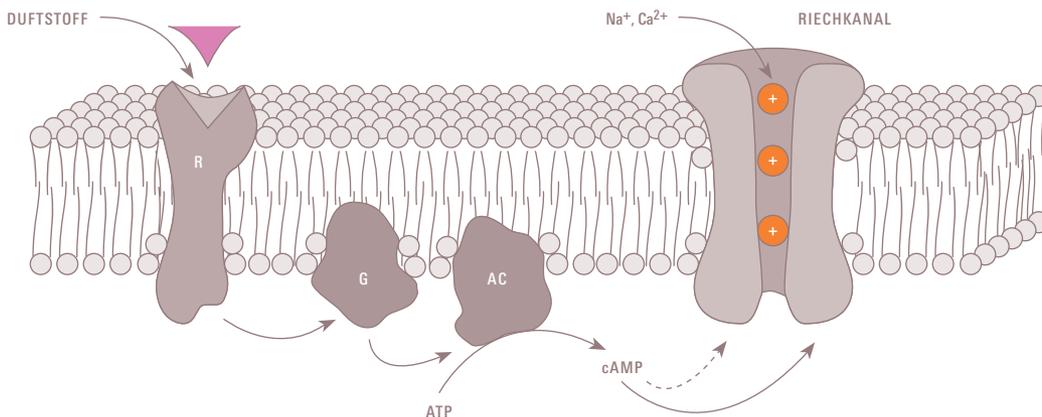
## RIECHEN MIT DER NASE

Was genau passiert beim Riechen, wenn bestimmte Moleküle in uns Emotionen auslösen, wie es bei Kräutern und Gewürzen wohlbekannt ist? Die Vorgänge sind im Prinzip mit denen beim Schmecken zu vergleichen: Ein als Duftmolekül erkanntes Teilchen kann nur an einem einzelnen, speziell für seine Wahrnehmung bestimmten Detektor andocken, woraufhin ein Signal an das Gehirn geleitet wird, in dem die Sinneswahrnehmung als Duft interpretiert wird.

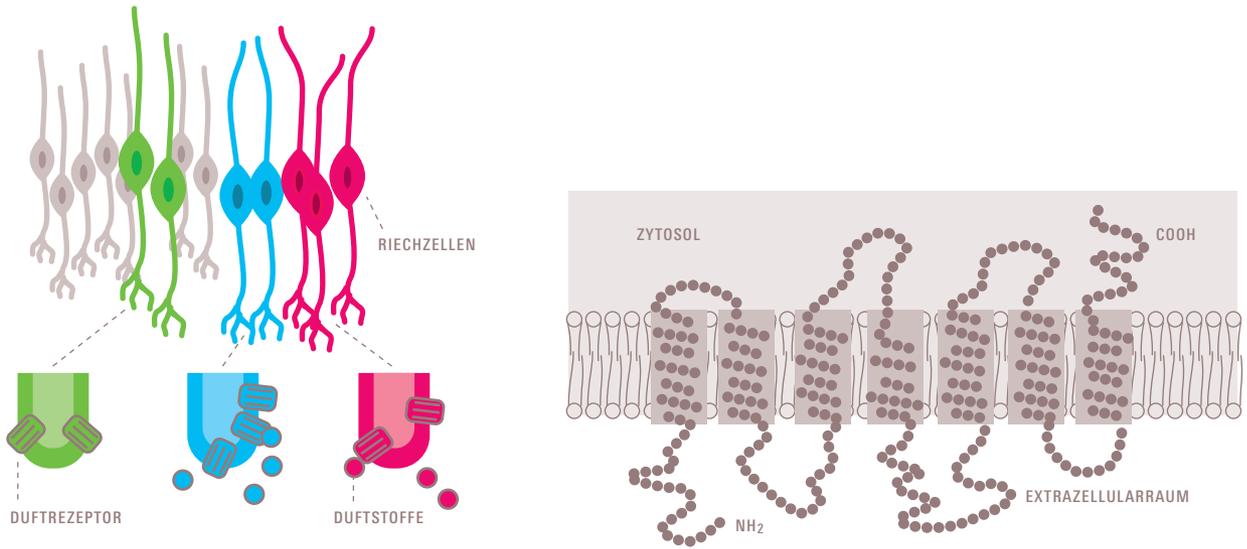
Im Detail ist es ein wenig komplizierter, allein aufgrund der ungeheuren Vielzahl an Düften. Es wird angenommen, dass die Duftstoffe, nachdem sie mit der Luft in die Nase gesogen wurden, zunächst auf der mit einem Wasserfilm (Mucus) überzogenen Riechschleimhaut von wasserlöslichen, globulären Proteinen eingefangen werden. Diese Proteine transportieren die Duftstoffe dann zu den Riechzellen. An ihrer Spitze sitzen die Zilien: Sie haben eine entscheidende Funktion, denn an ihnen befinden sich wie bei den Geschmacksknospen die entsprechenden Rezeptoren. Die Gestalt und Funktion von Riechrezeptorproteinen wurde erst 1991 von Linda B. Buck und Richard Axel in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung aufgeklärt. 2004 erhielten die beiden dafür den Nobelpreis für Medizin/Physiologie. Sie stellten fest, dass das Auslösen eines Geruchs durch Andocken eines Duftstoffes an eine bestimmte Stelle des Rezeptorproteins erfolgt. Dabei werden kleinste atomare beziehungsweise



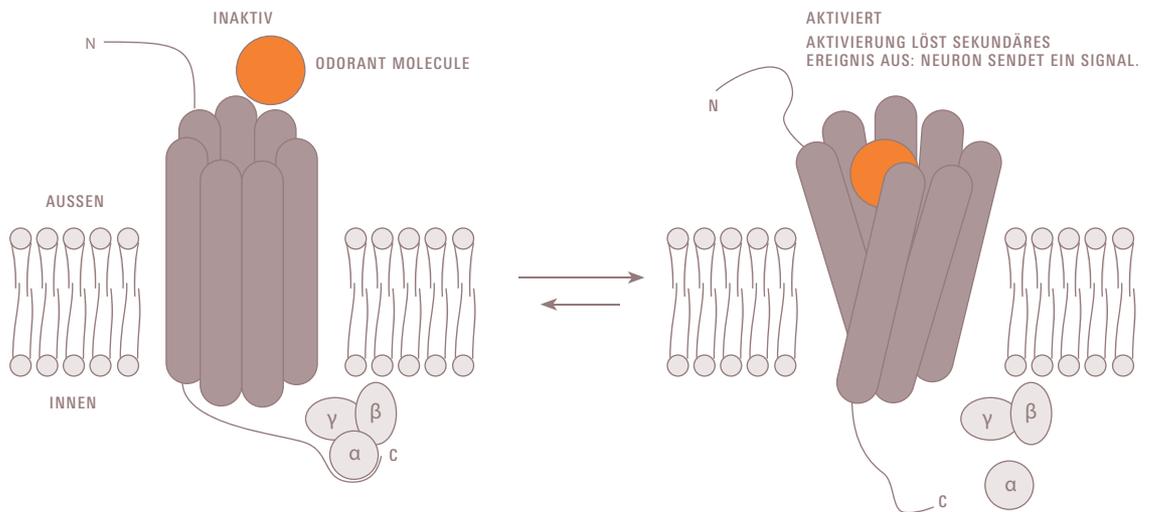
Die Verschaltung der Riechzellen mit den Glomeruli des Gehirns. Dabei wird deutlich, dass jede Riechzelle des gleichen Typus (angedeutet durch die gleiche Farbe) in dem dafür typischen Glomeruli endet. Somit ist das Riechen kombinatorisch, es werden Muster erkannt.



