



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Die Rolle der Somatosensorik  
in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Verfasserin:	Barbara Tuma
Matrikel-Nummer:	0303619
Studienrichtung/Studienzweig (lt. Studienblatt):	Ernährungswissenschaften
Studienkennzahl (lt. Studienblatt):	A 474
Betreuerin:	Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Wien, im Februar 2011



## **DANKSAGUNG**

Zuerst bedanke ich mich bei Frau ao. Univ. Prof. Dr. Dorota Majchrzak für die Überlassung dieses interessanten Themas und die gute Betreuung während der Verfassung dieser Arbeit.

Großer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern Andrea und Walter und meinem Bruder Walter, die mich während meiner gesamten Studienzeit unterstützt haben.

Zu guter Letzt danke ich auch meinen Freunden/innen, ganz besonders Frau Dipl. Päd. Sandra Bock, Frau Mag. Claudia Handler und Herrn Mag. Max Rößler, die mir immer wieder auf die eine oder andere Weise weitergeholfen haben.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABBILDUNGEN .....</b>	<b>VII</b>
<b>TABELLEN.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABKÜRZUNGEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 GRUNDLAGEN DER SENSORIK.....</b>	<b>2</b>
2.1 DEFINITION SENSORIK.....	2
2.2 SENSORISCHE ANALYSE .....	2
2.2.1 <i>Sensorische Prüfmethoden</i> .....	5
2.2.2 <i>Sensoriklabor</i> .....	5
2.2.3 <i>Analytische Prüfungen</i> .....	7
2.2.3.1 Prüfpanel .....	7
2.2.3.2 Darreichung der Testprodukte .....	7
2.2.3.3 Erkennungs- und Schwellenprüfungen .....	8
2.2.3.4 Produktvergleiche – Diskriminierungsprüfungen.....	8
2.2.3.5 Deskriptive Prüfungen.....	9
2.2.4 <i>Hedonische Prüfungen</i> .....	10
2.2.4.1 Verbraucherpanel .....	10
2.2.4.2 Darreichung der Testprodukte .....	11
2.2.4.3 Akzeptanzprüfungen .....	11
2.2.4.4 Präferenzprüfungen .....	11
2.2.4.5 Just about Right Test.....	11
<b>3 SINNESPHYSIOLOGIE.....</b>	<b>12</b>
3.1 GRUNDLAGEN.....	12
3.2 SEHSINN .....	13
3.2.1 <i>Anatomische und physiologische Grundlagen</i> .....	13
3.2.2 <i>Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln</i> .....	14
3.3 GERUCHSSINN.....	14
3.3.1 <i>Anatomische und physiologische Grundlagen</i> .....	14
3.3.2 <i>Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln</i> .....	15
3.4 GEHÖRSINN.....	16

3.4.1	<i>Anatomische und physiologische Grundlagen</i> .....	16
3.4.2	<i>Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln</i> .....	16
3.5	GESCHMACKSSINN .....	17
3.5.1	<i>Anatomische und physiologische Grundlagen</i> .....	17
3.5.2	<i>Geschmacksqualitäten</i> .....	18
3.5.3	<i>Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln</i> .....	20
<b>4</b>	<b>SOMATOSENSORISCHE GRUNDLAGEN</b> .....	<b>21</b>
4.1	BEGRIFFSDEFINITIONEN .....	21
4.1.1	<i>Tastsinn</i> .....	21
4.1.2	<i>Somatosensorik</i> .....	21
4.3	SUBMODALITÄTEN UND BAHNSYSTEME DER SOMATOSENSORIK.....	23
4.3.1	<i>Lemniskales und spinothalamisches System</i> .....	23
4.3.2	<i>Sinneseindrücke und Regelkreise</i> .....	24
4.3.3	<i>Somatosensorischer Thalamus und Kortex</i> .....	25
4.4	FUNKTIONELLE EIGENSCHAFTEN SOMATOSENSORISCHER NEURONE .....	25
4.4.1	<i>1. Neuron – Spinalganglion</i> .....	25
4.4.2	<i>2. Neuron – Hinterstrangkerne und Hinterhorn des Rückenmarks</i> ...26	
4.4.3	<i>3. Neuron – Somatosensorischer Thalamus</i> .....	26
4.4.4	<i>4. Neuron – Somatosensorischer Kortex</i> .....	27
4.5	MECHANOZEPTION .....	27
4.5.1	<i>Mechanosensoren</i> .....	27
4.6	THERMOZEPTION.....	32
4.7	NOZIZEPTION .....	33
4.7.1	<i>Nozizeptoren</i> .....	33
4.7.2	<i>Adaption und Schmerzverstärkung</i> .....	34
4.7.3	<i>Schmerzqualitäten</i> .....	34
4.8	TRIGEMINALES SYSTEM .....	34
<b>5</b>	<b>SOMATOSENSORIK IN DER SENSORISCHEN ANALYSE</b> .....	<b>36</b>
5.1	TEXTUR.....	36
5.1.1	<i>Begriffsdefinition</i> .....	36
5.1.2	<i>Textur und Konsumentenvorlieben</i> .....	40
5.1.3	<i>Texturprofilmethode</i> .....	41

