Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 86 (1995)

Heft: 6

Artikel: Lebensmittelsensorik - eine vielschichtige Disziplin der Lebensmittelwissenschaft = Sensory evaluation - a multidisciplinary area of food science

Autor: Escher, Felix / Genner-Ritzmann, Ruth

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983648

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **86**, 584–599 (1995)

Lebensmittelsensorik – eine vielschichtige Disziplin der Lebensmittelwissenschaft*

Sensory Evaluation – a Multidisciplinary Area of Food Science

Key words: Sensory food science, Sensory evaluation, Sensory analysis, Psychophysics

Felix Escher und *Ruth Genner-Ritzmann*
Institut für Lebensmittelwissenschaft,
Eidg. Technische Hochschule Zürich, Zürich

Von der Organoleptik und der Expertenprüfung zur Sensorik

Es besteht kein Zweifel, dass der Mensch bei der Nahrungsauswahl und Nahrungseinnahme in mehr oder weniger ausgeprägtem Masse die sensorischen Merkmale eines Lebensmittels wahrnimmt und anschliessend bewusst oder unbewusst, strukturiert oder chaotisch, rational oder emotional auf das Lebensmittel reagiert. Es besteht ebensowenig Zweifel, dass die bewusste Überprüfung sensorischer Merkmale seit eh und je zur Qualitätsbeurteilung von Lebensmitteln gedient hat. Man denke nur etwa an die hohe Kunst des Würzens («Abschmeckens») von Speisen oder an das Auswählen eines feinen Weines. Damit war seit eh und je ein *organoleptischer* Bezug zum Lebensmittel gegeben, wobei die Organoleptik als individuelle subjektive Erfassung der sensorischen Eigenschaften von Lebensmitteln verstanden wird. Der Begriff wurde ursprünglich in der Physiologie eingeführt, das griechische leptos (Verbaladjektiv von lambano = nehmen) bedeutet das Bewirkte oder das Bewirkbare.

Auf organoleptischer Basis arbeitete auch der traditionelle Tee- und Kaffeeschmecker, der Weinprüfer oder der Käseprüfer, in der englischen Sprache «Expert Taster» genannt. Sie alle versuchten als Fachleute ihrer Branche, die Produkte mit ihren Sinnen möglichst zuverlässig zu beschreiben und zu klassieren. Es mutet geradezu unglaublich an, dass die Qualität und damit zu einem nicht geringen Teil auch der Preis des zweitwichtigsten Welthandelsproduktes, nämlich von Kaffee,

* Vortrag gehalten an der 107. Jahresversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltchemie, Löwenberg (bei Murten), 8. September 1995

auch heute noch ausschliesslich organoleptisch von wenigen Kaffeeschmeckern festgelegt wird. Gleichermassen wichtig war das organoleptische Urteil von Pomologen über die Qualität von Apfel- und Birnensorten, welche in der Obstproduktion gefördert oder reduziert werden sollten. Zeugnis davon sind die detaillierten Beschreibungen der sensorischen Merkmale der Früchte in traditionellen Pomologien. Weinprämierungen wurden aufgrund von organoleptischen Prüfungen durch Oenologen vorgenommen. Wie anders hätte sonst die Neuzüchtung Riesling x Sylvaner an der Landesausstellung 1914 den Durchbruch zur neuen Hauptweissweinsorte der Ostschweiz geschafft. Die Beispiele für die Bedeutung dieser sogenannten Expertenprüfungen liessen sich beliebig vermehren.

Expertenprüfungen finden auch heute noch vielerorts statt und stellen nach wie vor ein nicht unwesentliches Element der Qualitätsbeurteilung von Lebensmitteln, insbesondere der Qualitätskontrolle von Roh-, Zwischen- und Endprodukten dar. Mit Lebensmittelsensorik im modernen Sinn sind Organoleptik und Expertenprüfung allerdings nicht in jedem Fall deckungsgleich. Die klassische Organoleptik verliess sich in der Regel zu sehr auf die subjektiven Fähigkeiten einzelner Prüfer und legte die Prüfmethodik nicht unbedingt detailliert fest. Dieser Umstand hat nach Auffassung verschiedener Autoren (1–6) die Entwicklung der Lebensmittelsensorik auf wissenschaftlicher Basis und die Einführung der Lebensmittelsensorik als Werkzeug zur exakten quantitativen und qualitativen Bestimmung der Lebensmittelqualität erschwert. Der Einsatz sensorischer Methoden zur Qualitätssicherung mit demselben Gewicht wie der Einsatz chemisch-analytischer Methoden war lange umstritten (7) und ist bis in die jüngste Zeit immer wieder auf Skepsis gestossen.

Erste Bemühungen zur Entwicklung einer wissenschaftlich fundierten Lebensmittelsensorik gehen zurück auf die vierziger und fünfziger Jahre (vgl. dazu die Bibliographien in Lit. 3 und 4). Sie resultierten in Nordamerika in einer Serie von umfassenden Publikationen, allen voran im klassischen Lehrbuch von *Amerine, Pangborn* und *Roessler* (8) aus dem Jahre 1965 und in den Laboranleitungen der American Society for Testing and Materials (ASTM, Lit. 9, 10) sowie des kanadischen Landwirtschaftsdepartements (Agriculture Canada, Lit. 11). Auch in Europa wurden lebensmittelwissenschaftliche Forschungsarbeiten zur Erfassung und Beurteilung der sensorischen Eigenschaften von Lebensmitteln intensiviert (4, 12, 13). Die hergebrachten Prüfschemen mit Expertenprüfern werden hinterfragt, auf die Zuverlässigkeit des sensorischen Urteils hin untersucht und entsprechend verbessert. Parallel zu den Aktivitäten der ASTM befasst sich der Deutsche Normenausschuss (DIN) mit sensorischer Prüfung, und auf der internationalen Ebene beginnt die International Standard Organization (ISO) mit der Ausarbeitung entsprechender Standardmethoden.

Ein Kapitel im Schweizerischen Lebensmittelbuch über Sinnenprüfung stammt aus derselben Zeit (14). Es ist interessant, dass dieses Kapitel die sensorische Prüfung in «Methoden des Laboratoriums» und «Methoden der Praxis» einteilt und dazu bemerkt: «In der Praxis des Lebensmittelgewerbes sind die Laboratoriumsmethoden meist nicht gut anwendbar und zu umständlich. Sie sind auch nicht immer notwendig, da der Fachmann aus der Praxis sich häufig mit derselben

Lebensmittelkategorie zu befassen hat und sich hier eine ausgezeichnete Kenntnis der Materie und durch dauernde Übung grosse Erfahrung aneignet». Der Expertenprüfung wird damit eindeutig grössere Chancen gegeben.

