

**DLG-Expertenwissen 1/2009**

# **Sinnesphysiologie des Menschen**

**Sensorisch erfassbare Produktmerkmale**



# Sinnesphysiologie des Menschen – Sensorisch erfassbare Produktmerkmale

Über die fünf Sinnesorgane unseres Körpers hat der Mensch die Möglichkeit, Zustände und Vorgänge in der Umwelt wahrzunehmen und Lebensmittel mit ihren vielfältigen sensorischen Merkmalen zu erfassen. Mit Augen, Ohren, Nase, Zunge und Haut empfangen wir Reize, übersetzen sie in elektrische Nervenimpulse und geben diese an das Gehirn weiter. Dort werden sie in bestimmten Regionen verarbeitet, mit Erfahrungen, bereits Gelerntem verknüpft und interpretiert und so als Bilder und Bewegungen, Geräusche, Gerüche, Geschmack, Temperatur und Berührung wahrgenommen. Der physiologische Sinnesindruck wird folglich immer von psychologischen Parametern, wie Erfahrungen, Gelerntem und Gefühlen begleitet und erst das Zusammenwirken beider Faktoren ermöglicht die menschliche Sinneswahrnehmung.

Fünf Grundgeschmacksarten und mehr als 10.000 Geruchsstoffe, ca. 400.000 verschiedene Farben, eine Vielzahl von Tönen und vielfältige Struktureigenschaften lassen sich über die fünf menschlichen Sinne aufnehmen und mit Hilfe der Gehirnareale verstehen, interpretieren und bewerten.

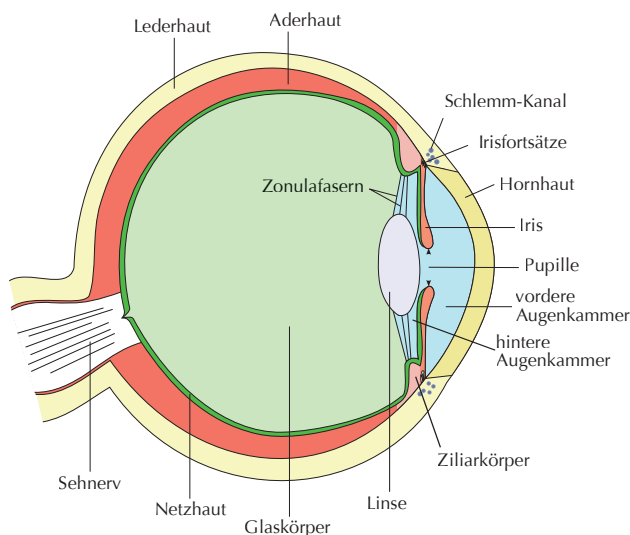
## Die Augen

Wichtigstes Sinnesorgan des Menschen sind die Augen, die für etwa 70 Prozent der täglichen Wahrnehmungen verantwortlich sind. Der Gesichtssinn ist ein visueller Sinn, ein Fernsinn. Er nimmt eine primäre Stellung bei der Beurteilung eines Lebensmittels und somit beim Aufbau einer Produkterwartung ein, denn die mit den Augen erfassten Sinneswahrnehmungen erfolgen noch vor der Erfassung von Geruch und Geschmack. Darüber hinaus sind ca. 50-60% des Gehirnes mit der Verarbeitung von visuellen Eindrücken beschäftigt. Die Augen nehmen Farbe (Farbton, Helligkeit, Farbsättigung und Intensität), Form, Größe und Struktur von Lebensmitteln

wahr. Sie verschaffen sich den ersten, oft entscheidenden Eindruck über die Qualität und Genusstauglichkeit eines Lebensmittels, meist noch bevor andere Sinne in Aktion treten. Kräftige Farben signalisieren wertvolle Zutaten und Frische, blasse Farben verleiten zur Abwertung und lösen im Gehirn eine automatische Ablehnung aus. Der Gesichtssinn ist damit auch ein Warnsystem, denn er schützt vor dem Verzehr von verdorbenen Lebensmitteln.

