

DLG-Expertenwissen 1/2017

Geruchs- und Aromaschulung in der Sensorik



Kern des Aromas von Lebensmitteln sind nicht die 5 Grundgeschmacksarten süß, sauer, bitter, salzig und umami, die über den Geschmackssinn auf der Zunge wahrgenommen werden, sondern die Vielzahl von Stoffen, die man über den Geruchssinn erfasst. Darunter fallen sowohl flüchtige Gerüche als auch im Lebensmittel gelöste Aromastoffe (Legrum W., 2015, S. 26ff). Bei der sensorischen Analyse ist neben Aussehen, Textur und Grundgeschmack auch der Geruch bzw. das Aroma Bestandteil des Untersuchungsspektrums. Das nachfolgende Expertenwissen möchte einen Einblick in die Geruchs- und Aromaschulung in der Sensorik geben, denn auch die Wahrnehmung olfaktorischer Sinneseindrücke ist eine Fähigkeit, die es im Panel regelmäßig zu schulen gilt. **Wenngleich fachlich die komplexe Aromawahrnehmung (ortho- und retronasal) erläutert wird, liegt der Fokus des Expertenwissens auf der orthonasalen Geruchsschulung, d.h. auf der Wahrnehmung flüchtiger Aromastoffe in Form von Gerüchen.**

1. Einleitung

Der Geruch greift in vielen Situationen in unser Leben ein. Neben dem emotionalen und sozialen Aspekt des Geruchs z. B. Einfluss auf Sympathie und Antipathie, dient der Geruch der Appetitanregung durch positiv stimulierende Gerüche und Aromen, aber auch dem Erkennen von Gefahren u. a. durch Fehlparfums in verdorbenen Lebensmitteln.

Die verschiedenen beim Essen wahrgenommenen Reize über die Zunge und im Mundraum machen einen eher geringeren Teil seines Flavors (Gesamtheit aller gustatorischen, olfaktorischen, haptischen und trigeminalen Reize) aus. Ein zentraler Aspekt ist der Geruch des Gerichtes bzw. sein Aroma. Vor dem ersten Bissen prüft die Nase, wie das Gericht riecht und weckt damit im Gehirn verschiedene Assoziationen und Emotionen. Ergänzend dazu ermöglichen das Kauen und die Aromaerfassung über die Mund-Rachen-Nasen-Verbindung den Produktgenuss in seiner vollen Komplexität. Durch ihren Geruchssinn können Menschen eine Vielzahl verschiedener Gerüche wahrnehmen, unterscheiden und wiedererkennen. Die Geruchswahrnehmung und -wiedererkennung sind allerdings abhängig von im Zusammenhang mit verschiedenen Gerüchen gesammelten Erfahrungen und von der Schulung von Gerüchen.



Sensorische Lebensmittelprüfungen sind ein wichtiger Baustein zur Gewährleistung einer hohen Produktqualität. Die sensorische Analyse umfasst die Prüfung von Aussehen, Geschmack, Geruch, Konsistenz und Textur. Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse und eine hohe „Messgenauigkeit“ bei den humansensorischen Analysen zu erzielen, werden sie mit einem geschulten Panel durchgeführt. Besonders beim Riechen über die Nase (olfaktorischer Sinneseindruck), fällt es ungeschulten Prüfern schwer, wahrgenommene Düfte und Gerüche zu erkennen und diese verbal zu beschreiben. Zurückzuführen ist dies darauf, dass es beim Geruch nicht nur fünf Empfindungsqualitäten wie beim Geschmack gibt, sondern unzählbar viele Geruchseindrücke unterschieden werden können. Diese werden durch tausende wahrnehmbare Geruchsstoffe hervorgerufen, die darüber hinaus in beliebigen Kombinationen vorliegen können. Die Zuordnung dieser Geruchseindrücke zumindest in Geruchsgruppen ist schwierig und muss trainiert werden, damit ein Geruchsgedächtnis aufgebaut werden kann.

2. Sinnesphysiologie des Geruchssinnes

Der Geruchssinn, auch olfaktorischer Sinn genannt, dient der Wahrnehmung von Aromen. Hierbei unterscheidet man die Geruchswahrnehmung flüchtiger Stoffe über die Einatmung durch die Nase (direktes Riechen, orthonasale Wahrnehmung) von der Wahrnehmung der Aromastoffe, die in der Nahrung gelöst sind und beim Ausatmen über die Mund-Rachen-Nasen-Verbindung zum Riechepithel in die Nase gelangen (retronasale Wahrnehmung).

2.1 Das olfaktorische und das nasal-trigeminale System

An der olfaktorischen Wahrnehmung (Riechwahrnehmung) sind zwei physiologisch unterschiedliche Systeme beteiligt, das eigentliche olfaktorische System im engeren Sinne und das nasal-trigeminale System.

Das **olfaktorische System** ist im oberen Bereich der beiden Nasenhöhlen in der sogenannten Riechzone (*Regio olfactoria*) oder Riechschleimhaut lokalisiert, die in beiden Nasenhöhlen jeweils ca. 5 cm² groß ist. Hier befinden sich rund 10 Millionen Riechsinneszellen, von denen jede nur einen der rund 350 verschiedenen Geruchsrezeptoren exprimiert. Die von diesen Riechsinneszellen ausgehenden Nervenfasern wachsen gebündelt durch das Siebbein (ein siebartig durchbrochener Knochen des Hirnschädels) in die Schädelhöhle zum Riechkolben (Bulbus Olfactorius), der als Ausläufer des Gehirns betrachtet werden kann und von dem aus die zentralnervöse Verarbeitung der Geruchsreize beginnt (Abb. 1). (https://de.wikipedia.org/wiki/Olfaktorische_Wahrnehmung, Legrum W., 2015, S. 5ff.)

Außerhalb der *Regio olfactoria* können flüchtige Substanzen in der Nasenschleimhaut durch das **nasal-trigeminale System** wahrgenommen werden. Dabei vermittelt der Gesichtsnerv „Nervus Trigeminus“ Empfindungen wie brennend, stechend, beißend, kühlend in der Nasenhöhle (nasal-trigeminal, flüchtige Substanzen) sowie die Empfindungen scharf, prickelnd, kühlend in der Mundhöhle (oral-trigeminal, flüchtige und nicht-flüchtige Substanzen). Im Gegensatz zum eigentli-

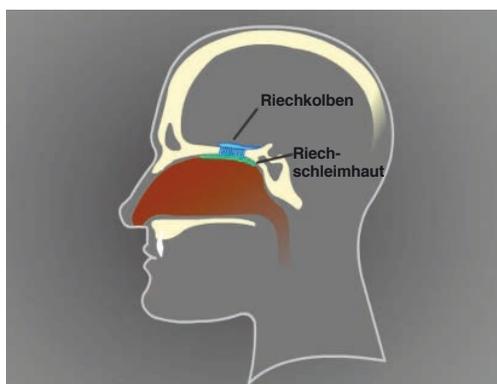
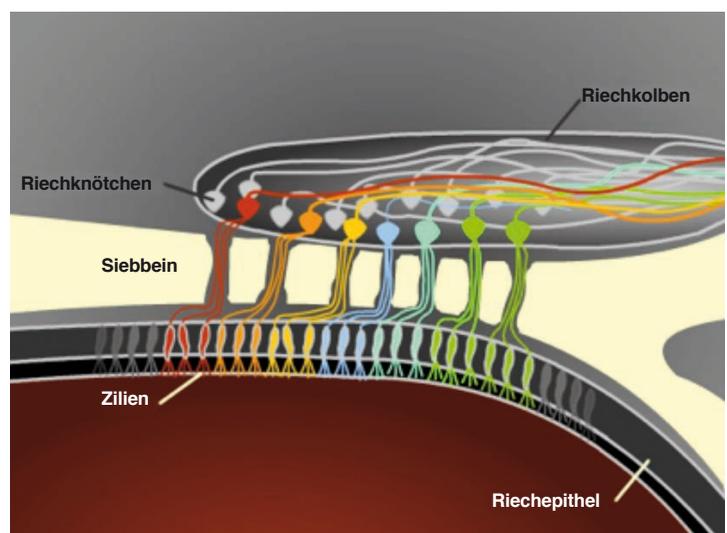


Abb. 1: a) Lage und Aufbau der Riechschleimhaut (Riechepithel) und des Riechkolbens



b) Aufbau von Riechepithel und Riechkolben

Quelle: Evelyn Bargs-Stahl, Dr. Erika Luck-Haller, www.planet-schule.de (25.05.2016)

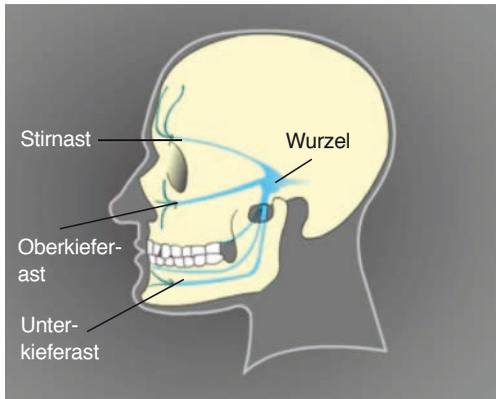


Abb. 2: Aufbau und Lage des Nervus Trigeminius

chen olfaktorischen System werden diese Empfindungen – bis auf die Wärme- und Kältewahrnehmung – nicht über spezifische Sinneszellen wahrgenommen, sondern über freie Endigungen von Nervenzellen des Trigemiusnervs (Abb. 2).

Viele flüchtige Substanzen lösen eine Riechempfindung sowohl im olfaktorischen System als auch im nasal-trigeminalen System aus. Dazu gehören flüchtige Säuren (z. B. Essigsäure, Buttersäure ...), flüchtige Scharfstoffe (u. a. Isothiocyanate aus Senf, Propanthial-S-oxid aus Zwiebeln, Schleimhaut-reizende Chemikalien) und (pseudo-)kühlende Substanzen (Menthol, Eukalyptol). Kohlendioxid/Kohlendioxid ist dagegen ein Beispiel für eine rein trigeminal (und nicht olfaktorisch im engeren Sinne) wahrnehmbare Substanz und Vanillin wird ausschließlich olfaktorisch wahrgenommen. Atmet der Mensch durch die Nase ein, so durchströmt die Luft den Nasenvorhof, die Nasenhöhle und die verschiedenen Nasengänge bis die Geruchsstoffe in

der Riechzone mit den Riechsinneszellen im Riechepithel interagieren (Abb. 1). Im Rahmen einer sensorischen Prüfung wendet man eine bestimmte Riechtechnik an (mehrmaliges leichtes Schnüffeln), so dass beide Nasenlöcher gleichzeitig aktiviert und folglich die empfindlichen Geruchszone von der Atemluft besser erreicht werden können. (Dermdorfer, S. 20ff.)