1975 einigt sich die Sensory Evaluation Division des amerikanischen Institute of Food Technologists auf die folgende Definition der Lebensmittelsensorik:

«Sensory evaluation is the scientific discipline used to evoke, measure, analyze, and interpret those reactions to characteristics of food and materials as they are perceived through the senses of sight, smell, taste, touch, and hearing».

Der Anspruch auf die Lebensmittelsensorik als einer wissenschaftlichen Disziplin war damit zum Ausdruck gebracht, was keineswegs heisst, dass damit der Entwicklung der Lebensmittelsensorik und vor allem der Einführung und Anwendung sensorischer Methoden in der Praxis alle Steine aus dem Weg geräumt waren. Zwar wurden entsprechende wissenschaftliche Fachgesellschaften gegründet (1972 die European Chemoreception Research Organization, 1979 die amerikanische Association of Chemoreception Science), und es wurden Fortbildungsmöglichkeiten für Lebensmittelchemiker und -technologen in der Praxis angeboten (in der Schweiz vgl. z. B. Lit. 15 und 16). Eine chronologische Übersicht von *Pangborn* (1) zeigt, dass auch die Zahl der Neuerscheinungen an Lehrbüchern und Kongressberichten zur Lebensmittelsensorik stetig zugenommen hat. Die Sammlung der ASTM-Normen (17), der DIN-Normen (Verzeichnis in Lit. 6) und der ISO-Normen ist ebenfalls angewachsen.

Dennoch gab es nach wie vor Industriebetriebe, welche bei der Entscheidung über die Neueinführung von Produkten eher auf das Einzelurteil des Geschäftsleiters oder Firmeninhabers als auf eine sorgfältig durchgeführte sensorische Analyse abstellten. Der Wert der modernen Sensorik wurde hin und wieder auch durch Misserfolge am Markt in Frage gestellt. Eines der berühmteren Beispiele stellt wahrscheinlich der missglückte Ersatz des klassischen Coca-Cola-Getränkes durch eine neue Rezeptur («New Coke») im Jahre 1985 dar. Neben vielen anderen Gründen war wohl die Konzipierung der sensorischen Markttests mitverantwortlich, indem den Testpersonen immer nur kleine Getränkeportionen vorgesetzt wurden, in Realität diese Getränke aber praktisch nie schluckweise, sondern in grösseren Mengen getrunken werden. Das «scale-up» von der kleinen Testportion auf einen Tageskonsum erwies sich als unzuverlässig (18).

In der Schweiz haben die vergangenen fünf Jahre einen deutlichen Aufschwung und grössere Bemühungen um die Sensorik in der Praxis gebracht. Zwei Faktoren mögen dafür verantwortlich sein: Zum einen ergibt die Einführung des Qualitätssicherungssystems und die Zertifizierung nach ISO 9000 und EN 45000 die Notwendigkeit, auch die Übewachung der sensorischen Qualität auf eine methodisch solide Basis zu stellen. Testeigenschaften wie Zuverlässigkeit, Wiederholbarkeit, Unabhängigkeit von subjektiven Eindrücken, usw. sind bei der sensorischen Analyse zu garantieren (19, 20). Zum andern verlangt der immer vernetztere weltweite Lebensmittelmarkt ganz klar nach einer ständig intensiveren Beachtung des Konsumverhaltens und der Reaktion von Konsumenten auf Lebensmittel (21). Entwicklung und Herstellung neuartiger Lebensmittel mit neuen Rohstoffen und in ernährungsphysiologisch angepasster Zusammensetzung in unseren hartum-

kämpften Überflussmärkten dürfen die Optimierung der sensorischen Qualität keinesfalls vernachlässigen – Bestand an diesen Produkten hat nur, was «gut schmeckt». Die Anforderungen an die Qualitätskontrolle und -sicherung und an die marketingorientierten Erhebungen können nur mit wissenschaftlich überprüfbaren Methoden der Lebensmittelsensorik erfüllt werden.

Elemente der Lebensmittelsensorik

Nun ist es allerdings so, dass die wissenschaftliche Basis der Lebensmittelsensorik heute noch keineswegs einer verbindlichen, mehr oder weniger homogenen Auffassung entspricht, dass also erst wenige allgemein akzeptierte Paradigmen vorliegen (22). Dabei sind wichtige Elemente bereits im Lehrbuch von *Amerine* et al. (8) aufgeführt und implizite in der oben zitierten Definition der Lebensmittelsensorik enthalten. Zu den Grundsteinen gehören die Physiologie der Sinneswahrnehmung, die Psychophysik, die angewandte Statistik und die Linguistik. Dass mindestens diese vier so verschiedenen Gebiete bei der Bearbeitung sensorischer Fragen zusammenspielen müssen, weist klar auf die notwendige Interdisziplinarität der Lebensmittelsensorik hin.

Physiologie der Sinneswahrnehmung

Alle fünf Sinne beteiligen sich an der Wahrnehmung der sensorischen Eigenschaften eines Lebensmittels. Die sensorischen Eigenschaften werden unterschiedlich gruppiert, wobei eine Möglichkeit die Einteilung in drei Gruppen darstellt (23):

- Farbe Wahrnehmung mit dem Sehsinn
- Flavour Summe von gustatorischer (Geschmack) und olfaktorischer (Geruch) Wahrnehmung sowie von trigeminaler Empfindung (Schärfe, Stechen, usw.)
- Textur Summe der sensorischen Eigenschaften, die auf den physikalisch-strukturellen Elementen eines Lebensmittels beruhen und die wahrgenommen werden mit dem Sehsinn (z. B. Form, Grösse), dem Hörsinn (z. B. Knackigkeit, Knusprigkeit) und dem Tastsinn (haptisch: z. B. Oberflächenbeschaffenheit; kinästhetisch: z. B. Zähigkeit, Konsistenz).

Einige Eigenschaften, wie z. B. Temperatur oder Astringenz, können bei dieser Einteilung nicht eindeutig zugeordnet werden. Sie werden je nach Autor unter Flavour oder Textur behandelt.