Die Funktion der Augen und der Sehvorgang als solches sind sehr komplex. Das auf das Auge treffende Licht gelangt durch die Hornhaut, die Linse und den Glaskörper auf die Netzhaut. Die Linse bündelt das einfallende Licht, und durch ihre unterschiedlichen Krümmungsgrade wird das Bild „scharf“ eingestellt. Die Regenbogenhaut (Iris) kann sich unterschiedlich weit öffnen und dadurch die Intensität eines einfallenden Lichtstrahls regulieren. Rezeptorzellen auf der Netzhaut (Retina), die sogenannten Stäbchen und Zapfen (Fotorezeptoren), erfassen die Sinneseindrücke (hell/dunkel, Farbe, Form ...) und wandeln das Licht in elektrische Nervenimpulse um. Über den Sehnerv werden diese Impulse an die entsprechenden Sehzentren im Gehirn weitergeleitet. Aus der Summe der übertragenen Nervenimpulse erzeugen sie dort das Bild, das wir als Ausschnitt der Realität betrachten.

Durch die Verknüpfung des Gesehenen mit Erfahrungen und Gefühlen wird das Lebensmittel erkannt, und die Entscheidung hinsichtlich des Lebensmittelverzehr getroffen. Innerhalb von 24 Stunden bewegen sich die Augenmuskeln etwa eintausendmal; damit sind sie aktiver als alle anderen Muskeln des menschlichen Körpers. Durch diese vielfältigen Funktionen kann der Sehsinn die chemischen Sinne Geruch und Geschmack dominieren. Da es sich bei dem visuellen Sinn um einen Fernsinn handelt, können Reize über weite Distanzen wahrgenommen werden.



## Die Nase

Wurde das Lebensmittel visuell erfasst, gelangen weitere Produktinformationen über die Gerüche zur Nase. Der Geruchssinn arbeitet ebenfalls als Warnsystem und schützt vor dem Verzehr von verdorbenen Lebensmitteln. Er ist ein Fernsinn, denn als Trägermedium fungiert die Luft, die den Geruch über weite Entfernungen transportieren kann.

Der Geruchssinn ist zudem ein chemischer Sinn, denn die Geruchswahrnehmungen werden durch lösliche und flüchtige chemische Stoffe hervorgerufen. Flüchtige chemische Verbindungen geben uns wichtige Informationen über die Frische von Lebensmitteln, vor allem bei Fleisch, Gemüse und Obst. Der Mensch kann mindestens 10.000 Duftstoffe wahrnehmen; allerdings ist die Geruchserkennung wie die Geschmackswahrnehmung stark von der Erziehung und Erfahrung abhängig. Man unterscheidet sieben Primärgerüche: ätherisch, kampferartig, moschusartig, blumig, minzig, stechend, faulig und schwei-

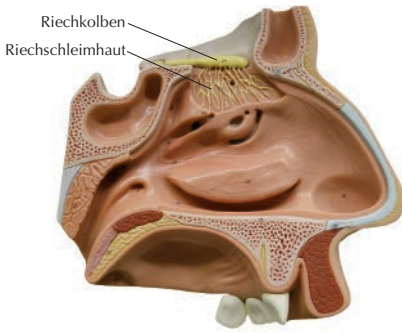


Fig. Viele Substanzen können auch in sehr niedrigen Konzentrationen wahrgenommen werden.

Der Geruchssinn steht mit dem Geschmackssinn in enger Verbindung. Allerdings ist die Sensibilität

der Geruchsrezeptoren viel höher als die der Geschmacksrezeptoren. Die Riechsinneszellen, die als Rezeptoren für die Reizaufnahme verantwortlich sind, befinden sich in der Riechschleimhaut. Mit Hilfe von Rezeptormolekülen in den Membranen der komplex zusammengesetzten Sinneszellen, werden chemische Reize erkannt und als elektrisches Signal über Nervenfasern in den Riechkolben geleitet. Hier erfolgt eine erste Sortierung und Aufbereitung, bevor die Riechinformationen an die verschiedenen Gehirnregionen weitergeleitet werden. Durch den Vergleich bisheriger wahrgenommener Duftmerkmale erfolgt im Gehirn eine Einordnung des aufgenommenen Geruchs im Zusammenhang mit dem visuell erfassten Produkt. Das Lebensmittel wird erkannt und bewertet.