Die flüchtigen Geruchsstoffe erreichen die Regio olfactoria wie zuvor beschrieben, direkt beim Einatmen bzw. Riechen an der Nahrung bei der Aufnahme in den Mund über den orthonasalen Wahrnehmungsweg. Eine zweite Möglichkeit eröffnet sich indirekt über den retronasalen Wahrnehmungsweg der Mund-Nasen-Rachenverbindung. Hierbei werden die Geruchsstoffe aus der aufgenommenen Nahrung beim Kauen in die Gasphase freigesetzt und gelangen dann beim Schlucken und Ausatmen in den Nasenrachenraum. Da der Mund- und der Nasenrachenraum miteinander verbunden sind, können die Geruchsstoffe aus der Nahrung über beide Wege gleichzeitig in die Riechzone gelangen. (Vgl. Abb. 3)

Ein einfacher Test (Skramlik Test) zeigt die Funktionsweise der zwei verschiedenen Wahrnehmungswegen. Dabei wird z. B. ein Teelöffel eines Zimt-Zucker-Gemisches bei zugehaltener Nase mit dem Mund aufgenommen und zerkaut. Während die Nase geschlossen ist, wird nur der süße Geschmack des Zuckers auf der Zunge wahrgenommen. Beim Ausatmen durch die Nase, entsteht ein Luftstrom und der Geruchsstoff gelangt auf dem retronasalen Weg in die Riechzone, so dass sich dort der Zimtgeruch bemerkbar macht. Die retronasale Wahrnehmung der geruchsaktiven Substanzen wird zusammen mit den Geschmackseindrücken im engeren Sinne (Grundgeschmacksarten: süß, sauer, salzig, bitter und umami) häufig auch umgangssprachlich als „Geschmack“ bezeichnet.

2.2 Funktionsweise der Geruchssinneszellen und Geruchswahrnehmung

Die Geruchswahrnehmung (Reize durch flüchtige chemische Substanzen) erfolgt also über das olfaktorische System sowie das nasal-trigeminal System. Geruchs- und Geschmackssinn gehören zu den chemischen Sinnen, die über Moleküle vermittelt werden. Der Mensch kann unzählige Duftstoffe in vielfältigen Konzentrationen und Mischungen voneinander unterscheiden. Die Sinneswahrnehmung lässt sich in verschiedene Schritte einteilen, die in Abb. 4 veranschaulicht sind.

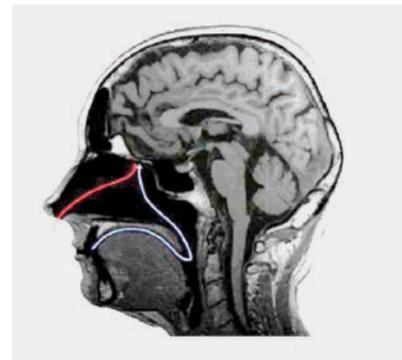


Abb. 3: Wege der Geruchswahrnehmung: rot = orthonasal; blau = retronasal

Quelle: Bojanowski & Hummel, 2012

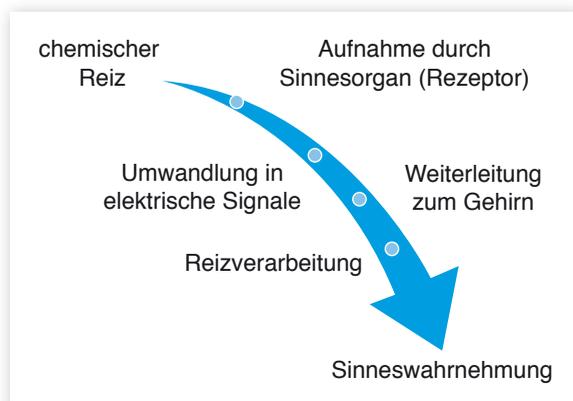


Abb. 4: Schritte der Sinneswahrnehmung

Quelle: M. Mleczko angelehnt AMANN, 2010

Über den ortho- oder retronasalen Weg gelangen die Geruchsstoffe zur Riechzone und dort zunächst an die Riechschleimhaut mit 10-30 Millionen Riechsinneszellen. Diese weisen viele kleine von Schleim umhüllte Riechhärchen (Zilien) auf, die die eigentlichen Geruchsrezeptoren enthalten (Abb. 1b). Jede Riechsinneszelle exprimiert auf ihrer Oberfläche nur einen von ca. 350 noch beim Menschen aktiven Rezeptoren.

Der sinnesphysiologische Vorgang der Geruchserfassung wird auch als chemoelektrische Transduktion beschrieben, denn beim Riechen wird ein chemisches Signal, nämlich die Anwesenheit von Geruchsmolekülen in ein elektrisches Signal der nervalen Reizweiterleitung umgewandelt. Die zentrale Funktion erfüllen in diesem Kontext die Riechzellen bzw. Riechsinneszellen, die quasi die „Dolmetscher“ sind, da sie „beide Sprachen“ beherrschen:

Sobald sich Duftmoleküle im Schleim gelöst haben und zu den „Anlegestellen“ (Geruchsrezeptoren) gelangen, wechselwirken sie mit den passenden Rezeptoren und lösen in der Zelle eine Signalkaskade aus, die letztendlich zu elektrischen Impulsen führt, welche anschließend über die Nervenfasern (Axone) der Sinneszellen zum Riechkolben weitergeleitet werden.

Damit wird die Aromainformation von der chemischen in die elektrische Sprache übersetzt. In der Regel wechselwirken die Geruchsstoffe nicht nur mit einem der rund 350 Geruchsrezeptoren, sondern können aufgrund ihrer Molekülstruktur an mehrere Rezeptoren binden. Die aktivierten Riechsinneszellen übertragen nun einen elektrischen Reiz an die Riechknötchen (Glomeruli) des Riechkolbens. Der Riechkolben bzw. Bulbus olfactorius bildet damit die erste „Geruchs-Station“ im Gehirn und sammelt quasi in kleinen spezifischen Riechknötchen (Glomeruli) die Informationen aus den Riechsinneszellen. Vergleichbar einem „Rechenzentrum“ werden dadurch unterschiedliche Glomeruli aktiv und ergeben für jede Geruchssubstanz ein bestimmtes Erregungsmuster. Dieses wird durch weitere Nervenzellen ins Gehirn geleitet, wo eine neue Sortierung und Bündelung erfolgt. Schließlich kommt es durch Verknüpfung mit vorhandenen Erfahrungen und Erinnerungen zur Geruchswahrnehmung und Geruchserkennung.

Daraus ergibt sich aber auch eine unendliche Vielfalt an Geruchseindrücken, denn bei komplexen Düften, die sehr viele Geruchsstoffe enthalten können, werden sehr viele Riechsinneszellen in unterschiedlicher Intensität von diesen zeitgleich erregt und ergeben dadurch eine schier unendliche Vielfalt an Erregungsmustern. (Legrum, W. 2015, S. 17ff; Bargs-Stahl, E. und Luck-Haller, E.)

3. Aromen im Überblick

3.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Aromen und Lebensmittelzutaten mit Aromaeigenschaften werden in der europäischen Gemeinschaft durch die Aromenverordnung (EG) Nr. 1334/2008 und die dazugehörige Durchführungsverordnung (EU) Nr. 872/2012 (mit der Positivliste der chemisch definierten Aromastoffe) geregelt. Bis 2018 gelten einschränkend noch Übergangsbestimmungen (EU Nr. 873/2012). Vgl. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:02008R1334-20160525&qid=1467027238108&from=DE>

Die Aromenverordnung verfolgt unter anderem das Ziel, den Verbraucher zu schützen und seine Gesundheit zu gewährleisten. Sie legt fest, welche Aromen und Ausgangsstoffe in Lebensmitteln verwendet werden dürfen, an welche Bedingungen die Herstellung von Aromen geknüpft sind und wie die Kennzeichnung von Aromen auszusehen hat. Die natürlichen und synthetischen Aromastoffe werden von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) auf ihre gesundheitliche Unbedenklichkeit geprüft. Die einsetzbaren Aromastoffe sind in der Durchführungsverordnung EU 872/2012 als Positivliste aufgeführt.

Aromen werden definiert als Erzeugnisse, die als solche nicht zum Verzehr bestimmt sind und Lebensmitteln zugesetzt werden, um ihnen einen besonderen Geruch und/oder Geschmack zu verleihen oder diese (Geruch und/oder Geschmack) zu verändern (VO EG 1334/2008, Art. 3, 2a). Dabei können Aromen aus folgenden Kategorien hergestellt werden oder aus ihnen bestehen:

- Aromastoffe
- Aromaextrakte
- thermisch gewonnene Reaktionsaromen
- Raucharomen
- Aromavorstufen
- sonstige Aromen oder deren Mischungen

Alle genannten Kategorien werden in der Aromenverordnung in Hinsicht auf ihre Herstellung bzw. Gewinnung definiert. Besondere Anforderungen werden an die Verwendung des Begriffes ‚natürlich‘ gestellt (Art. 16, EU 1334/2008). Natürliche Aromastoffe sind laut der Aromenverordnung Stoffe, welche natürlich vorkommen und in der Natur bereits nachgewiesen wurden. Ihre Herstellung erfolgt mittels gesetzlich festgelegten physikalischen, enzymatischen oder mikrobiologischen Verfahren. Die Ausgangsstoffe können dabei pflanzlichen (z. B. Zellmaterialien, Fette, Früchte), tierischen oder mikrobiologischen (z. B. Hefen) Ursprungs sein. Zu den natürlichen Aromastoffen gehören somit zum Beispiel aus Vanilleschoten extrahiertes Vanillin und biotechnologisch hergestelltes γ -Decalacton (pflanzlich). Bis zur Aufhebung der Richtlinie 88/388/EWG im Jahr 2011 gab es rechtlich noch die Klassifikationen „künstliche Aromen“ (synthetisch hergestellte nicht in der Natur vorkommende Aromen) und „naturidentische Aromen“ (synthetisch hergestellte, in der Natur vorkommende Aromen), die jedoch heute nicht mehr verwendet werden.

3.2 Charakterisierung der Aromastoffe

Zur Charakterisierung der Aromastoffe dienen verschiedene Werte, die z. T. wichtige Indikatoren für die humansenso-ri-sche Verkostung, aber auch für chemisch-technische Analysen sind. Nachfolgend sollen die wichtigsten kurz dargestellt werden. Beim Verzehr eines Lebensmittels wirken alle Sinne zusammen, und es entsteht ein Gesamtsinneseindruck. Er beinhaltet neben der oralen Texturerfassung die Summe der über die Rezeptoren auf der Zunge wahrgenommenen nicht flüchtigen Grundgeschmacksstoffe und der flüchtigen über die Geruchsrezeptoren sowie das nasal-trigeminal System wahrgenommenen Aromastoffe. Der Begriff Aromastoff wird ohne Wertung verwendet, denn dieselbe flüchtige Verbindung kann in einem Lebensmittel sowohl an der charakteristischen und angenehmen **Aromausprägung**, aber in einem anderen Lebensmittel auch als Fehlgeruch, dem sogenannten **off-Flavour** beteiligt sein, wodurch dieses als „nicht verkehrsfähig“ oder ungenießbar eingestuft werden kann.

Eine Betrachtung des Aromastoffgehaltes in Lebensmitteln zeigt, dass in einem kg Lebensmittel zwar nur rund 10-50 mg flüchtige aromaaktive Verbindungen vorkommen; die Anzahl und Vielfalt der verschiedenen Aromakomponenten jedoch sehr hoch ist. Sofern die Produkte noch durch z. B. Fermentation oder thermische Prozesse behandelt wurden, wie bei Tee und Kaffee, kann die Anzahl der flüchtigen Verbindungen noch weiter steigen und final mehr als 800 verschiedene flüchtige Verbindungen betragen. Viele dieser Verbindungen liegen in niedriger Konzentration vor und haben daher allein genommen für das Aroma keine große Bedeutung. Erst dann, wenn die Konzentration der Verbindung höher liegt als der **Erkennungsschwellenwert** in diesem Lebensmittel, beeinflusst die Substanz das Aroma des Lebensmittels.