Der Kenntnisstand über die Physiologie und die Molekularbiologie der Sinneswahrnehmung ist sehr weit fortgeschritten (24). Von besonderer Bedeutung für die Lebensmittelwissenschaft ist die Wechselwirkung zwischen der chemischen Struktur von Geschmacks- und Geruchsstoffen und der Funktion von Geschmacks- und Geruchsrezeptoren. Für süss schmeckende Stoffe bestehen klare Vorstellungen der

Chemorezeption, das heisst der Molekül-Rezeptor-Interaktion (25, 26), so dass man z. B. die Entwicklung von Zuckerersatzstoffen sehr viel gezielter vorantreiben kann. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass in bezug auf die Geschmackswahrnehmung mit physiologischen Untersuchungen die nie sorgfältig untersuchte Einteilung der Zunge in vier abgegrenzte Zonen für die Wahrnehmung von süss, salzig, sauer und bitter korrigiert worden ist (27). Viele physiologische Anomalien in der Geruchs- und Geschmackswahrnehmung können heute ebenfalls molekularbiologisch erklärt werden. Diese Anomalien spielen bei der Auswahl von Prüfergruppen eine wichtige Rolle.

Auch zur Physiologie der Texturwahrnehmung mit Mechanorezeption liegen vermehrt Untersuchungen vor, die unter anderem im Zusammenhang mit der Verarbeitung neuer Rohstoffe zu texturierten Lebensmitteln stehen (28, 29). Sie zeigen im allgemeinen, dass die klassischen physiologischen Arbeiten über die haptischen und kinästhetischen Wahrnehmungen (30) auch heute noch gültig sind.

Psychophysik

Die Psychophysik beschreibt die Beziehung zwischen Reiz (Stimulus) und Empfindung (31, 32, 33), oder anders ausgedrückt, die Transformation des Reizes in die dadurch ausgelöste Empfindung. Im angewandten Bereich befasst sich die Psychophysik zudem mit den Beziehungen zwischen sensorischer und nichtsensorischer Bestimmung der Eigenschaften von Lebensmitteln. Der Begriff der Psychophysik wurde bereits in der Mitte des letzten Jahrhunderts erstmals erwähnt. E.H. Webers Schrift «De pulsu, auditu et tactu, annotationes anatomicae et physiologicae» erschien 1834 in Leipzig, G.T. Fechners Lehrbuch «Elemente der Psychophysik» 1860 ebenfalls in Leipzig (zitiert in 31). Die Psychophysik liefert für die Lebensmittelsensorik die nachstehenden wichtigen Konzepte.

Skalen

Skalen werden zur Messung von sensorischen Attributen benötigt, wobei die Skalierung als Zuordnung von Zahlen zu Merkmalen von Lebensmitteln verstanden wird. Die Zuordnung geschieht auf verschiedenen Ebenen, welche durch die vier klassischen, für die Sensorik von *Stevens* (34) vorgeschlagenen Skalentypen festgelegt sind: *Nominal-, Ordinal-, Intervall-* und *Verhältnisskala.* In dieser Reihenfolge werden die Skalen ausgehend von der Identität über den Rang und über das *Intervall* zum *Nullpunkt* zunehmend festgelegt. Entsprechend nimmt der Informationsgehalt von der Nominal- über die Ordinal- und Intervall- zur Verhältnisskala zu (35).

Nominalskala	$= \neq$	gleich, ungleich
Ordinalskala	$= \neq < >$	kleiner, grösser
Intervallskala	$= \neq < > + -$	Verhältnis der Differenzen
Verhältnisskala	$= \neq < > + - x :$	Verhältnis der Werte

Es ist für sensorische Tests entscheidend, dass man den Skalentyp und damit die Grenze der Aussagekraft kennt. So vermögen zum Beispiel Ordinalskalen nur

Aussagen über die Rangierung von Proben, nicht aber über deren relativen Unterschied in einer sensorischen Eigenschaft zu machen. Wie in manchen Bereichen des Alltags erfreuen sich in der Lebensmittelsensorik sogenannte beidseitig beschränkte Punkteskalen grosser Beliebtheit. Sie werden meistens als Intervallskalen betrachtet und zahlenmässig entsprechend behandelt. Viele Untersuchungen zeigen jedoch, dass die Voraussetzung dazu, nämlich dass die Intervalle zwischen den Punkten über die ganze Skala identisch sind, nicht gilt (35, 36). Grundsätzlich sind Punkteskalen zunächst als Ordinalskalen zu betrachten, wobei kurze Punkteskalen (z. B. 1–5 Punkte) weniger von den Intervallskalen abweichen als lange Punkteskalen (z. B. 1–9 Punkte).

Schwellenwerte, Gesetz von Weber

Differenz- oder Unterschiedsschwellenwert (kleinste wahrnehmbare Reiz- oder Stimulusdifferenz), absoluter Schwellenwert (kleinster wahrnehmbarer Reiz oder Stimulus), Erkennungsschwellenwert (kleinster Reiz, der nicht nur wahrgenommen, sondern auch in bezug auf das sensorische Merkmal identifiziert werden kann) und Sättigungsschwellenwert (Reizgrenze, oberhalb welcher Reizzunahmen nicht mehr erkannt werden) stellen ebenfalls wesentliche psychophysikalische Grundlagen für die Lebensmittelsensorik dar. Zum Differenz-Schwellenwert hat Weber in seinem klassischen Werk das nach ihm benannte und später von Fechner mathematisch ausgedrückte Gesetz formuliert.

$$\Delta S / S = \text{konst}$$

Es besagt, dass der noch feststellbare Unterschied eines Reizes oder Stimulus S proportional zum Absolutwert des Reizes anwächst. Mit anderen Worten: man reagiert bei einem absolut starken Reiz weniger empfindlich auf Unterschiede als bei einem schwachen Reiz.

Gesetz von Fechner, Potenzgesetz von Stevens, Beidler Modell

Aus dem Gesetz von Weber über den Differenzschwellenwert hat Fechner durch Integration über eine Serie von Stimuli das nach ihm benannte Gesetz abgeleitet. Es stellt die direkte mathematische Beziehung zwischen Stimulus und Empfindung dar. 1957 hat *Stevens* in Abänderung zum Fechnerschen Gesetz einen Potenzansatz vorgeschlagen, der sich mittlerweilen ganz allgemein in der Lebensmittelsensorik durchgesetzt hat (34).

$$E = k \cdot S^n \qquad \text{bzw.} \quad \log E = \log k + \mathrm{n} \cdot \log S$$

Der Stimulus S wird in den entsprechenden physikalischen Grössen, die Empfindung E in einer Verhältnisskala angegeben, n und k stellen Konstanten dar. Das Potenzgesetz nach Stevens vermag zu zeigen, in welchem Ausmass eine Empfindung mit zunehmendem Stimulus wächst. Proportionalität ist gegeben für $n = 1$, exponentielle und damit überproportionale Zunahme für $n > 1$, langsamere Zunahme für $n < 1$.