5.1.3.1	Klassifikation der Texturattribute.....	42
5.1.3.2	Festlegung der Reihenfolge des Auftretens von Texturmerkmalen .....	47
5.1.3.3	Festlegung einer bestimmten Verkostungstechnik .....	48
5.1.3.4	Standardskalen mit Referenzproben .....	49
5.1.3.5	Panel Training.....	50
5.1.3.6	Vokabular zur Texturmessung .....	51
5.1.3.7	Analyse der Daten .....	52
5.1.3.8	Beispiel für die Anwendung der Texturprofilmethode .....	52
5.2	TEMPERATUR UND TRIGEMINALE WAHRNEHMUNG.....	54
5.2.1	<i>Irritation</i> .....	54
5.2.2	<i>Der trigeminale Pfad für orale Irritation</i> .....	55
5.2.3	<i>Beispiele für orale Irritation hervorrufende Lebensmittelinhaltsstoffe</i> 56	
5.2.3.1	Capsaicin .....	56
5.2.3.2	Säuren .....	56
5.2.3.3	NaCl.....	57
5.2.3.4	Menthol.....	58
5.2.3.5	Senfö.....	58
5.2.3.6	Kohlensäure.....	58
5.2.4	<i>Erworbene Präferenz für scharfe Lebensmittel</i> .....	59
<b>6</b>	<b>SCHLUSSBETRACHTUNG</b> .....	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>SUMMARY</b> .....	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>78</b>
	CURRICULUM VITAE .....	78

## ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Sensorik als Bindeglied zwischen Verbraucher und Produkt [BUSCH-STOCKFISCH, 2005] .....	3
Abbildung 2: Prüfkabine im Sensoriklabor [MEILGAARD ET AL., 2006] .....	6
Abbildung 3: Informationsfluss im sensorischen System [SCHMIDT und LANG, 2007].....	13
Abbildung 4: Rechtes Auge (Horizontalschnitt) [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007] .....	13
Abbildung 5: Nasenhöhle des Menschen [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].....	15
Abbildung 6: Schallaufnahme und -weiterleitung [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007] .....	16
Abbildung 7: Geschmacksknospe [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007] .....	18
Abbildung 8: Darstellung der taktilen Bereiche beim Menschen [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996] .....	22
Abbildung 9: Die Bahnen des somatosensorischen Systems [TREEDE, 2007]. .....	24
Abbildung 10: Aufbau eines Mechanosensors der Haut [BEYER und WEISS, 2001].....	28
Abbildung 11: Hautsensoren [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007] .....	29
Abbildung 12: Darstellung des Prozesses der Texturmessung [BRANDT et al., 1963].....	48

## TABELLEN

Tabelle 1: Vereinfachtes Schema der Texturwahrnehmung für ein festes Lebensmittel [STROH, 2001] .....	39
Tabelle 2: Typische sensorische Eigenschaften von Lebensmitteln .....	45
Tabelle 3: Darstellung des Texturprofils für Schokoladenpudding und Mousse au chocolat [MÜHLE, 2002] .....	53

## ABKÜRZUNGEN

AMPA	$\alpha$ -Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazol-Propionsäure
ARAS	Aszendierendes retikuläres aktivierendes System
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
RA	Rapidly adapting
SA	Slowly adapting
SI	Primär sensible Areale des somatosensorischen Cortex
SII	sekundär-sensible Assoziationsareale des somatosensorischen Cortex
TRP M8	Transient receptor potential - Kälteempfindlicher Rezeptor
TRP V1	Transient receptor potential – polymodaler Rezeptor von nozizeptiven Spinalganglienzellen
T1R2 und T1R3	Geschmacksrezeptoren für den süßen Geschmack
ZNS	Zentralnervensystem



## 1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Sensorische Prüfungen gibt es, seit Menschen versuchen die Güte von Lebensmitteln und anderen Konsumgütern zu bestimmen. Durch das Betreiben von Handel wurden immer aufwendigere sensorische Tests entwickelt, Stichproben entnommen und bestimmte sensorische Eigenschaften definiert [MEILGAARD et al., 2007].

In der Lebensmittelindustrie ist die Sensorik heutzutage nicht mehr wegzudenken. Ihre Ergebnisse tragen maßgeblich zur Entstehung von neuen Produkten und zu Verbesserungen bereits bestehender Lebensmittel bei [BUSCHSTOCKFISCH, 2005].

Der Somatosensorik ist als Teilbereich der sensorischen Analyse lange Zeit nur wenig Bedeutung beigemessen worden, vorrangig wurden Geschmack und Geruch bewertet. Die Festlegung von passenden Attributen gestaltete sich schwierig. Das wichtigste somatosensorisch erfassbare Merkmal ist die Textur, zu deren Analyse in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts eine eigene Methode entwickelt wurde.