Die Nasenflügel folgen einem raffinierten System der Arbeitsteilung: Sie wechseln sich alle drei bis vier Stunden ab, so dass immer nur eines der beiden Nasenlöcher riecht und atmet, während das andere eine Ruhepause hat. Da die Atemluft oft nicht ausreicht, um das Riechzentrum genügend anzuregen, bewegt man im Rahmen von sensorischen Verkostungen die Luft durch „Schnüffeln“, so dass sich dann im oberen Nasenraum kleine Wirbel bilden, die die Gerüche stärker wirken lassen.

Geruch wird sowohl, wie zuvor beschrieben, über Rezeptoren / Sinneszellen in der Riechschleimhaut der Nase (orthonasales Riechen) als auch über die Mundhöhle und das dortige Riechepithel empfangen (retronasales Riechen, von hinten). Mundhöhle und Nasenhöhle sind durch eine Öffnung miteinander verbunden, so dass vor allen Dingen nach dem Schlucken, beim Ausatmen Aromastoffe aus der Nahrung bzw. die der Speisebrei abgibt, über diese Verbindung in den Rachen bis zur Riechschleimhaut gelangen. Wir riechen und schmecken also gleichzeitig. Sofern man sich beim Kauen zunächst die Nase zuhält und sie dann wieder öffnet und ein- bzw. ausatmet, verändert sich der Geschmack. (Skramlik Test)

Gerüche haben einen beträchtlichen Einfluss auf unser Gedächtnis. Durch Geruchseindrücke kann es dazu kommen, dass man sich längst zurückliegende Ereignisse wieder ins Gedächtnis holt. Eine weitere Eigenschaft des Geruchssinnes ist die Schwierigkeit des Menschen, die erfahrenen Geruchswahrnehmungen zu beschreiben und in Worte zu fassen.

## Die Zunge

Der Geschmackssinn öffnet dem Menschen über den Mund, die Zunge und die dortigen Geschmacksrezeptoren die Tür zum Erkennen und zum sinnlichen Genuss von Lebensmitteln. Der Geschmackssinn ist ein chemischer Sinn und ein Nahsinn, denn

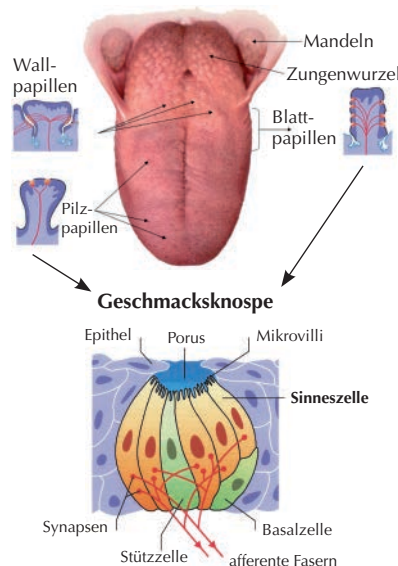
erfassen lassen sich die wasser- bzw. speichellöslichen chemischen Inhaltsstoffe der Lebensmittel nur dann, wenn sie direkt auf die Regionen der Zunge gelangen. Durch das Zerkleinern und Einspeicheln beim Kauen lösen sich die verschiedenen Inhaltsstoffe der Speisen und entfalten ihr volles Aroma.

Der Mensch kann über die Zunge und Rachenregion fünf Grundgeschmacksarten erfassen: Süß, salzig, sauer, bitter und umami, einen herzhaft würzigen Geschmackseindruck, der in eiweißhaltiger Nahrung vorkommt und der durch die Aminosäure Glutamat hervorgerufen wird. Darüber hinaus lassen sich mittels der Zunge Textur und Temperatur von Speisen erfassen.