3.2.1 Wahrnehmungs-, Erkennungs- und Unterschiedsschwelle

Der Erkennungsschwellenwert (Identifizierungsschwelle, DIN EN ISO 5492:2009) beschreibt die Konzentration des Aromastoffes, die gerade noch zur Erkennung bzw. Beschreibung des Geruchs ausreicht („Erkannt-Effekt“). Neben der Erkennungsschwelle unterscheidet man die niedriger liegende **Reiz- bzw. Wahrnehmungsschwelle**, die die Konzentration angibt, bei der die flüchtige Verbindung wahrgenommen, aber noch nicht erkannt und/oder beschrieben werden kann. („Noch-nicht-erkannt-Effekt“) (Busch-Stockfisch, Praxishandbuch Sensorik).

In der Literatur findet man häufig tabellierte Werte für Erkennungsschwellen von Aromastoffen in Luft (bestimmt durch Abriechen) und in Wasser (bestimmt durch Verkostung von wässrigen Lösungen). Diese können aufgrund von Matrixeffekten um Zehnerpotenzen von den Geruchsschwellenwerten dieser Aromastoffe in spezifischen Lebensmitteln (z. B. Bier, Joghurt) abweichen. Dabei spielen verschiedene Einflüsse wie der Dampfdruck der Verbindung (variabel je nach Temperatur und Medium) oder auch Wechselwirkungen mit anderen Geruchsstoffen (z. B. additive Effekte) eine Rolle. Konzentrationsveränderungen eines Aromastoffes, z. B. durch Änderung der Rezeptur oder des Herstellungs-

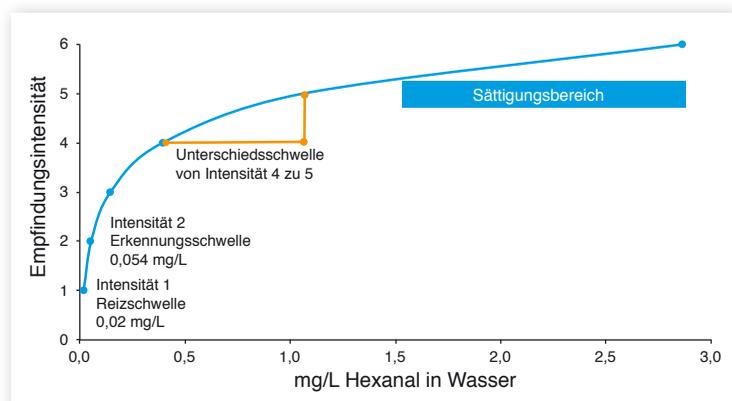


Abb. 5: Schwellenwerte für Hexanal

verfahrens können auf das gewünschte Aromaprofil des Produktes Einfluss nehmen und sich in einer veränderten Produkt- bzw. Geruchswahrnehmung äußern. Gleiches gilt für die Entstehung artfremder Aromastoffe, die so zu sensorischen Produktfehlern führen.

Weiterhin gibt die **Unterschiedsschwelle** den niedrigsten Konzentrationsunterschied an, der erforderlich ist, um einen Unterschied wahrzunehmen („Gerade-noch-Effekt“).

Dabei ist zu beachten, dass die Empfindungsintensität eines Aromastoffes nicht linear mit dessen Konzentration ansteigt, sondern nach einer logarithmischen Funktion (Weber-Gesetz, Abb. 5). So muss die Hexanalkonzentration in Wasser ausgehend von der Reizschwellenkonzentration immer annähernd verdreifacht werden, um zu der jeweilig höheren – signifikant unterscheidbaren – Intensitätsstufe zu gelangen. Durch die Abflachung der logarithmischen Kurve ergibt sich für hohe Konzentrationen und Intensitäten ein Sättigungsbereich, d. h. der Konzentrationsbereich eines Stoffes, bei der ein weiterer Konzentrationsanstieg kaum eine weitere Intensitätssteigerung hervorruft („Null-Effekt“). (Vgl. Busch-Stockfisch, Praxishandbuch Sensorik)

3.2.2 Schlüsselaromastoffe

Lebensmittel enthalten eine Vielzahl von aromaaktiven Substanzen, die miteinander interagieren und in ihrer Wechselwirkung den sensorischen Gesamt-Aromaeindruck beim Konsumenten auslösen. Einige Lebensmittel enthalten jedoch Schlüsselaromastoffe (character impact compounds), die überwiegend das charakteristische Lebensmittelaroma prägen. Einige

Beispiele für Schlüsselaromen sind in Tab. 1 dargestellt. Als sehr grobe Einschätzung des Beitrages eines Aromastoffes zum Gesamtaroma kann der Aromawert (AW) dienen. Der Aromawert ist eine dimensionslose Maßzahl. Er ergibt sich als Quotient aus der Konzentration eines Aromastoffes im Lebensmittel und der Geruchsschwellenkonzentration desselben Aromastoffes im Lebensmittel (oder Wasser). (Belitz, Grosch S. 274ff.; Legrum W., S. 121ff)

Stoff	Aroma-Charakter	Vorkommen (Beispiel)
Benzaldehyd	Bittermandel	Mandeln, Kirschen, Pflaumen
Citral (Neral/Geranal)	Zitrone	Zitronen
Himbeerketon	Himbeere	Himbeeren
(R)-(-)-1-Octen-3-ol	Pilze	Champignons, Camembert
(E,Z)-Nona-2,6-dienal	Gurke	Gurken
Geosmin	erdig	Rote Bete

Tab. 1: Beispiele für Schlüsselaromastoffe
(Auswahl aus Belitz Grosch, Lehrbuch der Lebensmittelchemie)

$$AW = \frac{c_{Lbm}}{c_{ES_Lbm}}$$

AW = Aromawert eines Aromastoffes
 CLbm = Konzentration des Aromastoffes im Lebensmittel
 CES_Lbm = Geruchsschwellenkonzentration des Aromastoffes im Lebensmittel (oder in Wasser).

Viele Produkte weisen für sie typische wertgebende Aromen auf. Ebenso entstehen beim Verderb sowie bei Qualitätsmängeln produkttypische Fehlgerüche. Sowohl typische wertgebende Aromen als auch typische Fehlgerüche sollten in einer produktspezifischen Geruchsschulung zum Aufbau eines Geruchsgedächtnisses berücksichtigt werden. Beachtenswert ist dabei jedoch, dass sich infolge der Abhängigkeit der Geruchsnoten von der vorliegenden Aromastoff-Konzentration unterschiedliche Geruchsqualitäten ergeben können. Im Alltag fällt dies nicht weiter auf, denn man riecht jeweils nur den Geruch entsprechend der im Lebensmittel vorliegenden Konzentration. Für Schulungszwecke ist zu beachten, dass Geruchsstoffe in niedrigerer Konzentration eine andere oft angenehmere Geruchsnote aufweisen können als die gleiche Substanz in höherer Konzentration.

Neben humansensorischen Prüfungen spielen insbesondere auch instrumentelle Methoden der Aromaanalytik eine bedeutende Rolle zur Identifikation von Aromen. (vgl. DLG-Expertenwissen 2/2015: Instrumentelle Sensorik in der Ernährungswirtschaft – Elektronische Nasen).

3.2.3 Eindeutige Bezeichnung von Aromastoffen: IUPAC-Name und CAS-Nummern

Aromastoffe lassen sich u. a. über Summenformeln, CAS-Nummern und IUPAC-Namen eindeutig beschreiben.

Mittels Summenformeln wird in der Chemie die Art und Anzahl der Atome einer chemischen Verbindung dargestellt. (z. B. Aceton: C₃H₆O) Mit Summenformeln ist keine eindeutige Substanzzuordnung möglich, da in der Regel sehr viele

Substanzen dieselbe Summenformel aufweisen, jedoch unterschiedliche Strukturen. Auch sogenannte Trivialnamen für Substanzen sind häufig nicht eindeutig. Aus diesem Grund nutzt man normierte IUPAC-Namen und CAS-Nummern zur eindeutigen Beschreibung einer Substanz, wenngleich dies für Nicht-Chemiker häufig ungewöhnlich erscheint.

Aufgabe der IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ist seit ihrer Gründung in 1919 die Festlegung internationaler Standards für die chemische Nomenklatur, um dadurch eine Vereinheitlichung der Bezeichnung chemischer Stoffe zu erzielen und letztlich die weltweite Kommunikation zwischen Chemikern (aus Industrie und Wissenschaft) zu vereinfachen und zu fördern. Die Bezeichnungen in anderen Sprachen werden von den nationalen Chemikerverbänden entsprechend übertragen, z. B. im deutschsprachigen Raum durch die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Ein Beispiel für einen IUPAC-Namen ist: Trivialname „Aceton“ – IUPAC-Name: „Propan-2-on“

Die CAS-Nummer (Chemical Abstracts Service-Registry Number) ist ein internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe. Jedem chemischen Stoff, auch Stoff-Isomeren oder Isomeren-Gemischen, wie Racematen, wird seit 1965 vom Chemical Abstracts Service, einer Institution der American Chemical Society, Ohio, USA, eine eindeutige Nummer zugewiesen und in einer Datenbank gespeichert. Die Nutzung dieser umfassenden Datenbank, die aufgrund der CAS-Nummer auf jede chemische Struktur verweist, ist kostenpflichtig. CAS-Nummern setzen sich aus drei Zahlen, die durch zwei Bindestriche getrennt sind, zusammen. Bsp.: Wasser – CAS-Nr. 7732-18-5; Ethanol - CAS-Nr. 64-17-5

Analytische Kenndaten

Stoffe bzw. auch Stoffgemische, die gasförmig oder auch ohne sich zu zersetzen verdampfbar sind, lassen sich auf chemisch-analytischem Wege u. a. mittels Gaschromatographie (GC) trennen und mittels eines Flammenionisationsdetektors (FID), massenspektrometrisch oder olfaktorisch an einem „olfactory detection port“ (ODP) detektieren. Zur Identifizierung der Aromastoffe können je nach Detektor die Geruchsbeschreibung (am ODP), das Massenspektrum oder der Retentionsindex genutzt werden. Der Retentionsindex (Kovats-Index, Kovatsretentionsindices) basiert auf der Beziehung zwischen den Retentionszeiten von n-Alkanen und der Retentionszeit einer Substanz auf einem spezifischen Säulenmaterial. Er ist damit charakteristisch für eine Proben substanz auf einem spezifischen GC-Säulenmaterial. (z. B.: I_{Hexan} : 600) Kovatsretentionsindices von Aromastoffen sind in Datenbanken zum Teil auch kostenfrei im Internet verfügbar (vgl. <http://www.flavornet.org>).

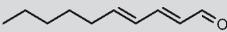
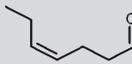
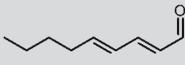
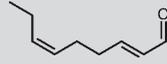
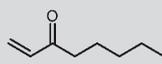
3.3 Aroma-Klassen

(Einzel)Aromastoffe sind chemische Verbindungen, die sich in Abhängigkeit von ihrer Molekülstruktur verschiedenen Stoffklassen bzw. Aroma-Klassen zuordnen lassen. Solche sind u. a.: Aldehyde und Ketone, Alkohole, Säuren, Ester (und Lactone), Terpene, Pyrazine, Phenylpropanoide, Phenole sowie verschiedene Schwefelverbindungen. Eine andere Klassifizierungsmöglichkeit ist die nach ihrer Entstehung, z. B. als Stoffwechselprodukte oder durch mikrobielle Fermentation in den Lebensmitteln (konstitutive Aromastoffe), sowie durch Einwirkung von Hitze (Prozessaromen). (Legrum, W., S. 103 ff.)