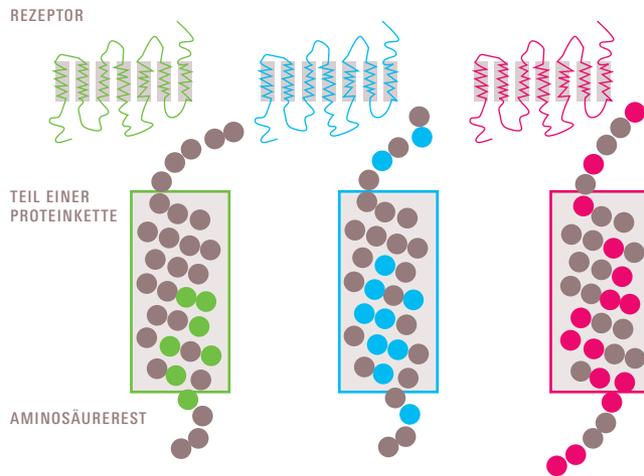
Hat der Duftstoff andockend, wird auf der „Unterseite“ der Membran ein Ionenfluss von Natrium und Calcium ausgelöst. Dem Gehirn wird ein Duft signalisiert. (R=Rezeptor, G=G-Protein, AC=Adenylatcyclase)



molekulare Kräfte verändert, was die Riechkanäle aktiviert. Riechen kann damit letztendlich auf quantenmechanische Prozesse zurückgeführt werden. Diese Signale sind sehr schwach, daher müssen molekularbiologische, physiologische Verstärkungsmechanismen in Gang gebracht werden (siehe Bild Seite 19). Dennoch ist bisher nicht endgültig geklärt, wie Riechen auf molekularer Ebene wirklich vonstatten geht. Der Ansatz des Schlüssel-Schloss-Prinzips liegt nahe, nimmt aber nur auf die starre Form der Moleküle Bezug. Eine andere Theorie geht weiter auf Struktur und Dynamik der Moleküle ein. Denn diese sind bei den kulinarisch üblichen Temperaturen nicht starr, sondern schwingen in einer ganz bestimmten Weise. Die entscheidende und noch nicht gelöste Frage ist daher, ob Rezeptorproteine die duftauslösenden Moleküle anhand ihrer starren Form erkennen oder ob auch die charakteristischen Schwingungen registriert werden. Der Duft eines



Ein Geruch wird dadurch ausgelöst, dass ein Duftstoff an eine bestimmte Stelle des Rezeptorproteins andockt, wobei kleinste molekulare Kräfte verändert werden. Als Folge verändert das Membranprotein seine Gestalt, was innerhalb der Membran wiederum „Verstärkungsprozesse“ auslöst und die Riechkanäle aktiviert.



Hierarchie des Riechens: Jedes Duftmolekül dockt an Rezeptoren an. Ein jeweiliger Rezeptor ist auf ein bestimmtes Moleküle spezialisiert.

Mittagessens ist also eine wirklich hochkomplexe Angelegenheit, die tief in den Grenzbereich zwischen Physiologie, molekularen Wechselwirkungen und Quantenmechanik hineinreicht.

Wichtig für unsere Zwecke ist, vereinfacht festzuhalten: Dockt ein Duftstoff an dem für ihn bestimmten Rezeptorprotein an, werden entsprechende Nervenreize ausgelöst. Liegt keine passende Form vor, ist ein Andocken nicht möglich. Die chemische und molekulare Struktur der Duftstoffe steht also in engem Zusammenhang mit ihrem Geruch. Das ist grundlegend für die Einteilung der Düfte in acht charakteristische Duftgruppen, wie sie weiter unten vorgestellt wird.