Die Zunge ist mit ihren längs und quer verlaufenden Muskelfasern sehr beweglich. Bei der Nahrungsaufnahme lenkt sie die Bestandteile zu den Zähnen und kontrolliert den Zerkleinerungsprozess. Sie mischt die zerkleinerte Nahrung, formt sie zu schluckbaren Portionen und befördert diese in den Rachen. Damit eine Substanz den Geschmackssinn stimulieren kann, muss sie an der Speichelbildung beteiligt bzw. leicht im Speichel gelöst sein. Am Zungenrand und Zungengrund, aber auch am weichen Gaumen, im Schlund und am Kehlkopf befinden sich verschiedene Papillen, die die jeweiligen Rezeptoren, d.h. die Geschmacksknospen enthalten. Die im Speichel gelösten Stoffe gelangen an die Geschmacksknospen und lösen an den dortigen Geschmackssinneszellen eine Reizung aus, sodass die Reiz-Weiterleitung und die Geschmackserkennung in den verschiedenen Regionen des Gehirns initiiert wird. Seitens der Papillen unterscheidet man die v.a. an der Zungenspitze liegenden kleinen Pilzpapillen von den eher am Zungengrund liegenden großen Wallpapillen und Blattpapillen.

Etwa die Hälfte aller Geschmacksknospen befindet sich in den Wallpapillen, was deren hohe Bedeutung signalisiert. Ein Superschmecker hat etwa 1.000 Geschmacksknospen pro cm<sup>2</sup> auf der Zunge, ein Normalkonsument etwa 200. Andere Konsumenten bringen es dagegen nicht einmal auf 11 bzw. 12 Knospen pro cm<sup>2</sup> auf der Zunge. Letztere benötigen sehr viele und sehr starke Reize, um etwas zu schmecken oder zu riechen.

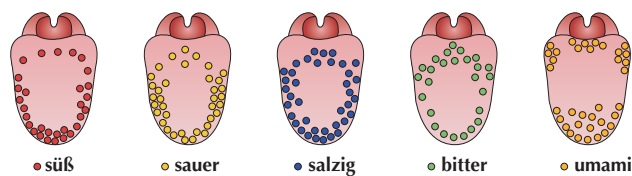
Die Anzahl der Geschmacksknospen nimmt mit zunehmendem Alter ab, allerdings gleicht die Erfahrung und das sensorische Gedächtnis diesbezüglich, den Verlust etwas aus. Betrachtet man die Zungenregionen und ihre Fähigkeit die Grundgeschmacksarten zu erfassen, so wird neueren Erkenntnissen zufolge deutlich, dass man über weite Zungenbereiche, v.a. auch an den Zungenrändern, alle Grundgeschmacksarten wahrnehmen kann. Salzig und bitter werden auch ver-



stärkt im hinteren Zungenbereich erkannt; umami intensiver im vorderen Zungenbereich. Die ursprüngliche Zungenlandkarte mit klar definierten Geschmacksregionen hat damit aus fachlicher Sicht ausgedient.

Im Rahmen einer sensorischen Prüfung werden die Lebensmittel in der Regel in mehreren kleinen Portionen verkostet. Oftmals nehmen die Prüfer die Lebensmittelbestandteile in den Mund und spucken nach der Entscheidungsfindung die Produktreste wieder aus. Wichtig ist es, zur Aufrechterhaltung der Geschmackswahrnehmung die Mund-, Zungen- und Rachenregion nach jedem Verzehr mit Hilfe von geschmacksneutralem Wasser oder speziellem Weißbrot von Probenresten zu befreien und die Geschmacksknospen zu neutralisieren.

## Zungenlandkarte



Bildquelle: Geschmackswelten, Prof. G. Hildebrandt, 2008

## Die Ohren

Der Gehörsinn ist ein Fernsinn und ein mechanischer Sinn, denn die Druckschwankungen werden nicht durch Botenstoffe vermittelt, sondern durch Bewegungen von Luft oder Knochen wahrgenommen. Der Gehörsinn gibt Hinweise bzgl. der Frische von Lebensmitteln. Mit dem Ohr werden Geräusche von außen und von innen wahrgenommen. Sofern man sich beim Kauen die Ohren zuhält, kann man die Geräusche noch lauter hören. Knuspert, knackt und kracht das Lebensmittel (z.B. Obst, Gebäck) nicht lange, laut oder intensiv genug beim Kauen, so ist dies ein Hinweis, dass das Lebensmittel nicht mehr frisch ist. Mit dem Ohr nimmt man nicht nur Töne und Geräusche wahr; es ermöglicht zudem, das Gleichgewicht zu halten. Denn das Innenohr beinhaltet neben dem Hörorgan auch das Gleichgewichtsorgan.