Es ist klar, dass das Potenzgesetz von Stevens nur in der Bandbreite Schwellenwert – Sättigung gilt (37). Diesem Umstand trägt das Beidler-Modell (benannt nach

L.M. Beidler) Rechnung, das vorgeschlagen wird zur Beschreibung der Geschmacksempfindung in Abhängigkeit vom Geschmacksstimulus (38).

$$E / E_{max} = S / \{S (1/k + S)\}$$

Der Quotient aus der Empfindung E und der maximal möglichen Empfindung E_{max} zeigt eine sigmoide Beziehung zum Stimulus S, wobei k wiederum eine Konstante darstellt. Diese Konstante lässt sich physiologisch als Assoziations- oder Bindungskonstante bei der Interaktion eines Geschmacksstoffes mit den Geschmacksrezeptoren verstehen.

Die Kette der sensorischen Wahrnehmung

Das Zustandekommen einer psychophysikalischen Beziehung zwischen Stimulus und Empfindung wird oft als ein Einschrittprozess betrachtet. Im Prinzip handelt es sich um einen Prozess mit mindestens drei Schritten (39): Der erste Schritt umfasst die Einwirkung des Stimulus auf die Sinneszellen, wodurch eine Signalübermittlung über das Nervensystem zum Hirn ausgelöst wird. In einem zweiten Schritt werden diese Signale im Hirn in eine Empfindung oder Wahrnehmung umgesetzt. Im dritten Schritt wird wiederum im Hirn die Antwort auf diese Wahrnehmung formuliert, damit sie als Zahl oder in Worten wiedergegeben werden kann.

Angewandte Statistik

Es ist wohl kein Zufall, dass schon 1965 bei der Abfassung des klassischen Lehrbuchs aus der University of California (8) neben einem Oenologen und einer Lebensmittelwissenschaftlerin ein Mathematiker beteiligt war. Statistische Versuchsplanung und statistische Datenauswertung stellen eine Grundvoraussetzung für den erfolgreichen Einsatz der Lebensmittelsensorik in allen Anwendungsbereichen dar. Über lange Zeit bestand das Problem darin, dass sich die Sensorik vieler Statistikmethoden bediente, die eigentlich für andere Anwendungszwecke, insbesondere für das Anlegen und die Auswertung agronomischer Versuche, entwickelt worden waren. Die Voraussetzungen sind aber in diesen beiden Bereichen sehr verschieden, und das hat oft zu ungeeigneten Testanordnungen und ungenügenden Datenauswertungen in der Sensorik geführt. Heute ist diese Lücke geschlossen, entsprechende Theorien und Testmethoden sind aus der Statistik der Verhaltensforschung und der Psychologie übernommen oder spezifisch für die Lebensmittelsensorik entwickelt worden (40, 41). Als besonders hilfreich erweisen sich multivariate Auswerteverfahren, mit welchen sich komplexe Zusammenhänge sehr anschaulich darstellen und diskutieren lassen.

Selbstverständlich ist die moderne Versuchsplanung und -auswertung auf entsprechenden Informatikeinsatz angewiesen. Es existieren integrierte Systeme und Programme für die Versuchsplanung, die Datenerhebung und die Datenauswertung, darin eingeschlossen die tabellarische und graphische Darstellung der Resultate. Die heute praktisch universelle Verfügbarkeit leistungsfähiger Informatikmittel birgt bisweilen die Gefahr in sich, dass der rechnerischen Behandlung der

experimentellen Daten grösseres Gewicht beigemessen wird als der sorgfältigen Durchführung der sensorischen Tests. Andererseits stellt die informatikgestützte Arbeitsweise die einzige Möglichkeit dar, dass umfangreiche sensorische Tests in der Praxis mit vernünftigem Aufwand geplant und ausgewertet werden können.

Linguistik

Die beschreibende Sensorik ist in hohem Masse auf ein exakt definierbares Vokabular angewiesen, mit welchem individuelle Attribute oder Gruppen von Attributen für ein Lebensmittel qualitativ erfasst werden können. Die Schaffung eines Vokabulars ist für die verschiedenen sensorischen Faktoren der sensorischen Gesamtqualität unterschiedlich schwierig. So sind Farben verbal einfacher zu umschreiben als Texturmerkmale, Geschmacksrichtungen einfacher als Geruchsnoten. Oft behilft man sich mit Standardproben und ordnet diesen Proben nach entsprechenden Vorabklärungen verbindliche Begriffe zu.

Im Sinne der Linguistik oder Sprachwissenschaft geht es hier um die Lösung von semantischen Fragen, also Fragen der Bedeutungslehre. Sie werden besonders relevant, wenn die Beschreibung von Produkten in mehreren Sprachen vorgenommen werden muss. Ein allgemeines Wörterbuch genügt für die Lösung dieser Aufgabe meistens nicht. Für Textureigenschaften ist vor einigen Jahren der Versuch unternommen worden, ein vielsprachiges Verzeichnis von texturbeschreibenden Begriffen zusammenzustellen (42).

Prüfer und Prüfergruppe

Eine der Besonderheiten der Lebensmittelsensorik besteht darin, dass sie nicht nur die vom Mensch empfundene sensorische Qualität eines Lebensmittels zu erfassen versucht, sondern dazu den Menschen auch als Messinstrument einsetzt. Daraus leitet sich die Forderung ab, dass die Charakteristik des Messinstrumentes, also des Prüfers, bekannt sein muss. Ob dieser Prüfer als Einzelperson oder in einer Prüfergruppe (Panel) zum Einsatz kommt, spielt an sich keine Rolle. Die Leistungsfähigkeit oder Charakteristik der weiter oben beschriebenen sensorischen Wahrnehmungskette ist individuell verschieden. Zudem wird die Charakteristik der Wahrnehmungskette und damit das sensorische Urteil durch verschiedene Faktoren beeinflusst.

Individuelle Unterschiede

Physiologische Faktoren

Eine ganze Reihe von physiologischen Faktoren führen zu erheblichen Unterschieden in der sensorischen Leistungsfähigkeit (43). Dabei handelt es sich einmal

um Unterschiede, welche direkt einer genetischen Differenz zugeordnet werden können. Klassisches Beispiel dazu ist das Wahrnehmen bzw. Nichtwahrnehmen des Bitterstoffes Phenylthiocarbamid. Es handelt sich demnach um eine Geschmacksblindheit. Ganz allgemein werden konstitutionelle Unterschiede in der Sensitivität und daraus resultierende Geruchs-, Geschmacks- und Farbenblindheit beobachtet. Das Ausmass der Vererblichkeit ist dabei nicht in jedem Fall geklärt. Weitere wichtige Unterschiede betreffen die Menge der Speichelproduktion und die damit verbundene Schluckhäufigkeit sowie die Geometrie des Mundes. Das sind Faktoren, welche insbesondere die Texturwahrnehmung beeinflussen.