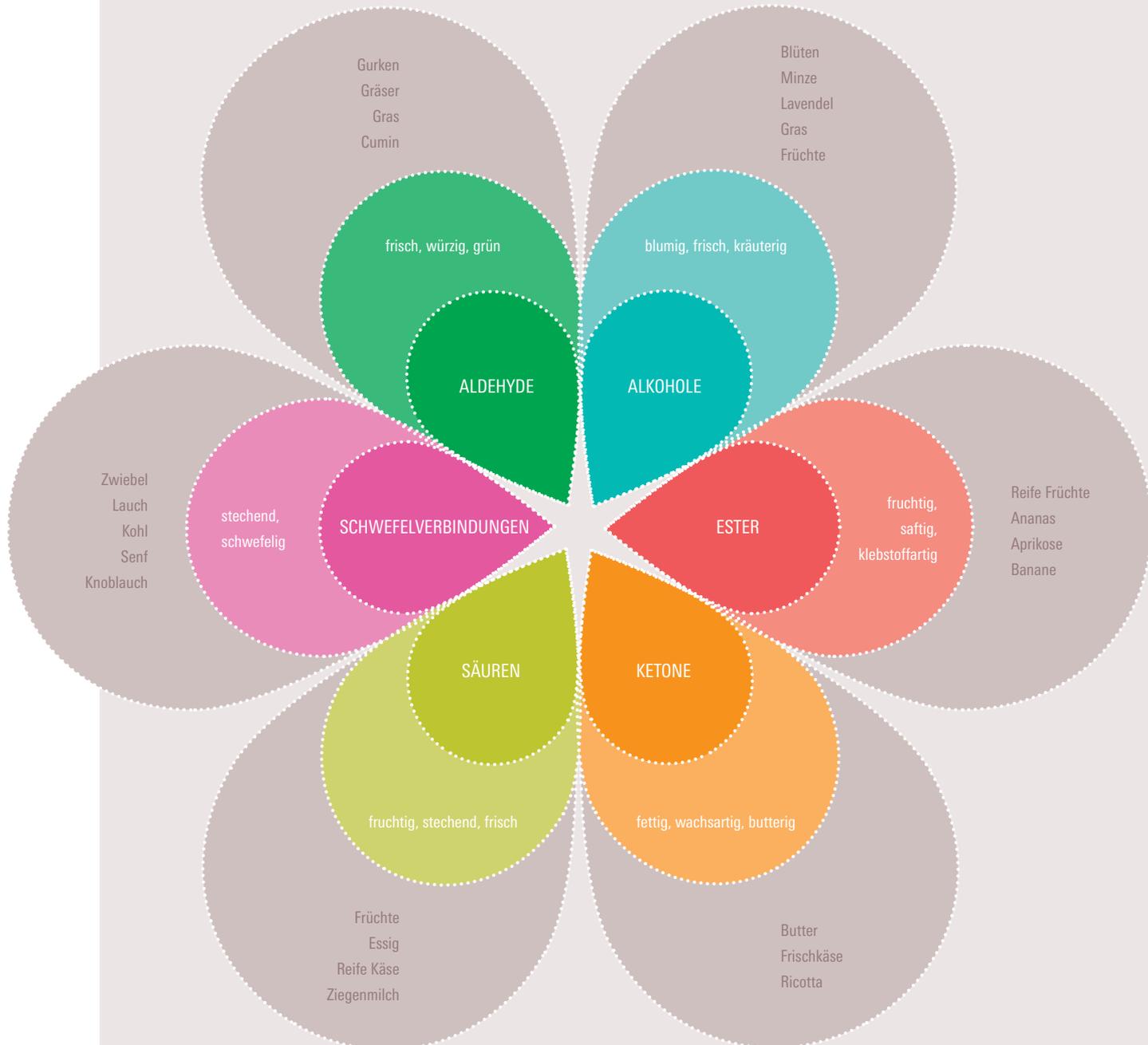
## RIECHEN IM GEHIRN

Die Nase detektiert zwar die Reize der Duftstoffe, die Signale müssen aber im Gehirn umgesetzt werden. Dazu werden die Signale verstärkt und über Nervenleitungen von den Riechzellen in das Gehirn gesendet: Dort wird der Duft zunächst mit den anderen Sinneseindrücken verbunden. Dieser Eindruck wird dann weiterverknüpft mit dem Bereich für Emotionen und demjenigen für Hormone.

Ähnlich wie beim Geschmack hat der Mensch ein „Geruchsgedächtnis“, das heißt, er kann bekannte Gerüche einordnen und assoziiert sie gegebenenfalls sogar mit einer schönen Erinnerung – oder mit Gefahr. Allerdings existieren hier nicht nur fünf plus eine Geschmacksrichtung, sondern Tausende verschiedener Düfte. Daher spielt bei der Dufterkennung auch das Sprachzentrum eine wichtige Rolle: Kann ein Duft nicht benannt werden, wird er zwar genauso wahrgenommen, aber viel ungenauer „abgespeichert“ und wahrscheinlich nicht wiedererkannt oder mit einem ähnlichen Duft verwechselt. Ein Problem stellt dabei das begrenzte Vokabular dar, das kaum ausreicht, um all die Eindrücke treffend zu umschreiben. Mögen die poetischen Anflüge in Weinführern und Parfümbeschreibungen auch oft belächelt werden, einige Gerüche lassen sich einfach am besten als „grün“, „warm“ oder „schwer“ charakterisieren (→ Kleine Geruchsschule, Seite 494). Bisweilen fehlen auch schlicht Analogien, auf die zurückgegriffen werden kann: Der Duft frisch geriebener Muskatnuss ist tatsächlich am genauesten beschreibbar mit: „frisch geriebene Muskatnuss“.

# FUNKTIONELLE GRUPPEN

*In der Chemie werden Moleküle gewöhnlich nicht nach Ähnlichkeiten bei ihrer Flüchtigkeit und nach ähnlichen Duftcharakteristika unterteilt, sondern gemäß ihrer funktionellen Gruppe. Für die Küchenanwendung ist das unpraktikabel, das System soll aber einmal vorgestellt werden. Die jeweilige Gruppe lässt sich oft an der Endung erkennen: Moleküle, die auf -ol enden, sind Alkohole, Ketone enden auf -on, Schwefelverbindungen auf -thiol. Diese Einteilung ist aber zu verschieden, als dass sie parallel zum Aromagruppen-System bestehen könnte.*



## ACHT PLUS EINE CHARAKTERISTISCHE MOLEKÜLGRUPPEN

Alle Duft- und Geschmackseffekte werden von einer Vielzahl mehr oder minder kleiner Moleküle bewirkt, wobei der Begriff „Vielzahl“ ernst zu nehmen ist. Tatsächlich gibt es zigtausend verschiedene Duftmoleküle, von denen wir als Menschen gar nicht alle wahrnehmen können. Man denke allein an die Gerüche, die beispielsweise in einem Weinkeller vorkommen oder in der Metro von Paris, in der es wiederum ganz anders riecht als in der Londoner Underground oder in der U-Bahn von Frankfurt am Main.

Doch zurück zur Küche: Jeder Koch, jede Köchin weiß, dass sich mit Kräutern und Gewürzen eine ganze Reihe von Charakteristiken des Gerichts steuern lassen. Wenn in älteren Kochbüchern etwa von „Aromaten“ die Rede ist, wussten die Zeitgenossen sofort, was damit gemeint war: Mindestens Rosmarin und Thymian, die sich mit ihren charakteristischen Gerüchen bestens eignen, Speisen in verschiedener Weise zu „aromatisieren“. Oder gleich ein ganzes Bouquet garni. Was aber, wenn es einmal darüber hinausgehen soll?

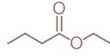
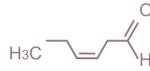
Systematisches Würzen und Abschmecken scheint der Herangehensweise vieler Menschen zu widerstreben, die Kochen vor allem als emotionalen, intuitiv geleiteten Vorgang und als Entspannung sehen. Dennoch erweist sich eine genauere Kenntnis der Duftstoffe in vielen Fällen als nützlich – nicht zuletzt, weil die in diesem Buch erstellten Gruppen versuchen, genau dieser Intuition noch immer genügend Raum zu lassen. Gleichzeitig eröffnen sich über die Prinzipien des Food-Pairings und des Food-Completings (→ Seite 60) ganz neue und außergewöhnliche Kombinationen, wie sie bisher, je nach Kulturkreis, kaum eingesetzt werden. Tatsächlich erlaubt das Zusammenwirken kleiner Moleküle große Effekte auf den Tellern.

Die große Zahl der kleinen Moleküle, die in unterschiedlichen Kräutern und Gewürzen in mannigfaltigen Kombinationen vorliegen, erscheint auf den ersten Blick vollkommen unübersichtlich. Sie lässt sich aber aus Sicht der Chemie – mit kulinarischem Bezug – sinnvoll in acht plus eine Gruppe einordnen. Jede dieser Gruppen von Duftstoffen zeichnet sich einerseits durch ähnliche chemische Strukturen und andererseits durch einigermaßen klar abgrenzbare olfaktorische Eigenschaften aus, das heißt, man kann aufgrund der Gruppenzugehörigkeit schon erahnen, wie ein Aromastoff beziehungsweise ein Gewürz, das diesen enthält, wohl duften wird. Beim Würzen kann man sich also am Farbleitsystem dieser Gruppen orientieren.