Einen interessanten Teilaspekt der Somatosensorik stellt die trigeminale Wahrnehmung dar, mit deren Hilfe Qualitäten wie Temperatur und Schmerz registriert werden können.

Was versteht man unter Somatosensorik? Wie werden somatosensorische Informationen vom Gehirn verarbeitet? Welche Attribute eines Lebensmittels sind somatosensorisch erfassbar und welche somatosensorischen Bestimmungsmethoden wurden bereits entwickelt? Inwiefern haben Temperatur und Schmerzempfinden einen Einfluss auf die sensorische Analyse?

Um diese und weitere Fragen zu klären, gibt die vorliegende Arbeit einen Überblick über die sensorische Analyse und die Sinnesphysiologie, geht näher auf den Begriff Somatosensorik ein und richtet anschließend ein spezielles Augenmerk auf die Verwendung von somatosensorischen Methoden in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln.

## **2 GRUNDLAGEN DER SENSORIK**

### **2.1 Definition Sensorik**

Der Begriff Sensorik leitet sich vom lateinischen Wort *sensus* ab, das übersetzt Sinn, Empfindung, Eindruck beziehungsweise Wahrnehmung bedeutet [STOWASSER, 1998].

In der Medizin versteht man unter „Sensorik“ die Funktion des sensorischen Systems, welches die gesamten nervalen Strukturen für Aufnahme, Weiterleitung und Verarbeitung von Informationen über die Umwelt beinhaltet [ROCHE LEXIKON MEDIZIN, 1993].

Laut DIN 10950 ist die Sensorik die Wissenschaft vom Einsatz menschlicher Sinnesorgane zu Prüf- und Messzwecken [PLATTIG, 1995].

### **2.2 Sensorische Analyse**

Als Lebensmittelsensorik wird Sensorik zur Beurteilung und Qualitätssicherung menschlicher Nahrung herangezogen [PLATTIG, 1995].

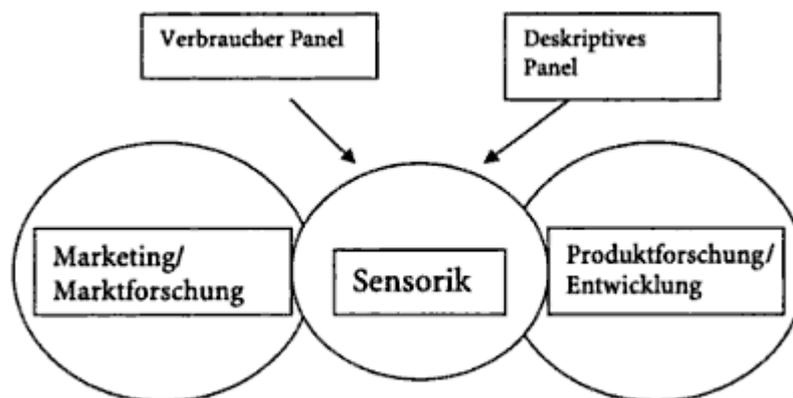
Sensorische Prüfungen gibt es schon seit Menschen versuchen die Qualität ihrer Lebensmittel oder von Wasser zu beurteilen. Die Ausbreitung des Handels führte dazu, dass immer mehr sensorische Prüfungen durchgeführt wurden. Lebensmittel wurden kaum von einem Händler übernommen, ohne zumindest ein bisschen davon zu kosten und so auf die Genießbarkeit zu überprüfen. Die Preise für Lebensmittel wurden nach der Qualität festgelegt und mit der Zeit entstanden Klassifizierungsschemata für Wein, Tee, Kaffee, Butter, Fisch und Fleisch. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es erstmals professionelle Tester von Lebensmitteln, Getränken und Kosmetika [MEILGAARD et al., 2007].

Die systematische sensorische Analyse hat ihren Ursprung in Skandinavien, wo der Triangel-Test entwickelt wurde [BENGTSSON und HELM, 1946; HELM und TROLLE, 1946].

Die sensorische Analyse, bei der die Qualität von Lebensmitteln durch Geschmacks- und Geruchswahrnehmungen beurteilt wurde, etablierte sich in den USA und anderen Ländern in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts [FLIEDNER und WILHELMI, 1989].

Wissenschaftler des „Food Science Department“ an der Universität von Kalifornien entwickelten sensorische Tests zu offiziellen, kodifizierten und strukturierten Methoden, sie verbesserten bekannte Tests und entwickelten neue [MEILGAARD et al., 2007].

In der Lebensmittelindustrie hat Sensorik heutzutage eine wichtige Bedeutung. Die Ergebnisse von sensorischen Analysen beeinflussen Produktentwicklung und -forschung, die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung und auch Marktforschung und Marktbeobachtung eines Unternehmens. Sensorik kann also als Bindeglied zwischen Produkt und Konsument gesehen werden (Abb.1) [BUSCH-STOCKFISCH, 2005].