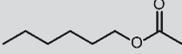
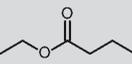
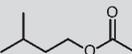
3.3.1 Konstitutiv gebildete Aromastoffe

Die konstitutiven bzw. nativen Aromastoffe werden im Wesentlichen als diejenigen Verbindungen beschrieben, die in Obst, Gemüse, Gewürzen und Kräutern durch den pflanzlichen Stoffwechsel entstehen oder die bei der Ernte, Lagerung, Trocknung oder (z. B. enzymatisch) nach Zerkleinerung gebildet werden. Sie können sowohl als angenehm empfundene Aromastoffe, aber auch als (untypische) Aromafehler auftreten. Konstitutiv gebildete Aromastoffe können nach ihren Strukturen gruppiert werden. Nachfolgend sind einige der Stoffgruppen aufgeführt:

- Carbonyle (Aldehyde und Ketone)
- Ester
- Lactone
- Schwefelverbindungen
- Pyrazine
- Terpene
- Phenylpropanoide

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Acetaldehyd (Ethanal)	fruchtig nach Orange, stechend	
E,E-2,4-Decadienal	fettig, Frittierfett	
Z-4-Heptenal	ranzig, fischig, „cold store“	
(E,E)-2,4-Nonadienal	fettig, ranzig, Frittierfett	
(E,Z)-2,6-Nonadienal	Gurke, grün, frisch	
(Z)-3-Nonenal	pappig, kartonartig, Gurke	
trans-4,5-Epoxy-2-(E)-decenal	metallisch, vegetativ	
1-Octen-3-on	pilzartig, Waldboden	

Tab. 2: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe Carbonyle (eigene Darstellung modifiziert nach Legrum 2015)

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Hexylacetat (Essigsäurehexylester)	Apfel	
Ethylbutyrat (Buttersäureethylester)	Ananas	
Isoamylacetat	Banane	

Tab. 3: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe Ester (eigene Darstellung modifiziert nach Legrum)

Zur ersten Gruppe, den Carbonylverbindungen gehören die mikrobiologisch oder enzymatisch gebildeten Abbauprodukte von Fettsäuren, die Aldehyde und Ketone. Sie entstehen durch Autoxidation von ungesättigten Fettsäuren unter Beteiligung der Enzyme Lipoxygenase und Hydroperoxid-Lyase. Aus Öl-, Linol- und Linolensäure entstehen so eine Vielzahl an Carbonylen in Obst und Gemüse. Diese weisen eine niedrige Geruchsschwelle und eine enorme Vielfalt auf. Carbonylverbindungen werden verstärkt unter Sauerstoffeintrag gebildet, z. B. durch die Zerkleinerung von Früchten, was zudem die Freisetzung der Lipoxygenasen aus Zellkompartimenten und die Aromaentstehung begünstigt.

Bestimmte Carbonylverbindungen werden mit eher für Fehlgerüchen typischen Deskriptoren wie ranzig, fischig (Z-4-Heptenal), metallisch (trans-4,5-Epoxy-2-(E)-decenal), kartonartig (E-2-Nonenal) oder alt beschrieben. 1-Octen-3-on und 1-Octen-3-on sind dagegen schon mit geringen Erkennungsschwellen (< 1 ppb) mit einem pilzartigen, erdigen Aroma wahrnehmbar. Acetaldehyd ist einer der bekanntesten Vertreter der Aldehyde und ist in Orangensäften für die frische, fruchtige Note von Bedeutung. Der Geruch der Reinsubstanz wird als künstlich-fruchtig und/oder stechend beschrieben. Weitere bekannte Vertreter sind die kurzkettigen Aldehyde Hexanal und Z-3-Hexenal. Sie entstehen durch den Abbau der Linolensäure und sind für grüne Geruchsnoten verantwortlich. Diese und weitere bekannte Aromastoffe aus der Gruppe der Carbonyle sind Tab. 2 zu entnehmen.

Ester gehören zur zweiten Substanzgruppe. Sie entstehen aus organischen Säuren und Alkoholen unter Abspaltung von Wasser. Charakteristisch für Ester ist die funktionelle Gruppe, die sich aus der Reaktion der Carboxylgruppe (-COOH) einer Carbonsäure und der Hydroxylgruppe eines Alkohols (-OH) gebildet hat und durch die allgemeine Form R – COO – R' beschrieben wird. Bei vielen Früchten gehören sie zu den bestimmenden Aromastoffen. Die Bildung erfolgt zellulär in der Pflanze aus verschiedenen Alkoholen und aus aktivierten (Fett-)Säuren (Acyl-CoA). Die Geruchsschwellen der

Ester liegen bis auf wenige Ausnahmen häufig nicht besonders tief (Legrum, W. S.105ff.). Ein bekannter Ester ist der Essigsäurehexylester (=Hexylacetat), welcher einen wesentlichen Teil zum Aroma des Apfels beisteuert. Ein weiterer bekannter Ester ist der Buttersäureethylester (Ethylbutyrat), der mitverantwortlich für das Aroma der Ananas ist. (Vgl. Tab. 3)

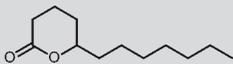
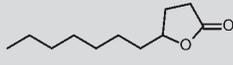
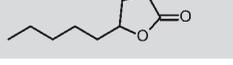
Lactone sind chemisch gesehen intramolekulare Ester von Hydroxycarbonsäuren (Hydroxyfettsäuren) und bilden die dritte Gruppe. Sie kommen wie die offenkettigen Ester in vielen Obstarten vor.

Öl- und Linolsäure, die spezifisch oxidiert und in Hydroxysäuren umgewandelt werden, dienen als Ausgangssubstanzen für die Lactonbildung. Durch die β -Oxidation kommt es nach der Verkürzung der Fettsäuren zur unterschiedlich großen Ringbildung, wobei am häufigsten 5-Ringe, die γ -(gamma)Lactone oder 6-Ringe, die δ -(delta)Lactone entstehen. Beispiele dafür sind unter anderen das γ -Undecalacton (Lacton der γ -Hydroxyundecansäure) und das δ -Dodecalacton, welche fruchtig, nach Pfirsich bzw. Kokosnuss riechen (Vgl. Tab. 4).

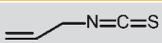
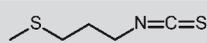
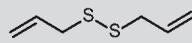
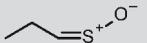
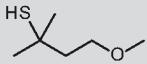
Schwefelverbindungen spielen als Aromastoffe vor allem in Gemüse eine entscheidende Rolle und bilden die vierte Stoffgruppe.

Senfölglycoside (Glucosinolate) sind schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen, die vor allem von Kreuzblütlern (Brassicaceae) gebildet werden. Zu diesen gehören die Kohlarten (z.B. Blumenkohl, Rosenkohl, Weißkohl, Broccoli), Rucola, Gartenkresse, Rettich und Meerrettich. Die Senfölglycoside als unzersetzte Verbindungen sind meist für den bitteren Geschmack dieser Gemüse verantwortlich. Beim Zerkleinerungsprozess werden die Senfölglycoside allerdings zum Teil durch freigesetzte Enzyme (Thioglucosidase, Myrosinase) in Zucker (Glukose) und das entsprechende Senföl (Isothiocyanat) gespalten. Diese Senföle sind entweder nicht-flüchtig und werden oral-trigeminal als scharf wahrgenommen oder sind flüchtig, wobei dann noch nasal-trigeminal ein stechender Eindruck dazukommt. So ist im schwarzen Senf das Glucosinolat Sinigrin enthalten, das beim Zerkleinern, Zerkauen oder Kochen der Senfkörner zu Allylsenföl (Allylisothiocyanat) hydrolysiert wird.

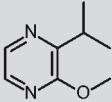
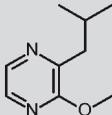
Schwefelhaltige Aminosäuren und deren Abbauprodukte prägen das Aroma von Lauchgewächsen (Alliaceae), zu denen Lauch, Knoblauch und die Küchenzwiebel gehören. So wird in Knoblauch nach Zerkleinern die schwefelhaltige Aminosäure Allinin durch das Enzym Alliinase zu Allylsulfensäure abgebaut, aus dem dann über die Zwischenstufe Allicin

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
δ -Dodecalacton	blumig, künstlich	
γ -Undecalacton	Pfirsich, fruchtig	
γ -Nonalacton	Kokos, fruchtig	

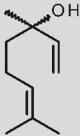
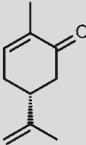
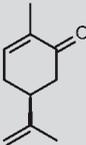
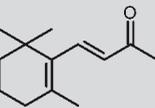
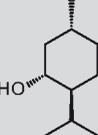
Tab. 4: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe Lactone (modifiziert nach Legrum)

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Allylsenföl (Allylisothiocyanat)	scharf, stechend, nach Senf	
3-(Methylthio)propyl isothiocyanat	erdig, nach Meerrettich	
Diallyldisulfid	Knoblauch	
Propanthialoxid	tränenreizend	
4-Methoxy-2-methyl-2-butanthiol	Schwarze Johannisbeere	

Tab. 5: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe Schwefelverbindungen

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
2-Isopropyl-3-Methoxypyrazin	Kartoffel, grün, Erbse, erdig	
2-Isobutyl-3-Methoxypyrazin	Gemüsepaprika, Erbse	

Tab. 6: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe der Pyrazine

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
(±)-Linalool	blumig, Rose	
(±)-Campher	aromatisch, kühlend, Eukalyptus	
R- (-)-Carvon	Spearmint (Kaugummi)	
S-(+)-Carvon	Kümmel	
β-Ionon	blumig, Veilchen	
(-)-Menthol	Minze, kühlend, frisch	

Tab. 7: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe der Terpene

unter anderem das nach Knoblauch riechende Diallyldisulfid entsteht. In der Küchenzwiebel entsteht aus Isoalliin durch Alliinase zunächst der Tränenreizstoff Propanthialoxid, der weiter zu Dipropyldisulfid abgebaut wird. (Vgl. Tab. 5)

Daneben gibt es schwefelhaltige Aromastoffe mit extrem niedrigen Erkennungsschwellen wie das 4-Methoxy-2-methyl-2-butanthiol, welches als ‚schwarze Johannisbeere (black currant)‘ bereits ab 0,02 ng/L wahrgenommen werden kann, in höheren Konzentrationen dann aber nach Katzenurin riecht.

Auch **Pyrazine** kommen konstitutiv vor allem in Gemüsesorten vor. Charakteristisch für diese fünfte Stoffgruppe, die zu den Heteroaromaten gehört, ist ein Ringgerüst mit zwei Stickstoffatomen. Pyrazine sind verantwortlich für die charakteristischen, grünen, vegetativen Geruchsnoten der Gemüsepaprika, Chilischoten und Karotten (Vgl. Tab. 6). Eine herausragende Rolle spielen Pyrazine als Röstaromen beim Erhitzen von Lebensmitteln (siehe prozessiv gebildete Aromastoffe).

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Eugenol	Gewürznelke	
trans-Anethol, trans-1-Methoxy-4-(1-propenyl)benzene	Anis	
Trans-Zimtaldehyd	Zimt(öl)	
Vanillin, 4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyd	Vanille	
Benzaldehyd	Bittermandel	

Tab. 8: Übersicht einiger Geruchsstoffe der Gruppe der Phenylpropanoide

Terpene sind sekundäre Stoffwechselprodukte von Pflanzen und Hauptbestandteil der von diesen gebildeten ätherischen Öle. Häufig sind sie Schlüsselaromen in Obst, Gemüse und Gewürzen. Chemisch strukturell leiten sie sich prinzipiell vom Isopren (C5-Körper) ab und zeichnen sich durch eine große Vielfalt an Kohlenstoffgerüsten und einer geringeren Anzahl an funktionellen Gruppen aus. Je nach Anzahl der zusammengefügteten Isopreneinheiten unterscheidet man Hemi-(C5), Mono- (C10) und Sesquiterpene (C15). Bisher sind über 8.000 Terpene bekannt, die in der Natur überwiegend als Kohlenwasserstoff-, Alkohol-, Glycosid-, Ether-, Aldehyd-, Keton-, Carbonsäure- und Ester-Terpene vorkommen (Vgl. Tab. 7).