Acht Gruppen beinhalten Duftstoffe – sie werden hier thematisiert. Die neunte Gruppe beinhaltet nichtflüchtige Stoffe, die nicht duften, sondern für einen Schärferreiz oder einen anderen trigeminalen Effekt verantwortlich sind (→ Trigeminusreiz, Seite 13, Seite 50). Als Eselsbrücke dient die Nummer der Gruppe: Je höher sie ist, desto weniger flüchtig ist ein Duft, desto „schwerer“, „tiefer würzig“ riecht er und desto hitzebeständiger ist er. Ein Überblick über alle Aromagruppen findet sich auf Seite 32, hier werden sie im Detail vorgestellt.

Viele der hier vorkommenden Verbindungen sind in höheren Dosen gesundheitsschädlich (Cumarin), sind ein Nervengift ( $\alpha$ -Thujon) oder werden als toxisch eingestuft (Safrol). Allerdings ist die Konzentration dieser Stoffe in den Kräutern und Gewürzen sehr niedrig und die beim Würzen üblicherweise verwendeten Mengen derart gering, dass gesundheitliche Schäden unwahrscheinlich sind.

## GRUPPE 1: ALIPHATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE – WACHSIG, GRÜN, PILZIG



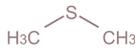
(Z)-HEX-3-ENAL grün, grasig, wachsig, grüner Apfel

ETHYLBUTANOAT fruchtig, saftig, ananasartig, ein Hauch Cognac

Aliphatische Kohlenwasserstoffe bestimmen eine ganze Reihe von Grundaromen bei Lebensmitteln, Kräutern und Gewürzen. Meist handelt es sich um kurzkettige Fettsäuren und deren Abbau-Produkte wie Aldehyde, Ester oder Alkohole. Außerdem hier eingeordnet sind länger-kettige Aldehyde sowie eine ganze Reihe von Duftstoffen, die komplexer aufgebaut sind als die linearen Kohlenwasserstoffe. Die Duftstoffe dieser Gruppe sind leicht flüchtig oder wenig stabil. Daher gehören sie zu den „Kopfnoten“ der Lebensmittel und Gewürze. Will man die Aromen dieser Gruppe nutzen, sollte man die Lebensmittel frisch verwenden, nicht erhitzen und zügig verspeisen.

Duftende Moleküle dieser Gruppe kommen in sehr unterschiedlichen Lebensmitteln vor. So findet sich zum Beispiel das **HEXANAL** in grünen Äpfeln, in Tomaten sowie in Olivenöl in unterschiedlichen Konzentrationen. Darüber hinaus ist es in Bananen, Trauben, Ananas oder in (grünen) Tees vorhanden und ebenfalls in den Blütenblättern vieler Blumen. Kein Wunder also, dass sich hieraus Ansätze zum → Food-Pairing ergeben.

## GRUPPE 2: SCHWEFELVERBINDUNGEN – SCHWEFELIG, STECHEND



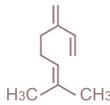
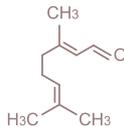
DIMETHYLSULFID schwefelig, zwiebelartig, kohllartig

METHIONAL knoblauchartig, gekochter Kohl, käseartig

Schwefelverbindungen bestimmen den Geruch von Zwiebelgewächsen, etwa Lauch, Schnittlauch, Zwiebeln oder den von Knoblauch. Schwefelige Gerüche kommen in Senf, Zwiebeln, Knoblauch, Meerrettich oder Kressen vor. Diese typischen Aromen sind mitunter trigeminal in der Nase stechend und im Mund stark schmerzhaft kalt.

Schwefelige Geruchsstoffe wie **DIMETHYLSULFID** oder **METHIONAL** sind nicht nur auf Lauchgewächse beschränkt. Sie kommen in verschiedenen Kohlsorten, wie Blumenkohl und Rosenkohl, aber auch in Spargel, Mais oder Zucchini vor. Der Aromastoff **4-METHOXY-2-METHYL-2-BUTANETHIOL** etwa ist nicht nur in vielen Weinen, sondern auch in Olivenöl für deren Fruchtnote mitverantwortlich.

## GRUPPE 3: ACYCLISCHE TERPENE – ZITRUSARTIG, FRUCHTIG, BLUMIG



GERANIAL süßlich, floral, fruchtig, rosenartig, Zitruschale, leicht wachsig

MYRCEN süßlich-würzig, balsamisch, pfefferig, terpeninartig

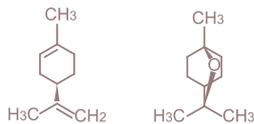
Die Gruppe der acyclischen Terpene (ohne Ringstruktur) bestimmt den Großteil der leicht flüchtigen, blumigen Aromastoffe in Kräutern und Gewürzen. Moleküle dieser Familie zeichnen sich durch Düfte nach Blumen, Rosen und Zitrusfrüchten aus und tragen in unterschiedlichsten Konzentrationen zu einem blumigen, zitrusartigen Gesamteindruck bei. So kommen **GERANIAL** und **NERAL**, deren Gemisch oft **CITRAL** genannt wird, nicht nur in Zitrusfrüchten vor, sondern bestimmen auch einen Teil des Wacholderdufts. Dieses Wissen kann man beim Würzen nutzen. Zum einen lässt sich eine wohlschmeckende Zitronenkonfitüre mit Wacholder ausgezeichnet verfeinern, zum

anderen setzt Wacholder als Beigabe beim Räuchern von Speck oder Schinken gegen die tiefen Raucharomen einen erstaunlich frischen Akzent. Aus diesen Beispielen lassen sich zwei allgemeingültige „Würzregeln“ ableiten: Bei der Konfitüre werden gleichartige Aromen gepaart, beim geräucherten Speck werden Kontraste gesetzt. Die Paarung von Zutaten mit ähnlichen Duftstoffen nennt man → „Food-Pairing“ – ergänzen sich hingegen die Aromenspektren wie bei Räucherspeck und Wacholder, spricht man vom „contrasting“ oder → „Food-Completing“. Beide Ansätze tragen dazu bei, ein Gericht zu einem intensiven Erlebnis werden zu lassen.

Die Einsatzmöglichkeiten der Moleküle aus dieser Gruppe sind vielseitig, solange man den richtigen Würz-Zeitpunkt beachtet. Wegen der hohen Flüchtigkeit verliert sich ihre Wirkung, wenn sie gekocht werden: In blumig wirkenden Kräutersorten, etwa Basilikum oder Lavendel, spielt das nach Zitrus und gleichzeitig nach Kiefernharz riechende **OCIMEN** eine wesentliche Rolle, ebenso in Thymianblüten. Werden sie kurz vor dem Fertigstellen von Saucen darin untergehoben – rein chemisch betrachtet stellt so eine Öl-in-Wasser-Emulsion ein perfektes Lösungsmittel für wasser- und fettlösliche Moleküle dar –, werden sie mit den blumig duftenden acyclischen Monoterpenen des **OCIMEN** exzellent aufgehellt, ohne den mediterranen, kräuterigen Charakter zu stören.