Widersprüchliche Resultate haben bisher Untersuchungen über Sensitivitätsunterschiede zwischen den Geschlechtern ergeben. Allgemein wird davon ausgegangen, dass keine systematischen Unterschiede bestehen. Hingegen hat das Alter nachgewiesenermassen einen Einfluss, wobei in den einzelnen Altersklassen wiederum grosse individuelle Unterschiede beobachtet werden. Schliesslich ist interessant, dass der vielfach angenommene Einfluss des Rauchens dann nicht besteht, wenn Raucher mindestens 1–2 h vor einem sensorischen Test nicht geraucht haben.

Psychologische Faktoren

Unterschiede werden vor allem beim dritten Schritt der Wahrnehmungskette beobachtet, also in der Umsetzung der physiologischen Empfindung in Zahlen und Worte. Das schlägt sich nieder in der individuell unterschiedlichen Verwendung einer Skala (z. B. Meiden von Skalenendpunkten) oder in der individuell unterschiedlichen relativen Bewertung einer sensorischen Empfindung. Bei der sensorischen Prüfung sind in jedem Falle auch individuelle Unterschiede in der Motivation, in der Konzentrationsfähigkeit und Ermüdung zu beachten. Schliesslich kann bei analytischen Tests, welche nicht nach Beliebtheit oder Bevorzugung fragen, der Einfluss individueller Präferenzen für oder Aversionen gegen ein Lebensmittel nie ganz ausgeschlossen werden.

Selbstverständlich versucht die Prüferselektion und -schulung gerade bei diesen psychologischen Faktoren anzuknüpfen und die individuellen Unterschiede zu vermindern. Es muss jedoch betont werden, dass sich diese individuellen Unterschiede nie vollständig aufheben lassen und dass sie bei der statistischen Versuchsplanung und Auswertung zu berücksichtigen sind. Geübte Instrumentalanalytiker gestehen bisweilen ein, dass selbst bei qualitativ hochstehenden Analysengeräten Unterschiede von Gerät zu Gerät nicht vollständig ausgeschlossen werden können.

Einflussfaktoren auf das sensorische Urteil

Physiologische Faktoren

Zu den physiologischen Einflussgrössen gehören zunächst Adaption und Ermüdung (39). Von Adaptation spricht man, wenn ein über längere Zeit konstanter Stimulus eine sich ständig vermindernde Empfindung auslöst. Im Prinzip geht es um ein «Sich Gewöhnen» an einen Stimulus und an das Ausschalten der dazu

gehörenden Empfindung. So wird z. B. ein intensiver Geruch in einem Raum nach längerem Aufenthalt nicht mehr wahrgenommen. Was für Alltagsituationen vorteilhaft ist, kann demnach für Sensoriktests einen Nachteil darstellen. Bei bestimmten Testobjekten, etwa bei fettigen und klebrigen Massen oder bei Bitterstoffen, wird bisweilen in ähnlicher Form eine eigentliche physiologische Ermüdung festgestellt.

Als weitere physiologische Faktoren sind *Interaktionen* zu nennen. Alle Formen von Interaktionen unterstreichen die Bedeutung der Lebensmittelsensorik, da diese Phänomene tatsächlich nur mit sensorischer Prüfung, also mit dem Messinstrument «Mensch», erfassbar sind. Analytische Laborgeräte messen pro Messvorgang nur eine Modalität (z. B. Süssigkeit aufgrund der Bestimmung der Süssstoffkonzentration), während der Mensch befähigt ist, mehrere Modalitäten gleichzeitig wahrzunehmen und zu einem sensorischen Urteil zu verarbeiten. Die drei Formen von Interaktionen sind: *Unterdrückung (Suppression), Verstärkung (Enhancement)* und *Synergie.* Der Begriff der Synergie wird vielfach unkorrekt angewendet. Eine Synergie ist nur dann vorhanden, wenn die Wirkung der Mischung zweier Komponenten grösser ist als die Summe der Wirkung der Einzelkomponenten. Interaktionen spielen bei komplexen Lebensmitteln eine grosse Rolle und werden in der aktuellen Lebensmittelforschung intensiv bearbeitet (44).

Psychologische Faktoren

Verschiedene psychologische Faktoren können das Resultat von Sensoriktests recht stark beeinflussen (39, 45). Dazu zählen *Erwartungsfehler* (vorhandene Informationen oder Angaben zu einer Probe lösen Vorstellungen oder Vorurteile aus), *Fehler durch Gewöhnung* (Prüfer gewöhnen sich an täglich wiederkehrende Testsituationen), *Stimulusfehler* (für die Fragestellung irrelevante Kriterien einer Probe beeinflussen den Prüfer, z. B. Farbe, Form der Präsentation), *«logische» Fehler* (eine Probe löst beim Prüfer eine im Gedächtnis gespeicherte Assoziation aus), *Halo-Effekte* (die Beurteilung eines Attributes beeinflusst die Beurteilung eines zweiten Attributes derselben Probe) und *Reihenfolge der Probenpräsentation.*

Zielsetzung und Methodik der Lebensmittelsensorik

Analytische und hedonische Fragestellung

Wie bei jeder experimentellen Arbeit wird die Methodik der Untersuchung von der Zielsetzung bestimmt. Aus der Zielsetzung wiederum wird die Fragestellung des sensorischen Tests abgeleitet. Die Details der Methodik sind nicht Gegenstand der vorliegenden Übersicht, es wird auf das entsprechende Schrifttum verwiesen (z. B. Lit. 6, 35, 39, 46). Hingegen muss auf den zentralen Unterschied zwischen analytischen und hedonischen Untersuchungen hingewiesen werden.

Bei den *analytischen* Arbeiten geht es um die objektive qualitative oder quantitative Erfassung der Sinneseindrücke. Der Prüfer oder die Prüfergruppe (Panel) werden als Messinstrument eingesetzt. Sie sind entsprechend für ihren Einsatz zu schulen. Die analytischen Tests stellen die Fragen *sensitiv* (Unterschiedsprüfungen, z. B. der klassische Dreieckstest, Lit. 47), *quantitativ* (Bewertung mit Skalen) und *qualitativ* (Beschreibende Prüfung).

Bei den *hedonischen* Tests geht es um die Frage der Beliebtheit oder Bevorzugung eines Lebensmittels aufgrund seiner sensorischen Eigenschaften. Man bezeichnet diese Tests auch als *affektiv.* Der Mensch wird als Konsument um seine individuelle Meinung gefragt. Spezielle Schulung und Produktkenntnis werden in Konsumententests nicht vorausgesetzt.