Phenylpropanoide werden von Mikroorganismen und Pflanzen über den Shikimisäureweg als sekundäre Stoffwechselprodukte mit der Aminosäure Phenylalanin als Zwischenprodukt gebildet. Der chemische Grundkörper dieser siebten Stoffgruppe ist das Phenylpropan, der vielfach substituiert und modifiziert vorliegen kann. Phenylpropanoide sind neben den Terpenen die Hauptbestandteile von etherischen Ölen und können Schlüsselaromen vor allem bei Gewürzen sein. Bekannte Vertreter der Phenylpropanoid-Aromastoffe sind Vanillin, Anethol, Eugenol und Cumarin. (Vgl. Tab. 8)

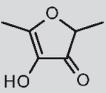
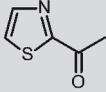
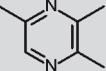
3.3.2 Prozessiv gebildete Aromastoffe

Prozessiv gebildete Aromastoffe entstehen bei der Verarbeitung von Lebensmitteln und werden auch Prozessaromen genannt. Meistens bilden sie sich bei thermischen Prozessen wie Dämpfen, Dünsten, Kochen, Backen, Rösten, Fritieren oder Grillen. Die Beeinflussung des Gesamtaromas durch die Prozessaromen ist abhängig von ihrer Konzentration und ihrer Geruchsschwelle. Die Aromen können in der Regel deutlich während der oben beschriebenen Garprozesse wahrgenommen werden. Neben diesen geruchlich aktiven Substanzen entstehen auch Bräunungsprodukte, die Melanoidine, die für die visuelle Akzeptanz von Lebensmitteln (goldbraun, schwarz-verbrannt) entscheidend sind.

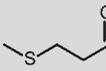
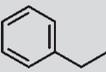
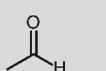
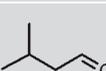
Man kann die Prozessaromen grob nach ihren Bildungsreaktionen einteilen, die allerdings auch ineinander greifen können:

- Maillard-Reaktion
- Strecker Abbau
- Karamelisierung

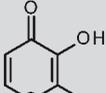
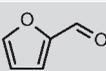
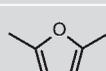
Die größte Bedeutung hat die **Maillard-Reaktion**, eine nicht-enzymatische Bräunungsreaktion. Ausgangsstoffe dieser Reaktion sind Aminosäuren und reduzierende Zucker (vorwiegend Glucose, Fructose, Maltose und Laktose), die unter

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Furaneol	Karamell, gekochte Erdbeere	
2-Acetylthiazol	Popcorn	
2,3,5-Trimethylpyrazin	erdig, röstig	

Tab. 9: Geruchsstoffe aus Maillard-Reaktionen

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Methional	gekochte Kartoffeln	
2-Phenylethanal	Honigartig, blumig	
Acetaldehyd	künstlich fruchtig	
3-Methylbutanal	malzig	

Tab. 10: Beispiel zu Streckeraldehyden

Chemische Bezeichnung des Geruchsstoffes	Geruchsassoziation	Strukturformel, Molekülstruktur
Maltol	malzig, röstig	
Furfural	süßlich, karamellartig, brotartig	
5-Methylfurfural	karamellartig, süßlich, Ahorn	

Tab. 11: Beispiele von Geruchsstoffen aus der Karamellisierung

Hitzeeinwirkung (etwa ab 120°C) miteinander reagieren. Dabei kommt es zu einer Vielzahl gleichzeitig und nacheinander ablaufender Reaktionen, die zu einer Bräunung und Aromabildung führen. Die stoffliche Vielfalt der entstehenden Aromastoffe ist sehr groß, unter anderem entstehen Furanone, Thiazole, Pyrrole und Pyridine. Beispiele diesbezüglich finden sich in Tab. 9.

Beim **Strecker-Abbau** von Aminosäuren, einer weiteren wichtigen Reaktion bei der Bildung von Prozessaromen, werden Aminosäuren unter oxidativen Bedingungen desaminiert und decarboxyliert. Daraus resultieren die Produkte α -Amino-ketone sowie Strecker-Aldehyde, darunter befinden sich bspw. die Aromastoffe Ethanal (Acetaldehyd), 3-Methylbutanal und Methional (Vgl. Tab. 10).

Die Karamellisierung ist der dritte Reaktionstyp zur Bildung von Prozessaromen. Dabei werden Mono- oder Disaccharide (z. B. Glucose, Fructose, Saccharose) trocken oder unter sauren Bedingungen erhitzt bis sie unter Bräunung dehydratisieren. Als aromaaktive Substanzen entstehen Furan-, Pyron- und Pyrandervative. Ein typisches Produkt, das durch Karamellisierung gewonnen wird, ist der Zuckercouleur. (Vgl. Tab. 11)

- Die verschiedenen Geruchsstoffe werden zunächst in **Aromafamilien** bzw. Geruchsklassen eingeteilt, die i.d.R. den inneren Kreis bilden. Beispiele diesbezüglich sind blumig, mikrobiologisch, chemisch, erdig, vegetabil, würzig, fruchtig.
- der mittlere - optionale Kreis unterteilt die Aromafamilien in **Unterfamilien**. Beispiele diesbezüglich sind u. a. blumig - Blüten; vegetabil - Gemüse; fruchtig - Zitrusfrüchte, Beerenfrüchte
- im äußeren Kreis befinden sich die passenden einzelnen **Deskriptoren bzw. Attribute** zu den Familien bzw. Unterfamilien der inneren Ringe und ein Verweis auf die passenden Referenzen. (z. B.: fruchtig – Beerenobst – Himbeeren, Erdbeeren)

Der Panelist hat damit die Möglichkeit, sensorische Begriffe von der übergeordneten Klassifizierung, bis ganz nach außen in der Beschreibung zu verfeinern und zugleich auch Referenzen zur Schulung zu identifizieren. Die Abbildung 6 zeigt ein produktübergreifendes Aromarad aus dem DLG-Grundlagenvokabular, welches sich an den Vorgaben der DIN EN ISO 8586:2014-05 „Sensorische Analyse: Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung ausgewählter Prüfer und Sensoriker“ orientiert und zur grundlegenden Geruchsschulung eignet.

4. Aromen in der Geruchsschulung

Durch das Kennenlernen der verschiedenen Geruchsstoffe und durch das Schulen unseres Geruchssinnes wird sukzessive eine Verbesserung des Geruchsgedächtnisses erreicht, wodurch Panelisten besser in der Lage sind, die wahrgenommenen Gerüche zu identifizieren und auch verbal zu beschreiben. Definierte Geruchsstandards und darauf aufbauende sensorische Geruchsbeschreibungen können diese Schulungsmaßnahmen unterstützen. Zunächst wird die Erkennungsschwelle für eine geruchlich aktive Substanz überschritten. Durch die im Geruchsgedächtnis gespeicherten Erinnerungen kann der Geruchseindruck erkannt und benannt werden. Mit entsprechender Übung kann auch die Intensität bewertet werden. Gerüche lösen mit den Erinnerungen auch Gefühle aus, so dass sie unbewusst auch hedonisch eingeordnet werden. Gerüche im Kontext von Erfahrungs- und Lernsituationen, prägen sich, unter emotionaler Beteiligung, besonders gut ein.

Bei der professionellen sensorischen Prüfung von Lebensmitteln wird der Geruch durch mehrmaliges Schnüffeln am besten erfasst. Denn dadurch gelangt viel mehr Atemluft durch die Nase bis zum Riechepithel als beim normalen Atemvorgang. Zudem gilt es nach jeder Geruchsprüfung die Nase bzw. das olfaktorische System zu neutralisieren, um danach den nächsten Geruch erschnüffeln zu können. Dies kann durch kurzes Riechen an einer Zitronensaftlösung erfolgen (sofern nicht Zitrus-Düfte geprüft werden), durch Riechen an in einen Glasbehälter gefüllte Kaffeebohnen oder auch durch den Eigengeruch, z. B. in der Armbeuge. Weiterhin sollte das „Schnüffeln“ an der Geruchssubstanz nicht zu lange erfolgen, denn bei bestimmten Stoffen adaptiert sich das Geruchssystem relativ schnell bzw. durch zu langes Öffnen der Behältnisse entweicht der Geruchsstoff (Konzentrationsabfall), was die Geruchserkennung erschwert.

In der Regel sind die Lebensmittelaromen sehr komplex zusammengesetzt und lassen sich in ihrer Wechselwirkung mit anderen Stoffen umfassend ausschließlich mit den realen Lebensmitteln schulen, so dass man häufig im fortgeschrittenen Stadium der Geruchsschulung mit Lebensmittelproben arbeitet. Zu Beginn der Prüferausbildung jedoch und auch zur Einstimmung auf eine Prüfung, setzt man auf Aromen bzw. Schlüsselaromen, die als isolierte Einzelsubstanz bzw. Substanzmischung vorliegen und somit gut erkennbar sowie verbal beschreibbar sind. Mit Hilfe von in ihrer Konzentration eingestellten, standardisierten Geruchsreferenzen, die möglichst von allen Prüfern in ihrer typischen Geruchsqualität deutlich erkannt werden sollen, lassen sich das Geruchsgedächtnis und auch die verbale Ausdrucksfähigkeit trainieren.

4.1. Beispiele für Einzelaromen zur Geruchsschulung

Die nachfolgende Übersicht führt Einzelaromen, die zur Geruchsschulung geeignet sind, auf. Sie basieren auf Vorschlägen der DIN EN ISO 8586:2014-05 und beziehen darüber hinaus wesentliche in vielen Lebensmittelgruppen vorkommende Aromen und Fehlgerüche aus dem DLG-Grundlagenvokabular ein.

Lebensmittelaromen

Unter die Kategorie der Lebensmittelaromen zu Schulungszwecken fallen die nachfolgend in Tabelle 12 aufgelisteten Schulungssubstanzen mit ihren jeweiligen Geruchscharakteristiken. Jeder Aromastoff besitzt für sich spezifische Eigenschaften. Dazu gehören z. B. das Vorkommen in Lebensmitteln und die Beschreibung des Geruchseindrucks.