Auch bei den acyclischen Monoterpenen verändern kleine Modifikationen der chemischen Struktur den Geruch. Der Monoterpenalkohol **GERANIOL** riecht blumig, das Aldehyd **GERANIAL** zitronenartig – nur, weil sich eine funktionelle Endgruppe ändert (→ Seite 22).

#### GRUPPE 4: CYCLISCHE TERPENE – BALSAMISCH, KAMPFERARTIG

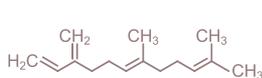


(R)-(+)-LIMONEN frische Zitrone, orangenartig  
1,8-CINEOL Eukalyptus, herbal, kampferartig

Monocyclische Terpene (mit einer Ringstruktur) wie das zitrusartige **LIMONEN** werden noch zu den Kopfnoten gezählt, sind also recht flüchtig und sollten, wenn überhaupt, nur kurz mitgekocht werden. Sie tragen vor allem zum Duft minzartiger Kräuter bei, spielen aber auch im Aromenspektrum von Kümmel, Fenchel oder Eukalyptus eine große Rolle.

Höher- oder bicyclische Terpene, etwa **1,8-CINEOL** oder **PINEN**, sind dagegen bereits etwas beständiger, sie sind in ihrem Duft „schwerer“ und machen die Herznoten eines Gewürzes aus. Höhercyclische Terpene sorgen für warme, holzige, balsamische, kampferartige oder leicht harzige Töne. Häufig finden sie sich sowohl in Kräutern als auch in Gewürzen und sind daher Aromen-„Bindeglieder“ zwischen beiden. Diese Erkenntnis hilft etwa bei Fragen, welche Kräuter und Gewürze sich optimal ergänzen oder wie das eine oder andere sogar ersetzt werden kann. **THUJON** etwa riecht eher mentholig und ist vor allem aus Wermut bekannt, findet sich aber gleichfalls in den ätherischen Ölen von Thymian, Rosmarin, Beifuß und Salbei. **3-CAREN** ist in den Gewürzen Schwarzer Pfeffer, Wacholder, Kubebenpfeffer und in Tannennadeln vorhanden. Die Gewürze Koriander und Muskat enthalten **BORNEOL**, das auch in den Kräutern Salbei und Rosmarin vorkommt.

#### GRUPPE 5: SESQUITERPENE – DUNKEL, SCHWER-FLORAL

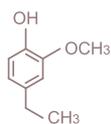
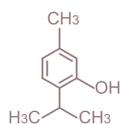


FARNESEN zitrusartig, bergamotteartig, kräuterig, tief florale Lavendelnoten, Myrrhe  
GERMACREN sehr holzig, würzig

Ein wohlschmeckendes Beispiel dafür ist etwa in Butter und etwas Gemüsefond geschmorter Lauch, dem systematisch **OCIMEN** mittels einiger Lavendelblüten zugeführt wird. Der blumige Hauch des Lavendels hebt das dominant schweflige Aroma des Lauchs, der so „gewürzt“ ausgezeichnet allein oder zu Fischgerichten mundet.

Sesquiterpene sind von ihrer Struktur her noch komplexer und damit noch weniger flüchtig. Zu ihnen zählen etwa **CADINEN** und **CARYOPHYLLEN**. Bei den Gerüchen herrschen dunkle, warme Töne vor, wie sie in der Küche etwa mit Gewürznelken und Pfeffer oder mit den wärmebeständigen Kräutern Rosmarin und Oregano assoziiert werden können. Weiterhin gehören hierher die acyclischen Sesquiterpenverbindungen **NEROLIDOL** oder **FARNESOL**, die den starken, tiefen und beständigen Duft von Orangenblütenwasser und Maiglöckchen definieren, sowie auch das veilchenartig duftende  **$\beta$ -IONON**. Diese Komponenten bestimmen die Herznote des Aromenspektrums, mitunter sogar die Basisnote: Sie duften nachhaltig auch im heißen Essen. Daher werden zum Beispiel in Gerichten der arabischen Küche mit Orangenblüten- oder Rosenwasser lang anhaltende, tiefe und schwere, florale Düfte erzielt, die durch Monoterpene oder gar durch aliphatische Kohlenwasserstoffe – vor allem wegen deren stärkerer Flüchtigkeit – nicht erreicht werden können.

## GRUPPE 6: AROMATISCHE VERBINDUNGEN – TIEF UND AROMATISCH



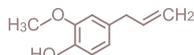
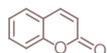
**THYMOL** stark thymianartig, sehr aromatisch, phenolisch-medizinal (Hustensaft), Kampfernote

**4-ETHYLGUAJACOL** rauchig, sojasaucig, süßlich-würzig, ein Hauch Schinken

Die Duftstoffe dieser Gruppe heißen Aromaten. Dieser Begriff hat zunächst wenig mit dem alltäglichen Begriff „aromatisch“ zu tun. In diesem Buch wird der Begriff „aromatisch“ stets im Zusammenhang mit Molekülen mit einer bestimmten chemischen Struktur, dem Benzolring, verwendet. Die Intensität der Gerüche aus dieser Gruppe ist noch stärker, sie werden als „schwer“, „tief“, „rauchig“, „aromatisch“, „nussig“ oder „bitter“ beschrieben – wobei besonders „bitter“ im übertragenen Sinne zu verstehen ist, denn „bitter“ ist eine Geschmacksrichtung, eine Wahrnehmung der Zunge, die mit Aromen zunächst einmal nichts zu tun hat.

Paradebeispiel für eine duftintensive aromatische Verbindung ist das **BENZALDEHYD**, das den typischen Geruch von Bittermandeln erzeugt. Auch das **VANILLIN** der Vanille gehört zu den Aromaten, ebenso wie **ANISALDEHYD** und **ANETHOL**, die in Anis vorkommen. Diese Auflistung zeigt, wie breit das Spektrum der Aromaten ist. Die aromatische Carbonsäure „Benzoesäure“ kennen wir aus der Lebensmittelindustrie, da sie beziehungsweise ihre Salze als „Konservierungsstoffe“ zugelassen sind. Sie kommt in Wildkräutern und Beeren, zum Beispiel Preiselbeeren und Heidelbeeren, aber auch in Pflaumen vor und hemmt dort auf natürliche Weise das Wachstum von Bakterien und Pilzen. Ihr Aroma kennt man vielleicht aus der Kirche: Es bestimmt den Duft des Weihrauchs.