**Abbildung 1: Sensorik als Bindeglied zwischen Verbraucher und Produkt [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]**

In der Produktentwicklung etwa beschreiben geschulte Testpersonen Aussehen, Geruch, Geschmack, Textur und Nachgeschmack von Produktprototypen und bewerten außerdem die Intensitäten verschiedener festgelegter Attribute (sauer, bitter, etc.) [DERNDORFER, 2006].

Nach DIN 10950 wird die sensorische Analyse in sechs Stufen eingeteilt:

1. Stufe: Aufnehmen/Empfangen
2. Stufe: Bewusstwerden/Erkennen
3. Stufe: Behalten/Merken
4. Stufe: Vergleichen/Einordnen
5. Stufe: Wiedergeben/Beschreiben
6. Stufe: Beurteilen/Bewerten [DIN 10950, 1999]

Nur geschulte Personen können aussagekräftige sensorische Prüfungen durchführen. Man unterscheidet zwischen dem Organoleptiker und dem Sensoriker:

<b>Organoleptiker</b>	<b>Sensoriker</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassen mit den Sinnen</li> <li>• Erfühlen den Eindruck</li> <li>• Vermischen Qualitätsbeurteilungen mit Beliebtheitsaussagen</li> <li>• Sind nicht geschult</li> <li>• Ihre sensorischen Fähigkeiten werden nicht überprüft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messen mit den sinnen</li> <li>• Benützen exakte Messmethoden</li> <li>• Lassen die Prüfergebnisse statistisch auswerten</li> <li>• Sind geschult</li> <li>• Ihre sensorischen Fähigkeiten werden regelmäßig überprüft</li> </ul> <p style="text-align: right;">[FRICKER, 1984]</p>

### 2.2.1 Sensorische Prüfmethoden

Sensorische Prüfmethoden werden in analytische und hedonische Methoden eingeteilt:

Analytische Methoden	Hedonische Methoden
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objektiv</li> <li>• Testort Labor</li> <li>• Testpersonen selektiert, teilweise trainiert</li> <li>• Mögliche Fragestellungen:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ab welchen Konzentrationen werden Reize wahrgenommen/erkannt?</li> <li>- Unterschied zwischen Proben?</li> <li>- Rangordnung nach Intensität eines Attributes</li> <li>- Beschreibung von Proben und Bewertung der Intensivität von Attributen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subjektiv</li> <li>• Testort zuhause, in Einkaufszentren oder im Labor</li> <li>• Testpersonen Konsumenten</li> <li>• Mögliche Fragestellungen:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Akzeptanz</li> <li>- Präferenz</li> </ul> </li> </ul>

[DERNDORFER, 2006]

### 2.2.2 Sensoriklabor

Der deutschen Norm DIN 10962 (1997) „Prüfbereiche für sensorische Prüfungen“ zufolge müssen Mindestanforderungen eingehalten werden, um die einwandfreie Durchführung von sensorischen Prüfungen unter definierten Bedingungen zu gewährleisten. Ein Prüfraum und ein Vorbereitungsraum zählen zu den Mindestanforderungen laut Norm. Prüfraum und Probenvorbereitungsraum müssen in unmittelbarer Nähe, jedoch klar voneinander abgetrennt sein. Die Temperatur sollte konstant sein und  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  betragen, während die Luft-

feuchtigkeit bei 40-70% liegen sollte. Der Prüfraum sollte ruhig und geruchsneutral, die Farbe von Wänden und Möbeln ebenfalls neutral gestaltet werden [DIN 10962 (1997)].

In modernen Sensoriklabors gibt es Computer mit speziellen Datenerfassungsprogrammen, die eine raschere und aus diesem Grund kostengünstigere Durchführung von sensorischen Prüfungen ermöglichen [DERNDORFER, 2006]. Verkostungen an Einzeltischen sind die Mindestanforderung, den Idealfall stellen jedoch Prüfkabinen dar (Abb.2). Im Prüfraum sollten die Testpersonen in Gruppen oder einzeln arbeiten können, Gruppendiskussionen müssen möglich sein [DIN 10962 (1997)].