Geruchscharakteristik	Substanz	CAS-Nummer
Anis	trans-Anethol	4180-23-8
aromatisch, kühlend, eukalyptusartig	(±)-Campher	76-22-2
Bittermandel, Marzipan	Benzaldehyd	100-52-7
blumig, Honig	Phenylacetat	122-79-2
blumig, Jasmin	Benzylacetat	140-11-4
blumig, künstlich-fruchtig	δ-Dodecalacton	713-95-1
blumig, Rose	(±)-Linalool	78-70-6
blumig, Veilchen	β-Ionon	79-77-6
Butter, buttrig	Diacetyl	431-03-8
Champignon, pilzartig	1-Octen-3-ol	3391-86-4
Essig, stechend, beißend	Essigsäure	64-19-7
fruchtig nach Erdbeere	Natürliches Erdbeeraroma Givaudan L-047551	
fruchtig nach Kirsche	Natürliches Kirscharoma Givaudan 10787-33	
fruchtig nach Orange	Natürliches Orangenaroma Givaudan QL34700	
fruchtig nach Pfirsich	γ-Undecalacton	104-67-6
fruchtig nach Zitrone	Citral (Mischung aus Geranial und Neral)	5392-40-5
fruchtig, Banane, Eisbonbon	Isoamylacetat	123-92-2
fruchtig, Kokos	γ-Nonalacton	104-61-0
gegrillte Zwiebel	2,5-Dimethylthiophen	638-02-8
Gewürznelke, würzig	Eugenol	97-53-0
Gurke, roh, grün, frisch	(E,Z)-2,6-Nonadienal	557-48-2
Haselnuss, röstig	(±)-Filberton	102322-83-8
Joghurt	Acetoin	513-86-0
Karamell, röstig	Furaneol	3658-77-3
Kartoffel, gekocht	Methional	3268-49-3
Knoblauch	Diallylsulfid	121-33-5
Kümmel	S-(+)-Carvon	2244-16-8
Lindenblüte, Akazienblüte, Alterungsnote bei Wein (UTA) bienenwachsartig	o-Aminoacetophenon	551-93-9
Minze	R- (-)-Carvon	6485-40-1
nussig, röstig, erdig	2,3,5-Trimethylpyrazin	14667-55-1
Pfefferminze, kühlend, frisch	(-)-Menthol	2216-51-5
rauchig, Räucherrauch	Raucharoma-Konzentrat Mesquite	
rauchig, süßlich	Guajacol	90-05-1
Thymian, grün, würzig, kühlend	Thymol	89-83-8
Vanille	Vanillin	121-33-5
Zimt, würzig, süßlich	Zimtaldehyd (cis/trans)	104-55-2

Tab. 12: Lebensmittelaromen mit Geruchscharakteristik für die Geruchsschulung

Fehlaromen

Mögliche Substanzen der Kategorie der Fehlaromen, die häufig in Lebensmitteln den Eindruck von Qualitätsmängeln vermitteln, sind mit ihren Geruchscharakteristiken in Tabelle 13 aufgeführt.

4.2. Darbietungs-/Angebotsformen von Riechstoffen

Die Darbietung der Riechstoffe ist abhängig von der Art der Aromen-Schulung bzw. Prüfung. Generell gilt, dass die Intensität der Riechreferenzen deutlich über der Geruchserkennungsschwelle der Prüfer liegen sollte. Allerdings sollte die Intensität auch nicht zu hoch gewählt werden, da sich bei einigen Aromastoffen der Geruchseindruck mit zunehmender Intensität ändern und andere Prüfer, die in der Nähe sitzen, beeinflussen kann.

Geruchscharakteristik	Substanz	CAS-Nummer
Alterungsnote bei Wein (UTA) bienenwachsartig	o-Aminoacetophenon	551-93-9
ammoniakalisch, beißend, stechend	Ammoniak	7664-41-7
Eber, schweißartig, urinartig	Androstenon	18339-16-7
erdig, muffig, modrig	Geosmin	19700-21-1
faulig, schwefelig	Dimethylsulfid	75-18-3
faulig, verdorbenes Gemüse	Methylmercaptan	74-93-1
fettig, nach Hähnchen	E,E-2,4-Decadienal	25152-84-5
fettig, ranzig, Fritierfett	(E,E)-2,4-Nonadienal	5910-87-2
fischig	Trimethylamin	75-50-3
grasig, grün	3-cis-Hexenol	928-96-1
heuig, strohig, Trockenkräuter	3-Methyl-2.4-nonadion	113486-29-6
Kartoffel, erdig	2-Isopropyl-3-methoxypyrazin	25773-40-4
käsig, schweißig	Valeriansäure	109-52-4
Klebstoff, Nagellackentferner	Ethylacetat	141-78-6
Kork, muffig	2,4,6-Trichloranisol	87-40-1
medizinisch, chemisch	2,4,6-Trichlorphenol	25167-82-2
pappig, kartonartig	(Z)-3-Nonenal	31823-43-5
pilzartig, Waldboden	1-Octen-3-on	4312-99-6
ranzig, fischig, „cold store“	cis-4-Heptenal	6728-31-0
ranzige Butter	Buttersäure	107-92-6
Schweinegestall, fäkal	Skatol	83-34-1
schweißig, käsig	Isovaleriansäure	503-74-2

Tab. 13: Produktübergreifend relevante Fehleraromen zur Geruchsschulung

Bei der Probenvorbereitung unterscheidet man in Abhängigkeit von der Zielsetzung zwischen zwei Vorgehensweisen. Bei der retronasalen Prüfung werden die Gerüche über die orale Aufnahme einer wässrigen Lösung bewertet. Handelt es sich um eine direkte, orthonasale Geruchsprüfung über die Nase, werden Träger, wie z. B. Glasbehälter, Riechstreifen oder Kapseln sowie Riechstifte, die den Geruchsstoff beinhalten, eingesetzt. Der Riechstoff muss dazu zuvor in einer Stammlösung angesetzt werden. Zur Erstellung der Stammlösungen und der Geruchsstandards werden idealerweise industriell gefertigte Aromastoffe eingesetzt, die sich aufgrund ihrer standardisierten Qualität für die Herstellung definierter Geruchsproben mit hoher Reproduzierbarkeit eignen. Als Lösungsmittel für Aromastoffe werden i.d.R. Ethanol (Alkohol unvergällt), Propylenglykol, Triacetin oder Glycerin eingesetzt. Die so erstellten Stammlösungen sind unter kühlen und lichtgeschützten Bedingungen ungefähr sechs Monate haltbar, bevor sie ihre Intensität und ihren Geruchseindruck nach und nach verlieren. Bei Ethanol ist der Eigengeruch zu berücksichtigen, so dass dieses Lösungsmittel in der Regel für die Darreichung im Glasbehälter oder als Riechstift nicht verwendet wird.

Laut DIN EN ISO 8586:2014-05 ist „das meistverwendete Verfahren [...] zur Schulung von Gerüchen immer noch die **Präsentation von geruchsaktiven Substanzen in Glasbehältern.**“ Zur Geruchsschulung standardisierter Aromastoffe werden folglich geruchlose, braune (farbliche Maskierung), verschleißbare Glasbehälter zunächst mit geruchslosem Paraffinwachs oder geruchsloser Watte bestückt, worauf dann die Geruchsstofflösung aufgebracht wird, so dass die Träger-substanz mit dem Riechstoff durchtränkt ist und dieser in den Gasraum des geschlossenen Glasbehälters verdampft. Zum Abriechnen wird der Deckel geöffnet und der in den Kopfraum „verdampfte“ Geruchsstoff kann vorsichtig durch mehrmaliges kurzes Schnüffeln, sensorisch erfasst werden. In einem geeigneten, sichtgeschützten und verschleißbaren Glasgefäß können außerdem Lebensmittelprodukte, wie z.B. ein Apfel oder aber auch Gewürze, Auszüge oder Aufgüsse, bedeckt von geruchloser Watte oder Paraffinwachs verwendet werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Aufnahme des **Riechstoffes über einen Papierstreifen**, der zur Geruchsprüfung in die Geruchsstofflösung eingetaucht wird.

Setzt man **industriell gefertigte Aroma-Kapseln** ein, die die standardisierte Geruchsreferenz beinhalten, so lassen sich die pulverförmigen, nano-verkapselten Aromen direkt in die Produktmatrix einbringen bzw. zu Stammlösungen für

Geruchsschulungen „verarbeiten“. Hierzu sind keine speziellen Laborkenntnisse bzw. -ausstattungen erforderlich. (Vgl. www.aroxa.com)

Eine weitere sehr conveniente Lösung zur Geruchsschulung stellen **Riechstifte** dar. Riechstifte sind im Prinzip mit Aromalösungen befüllte Faserstifte (vergleichbar mit den bekannten „Edding®-Stiften“). Die Lösungen der Geruchssubstanzen werden in standardisierter Konzentration in das Fasermaterial des Filters eingespritzt, wobei dieser vollständig durchtränkt wird. Der Filter wird dann in den Schaft gesteckt und mit dem Mundstück verschraubt (vgl. Abb. 7). Der Faserstift, der sich im Mundstück befindet, wird beim Verschrauben in den durchtränkten Filter gedrückt und



Abb. 7: Aufbau eines Riechstiftes

transportiert so die Riechlösung zur außenliegenden Spitze. Zum Schutz vor Austrocknung wird der Stift mit einer Kappe verschlossen. Zum Abriechnen der Geruchsprobe wird die Kappe vorsichtig abgezogen (NICHT aufdrehen!!!), und der Stift wird mit der Faserspitze unmittelbar unter die Nase gehalten, so dass der Aromaeindruck vorsichtig durch Schnüffeln aufgenommen werden kann. Die Haltbarkeit der Stifte ist abhängig von der Häufigkeit der Nutzung, vom fachgerechten Handling und von einer sachgerechten Lagerung. Stark flüchtige Aromen (z. B. Ammoniak, Acetaldehyd) oder oxidationsanfällige Aromen (z. B. Benzaldehyd) weisen eine geringere Haltbarkeit auf. Generell ist jedoch von einer Haltbarkeit von mind. 6 Monaten auszugehen. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass sich eine Aufbewahrung der Stifte in einer kühlen (ca. 5 °C) und dunklen Umgebung (z. B. Kühlschrank) optimal zum Qualitätserhalt eignet. Außerdem sollte nach jeder Nutzung darauf geachtet werden, dass nicht ein Stift versehentlich am Schaft aufgeschraubt wurde.

5. Einsatzmöglichkeiten von Geruchsstoffen zur Panelschulung

Die Europäische Norm DIN EN ISO 8586:2014-05 stellt einen Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung ausgewählter Prüfer und Sensoriker dar. In dieser Norm wird das Ziel der Panelschulung wie folgt beschrieben:

„[...] Prüfpersonen mit grundlegendem Wissen zu den in der sensorischen Analyse verwendeten Vorgehensweisen auszustatten und deren Fähigkeit zu entwickeln, sensorische Reize wahrzunehmen, zu erkennen, zu beschreiben und zu unterscheiden.“ [S. 15ff.]

Zur Schulung der Wahrnehmung und Erkennung von Aromen und Fehleraromen können verschiedene Methoden und Verfahren eingesetzt werden. Sämtliche Schulungsmaßnahmen zur Aromaerkennung bei Panelisten fokussieren, wie bereits beschrieben, auf die Entwicklung eines sensorischen Langzeitgedächtnisses, welches dann im Rahmen von sensorischen Prüfungen in der Lage ist, die aktuell erfassten Gerüche mit Gelerntem und früheren Erfahrungen in Beziehung zu setzen und nachvollziehbare, verlässliche Untersuchungsergebnisse zu liefern.

Bevor die Prüfpersonen für die angestrebte Prüfung (Sensorik-Projekt) nach den Empfehlungen dieses Leitfadens geschult werden können, müssen zunächst potentielle Panelisten, v.a. Personen mit Interesse an der objektiven Beurteilung von Lebensmitteln, rekrutiert werden. Daran schließt sich die Vorauswahl mit der Überprüfung der sensorischen Fähigkeiten der rekrutierten Personen an. Zudem werden die Kandidaten mit den Verfahren der sensorischen Analyse und den zu prüfenden Produkten und Materialien vertraut gemacht. Die Wahl der Prüfungen und des Materials ist abhängig vom geplanten Einsatzgebiet des Panels und den zu evaluierenden Eigenschaften.