## GRUPPE 7: PHENOLE, PHENOLDERIVATE, PHENYLPROPANOIDE – ZIMT, MUSKAT UND CO.



**CUMARIN** süßlich, heuartig, welker Waldmeister oder Gräser, typisch Tonkabohne

**EUGENOL** süßlich würzig gewürznelkenartig, holzig

Phenyllderivate riechen noch intensiver und meist „öliger“ als die Aromaten. Sie definieren fast immer Basisnoten. Kulinarisch am bekanntesten dürften **ZIMTALDEHYD** und **ZIMTSÄURE** sein, die Hauptaromenträger des Zimts. Am nützlichsten hingegen ist **EUGENOL** und sein vielfaches Vorkommen: Nicht nur im ätherischen Öl der Gewürznelken ist es aromabestimmend, es sorgt ebenso in Piment, Zimt, Muskatnuss und deren Blüte Macis für die warmen, eher schweren Düfte. Der Aro-

mastoff befindet sich außerdem in einer ganzen Reihe von Kräutern, etwa in Lorbeerblättern oder verschiedenen Basilikumarten. Selbst in Obst wie Bananen oder Kirschen ist er enthalten. Im Sinne des → Food-Pairings lassen sich daraus variantenreiche Kombinationen ableiten. In gleicher Weise kommt der Aromastoff **ESTRAGOL** sowohl in Kräutern wie Estragon, Kerbel, Zitronengras und Basilikum als auch in Gewürzen wie Anis, Fenchel, Piment und Muskatnuss vor und schlägt damit mögliche Kräuter-Gewürz-Brücken – etwa in der Kombination von Pastis oder Sternanis mit Basilikum. Auf der Basis von Zitrusfrüchten lassen sich damit ausgefallene Winterdesserts oder Gemüse-Frucht-Salate mit Kräuternoten kreieren. Ein weiteres Beispiel ist **2-PHENYLETHANOL**. Der Aromastoff kommt in vielen essbaren Blüten wie Rosen, Geranien und Nelken vor, duftet honigsüß rosenartig und löst auf der Zunge einen stechenden Reiz aus. **MYRISTICIN** wiederum findet sich in Muskatnuss, Dillfrüchten, Petersilie und Liebstöckel. Seine intensiven erdig-muskatartigen Noten lassen sich sehr gut beim „sous-vide“-Garen bei Temperaturen unter 90 °C erhalten, selbst bei Garzeiten von 20 bis 30 Minuten. Eine Dillnote unter die fruchtige Ananas gemischt ergibt neue kulinarische Zusammenhänge, besonders wenn sie zum Beispiel mit weißem Rum serviert wird: Der Alkohol sorgt als Lösungsmittel dafür, dass die Aromen noch besser in der Speise gehalten werden und somit noch deutlicher retronasal wahrgenommen werden.

## GRUPPE 8: HETEROCYCLISCHE VERBINDUNGEN, KOHLENWASSERSTOFFE UND AMIDE – RÖSTAROMEN, NICHT NUR AUS DER PFANNE



**FURFURAL** stark duftend, gebackenes Brot, holzig, mandelartig, leicht süßlich  
**2-ISOBUTYL-3-METHOXYPIRAZIN** sehr erdig, grüne Paprika, grünes Gemüse

Die letzte Gruppe der Duftstoffe besteht vor allem aus Röstaromen. Diese können schon von vornherein in einem Kraut oder Gewürz vorkommen oder bei praktisch jedem Erhitzungsprozess über die Maillard-Reaktion entstehen (→ Würzpraxis Rösten, Seite 51).

Ein Beispiel für die von vornherein in Gewürzen enthaltenen Röstaromen ist das nach Karamell und nach Brotkruste duftende **FURFURAL**. Es trägt etwa zu den dunklen Noten von Gewürznelken bei. Der Aromastoff **CUMARIN** riecht nach Heu und gibt welchem Waldmeister, aber auch Tonkabohnen ihren charakteristischen Geruch. Der Abkömmling des **CUMARIN**, das **UMBELLIFERON**, kommt in Liebstöckel vor. Das Kraut weist einen für Pflanzen untypisch hohen Anteil an heterocyclischen Verbindungen auf: Zu diesen gehört auch das **SOTOLON**, das in hohen Konzentrationen curryartig riecht und ebenfalls in Bockshornklee und Ahornsirup vorhanden ist.

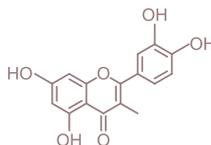
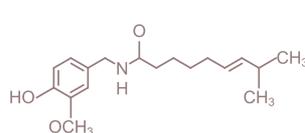
Bei der Maillard-Reaktion entstehen während des Erhitzens neben Bräunungs- auch Röststoffe in Speisen, die vorher gar keine Aromen aus dieser Gruppe aufwiesen. Einer der bekanntesten Vertreter ist das **MALTOL**, das beim Karamellisieren von Zucker entsteht: Normalerweise riecht Zucker gar nicht und schmeckt rein „süß“. Nach dem Karamellisieren weist er jedoch eine süßliche, malzige Karamellnote auf.

Röstnoten entstehen auch beim Flambieren von Lebensmitteln – bestens bekannt von der *Crème brûlée*. Gedämpfte Fische oder Gemüse können mit Röstnoten gewürzt werden, wenn sie mit einem Gourmetbrenner punktuell abgeflammt werden. Dies erzeugt nur winzig kleine Punkte dunkler Stellen, die ein wenig an groben schwarzen Pfeffer erinnern und deutliche, aber kaum aufdringliche Röstnoten hineinragen. Die Moleküle dieser Gruppe definieren die Basisnoten: lang anhaltende Noten, die selbst nach Tagen noch zu riechen sind.

### RÖSTNOTEN ALS STECKRÜBEN-„GEWÜRZ“

Einen Teil der Steckrüben in einer Grillpfanne anrösten, den Rest in Gemüsefond und Fett garen. Zusammenmischen und pürieren. Die Röstnoten ergeben einen ausgezeichneten Kontrast zur Süße der Steckrübe.

## GRUPPE 9: TRIGEMINALREIZ, NICHTFLÜCHTIGE VERBINDUNGEN

CAPSAICIN **trigeminal scharf**QUERCETIN **bitter, adstringierend**

Die Vertreter dieser letzten Gruppe sind für einen mehr oder minder starken trigeminalen Reiz verantwortlich. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten: Zum einen ist das der rein orale Effekt, der sich im Mund bemerkbar macht. Das CAPSAICIN in Chilis sorgt etwa für brennende Schärfe, Gallussäure, Tannine oder z.B. QUERCETIN verursachen einen adstringierenden, also „zusammenziehenden“ Effekt im Mund, wenn man Walnüsse isst. Des Weiteren wird diese Farbe „aktiviert“, wenn flüchtige Moleküle (und damit Aromen) aus einer der anderen Gruppen in dem betreffenden Gewürz einen spürbaren Trigeminalreiz auslösen. Dieser kann etwa stechend in der Nase, aber auch schmerzhaft kalt im Mund sein wie beim ALLICIN im Knoblauch, oder auch kühlend wie es etwa das MENTHOL in der Minze auslöst. Übernehmen die Moleküle solche Funktionen, sind sie mit einem kleinen „T“ versehen.