Beim Hören nimmt das Ohr Schallwellen auf und übersetzt sie in Nervenimpulse, die das Gehirn interpretiert. Die Schallwellen der Geräusche gelangen über die Ohrmuschel des Außenohres zum Trommelfell im Mittelohr, was dabei in harmonische Schwingungen versetzt wird. Dieses ist angebunden an einen Knöchelchen-Komplex bestehend aus Hammer-Amboss-Steigbügel, die wie eine Schallbrücke wirken, indem sie die Schallwellen bündeln und verstärken und anschließend an das ovale Fenster weiterleiten. Hier wechselt die mechanische Reizweiterleitung von der Luft ins wässrige Milieu der Haarzellen an der Schnecke (Innenohr). Die hier ausgelösten Reize werden über den Hörnerv in die Gehirnregionen weitergeleitet. Vibrationen mit hoher Frequenz „erlöschen“ vor jenen mit tiefer Frequenz. Dadurch, dass hohe Frequenzen weniger Rezeptoren stimulieren als niedrigere, ist eine Un-

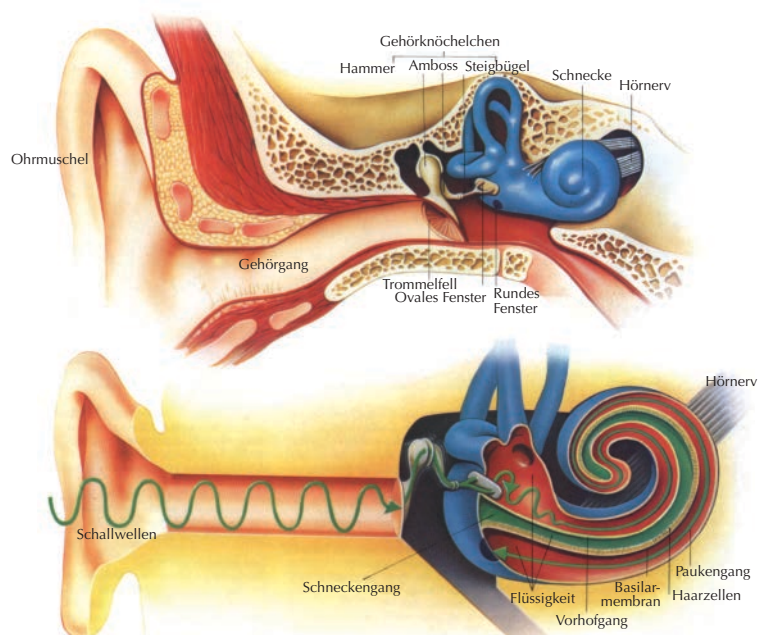
terscheidung verschiedener Töne möglich. Mit dem Gehörsinn ist es am schwierigsten Qualitätsmerkmale von Lebensmitteln zu erfassen.