Obwohl die Unterscheidung zwischen analytischer und hedonischer Prüfung theoretisch eindeutig erscheint, ist sie in der Praxis nicht einfach zu realisieren. Vereinfacht ausgedrückt ist jeder Prüfer auch Konsument. Oft meint der Konsument aber auch, ein trainierter Prüfer zu sein. Es ist deshalb wichtig, dass man sich die Problematik der Fragestellung als eine der wichtigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Sensorik immer wieder vor Augen hält. Das gilt besonders auch für die Expertenprüfung. Ist ein Experte gut geschult, wird er periodisch auf seine Fähigkeiten geprüft, und vermag er klar die analytische von der hedonischen Arbeitsweise zu unterscheiden, kann er in vielen Fällen der Praxis analytische Arbeit mit zuverlässigem und aussagekräftigem sensorischem Urteil leisten.

Von der sensorischen Präferenz und Beliebtheit zur Produktakzeptanz

Die Beurteilung eines Produktes im Markt ist mit reinen sensorischen Tests noch nicht gegeben. Die *Sensorik* vermag nämlich nur die Qualität von Farbe, Flavour und Textur als *intrinsische* Faktoren zu erfassen. Um die *Akzeptanz* eines Produktes auf dem Markt kennenzulernen, befasst sich die *Marktforschung* mit Fragen der Verpackung, des Markennamens, der Convenience, des Preises, des Vermarktungssystems usw. als *extrinsischen* Faktoren.

Der Aspekt der Akzeptanz eines Lebensmittels ist von besonderem Interesse im Zusammenhang mit der Gewichtung, welche der Konsument für die sensorische Qualität einerseits und den Nährwert andererseits vornimmt. Es ist bekannt, dass Lebensmittel selten aufgrund des Nährwertes ausgewählt werden, sondern dass der Genusswert als Summe der sensorischen Eigenschaften einen wichtigeren Einfluss bei der Auswahl ausübt. Gleichermassen spielen Faktoren wie das kulturelle Umfeld oder die historische Dimension für die Produktakzeptanz eine wichtige Rolle (48–50).

Bezug sensorischer Tests zu nichtsensorischen Analysen

In Situationen der Qualitätskontrolle oder der Produktentwicklung besteht oft das Bedürfnis, sensorische Tests durch nichtsensorische Analysen mit möglichst derselben Aussagekraft über die sensorische Qualität eines Lebensmittels zu ergän-

zen oder zu ersetzen. Die Forderung nach nichtsensorischen Methoden wird vor allem bei der Automation der Routinekontrolle von Produkten gestellt. Dazu ist ein Bezug zwischen der sensorischen und der nichtsensorischen Analyse zu schaffen. Dieser Bezug umfasst praktisch nie die Gesamtheit des sensorisch gewonnenen Eindruckes, sondern immer nur einzelne Teile davon, also z. B. eine bestimmte Geruchsqualität und ein bestimmtes Texturmerkmal.

Wie weiter oben bereits erwähnt, ist die Erstellung von Beziehungen zwischen einer sensorisch und einer nichtsensorisch bestimmten Grösse Sache der Psychophysik. Im Falle der Textur werden die Beziehungen durch die Psychorheologie beschrieben (51). Vielfach werden die Beziehungen auf rein statistischer Basis hergeleitet, indem aus den Daten verschiedener chemischer oder physikalischer Analysen diejenigen herausgesucht werden, die sich am besten mit den Daten der sensorischen Tests korrelieren lassen.

In jüngster Zeit ist die «elektronische Nase» zu einem Schlagwort geworden. Mit einer speziellen Gasanalyse werden diejenigen Geruchsstoffe erfasst, welche für die Ausbildung der Geruchsqualität eines Lebensmittels verantwortlich sind. Die Geruchsqualität des Produktes wird nach der Analyse automatisch numerisch ausgedrückt. Das Konzept der elektronischen Nase ist kürzlich sogar in der Tagespresse auf Interesse gestossen, könnten doch Anwendungen der Technik auch ausserhalb der Lebensmittelsensorik interessant sein, z. B. für die Analyse der Atemluft in der medizinischen Diagnostik (52).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Lebensmittelsensorik ist zu einem Gebiet geworden, welches den Anspruch der Wissenschaftlichkeit erfüllt, sofern sie methodisch seriös durchgeführt wird. Die analytisch orientierte Sensorik hat sich zu einem wichtigen Instrument der Lebensmittelforschung entwickelt, das in Zukunft sicher noch vermehrte Anstrengungen verdient (53). Aber auch die hedonisch orientierte Sensorik wird an Bedeutung weiter gewinnen, insbesondere in Zusammenhang mit Fragen des Konsumverhaltens und der Produktakzeptanz. Die Ausarbeitung von international anerkannten Normen und Standardmethoden stellt für die praktische Anwendung eine Voraussetzung dar. Sie darf aber nicht dazu führen, dass sensorische Methoden festgeschrieben und nicht immer wieder kritisch hinterfragt und allenfalls verbessert werden (54). Notwendige Forschungsthemen lassen sich z. B. aus einer Übersicht über den «State of the art» der Sensorik ableiten, welche vor einigen Jahren im Rahmen eines Symposiums des Institute of Food Technologists zusammengestellt worden ist (55).

Es wird wichtig sein, die Lebensmittelsensorik als Teilbereich der Lebensmittelwissenschaft und -technologie in Forschungsinstitutionen, besonders aber auch in der Industrie, richtig zu positionieren. Im wesentlichen geht es darum, dass die Interdisziplinarität beachtet wird, die für die Lösung von sensorischen Problemstellungen erforderlich ist. In der Praxis eines Lebensmittelbetriebes sind die

verschiedenen möglichen Rollen der Sensorik zu berücksichtigen und zu definieren, indem Forschung und Entwicklung, Produktion, Marketing und schliesslich die Konsumenten vom Instrumentarium der Sensorik profitieren können, dazu aber jeweils spezifische Werkzeuge dieses Instrumentariums verwendet werden. Der vielschichtige Einsatz der Sensorik bedingt auch, dass die Verantwortung über deren Einsatz im Betrieb sorgfältig geregelt wird. Möglichkeiten und Grenzen sensorischer Tests müssen erkannt werden, nicht zuletzt auch im Hinblick auf die hohen Kosten, welche sensorische Untersuchungen verursachen.