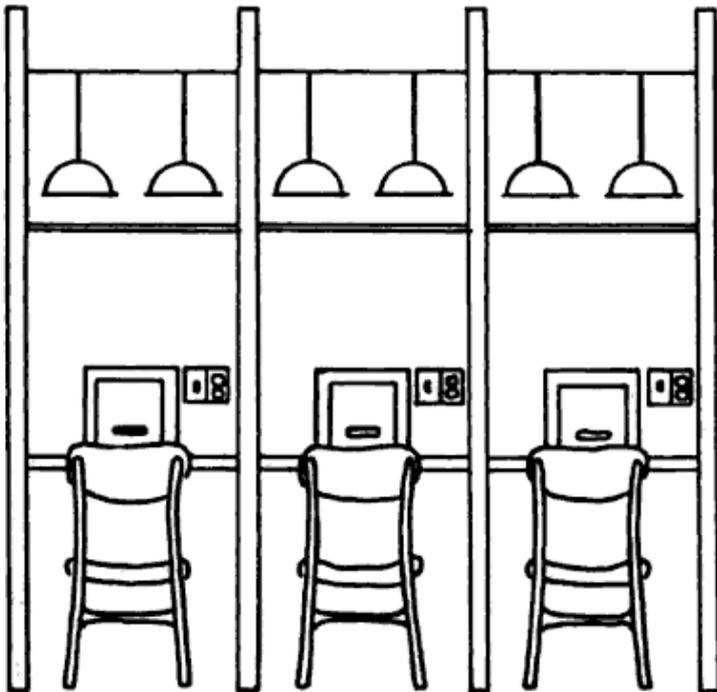


Abbildung 2: Prüfkabinen im Sensoriklabor [MEILGAARD ET AL., 2006]

## **2.2.3 Analytische Prüfungen**

### *2.2.3.1 Prüfpanel*

Personen, die an analytischen sensorischen Prüfungen teilnehmen, müssen bestimmte Anforderungen erfüllen. Dabei ist neben Gesundheit und Hygiene in erster Linie die Motivation an der Arbeit mit den Sinnen von Bedeutung. Prüfpersonen, die für analytische Prüfungen eingesetzt werden, besitzen gute sensorische Fähigkeiten und werden für deskriptive Prüfungen noch zusätzlich trainiert [DERNDORFER, 2006].

Wichtig für die Mitarbeit in einem Panel ist ein gutes Ausdrucksvermögen, da die sensorischen Wahrnehmungen beschrieben werden müssen. Ebenfalls nicht außer Acht zu lassen ist die Einstellung zu den Produkten, die verkostet werden müssen. Eine neutrale Einstellung ist der Idealfall, Abneigung oder Bevorzugung führen eventuell zu schlechter oder zu positiver Beurteilung [MÜHLE, 2002].

Während der Testzeiten darf von den Personen des Prüfpanels nicht geraucht werden und es dürfen keine aromatischen Lebens- oder Genussmittel aufgenommen werden. Wie viele Personen für eine sensorische Prüfung benötigt werden, hängt von der gewählten Methode ab [DERNDORFER, 2006]. Meist werden 10-12 Panelisten benötigt, weniger als 7 sollten es aus statistischen Gründen nicht sein. Panels können innerhalb von Unternehmen zusammengestellt werden (internes Panel) oder aus der Bevölkerung (externes Panel) [MÜHLE, 2002].

### *2.2.3.2 Darreichung der Testprodukte*

Bei analytischen Prüfungen werden die Lebensmittelproben meist codiert, mit dreistelligen Zufallszahlen versehen, dargereicht [DERNDORFER, 2006].

Jedes Produkt sollte gleich oft von jeder Testperson getestet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Reihenfolge der Proben ausgewogen ist und dass jedes Produkt gleich häufig vorkommt [STONE und SIDEL, 2004].

Für sensorische Prüfungen sind kleine Probenmengen ausreichend. Die Temperatur, bei der ein Test stattfindet, ist vom Lebensmittel abhängig und sollte bei jeder Probe gleich sein. Die Probenanzahl ist von der Art des zu testenden Lebensmittels und von der Testmethode abhängig [DERNDORFER, 2006].

### 2.2.3.3 *Erkennungs- und Schwellenprüfungen*

Aus psychischen oder physischen Gründen ruft derselbe Reiz bei Wiederholung bei ein und derselben Person nicht immer die gleiche Empfindung hervor. Dieselbe Person nimmt manchmal einen schwachen Reiz wahr und manchmal gar keinen [BI und ENNIS, 1998]. Mit diesen Schwellenprüfungen soll die Empfindlichkeit der Sinnesorgane untersucht werden. Mittels Prüfprobenreihen wird die Empfindlichkeit des Seh- Geruchs- und Geschmackssinnes sowie das Texturempfinden ermittelt [BUSCH-STOCKFISCH, 2005].

Vier Arten von Schwellen können unterschieden werden:

- Reizschwelle oder Absolutschwelle = niedrigste Reizintensität; ruft gerade noch eine Empfindung hervor, wobei die Empfindung nicht erkennbar ist
- Erkennungsschwelle = minimale Reizintensität; ruft eine qualitativ erkennbare Empfindung hervor
- Unterschiedsschwelle = eine Steigerung der Reizintensität, die gerade noch wahrnehmbar ist = JND („just noticeable difference“)
- Sättigungsschwelle = maximale Empfindung, kann auch durch Reizverstärkung nicht mehr erhöht werden; [DERNDORFER, 2006]

### 2.2.3.4 *Produktvergleiche – Diskriminierungsprüfungen*

- Allgemeine Unterschiedsprüfungen

Mit Hilfe von Unterschiedsprüfungen kann ein Unterschied oder eine Ähnlichkeit von Produkten statistisch signifikant festgestellt werden [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]. Deshalb werden diese Prüfungen bei Fragestellungen

eingesetzt, welche die Unterscheidbarkeit von sehr ähnlichen Produkten behandeln. Für die allgemeine Unterschiedsprüfung gibt es zahlreiche Methoden, die allesamt „forced-choice procedures“ sind. Das heißt, dass die Testpersonen eine Entscheidung treffen müssen. Das geeignete Testverfahren wird aufgrund der Natur des Lebensmittels ausgewählt [DERNDORFER, 2006].