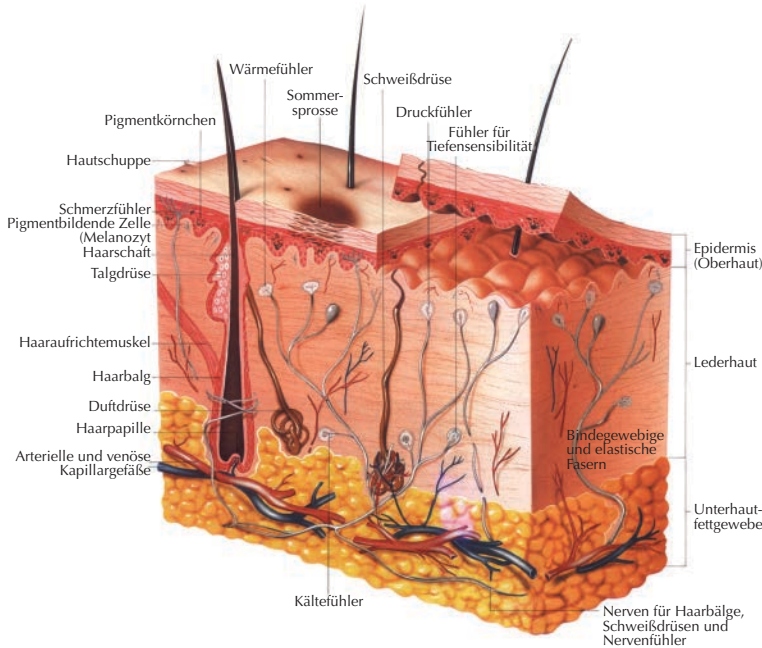
## Die Haut

Die Haut und die Schleimhäute geben uns die Fähigkeit, Berührungen, Druck, Schmerz, Spannung und Temperaturunterschiede wahrzunehmen. Der Tastsinn ist ein Nahsinn und der zweitwichtigste Sinn nach dem Gesichtssinn. Der jeweilige Reiz wird direkt über die Haut bzw. Schleimhaut aufgenommen. Rezeptoren, sogenannte Tastkörperchen, sind in der Haut des gesamten Körpers, in den Schleimhäuten und in der Mundhöhle verteilt. An den Fingerspitzen, im Mund und auf der Zunge sind besonders viele dieser Rezeptoren, so dass man hiermit sehr gut fühlen kann.

Unterteilen lässt sich die Haut in die Bereiche Berührungssinn/Tastsinn, Temperatursinn und Schmerzsinne. Der Berührungssinn bzw. Tastsinn vermittelt über Rezeptoren die Eindrücke für Druck, Berührung und Vibration empfinden. Die Rezeptoren für diese Empfindungen liegen in der Oberhaut und in der Lederhaut. Durch das Zusammenspiel der unterschiedlichen Berührungs- und Druckrezeptoren können Intensität, Dauer und Bereich der jeweiligen Berührung genau bestimmt werden. Der Temperatursinn ermöglicht über Warm- und Kaltrezeptoren in Haut und Unterhautgewebe temperaturabhängige Empfindungen für die Qualitäten „warm“ und „kalt“. Der Schmerzsinne hingegen vermittelt über freie Nervenendigungen der Haut und Gewebe unangenehme Empfindungen und Schmerzen wie stechend oder brennend.

Der Tastsinn auf der Zunge erfasst Eindrücke, die während des Kauens und Beißens entstehen. Verantwortlich dafür sind die Fadenpapillen, die über den Zungenrücken verteilt sind und keine Geschmacksknospen enthalten, sondern mechanische Reize übertragen. Über die Rezeptoren in der Mundhöhle, auf der Haut und den Schleimhäuten erhält das Gehirn Informationen die Produktmerkmale Struktur/Textur (Zartheit, Knackigkeit ...),





Ausschaltung des „Menschen als Prüfinstrument“. Allerdings stehen auch in Zukunft bei den meisten Unternehmen in der Lebensmittelbranche die menschlichen Sinne und ihre Analysefähigkeiten im Zentrum, wenn es um die Entwicklung und Beurteilung von Lebensmitteln geht. Denn keines der zuvor genannten technischen Analysegeräte kann bisher die Komplexität der menschlichen Sinneswahrnehmungen und die vielfältigen Ver-netzungen und Interaktionen bei der Verkostung von Lebensmitteln erreichen bzw. übertreffen.

Da in der Sensorik Menschen die Produkte prüfen, schwanken die Ergebnisse aufgrund der subjektiven Einschätzung der Testperson stärker im Vergleich zu technischen Messgeräten. Daher muss eine sensorische Entscheidung immer auf einem Gruppenergebnis basieren und je nach Methode eine entsprechende Anzahl von Prüf-personen einbinden. Werden geschulte Prüfer für analytische Sensorik-Prüfungen eingesetzt, ist deren sensorische Leistungsfähigkeit wie bei allen anderen analytischen Messinstrumenten maßge-

Form (rund, kantig ...), Konsistenz (flüssig, fest ...) und Temperatur (heiß, kalt ...) betreffend.