Schliesslich wird es wichtig sein, die Lebensmittelsensorik in edukativer Hinsicht zu fördern (56). Dazu zählen einerseits Fortbildungskurse für die Praxis, andererseits die fundierte Ausbildung auf der Universitäts- und auf der Fachhochschulstufe. Auch in der Ausbildung ist Lebensmittelsensorik als interdisziplinärer Bereich, eingebettet in die anderen Fächer der Lebensmittelwissenschaft und -technologie, zu betrachten. Das gegenwärtig bekundete Interesse an Aus- und Fortbildung in der Schweiz zeigt, dass eigentlich auch in unserem Lande der Weiterentwicklung der Lebensmittelsensorik nichts im Wege stehen sollte.

Zusammenfassung

Die Lebensmittelsensorik wird als wissenschaftliche Disziplin verstanden, welche angewendet wird, um diejenigen Reaktionen auf Lebensmittel herbeizuführen, zu messen, zu analysieren und zu interpretieren, welche mit dem Seh-, Geruchs-, Geschmacks-, Tast- und Hörsinn wahrgenommen werden. Elemente dazu sind die Physiologie der Sinneswahrnehmung, welche zur Erfassung von Farbe, Flavour und Textur führen, die Psychophysik als Lehre der Beziehung zwischen Reiz und Empfindung, die angewandte Statistik und die Linguistik. Die Lebensmittelsensorik setzt den Menschen einzeln oder in Prüfergruppen (Panel) als Messinstrument ein. Die Leistungsfähigkeit eines Prüfers ist aufgrund von physiologischen und psychologischen Faktoren individuell verschieden. Gleichermassen wird das sensorische Urteil von physiologischen und psychologischen Faktoren beeinflusst. Bei der Zielsetzung der sensorischen Tests ist klar zwischen analytischer und hedonischer Fragestellung zu unterscheiden und die entsprechende Testmethodik auszuwählen. Für den Markttest muss die Akzeptanz berücksichtigt werden, welche über die rein sensorische Qualität hinausgeht. In vielen Fällen ist es erwünscht, die sensorische Qualität mit nichtsensorischen Methoden zu bestimmen. Gesamthaft hat sich die Lebensmittelsensorik zu einem integrierten Zweig der Lebensmittelwissenschaft und zu einer unentbehrlichen Disziplin für Forschung und Praxis entwickelt.

Résumé

L'analyse sensorielle des denrées alimentaires est considérée comme une discipline scientifique employée pour déterminer, mesurer, analyser et interpréter les réactions qui impliquent la vue, le goût, l'odeur, le toucher et l'ouïe. La physiologie de la réception sensorielle, qui permet de percevoir couleur, flaveur et texture, la psychophysique comme discipline liant stimulation et perception, la statistique appliquée et la linguistique sont des outils nécessaires pour atteindre ces objectifs. L'analyse sensorielle des denrées alimentaires utilise l'individu

seul ou en groupe (panel) comme instrument de mesure. La capacité de chaque examinateur diffère selon des facteurs physiologiques et psychologiques propre à chacun. De même, le jugement sensoriel depend de facteurs physiologiques et psychologiques. En déterminant les objectifs de l'analyse sensorielle, il est important de distinguer une épreuve hédonique d'une épreuve analytique et de choisir les méthodes d'évaluation correspondantes. Pour une étude de marché, l'acceptance qui dépasse la qualité purement sensorielle, doit être prise en compte. Dans beaucoup de cas, il est souhaité de déterminer la qualité sensorielle par des méthodes non-sensorielles. En définitif, l'analyse sensorielle des denrées alimentaires est devenue partie intégrante de la science des aliments et une discipline indispensable pour la recherche et la pratique dans ce domaine.

Summary

Sensory evaluation of food is the scientific discipline used to evoke, measure, analyze, and interpret those reactions to characteristics of food as they are perceived through the senses of sight, smell, taste, touch, and hearing. Elements of sensory science include physiology of sensation which lead to the perception of color, flavour and texture, psychophysics as the science of the relation between stimulus and sensation, applied statistics, and linguistics. Food sensory evaluation uses man individually or in groups (panel) as a measuring instrument. The performance of a person shows individual differences due to physiological and psychological factors. Likewise, the sensory judgement is influenced by physiological and psychological factors. When defining the goal of sensory tests, a clear difference between analytical and hedonic testing has to be made, and the method has to be selected accordingly. In marketing tests, food acceptance rather than only sensory quality has to be taken into account. Frequently, determination of sensory quality by nonsensory methods is desired. In the overall, sensory evaluation has developed into an indispensable part of modern food science and technology.

Literatur

1. *Tilgner, D.:* A retrospective view of sensory analysis and some consideration for the future. Advances in Food Res. **19,** 215–277 (1971).
2. *Pangborn, R.M.:* The evolution of sensory science and its interaction with IFT. Food Technol. **43** (9), 248–256, 307 (1989).
3. *Periam, D.R.:* Sensory evaluation – the early days. Food Technol. **44** (1), 86–91 (1990).
4. *Kiermeier, F.* und *Haevecker, U.:* Sensorische Beurteilung von Lebensmitteln. J.F. Bergmann Verlag, München 1972.
5. *Jellinek, G.:* Sensorische Lebensmittelprüfung, Lehrbuch für die Praxis. Verlag Doris und Peter, Pattensen 1981.
6. *Fliedner, I.* und *Wilhelmi, F.:* Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik, 2. Aufl. B. Behr's Verlag, Hamburg 1993.
7. *Schiller, K.:* Suppen, Sossen, Würzen und Brüherzeugnisse. Wissenschaftl. Buchgesellschaft, Stuttgart 1950.
8. *Amerine, M.A., Pangborn, R.M.* and *Roessler, E.B.:* Principles of sensory evaluation of food. Academic Press, New York 1965.
9. *American Society for Testing and Materials:* Basic principles of sensory evaluation. ASTM Spec. Techn. Publ. 433, Philadelphia 1968.