## FLÜCHTIGKEIT UND LÖSLICHKEIT

Alle Düfte sind mehr oder weniger flüchtig. Nur weil sie aus den Pflanzen austreten und in die Luft schweben, können sie überhaupt in die Nase gelangen und dort gerochen werden. Schwefelige und blumige Aromen sind sehr leichtflüchtig: Eine angeschnittene Knoblauchzehe etwa duftet sofort und sehr intensiv, ist aber schon nach kurzer Zeit „ausgeraucht“. Tiefe, erdige, warme Noten – etwa Gewürznelken – duften weniger stark, dafür länger anhaltend. Trotzdem: Irgendwann haben sich alle Aromen verflüchtigt und zurück bleibt eine leere Hülle.

Damit Düfte beim Kochen, Braten oder Backen im Gericht verbleiben und nicht in die Umgebung verdampfen, muss man den Molekülen ein gutes Lösungsmittel anbieten – wobei „gut“ in

diesem Fall nicht nur die Löslichkeit meint, sondern auch, dass das Mittel außerdem wohlschmeckend und verträglich ist. Für den Gebrauch in der Küche qualifizieren sich daher nur Wasser, Fett und Ethanol, der hier der Einfachheit halber Alkohol genannt wird. Der Fachbegriff „Lösungsmittel“ umschreibt die Fähigkeit des „Festhaltens“: Die Moleküle der Flüssigkeiten bilden eine Schale um jedes einzelne Duftmolekül und trennen sie dadurch voneinander – daher der Begriff „lösen“. Auch an der Oberfläche trennt sie ein dünner Film aus Flüssigkeit von der Luft, sodass sie nicht so leicht davon schweben können. Im Mund werden sie dann retronasal wahrgenommen.

Chemisch betrachtet hängt Flüchtigkeit von drei Faktoren ab: Temperatur, Molekülgröße und Lösungsmittel. Je höher die Temperatur, desto höher ist die Molekülgeschwindigkeit und damit die kinetische Energie. Der Zusammenhang zwischen Hitze, Geschwindigkeit und Energie wird „thermische Energie“ genannt. Übersteigt diese Energie eine bestimmte Schwelle, dampfen Aromen ab. Lösungsmittel können das zwar verzögern, ab sehr hohen Temperaturen aber nicht mehr verhindern. Der Zusammenhang zwischen Flüchtigkeit

## FAUSTREGELN FÜR DIE FLÜCHTIGKEIT

Je höher die Temperatur, desto schneller verflüchtigen sich Aromen. Kompliziert aufgebaute und schwerere sind weniger flüchtig als einfache. Das passende Lösungsmittel reduziert die Flüchtigkeit. Öle und Alkohole lösen Aromen oft besser als Wasser und sind dann weniger flüchtig.

## VARIATION DURCH FLÜCHTIGKEIT

Die Schärfe des Pfeffers wird durch das nichtflüchtige Piperin bestimmt. Die feinen Aromen des frisch gemahlene oder zerstoßenen Pfeffers, von würzig über harzig bis terpeninartig, verflüchtigen sich in den ersten Minuten nach dem Zerstoßen oder unter Hitze. Wird der Pfeffer gleich zu Beginn des Kochprozesses zugefügt, hebt man seine reine Schärfe hervor. Um dagegen die feinen Aromen zu betonen, muss man direkt vor dem Servieren noch einmal frisch gemörserten Pfeffer zugeben.

und Molekülgröße, also dem „Molekulargewicht“ der Stoffe, ist chemisch nicht ganz eindeutig, weil die Vielfalt der Aromastoffe zu groß ist. Doch lässt sich feststellen, dass Moleküle, deren Anzahl an Kohlenstoffatomen unter 16 bis 20 liegt, flüchtig sind. Vereinfacht gesagt: Kompliziert aufgebaute Moleküle sind schwerer und daher weniger flüchtig. Das Lösungsmittel selbst ist ein weiterer wesentlicher Punkt. Öle und Fette lösen die meisten Aromen weit besser als Wasser. Die zähfließende Konsistenz von Öl ermöglicht es, Aromen auch bei höheren Temperaturen noch im Gericht zu halten. Aus diesen chemischen Betrachtungen ergibt sich ein praktischer Tipp: Wegen der Flüchtigkeit vieler Aromen ist es besser, immer ganze Gewürze zu lagern. Die ätherischen Öle sind in feinen, winzigen, nur 100–500 nanometer großen Ölkörperchen in den Vakuolen der Zellen eingeschlossen. Beim Mahlen oder Zerschneiden werden diese Zellen zerstört, die Ölkörperchen platzen und die Aromen werden frei. In gemahlene Gewürzen ist die Oberfläche der Körner um ein Vielfaches größer. Daher ist lang gelagerter Pfeffer am Ende nur noch scharf – der dafür verantwortliche Stoff Piperin ist nicht flüchtig –, während seine harzigen, holzigen und zitrusartigen Noten längst entwichen sind.

## DIE LÖSUNGSMITTEL: WASSER, ALKOHOL, FETT

Die Wahl des Lösungsmittels hat unmittelbare Auswirkungen auf die Kochpraxis: Hohe Temperaturen oder lange Lagerung begünstigen das Abdampfen, daher ist es von Vorteil, eine ausreichende Menge an gutem Lösungsmittel während des Garens oder Lagerns zur Verfügung zu stellen. Wie gegensätzlich diese sind, lässt sich schon daran erkennen, dass sich Fett und Wasser selbst nicht mischen. Der Grund dafür liegt in ihren molekularen Eigenschaften. Wassermoleküle sind polar: Auf der Sauerstoffseite sind sie leicht negativ und auf der Wasserstoffseite leicht positiv geladen. Dadurch können sie hervorragend polare, also elektrisch geladene Stoffe lösen. Organische, also unpolare Aromastoffe lösen sich nur schlecht in Wasser, hier sind Fett oder Alkohol viel besser geeignet. Polare Stoffe hingegen, etwa Wasser, lösen sich nicht in Öl. Schwach polare, kleine Moleküle können sich aber in Alkohol lösen, Alkohol ist daher ein „Mittler“ zwischen Fett- und Wasserlöslichkeit.