Generell sind diese sensorischen Prüfungen in drei verschiedene Bereiche aufgeteilt. Der erste Bereich ermittelt Defizite und Schwächen der Geruchswahrnehmung durch physiologische Beeinträchtigungen (Anosmie – Beeinträchtigung des Geruchssinnes) sowie die sensorische Empfindlichkeit der Sinnesorgane. Hier wird also die generelle Eignung einer Person für sensorische Prüfungen festgestellt.

Im zweiten Bereich werden die Fähigkeiten der Personen zur Geruchserkennung sowie zur qualitativen Geruchsdifferenzierung und zur Geruchsbeschreibung geprüft. Letzteres ist insbesondere auch für deskriptive Panels relevant, die bzgl. ihrer sprachlichen Ausdrucksfähigkeit zur Geruchsbeschreibung geschult werden müssen.

Im dritten Bereich wird die Geruchsempfindlichkeit gegenüber ausgewählten Substanzen oder Substanzgemischen getestet. Dies ist für Panels relevant, die möglichst empfindlich ein Fehleroma oder bestimmte wertgebende Aromen erkennen sollen. Darüber hinaus wird die Unterscheidungsfähigkeit von geringen Intensitätsunterschieden eines Geruches geprüft, da dies die Voraussetzung zur Intensitätsbewertung eines Geruches darstellt.

Nachfolgend soll aufbauend auf den o.g. Vorgaben ein Einblick in verschiedene Möglichkeiten der Geruchsschulung bzw. über ein orthonasales Aromatraining gegeben werden. Diese sensorischen Prüfungen sind neben der Auswahl von Prüfpersonen auch zur Schulung /Vorbereitung auf Prüfaufgaben und zur Überwachung der Prüferqualität einsetzbar. Jeder Pannelleiter muss die Art und Anzahl der Prüfungen vergleichbar mit einem Baukastensystem individuell festlegen. Weiterführende Details zu den hier angesprochenen Methoden sind darüber hinaus den jeweiligen DIN-Normen zu entnehmen.

5.1. Erfassung physiologischer Beeinträchtigungen und Schwächen in der Empfindlichkeit der Geruchswahrnehmung (Screeningtest)

Zur Identifizierung von spezifischen Anosmien (fehlende Aromawahrnehmung z.B. Non-Smeller von Androstenon) oder verminderter Geruchswahrnehmung u. a. altersbedingt oder infolge von Erkrankungen des Geruchssystems, werden auf Geruchsstoffen basierende Screeningtests eingesetzt. Diese erfolgen in der Regel im Rahmen der Vorauswahl von Prüfpersonen und sollen dazu beitragen, Personen mit sensorisch-physiologischen Defiziten „heraus zu selektieren“, so dass im Prüferpanel Fehlbewertungen durch Nicht-Erkennen der Reize ausgeschlossen werden. Das Screening bezieht sich in der Regel sowohl auf die qualitative Aromaerkennung als auch darauf, Aromen in geringer Intensität in der Nähe ihrer Erkennungsschwelle wahrzunehmen. Diese Eignungsprüfung besteht meistens aus mehreren Prüfungen, die z.T. auch miteinander kombiniert werden.

5.2 Prüfungen zur Geruchserkennung und -beschreibung

Wie bereits erwähnt, ist vor allem für Teilnehmer eines deskriptiven Panels der Aufbau eines Geruchsgedächtnisses relevant sowie die Fähigkeit, unbekannte Gerüche sprachlich zu beschreiben. Das Geruchsgedächtnis befähigt die Prüfer, wichtige Aromen zuverlässig wiederzuerkennen, sowohl verbal als auch in der Zuordnung von Geruchsproben (siehe Matching-Test).

5.2.1 Geruchserkennungstest mit standardisierten oder nicht-standardisierten Aromen

Bei der Geruchserkennung wird ermittelt, ob ein Prüfer Geruchsproben einer Beschreibung richtig zuordnen kann (gestützte Prüfung). Im Rahmen des Screenings wird häufig ein Geruchserkennungstest mit standardisierten Aromen durchgeführt. Dabei werden den Prüfern gleichzeitig standardisierte Gerüche in Form von isolierten Einzelaromen zum Abriechen und zur Geruchserkennung vorgelegt. Die Anzahl der Proben sollte dabei 7 bis 9 nicht übersteigen, um das Geruchssystem nicht zu überlasten. Dabei werden die Proben zeitgleich an den Prüftisch gebracht und parallel verkostet. Auf einem standardisierten mit den jeweiligen Geruchsattributen versehenen Prüfprotokoll wird nach dem Abriechen die zutreffende Aromabeschreibung angekreuzt. (Vgl. Abb. 8)

Code	fischig	grasig, grün	heuig, strohig	erdig, modrig	Kork, muffig
690					
480					
446					
655					
332					
194					

Abb. 8: Mustertabelle im Prüfprotokoll für die Geruchserkennungsprüfung (gestützte Prüfung)

Geruchserkennungstests können nicht nur mit definierten Einzelsubstanzen oder definierten Substanzmischungen durchgeführt werden, sondern auch mit nicht-standardisierten Aromen. Dabei erzeugt man die nicht standardisierten Gerüche i.d.R. durch Gewürze oder Lebensmittel bzw. Teile von Lebensmitteln, in denen die zu erkennenden Aromen nicht in isolierter Form vorkommen, sondern in eine Matrix eingebunden sind. Teilweise ist diese Art der Geruchserkennung einfacher für die Probanden, da z. B. im Lebensmittel die komplexe Mischung aller typischen aromaaktiven Substanzen vorhanden ist und nicht nur ein Schlüsselaromastoff.

5.2.2 Matching-Test

Eine weitere, einfachere Variante der Erkennungsprüfungen ist der Matching-Test, von dem es viele Modifikationen gibt. So können den Prüfpersonen zunächst verschiedene Proben von Geruchsreferenzen zur Schulung und „Gewöhnung“ vorgelegt werden. Anschließend erhalten sie eine Reihe von codierten Proben gereicht, die den Geruchsreferenzen im Originalset zugeordnet werden müssen. Bei einer weiteren einfachen Variante erhalten die Prüfer 6 bis 10 codierte Proben, von denen jeweils 2 bis 3 den gleichen Aromastoff enthalten. Die Prüfer müssen diese zunächst sortieren bzw. gruppieren und den Geruch ggf. beschreiben.

5.2.3 Beschreibende Prüfung

Mit der beschreibenden Prüfung wird die verbale Beschreibung von unbekanntem Gerüchen geübt. Im Unterschied zur Erkennungsprüfung (siehe 5.2.1, Abb. 8) werden keine Geruchsattribute zur Auswahl vorgegeben. Eine beschreibende Prüfung ist auch Bestandteil einer Profilprüfung. Es kommt dabei nicht auf das genaue Erkennen der vorgelegten chemischen Substanz, sondern auf eine möglichst objektivierbare Beschreibung der sensorischen Empfindung an, so dass hierbei i.d.R. die Methode der „Einfach beschreibenden Prüfung“ zur Anwendung kommt. Denn genau die Fähigkeit der sensorischen Ausdrucksfähigkeit wird benötigt, um anhand von vorgelegten Produktproben ein das jeweilige Produkt in seinem Aromaprofil beschreibendes Vokabular zu entwickeln. Diese Art der Prüfung ermöglicht darüber hinaus weitere vielfältige Variationen. So können den Prüfern als Hilfestellung ein Aromarad oder auch Attributlisten mit möglichen Deskriptoren zur Verfügung gestellt werden.

Code	Geruchsassoziation
690	
480	
446	
655	
332	
194	

Abb. 9: Mustertabelle im Prüfprotokoll für die einfach beschreibende Prüfung zur Geruchsbeschreibung

5.3 Geruchsempfindlichkeit und Intensitätsbewertung

In der Praxis kann es erwünscht sein, Fehleraromen möglichst empfindlich mit Hilfe eines Panels nachzuweisen. Von Interesse ist hierbei die Ermittlung der Geruchsempfindlichkeit gegenüber ausgewählten Substanzen in Form der Reiz-/Wahrnehmungs- und der Erkennungsschwelle. Für eine Intensitätsbewertung muss der Prüfer in der Lage sein, geringe Intensitätsunterschiede zuverlässig zu erkennen, was unter anderem durch Diskriminierungsprüfungen und durch die Ermittlung der Unterschiedsschwelle erreicht werden kann.

5.3.1 Geruchsempfindlichkeit

Zur Beschreibung der Geruchsempfindlichkeit kann man die Reizschwelle und die Erkennungsschwelle eines Prüfers für einen Geruchsstoff bestimmen. Diese Schwellenwerte können je nach verwendetem Medium sehr unterschiedlich

Prüfauftrag zur Ermittlung des Schwellenwertes:

Prüfen Sie jede Probe der Reihe nacheinander von links nach rechts und beschreiben Sie Ihren Eindruck mit folgenden Notationssymbolen und, sofern Sie das Aroma erkannt haben, beschreiben Sie es verbal:

- 0 = kein Geruchseindruck wahrgenommen;
 ? = eine Veränderung wurde festgestellt, kann aber nicht definiert werden (Reiz-/ Wahrnehmungsschwelle);
 X = Geruchseindruck erkannt; bitte benennen (Erkennungsschwelle);
 XX = Geruchseindruck ist im Vergleich zur vorherigen Probe stärker geworden. (Unterschiedsschwelle)
 XXX = Geruchseindruck ist erneut stärker geworden. Bei jeder folgenden Probe bei der dies der Fall ist, ein Kreuz ergänzen.

Ein Rückverkosten ist nicht zugelassen.

Reihenfolge der Proben	Grundprobe	121	122	123	124	125	126
Notationssymbol							
Aromaeindruck							

Abb. 10: Auszug einer Tabelle aus dem Prüfprotokoll einer Schwellenprüfung

sein: So können zwischen den Erkennungsschwellen eines Aromastoffes in Luft, Wasser und Bier mehrere Zehnerpotenzen liegen. Auch gibt es Unterschiede zwischen der orthonasalen (Abriechen einer Lösung) und retronasalen Wahrnehmung (Verkostung) eines Aromastoffes.

Zur Durchführung der Erkennungsschwellenbestimmung wird eine Prüfsubstanz in aufsteigender Konzentration zum Abriechen bzw. Verkosten aufgestellt. Ein Rückverkosten ist nicht erlaubt. Eruiert wird dabei zunächst, ab welcher Konzentration ein Geruchseindruck verspürt wird (Reiz-/ Wahrnehmungsschwelle). Dann wird bei steigender Konzentration weiter abgerochen/verkostet und jeweils angegeben, wenn ein Konzentrationsunterschied festgestellt wird. Sofern der Geruch eindeutig erkannt ist, notiert der Prüfer, um welchen Geruch es sich handelt (Erkennungsschwelle) und testet die Reihenfolge zu Ende. Die Erfahrungen zeigen, dass häufig bei einer Wiederholung dieser Prüfung die Gefahr besteht, dass die Prüfer raten und sich nicht auf den eigentlichen Test konzentrieren. Alternativ kann die Reiz- oder Erkennungsschwelle mit einer Diskriminierungsprüfung wie dem Duo- oder Triangeltest zusätzlich abgesichert bzw. verifiziert werden. Empfehlungen zu den einzelnen Konzentrationen der Lösungen bzw. Erkennungsschwellen und Auswertmöglichkeiten sind in der DIN 10959 aufgeführt. (Vgl. Abb. 10)

5.3.2 Erkennen von Intensitätsunterschieden

Neben der qualitativen Erkennung von Gerüchen ist im Rahmen des Prüferscreenings und des -monitorings auch die Erkennung von Intensitätsunterschieden bei standardisierten Gerüchen bedeutend. Diese Fähigkeit ist die Voraussetzung zur Intensitätsbewertung von Aromen.