Genormte allgemeine Unterschiedsprüfungen:

- Dreiecksprüfung (= Triangeltest) (DIN/ISO 4120)
- Duo-Trio Prüfung (DIN 10971, 2003)
- „A“ – „nicht A“ – Prüfung (DIN 10972, 2003)
- In- /Out- Prüfung – Unterschied von Kontrolle-Test (DIN 10973, Entwurf 2004)
- Sequentialanalyse (Norm-Vorschlag)
- 2 aus 5-Prüfung [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]
- Unterschiedsprüfungen mit Attributen

Bei diesen Unterschiedsprüfungen werden Produkte nach der Wahrnehmung der Intensität einer charakteristischen Eigenschaft eingestuft. Dabei kann der Unterschied immer nur im Hinblick auf ein Attribut festgestellt werden.

Unterschiedsprüfungen über ein Attribut sind:

- Paarweise Vergleichsprüfung (DIN 10954, 1997/ISO 5495, 1983)
- Rangordnungsprüfung (DIN 10963, 1997/ISO 8587, 1988)

[BUSCH-STOCKFISCH, 2005]

#### 2.2.3.5 *Deskriptive Prüfungen*

Deskriptive (beschreibende) Prüfungen sind objektive Methoden, bei denen die Panelisten Produkte mit Attributen beschreiben und die Intensität jeder Eigenschaft mit Hilfe einer Skala beurteilen. Dadurch entstehen so genannte Pro-

duktprofile, die den Vergleich von Produkten ermöglichen [DERNDORFER, 2006].

Deskriptive Prüfungen sind:

- Einfach beschreibende Prüfung (DIN 10964) bzw. Identification and selection of Descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach (ISO 11035)
- Verschiedene Profilprüfungen
- Konventionelles Profil (DIN 10967-1)
- Konsensprofil DIN (DIN 10967-20)
- Free Choice Profiling (DIN 10967-3)
- Time Intensity Profil (DIN 10970)
- Texturprofil (ISO 11036)
- Beschreibende Prüfungen mit anschließender Qualitätsbewertung (DIN 10969) [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]

## **2.2.4 Hedonische Prüfungen**

### **2.2.4.1 Verbraucherpanel**

Hedonische Prüfungen sind affektive Tests, die zur statistischen Absicherung der Ergebnisse von mindestens 60 Verbrauchern, am besten um die 200 Personen, durchgeführt werden sollten. Ein solches Verbraucherpanel muss unvoreingenommen von einem Produkt sein [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]. Die sensorische Sensitivität der Testpersonen wird dabei nicht berücksichtigt, es handelt sich um eine zufällige Stichprobe von Konsumenten aus der Zielgruppe, die untersucht werden soll [DERNDORFER, 2006].

#### 2.2.4.2 *Darreichung der Testprodukte*

Bei hedonischen Prüfungen können Produkte mit Bekanntgabe der Marke oder blind, also mit Codes versehen und ohne Bekanntgabe der Marke, getestet werden.

Für die Darreichung der Proben gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Monadisch: ein einziges Produkt wird getestet, wodurch der normale Konsum eines Produktes simuliert werden kann;
- Sequentiell monadisch: die Testpersonen erhalten jeweils zwei oder mehrere Produkte, die sie individuell beurteilen sollen;
- Protomonadisch: das ist ein monadischer Test mit einem Paarvergleich auf Präferenz;

[DERNDORFER, 2006]

#### 2.2.4.3 *Akzeptanzprüfungen*

Bei Akzeptanzprüfungen wird anhand einer Skala untersucht, wie sehr ein Produkt dem Konsumenten gefällt [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]. Meist wird die Gesamtakzeptanz ermittelt oder es werden separate Akzeptanzen von Geschmack, Geruch, Aussehen und so weiter erfragt [DERNDORFER, 2006].

#### 2.2.4.4 *Präferenzprüfungen*

Mit Hilfe von Präferenztests wird die relative Bevorzugung von Produkten ermittelt [DERNDORFER, 2006].

#### 2.2.4.5 *Just about Right Test*

Diese Prüfung gibt Auskunft darüber, wie richtig der Verbraucher eine Merkmalseigenschaft empfindet [BUSCH-STOCKFISCH, 2005]. Es wird also die „ideale“ Intensität von Attributen bestimmt [DERNDORFER, 2006].