**WASSER** beziehungsweise seine Moleküle wirken ein wenig wie elektrische Ladungen: Ein positives und ein negatives Teilchen ziehen sich gegenseitig an. Polare Stoffe wie Salze, Zucker und Säuren integrieren sich perfekt in die Wechselwirkung zwischen plus und minus. Es ist allerdings nicht so, dass sich organische, unpolare Aromen überhaupt nicht in Wasser lösen würden, sonst gäbe es kein Rosenblütenwasser oder gar Flüssigrauch auf wässriger Basis. Auch dabei hilft die Polarität der Wassermoleküle: Sie orientieren sich immer so zueinander, dass einer positiv geladenen Wasserstoffseite ein negativ geladenes Sauerstoffteil zugewandt ist. Daher können unpolare Aromenverbindungen von einem „Wasserkäfig“ umschlossen und so im Wasser gehalten werden. Diese Käfigbildung funktioniert umso besser, je kleiner die Aromen sind. Dabei ist der Käfig jedoch kein permanentes Gebilde. Da die Wassermoleküle ständig in Bewegung sind und häufig ausgetauscht werden, sind sie durchlässig. Ein wichtiges Kriterium ist außerdem die Konzentration. Sobald sich zu viele der unlöslichen Stoffe im Wasser befinden, schließen sich diese zu größeren Tropfen zusammen. Werden die Tropfen zu groß, beginnen sie je nach ihrem spezifischen Gewicht zu sinken oder zu steigen. Moleküle, die in der Nähe der Wasseroberfläche sind, verflüchtigen sich

## LÖSLICHKEIT ◊

Alle Aromen lösen sich in einem oder mehreren dieser drei Stoffe: Alkohol, Fett (ebenso Butter, Öl, Saucen oder etwa fette Joghurts) und Wasser.

## LÖSLICHKEIT – UNLÖSLICHKEIT

Ein Teelöffel Salzwasser ist alles andere als köstlich. Aber obwohl sich Salz nicht in Öl löst: Ein Teelöffel Olivenöl mit ungelösten Kristallen von Fleur de Sel ist eine kleine kulinarische Offenbarung.

Ein „Käfig“ aus Wassermolekülen kann die Verbindung zwar im Wasser festhalten, an der Oberfläche jedoch wird er aufgebrochen. Das Molekül ist jetzt dem „besseren“ Lösungsmittel Luft ausgesetzt. Es wird flüchtig und steht nun der Nase und dem Riechen zur Verfügung.

zudem, denn die gasförmige Luft ist für diese unpolaren Stoffe ein weit besseres Lösungsmittel als das polare Wasser. Die Einbindung unpolarer Aromen in Wasser ist also sehr instabil. Man kann es den chemischen Strukturformen ein wenig „ansehen“, ob ein Stoff wasserlöslich ist oder nicht. So deutet beispielsweise das Auftreten von OH-Gruppen auf eine gewisse Wasserlöslichkeit hin, sofern der unpolare Teil des Moleküls nicht zu groß ist. Als Faustregel kann man festhalten: Abgesehen von Salzen, Zucker und Säuren sind Aromen in wässriger Umgebung meist weit flüchtiger als in Fett oder Alkohol gelöst.

**ALKOHOL** ist ein gutes Lösungsmittel für kleine, wasserunlösliche Moleküle – zum Beispiel Aromaten der Gruppe 5 wie **THYMOL** oder Phenylverbindungen der Gruppe 6 wie **CUMARIN** – und schwach polare Moleküle, also aliphatische Kohlenwasserstoffe aus der Gruppe 1. Dazu löst er alle Aromen, die selbst Alkohole sind. Diese sind daran erkennbar, dass sie auf „-ol“ enden, etwa **HEXANOL**. Die Moleküle des Lösungsmittels können die Aromastoffe ohne Wenn und Aber umschließen. Das gilt selbst für „Alkohole“, die gar keinen Alkohol mehr in sich haben, wie zum Beispiel Essig. An der Grenzfläche zur Luft bildet sich ein Film von Alkoholmolekülen, die den Aromastoff festhalten. Auch in der Dampfphase in der Luft verbleiben die Moleküle noch in einer „alkoholisier-ten“ Umgebung. Die Flüchtigkeit ist deutlich reduziert.

**FETTE**, also alle fetthaltigen Lebensmittel wie Öl, Butter, Schmalz und so weiter, lösen viele Aromen, deshalb sollten sie besser „Aromaträger“ als „Geschmacksträger“ genannt werden. Die Physik, die hinter diesem Allerweltsbegriff steht, ist nichts weiter als die gute Löslichkeit von Aromen und eine weitere praktische Eigenschaft: Weil die Moleküle, aus denen Fett aufgebaut ist (Triacylglyceride), sehr groß und schwer sind, können sie beim Kochen kaum verdampfen. Fette sind insofern gute Lösungsmittel, als es keinerlei Anstrengung bedarf, damit Aromen ins Lösungsmittel übergehen. Oft reicht bereits Nichtstun. In der Parfümherstellung ist die Methode der „Enfleurage“ gebräuchlich: Blütenblätter werden zwischen Platten mit neutralem, festen Fett gelegt. Nach einiger Zeit befinden sich die fettlöslichen Aromen darin und können von dort durch Auswaschen mit Alkohol gewonnen werden. Der Vorteil dieser Methode liegt, trotz des Zeitaufwands, auf der Hand: Erwärmen ist nicht notwendig, die Aromaverbindungen bleiben daher von jeder chemischen Umwandlung und somit von Geruchsveränderungen verschont (→ Würzpraxis Enfleurage, Seite 56).

## WAHRNEHMUNGSSCHWELLE, GERUCHSADAPTION UND AROMAWERT

Wie intensiv die verschiedenen Duftkomponenten gerochen werden können, hängt von vielen Ursachen ab. So sind zum einen die Wahrnehmungsschwellen der Aromastoffe ganz unterschiedlich. Jeder Stoff weist eine bestimmte Konzentrationsschwelle auf, eine Anzahl an Molekülen in einem bestimmten Luftvolumen, ab der er wahrgenommen werden kann. Ist diese sehr niedrig, genügen bereits wenige Moleküle, um den charakteristischen Duft zu riechen. Die Schwelle ist nicht einfach vorherzusagen, es gibt allerdings ein paar grundsätzliche Gemeinsamkeiten. Auch hier gilt: Je größer die Moleküle sind, also je höher deren Molekulargewicht, desto tiefer liegt die Geruchsschwelle. Dies ist physiologisch sinnvoll: Da diese Moleküle weniger flüchtig sind, müssen sie auch in geringeren Konzentrationen wahrnehmbar sein. Gerüche können schließlich vor Gefahren „warnen“. Allerdings gibt es viele Ausnahmen von diesem vermeintlich klaren Sachverhalt.

Neben der Wahrnehmungsschwelle existiert als weiteres Phänomen die Geruchsadaption. Die Funktion der Riechkanäle ist so ausgelegt, dass immer nur die zeitliche Veränderung eines Geruchsstroms als „Duft“ wahrgenommen wird. Bleibt der Strom über längere Zeit konstant, wird er nicht mehr wahrgenommen. Wir „gewöhnen“ uns daran, adaptieren ihn – sehr gefährlich beim Nachlegen eines Parfüms. Nach erneutem Einsprühen nehmen andere, die den Duft nicht adaptiert haben, den Geruch noch deutlicher wahr. Auch kulinarisch spielt die Geruchsadaption eine