Zur Überprüfung der Fähigkeit, Intensitätsunterschiede zu erkennen, können im Prinzip alle Diskriminierungsprüfungen (Unterschieds- oder Vergleichsprüfungen) eingesetzt werden (weiterführende Informationen diesbezüglich siehe DLG-Expertenwissen Sensorik 1/2010: Unterschiedsprüfungen unter www.DLG.org/expertenwissen_sensorik.html). Insbesondere bieten sich Paarvergleichsprüfungen und Dreiecksprüfungen (Triangeltest) mit einem standardisierten Aroma in zwei Konzentrationen an. Wenn mehr als zwei Konzentrationen verglichen werden sollen, kann die Rangordnungsprüfung verwendet werden: Im Rahmen dieser Prüfung werden mindestens drei Proben eines Aromastoffes mit unterschiedlichen Konzentrationsstufen erstellt, die den Panelisten zeitgleich zur Prüfung gereicht werden. Die Prüfaufgabe besteht dann darin, die Proben nach ihrer wahrgenommenen Geruchsintensität in aufsteigender Konzentration anzuordnen (Rangordnung) und diese Intensitätsabfolge anhand der Probennummern zu notieren (Vgl. Abb. 11). Der für die Unterschiedsprüfung ausgewählte Aromastoff sollte für das später zu prüfende Produkt von Bedeutung sein (Vgl. Tabelle 12). Weiterführende Informationen sind der DIN ISO 8587: 2010-08 Sensorische Analyse - Prüfverfahren – Rangordnungsprüfung zu entnehmen.

Ordnen Sie bitte die Ihnen gereichten Prüfproben (Code-Nummern) nach ihrer Intensität in der Tabelle ein.

Geruchsintensität

Code-Nr. der Probe							
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--



gering/schwach hoch/stark

Abb. 11: Auszug aus dem Prüfprotokoll einer Rangordnungsprüfung zur Erfassung der Geruchsintensität (Linienskala)

5.3.3 Intensitätsbewertung

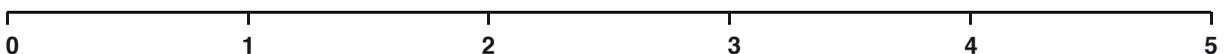
Die Intensität eines Geruchsstoffes wird anhand einer vom Prüfleiter vorgegebenen Skala bewertet. Zur Anwendung kommen dabei sowohl ordinale Skalen (verbale Beschreibung der Merkmalsausprägung, z. B. gering – hoch (z. B. Abb. 11) als auch metrische Skalen (in Zahlen definierte Merkmalsausprägung, z. B. 0 bis 5, siehe Abb. 12). Die Anwendung der Intensitätsskala ist Gegenstand einer Prüferschulung. Intensitätsbewertungen sind Bestandteil der Profilprüfungen sowie der Prüfungen von Bauprodukten oder Lebensmittelkontaktmaterialien auf ungewollte Geruchsstoffe. Hilfreich für eine Intensitätsschulung sind neben einer verbalen Beschreibung der Intensität auch Referenzmaterialien für bestimmte Intensitätsstufen oder eine ganze Rangfolge von Intensitätsstufen mit einem ausgewählten Aroma.

Im Anschluss an die Intensitätsschulung für einzelne Aromastoffe, erfolgt das produktspezifische Training. Je nach Zielsetzung und Einsatzmöglichkeiten des Panels werden hierzu verschiedene Produktvarianten zum Test angeboten. Zu beachten ist, dass die Prüfabfolge idealerweise in dreifacher Wiederholung evaluiert wird, denn durch das Sichten der so gewonnenen Daten und durch den Abgleich von Kennzahlen zur Pannelleistung ist eine finale Selektion der ausgewählten Panelisten möglich.

Solche Prüfer, die zwischen den Wiederholungen in den Prüfergebnissen eine hohe Standardabweichung aufweisen bzw. nicht gut zwischen den Produkten diskriminieren können, sind für ein quantitatives Panel ungeeignet. Panelisten, die nur geringe Schwierigkeiten diesbezüglich aufweisen, können über weitere produktspezifische Trainingseinheiten entsprechend qualifiziert werden.

Ordnen Sie bitte die Ihnen gereichten Prüfproben (Code-Nummern) nach ihrer Intensität auf der nachfolgenden Skala ein.

Geruchsintensität



Erklärung:

- 0 = nicht wahrnehmbar
- 1 = schwach / nicht erkennbar
- 2 = mäßig wahrnehmbar
- 3 = deutlich wahrnehmbar
- 4 = stark wahrnehmbar
- 5 = sehr stark wahrnehmbar

Abb. 12: Auszug aus dem Prüfprotokoll zur Intensitätsbewertung: Muster-Skala zur Erfassung der Geruchsintensität eines definierten Aromas

Fazit:

Ziel dieses Expertenwissens war es, einen Einblick in die olfaktorische Wahrnehmung und in allgemeine Grundlagen zur Charakterisierung von Aromen zu geben sowie einen Überblick der wesentlichen Methoden zur Geruchsschulung bei Panelisten darzustellen. Es wurde deutlich gemacht, dass neben der regelmäßigen Schulung und Überprüfung der Kenntnis der Grundgeschmacksarten, insbesondere auch die Aromaschulung bei der Qualifizierung sensorisch-analytischer Panelisten eine bedeutende Rolle spielen sollte. Vorgestellt wurden verschiedene Bausteine der Geruchsschulung, die sowohl bei der Auswahl als auch bei der Schulung und im Rahmen eines Monitoring-Programmes Einsatz finden können. Startet man zunächst mit dem Einsatz isolierter Geruchsreferenzen, so kann man mit zunehmendem Wissensstand und entsprechender sensorischer Erfahrung sukzessive dazu übergehen, die Aromen in der Lebensmittelmatrix zu schulen, was sich in der Regel als komplexer und damit schwieriger erweist. Je nach Aufgabenstellung des Panels und auf Basis der definierten Leistungsfaktoren und Anforderungen an die Panelisten lässt sich damit ein fokussierter Schulungsplan konzipieren und mit Hilfe einer fortlaufenden Leistungsüberwachung stetig an den sensorischen Kenntnisstand der Panelisten anpassen bzw. die Leistungsfähigkeit des Panels sukzessive steigern. Das Gebiet der Aromalehre und Aromaschulung ist überaus komplex und bietet nicht nur in der Humansensorik, sondern auch im Bereich der „Instrumentellen Sensorik“ zukünftig noch viel Entwicklungspotenzial und weiteren Diskussionsbedarf.

Literatur (Auswahl):

- Mleczko, M., HS Anhalt: Panelschulung: Einsatz von standardisierten Geruchsproben zur Schulung der Geruchserkennung im Lebensmittelbereich (Bachelorarbeit 2015)
- Uhl, M., HS Geisenheim: Erstellen eines Leitfadens für das Fachvokabular von Getränken (Bachelorarbeit 2015)
- Legrum, W., Riechstoffe zwischen Gestank und Duft, Springer Verlag 2015
- Hans-Dieter Belitz, Werner Grosch: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, Springer, Berlin, 3. Aufl. 1987, S. 274
- Vilgris, T.; Vierich, T., Aroma: Die Kunst des Würzens, Stiftung Warentest, 2013
- Busch-Stockfisch, M., Kapitel 2: Prüferauswahl und Schulung in Praxishandbuch Sensorik, Behrs Verlag GmbH & Co.KG, Hamburg
- DIN EN ISO 8586: 2014-05 „Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung ausgewählter Prüfer und Sensoriker“
- Derndorfer, Eva, Lebensmittelsensorik, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 2010
- DLG-Expertenwissen „Sensorische Analyse“, www.DLG.org/expertenwissen_sensorik.html
- Bargs-Stahl, E.; Luck-Haller, Dr. E., - <https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal-sinne/inhalt/hintergrund/der-geruchssinn/mensch.html> (Zugriff: 25.05.2016)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Riechschleimhaut>, Zugriff: 19.07.2016
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Riechkolben>, Zugriff: 19.07.2016

Autoren:

Prof. Dr. Thomas Simat, Professur für Lebensmittelkunde und Bedarfsgegenstände, TU Dresden, Dresden

Bianca Schneider-Häder, DLG e.V., Frankfurt/M.

Marco Uhl, Bachelor-Absolvent 2015, HS Geisenheim University, Institut für Weinanalytik und Getränkeforschung, Geisenheim, Betreuer: Dr. C.-D. Patz

Martina Mleczko, Bachelor-Absolventin 2015, HS Anhalt, FB Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung, Bernburg; Betreuerin: Prof. Dr. D. Hanrieder

© 2016

Alle Informationen und Hinweise ohne jede Gewähr und Haftung. Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder – auch für den Zweck der Unterrichtsgestaltung – nur nach vorheriger Genehmigung durch DLG e.V., Marketing, Eschborner Landstraße 122, 60489 Frankfurt am Main.

Bestellmöglichkeit Riechstifte und Sensorikstifte-Sets

Sensorikstifte-Sets (jeweils 10 Aromareferenzen)

- Set 1: Auswahlprüfung nach DIN EN ISO 8586 - blumig-fruchtig-pflanzlich
- Set 2: Auswahlprüfung nach DIN EN ISO 8586 - röstig-tierisch-würzig
- Set 3: TOP 10 Lebensmittelfehleraromen
- Set 4: Auswahlprüfung Molkereiprodukte nach DIN ISO 22935-1
- Set 5: Aromareferenzen tierisch-würzig, streng, deftig



Riechstifte aus dem Bereich Bedarfsgegenstände

TU Dresden –
 Professur für Lebensmittelkunde und Bedarfsgegenstände
 Prof. Dr. Thomas Simat
<https://www.chm.tu-dresden.de/lc2/index-die.shtml> (Bestellschein)
 riechstifte@mailbox.tu-dresden.de



DLG-Verlag GmbH
 Eschborner Landstraße 122
 60489 Frankfurt
 Tel: 069 24 788 451
 Fax: 069 24 788 484
 dlg-verlag@dlg.org
www.dlg-verlag.de/shop/

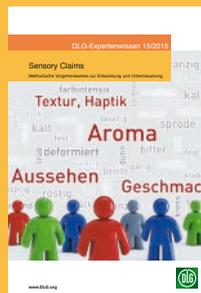
DLG-Expertenwissen: Kompakte Informationen zu aktuellen Themen der Lebensmittelbranche

Expertenwissen, Trends und Strategien aus erster Hand. In zahlreichen Publikationen informiert die DLG regelmäßig über aktuelle Themen und Entwicklungen in den Bereichen Lebensmitteltechnologie, Qualitätsmanagement, Sensorik und Lebensmittelqualität.

In der Reihe „DLG-Expertenwissen“ greifen Experten aktuelle Fragestellungen auf und geben kompakte Informationen und Hilfestellungen.

Die einzelnen Ausgaben der DLG-Expertenwissen stehen als Download zur Verfügung unter: www.DLG.org/Publikationen.html.

Weitere Informationen zu den DLG-Expertenwissen: DLG e.V., Marketing, Guido Oppenhäuser, G.Oppenhaeuser@DLG.org



DLG e.V.
Fachzentrum Lebensmittel
 Eschborner Landstraße 122 · 60489 Frankfurt am Main
 Tel. +49 69 24788-311 · Fax +49 69 24788-8311
 FachzentrumLM@DLG.org · www.DLG.org