### 3 SINNESPHYSIOLOGIE

#### 3.1 Grundlagen

Wenn ein aus der Umwelt kommender Reiz stark genug ist und ausreichend lang andauert, wird er von einem menschlichen Sinnesorgan aufgenommen. Die in den Sinnesorganen befindlichen Sinneszellen sind spezialisiert auf gewisse Reizarten, jede Sinneszelle dient als Rezeptor für einen anderen Reiz. Man kann zum Beispiel nicht mit einer Tastzelle hören oder mit einer Sehzelle schmecken. Sinneszellen können aufgrund ihres Aufbaus in 3 Arten unterteilt werden.

Primäre Sinneszellen nehmen einen Reiz auf und leiten die Erregung über das eigene Axon weiter zur Nervenzelle [FRICKER, 1984].

Bei sekundären Sinneszellen führt ein Reiz zu einer Änderung des Membranpotentials und in weiterer Folge zur Auslösung eines Aktionspotentials [ZENNER H-P, 1999].

Als tertiäre Sinneszellen können Sinnesnervenzellen bezeichnet werden. Diese sitzen in der Tiefe und haben freie Nervenendigungen, sogenannte Dendriten, an der Oberfläche. Bei allen Sinneszellen erfolgt die Erregung über elektrische Potentiale durch sogenannte Spannungsdifferenzen, die zum Gehirn weitergeleitet werden [FRICKER, 1984]. Im Gehirn entsteht so ein Sinneseindruck. Erfahrungen und das Gedächtnis machen es möglich, dass aus dem Sinneseindruck eine Wahrnehmung wird. Letztendlich kommt es zu einer Reizantwort [MEILGAARD et al., 2007].

In einem groben Schema lassen sich die aufeinander folgenden Ereignisse in Sinnessystemen wie folgt darstellen: Am Beginn stehen physikochemische Vorgänge, die durch die objektive Sinnesphysiologie analysiert werden können. Schließlich kommt es zum Übergang in die psychische Dimension der Empfindungen und Wahrnehmungen (Abb.3) [SCHMIDT und LANG, 2007].

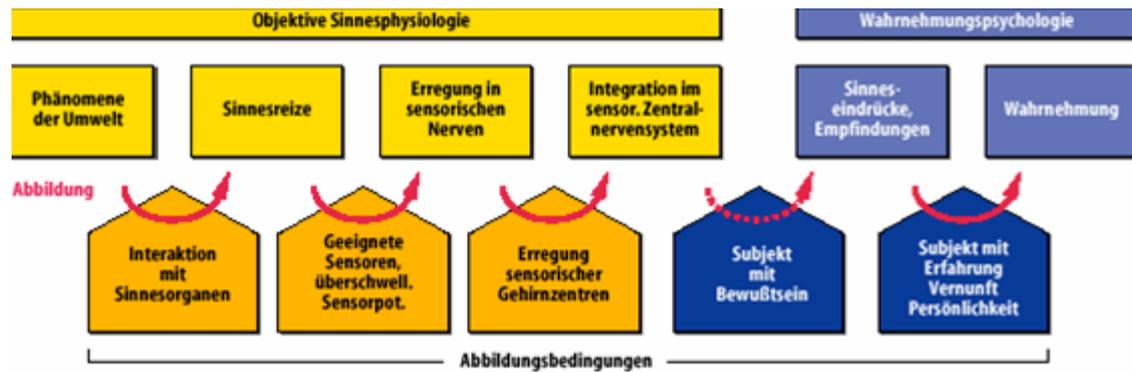


Abbildung 3: Informationsfluss im sensorischen System [SCHMIDT und LANG, 2007]

## 3.2 Sehsinn

### 3.2.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Das menschliche Auge ist in der knöchernen Wand der Augenhöhle eingebettet und besteht unter anderem aus Kornea (Hornhaut), Augenlinse, Sklera (Lederhaut), Iris, Pupille, Retina (Netzhaut) und dem *Nervus opticus* (Sehnerv) (Abb.4). Die Augenlinse dient zur Scharfstellung des Bildes auf der Retina, während die Iris den Lichteintritt durch die Pupille zur Netzhaut reguliert. Auf der Retina befinden sich zwei Arten von Photorezeptoren, mit denen das menschliche Auge Lichtreize aufnehmen kann. Mit den Stäbchen werden Helligkeitsunterschiede erfasst, während die Zäpfchen Farben unterscheiden können [LIPPERT et al., 2002].