Die Sensorik (nach DIN 10950) ist die Wissenschaft vom Ein-satz menschlicher Sinnesorgane zu Prüf- und Messzwecken.

Elektronische Zungen und elektronische Nasen sind hochentwickelte Sensorsysteme, die digitale Abdrücke von Geschmacksprofilen bzw. Gerüchen liefern. Sie werden im Rahmen der industriellen Lebensmittelherstellung zunehmend für die Qualitätskontrolle und Produktentwicklung genutzt. Ob im Weinbereich zur rascheren und kostengünstigeren Abwick-lung der Qualitätskontrolle oder ob im Bereich der Beurteilung des Reifegrades von Früchten, wo normalerweise die Frucht zur Reifebewertung zerstört werden müsste, die alternativen Sensorensysteme der elektronischen Zungen und Nasen haben hier bereits ihren Einsatzbereich gefunden. Krustimeter helfen seit einigen Jahren in der Keks- und Crackerindustrie die Kau-geräusche aufzuzeichnen, die dann als akustischer Fingerprint in Form einer Hertzzahl archiviert werden. Und Mikrostruktur-techniker sind den Geheimnissen der Textur auf der Spur und versuchen den Tastsinn der Zunge und dessen Einfluss auf die Lebensmittelwahrnehmung genauer zu analysieren. Einige der intelligenten Sensoren, wie z. B. die elektronische Nase kann bereits – ganz dem menschlichen Vorbild entsprechend – aus Erfahrungen lernen und sich dadurch ständig verbessern.

Dies sind nur einige Beispiele, die aufzeigen, wie man im Lebensmittelbereich versucht, den sensorischen Lebensmitteleigenschaften auf die Spur zu kommen und sie mittels moderner Technologien zu beschreiben. Ziel ist hierbei einerseits die Kosten- und Aufwandsreduktion bedingt durch den Wegfall der Prüferauswahl, -rekrutierung und -schulung sowie die stan-dardisierte, automatisierte Ergebnisauswertung, aber auch die Erreichung einer höheren Objektivität und Genauigkeit durch

bindend. Sinneseindrücke hängen einerseits von den angeborenen sensorischen Fähigkeiten ab, die mit zunehmendem Alter ab-nehmen und auch vom zu hohen Konsum von Genussmitteln beeinträchtigt werden. Andererseits bestimmt die Menge der im Gehirn gespeicherten persönlichen Erfahrungen über die sensorische Erziehung, das Geschmacks-, Geruchs-, Gehör- und Getastempfinden einer jeden einzelnen Person. Sensorische Schulungen und Trainingsprogramme können helfen, die Stärken und Schwächen im Hinblick auf die sensorischen Fähigkeiten der Prüfer zu eruieren. Regelmäßig durchgeführt helfen solche Programme darüber hinaus auch dabei, die Leistungen der Tester zu beobachten und zu bewerten.

Eine weitere wichtige Voraussetzung in der Sensorik ist eine einheitliche Fachsprache, die die sensorischen Qualitäten und Produkteigenschaften beschreibt. Denn nur so lassen sich Miss-verständnisse bei der Produktbeschreibung minimieren und es ist gewährleistet, dass die sensorischen Wahrnehmungen der Prüfer auch zutreffend sind.

#### Autorin:

Bianca Schneider, Projektleiterin Sensorik,  
DLG-Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft  
E-Mail: B.Schneider@DLG.org

#### Detaillierte Informationen zum Thema u.a.:

- Geschmackswelten, Prof. Goetz Hildebrandt, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/M., 2008
- Praxishandbuch Sensorik, Produktentwicklung/ Qualitätssicherung, Prof. Mechthild Busch-Stockfisch, Behr's Verlag GmbH, Hamburg, Loseblattsammlung