10. *American Society for Testing and Materials:* Manual on sensory testing methods. ASTM Spec. Techn. Publ. 434, Philadelphia 1968.
11. *Larmond, E.:* Laboratory methods for sensory evaluation of food. Canada Department of Agriculture, Research Branch, Publ. 1284, Ottawa 1967.
12. *Tilgner, D.J.:* Sensorische Analyse von Lebensmitteln. Warschau 1957 (in polnischer Sprache, zitiert in Lit. 6).
13. *Centre national de la recherche scientifique:* Méthode subjectives et objectives d'appréciation des caractères organoleptiques des denrées alimentaires. CNRS, Paris 1966.
14. *Högl, O.:* Sinnenprüfung. Schweizerisches Lebensmittelbuch, 5. Aufl., pp. 27–42. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1964.
15. *Raunhardt, O.* und *Escher, F.* (Hrsg.): Sensorische Erfassung und Beurteilung von Lebensmitteln. Forster Verlag, Zürich 1977.
16. *Vaisey Genser, M., Moskowitz, H.R., Solms, J.* and *Roth, H.R.:* Sensory response to food. A sensory workshop. Forster Verlag, Zürich 1977.
17. *Cushing Smith, E.* and *Chambers IV, E.:* Do you need sensory analysis now or in the future? ASTM Standardization News **21** (7), 46–49 (1993).
18. *Enrico, R.:* The other guy blinked: How Pepsi won the Cola wars. Bantam Books, New York 1986.
19. *Yantis, J.E.* (Ed.): The role of sensory analysis in quality control. ASTM Manual Series MNL 14. American Society for Testing and Materials, Philadelphia 1992.
20. *Munos, A.M., Civille, G.V.* and *Carr, B.T.:* Sensory evaluation in quality control. Van Nostrand Reinhold, New York 1992.
21. *Stone, H.* and *Sidel, J.L.:* Strategic application for sensory evaluation in a global market. Food Technol. **49** (2), 80–89 (1995).
22. *Larmond, E.:* Is sensory evaluation a science? Cereal Food World **39**, 804–808 (1994).
23. *Escher, F.:* Textur, Struktur und Rheologie in der Lebensmitteltechnologie. Juris Verlag, Zürich 1985.
24. *Maelicke, A.* (Hrsg.): Vom Reiz der Sinne. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim 1990.
25. *Shallenberger, R.S.:* Taste chemistry. Blackie Academic and Professional, Glasgow 1993.
26. *Mathlouthi, M., Kanters, J.A.* and *Birch, G.G.* (Eds.): Sweet-taste chemoreception. Elsevier Applied Science, London 1993.
27. *Bartoshuk, L.M.:* The biological basis of food perception and acceptance. Food Quality Preference **4**, 21–32 (1993).
28. *Kilcast, D.* and *Eves, A.:* Integrating texture and physiology-techniques. In: *Vincent, J.F.V.* and *Lillford, P.J.* (eds.): Feeding and the texture of food, pp. 167–183. Society for Experimental Biology Seminar Series 44. Cambridge University Press, Cambridge 1991.
29. *Jack, F.R., Paterson, A.* and *Pigott, J.R.:* Perceived texture: direct and indirect methods for use in product development. Int. J. Food Sci. Technol. **30**, 1–12 (1995).
30. *Harper, R.:* Human senses in action. Churchill Livingstone, Edinburgh 1972.
31. *Gescheider, G.A.:* Psychophysics, Methods and Theory. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale 1976.
32. *Baird, J.C.* and *Noma, E.:* Fundamentals of scaling and psychophysics. John Wiley and Sons, New York 1978.
33. *Laming, D.:* Sensory analysis. Academic Press, London 1986.
34. *Stevens, S.S.:* Psychophysics: Introduction to its perceptual, neural and social prospects. J. Wiley and Sons, Inc., New York 1975.
35. *Dürr, P.:* Grundlagen zur sensorischen Prüfung. Schweiz. Lebensmittelbuch, Kapitel 63 A. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1990.

36. *Cloninger, M.R.* and *Baldwin, R.E.:* Analysis of sensory rating scales. J. Food Sci. **41,** 1225–1228 (1976).
37. *Peleg, M.* and *Campanella, O.H.:* On the mathematical form of psychophysical relationships, with special focus on the perception of mechanical properties of solid objects. Perception Psychophysics **44,** 451-455 (1988).
38. *McBride, R.L.:* Taste psychophysics and the Beidler equation. Chemical Senses **12,** 323 (1987).
39. *Meilgaard, M., Civille, G.V.* and *Carr, B.T.:* Sensory evaluation techniques, 2nd ed. CRC Press, Inc., Boca Raton 1991.
40. *O'Mahony, M.:* Sensory evaluation of food – Statistical methods and procedures. Marcel Dekker, Inc., New York 1986.
41. *Piggott, J.R.* (ed.): Statistical procedure in food research. Elsevier Applied Science Publ., London 1986.
42. *Drake, B.:* Sensory textural/rheological properties – a polyglott list. J. Texture Studies **20,** 27 (1989).
43. *Pangborn, R.M.:* Individuality in responses to sensory stimuli. In: *Solms, J.* and *Hall, R.H.* (eds.), Criteria of food acceptance, pp. 177–219. Forster Verlag, Zurich 1981.
44. *Frijters, J.E.R.:* Modelling psychophysical and perceptual interactions in taste and smell. In: *Birch, G.G.* and *Campbell-Platt, G.* (eds.), Synergy, pp. 1–26. Intercept Ltd., Andover 1994.
45. *Stone, H.* and *Sidel, J.L.:* Sensory evaluation practices, 2nd ed. Academic Press, Inc., New York 1993.
46. *Sauvageot, F.:* L'évaluation sensorielle des denrées alimentaires, aspects méthodologiques. Technique et Documentation, Paris 1982.
47. *Streuli, H.:* Dreiecksprüfung. Schweiz. Lebensmittelbuch, Kapitel 63B. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1990.
48. *Solms, J.* and *Hall, R.H.* (eds.): Criteria of food acceptance. Forster Verlag, Zurich 1981.
49. *Solms, J., Booth, D.A., Pangborn, R.M.* and *Raunhardt, O.* (eds.): Food acceptance and nutrition. Academic Press, London 1987.
50. *Thomson, D.M.H.* (ed.): Food acceptability. Elsevier Applied Science Publ., London 1988.
51. *Escher, F.:* Psychorheologie als mechanische Dimension der Sensorik. Lebensmittel-Technologie **27,** 2–8 (1994).
52. *Cookson, C.:* A brave new olfactory world. Financial Times, June 8, 1995.
53. *Pangborn, R.M.:* Sensory analysis as an analytical laboratory in food research. In: *Steward, K.K.* and *Whitaker, J.R.* (eds.), Modern methods of food analysis, pp. 265–291. AVI Publ. Co., Westport 1984.
54. *Meiselman, H.L.:* Critical evaluation of sensory techniques. Food Quality Preference **4,** 33–40 (1993).
55. *Lawless, H.T.* and *Klein, B.P.* (eds.): Sensory science, theory and applications in foods. Marcel Dekker, Inc., New York 1991.
56. *Lawless, H.T.:* The education and training of sensory scientists. Food Quality Preference **4,** 51–63 (1993).

Prof. Dr. Felix Escher
Ruth Genner-Ritzmann, dipl. Lm.-Ing. ETH
Institut für Lebensmittelwissenschaft
ETH-Zentrum
CH-8092 Zürich