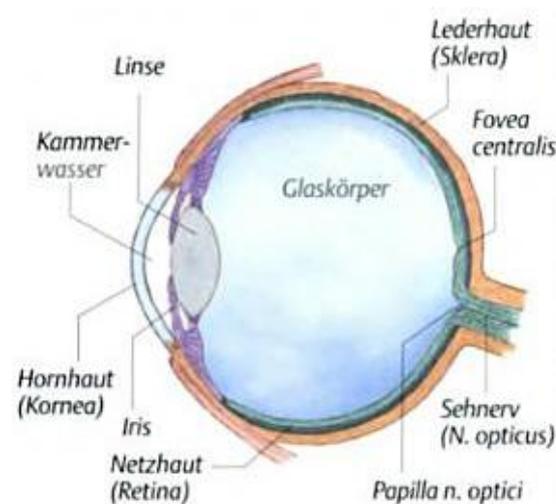


Abbildung 4: Rechtes Auge (Horizontalschnitt) [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007]

Die  $6 \cdot 10^6$  Zapfen der Retina ermöglichen das farbige Sehen, während die 120 Millionen Stäbchen für das schwarz-weiße Sehen verwendet werden [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

### **3.2.2 Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln**

Dem Seh- oder Gesichtssinn wird in der sensorischen Beurteilung von Lebensmitteln große Bedeutung zugesprochen. Mit dem Auge können sensorische Eigenschaften wie Farbe, Form, Größe, Struktur, Trübheit oder Glanz erfasst werden [DERNDORFER, 2006].

Bei manchen sensorischen Prüfungen wird rotes, grünes oder blaues Licht eingesetzt, oder Proben in undurchsichtigen Bechern gereicht. Man versucht damit den visuellen Unterschied von Produkten, die verglichen werden sollen, zu minimieren oder sogar ganz auszuschalten [MEILGAARD et al., 2007].

## **3.3 Geruchssinn**

### **3.3.1 Anatomische und physiologische Grundlagen**

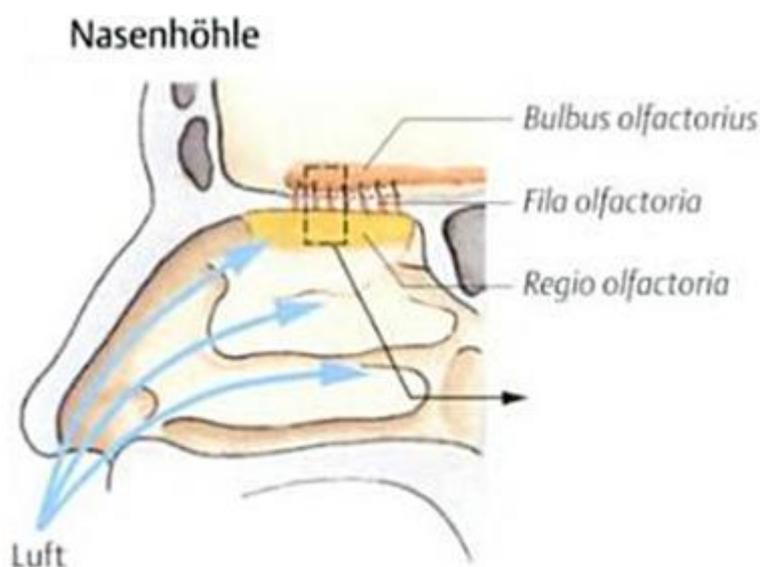
Der Geruchssinn ist ein chemischer Sinn, beim Riechen kommt es zu einer Wechselwirkung geruchswirksamer Substanzen mit den Riechzellen [DERNDORFER, 2006].

Im Neuroepithel der *Regio olfactoria*, der Riechschleimhaut im Dach der Nasenhöhle, befinden sich etwa  $10^7$  primäre, bipolare Sinneszellen, deren Dendriten an den Enden 5-30 schleimbedeckte Zilien tragen. Die Axone hingegen ziehen in Bündeln zentralwärts. Die Riechzellen haben eine durchschnittliche Lebensdauer von ein bis zwei Monaten. Auch freie Nervenendigungen des *Nervus trigeminus*, die auf aggressive Reize wie zum Beispiel Säure- oder Ammoniakdämpfe reagieren, finden sich in der Nasenschleimhaut.

Duftstoffe gelangen mit der Luft zur *Regio olfactoria*, wo sie im Schleim gelöst werden, um zu den Sensorproteinen der Zilienmembran zu gelangen. Diesen

Sensorproteinen ist es möglich, spezifische molekulare Struktureigenschaften der Duftstoffe zu erkennen [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

Durch ausreichende Konzentration der Duftstoffe wird eine Depolarisierung erreicht, welche als Aktionspotential über Nervenfortsätze weitergeleitet wird [KAHLE und FROTSCHER, 2005]. Das chemische Signal der Duftstoffe wird in ein elektrisches Signal umgewandelt. Gebündelt leiten die Nervenfortsätze als



*Fila olfactoria* zum *Bulbus olfactorius* (Riechkolben) (Abb. 5), wo sie durch Synapsen mit Gehirnzellen verbunden werden [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

Abbildung 5: Nasenhöhle des Menschen [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007]

### 3.3.2 Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln

Während eines herkömmlichen Atemvorgangs gelangen nur 2% der Atemluft zur Riechschleimhaut der Nase. Eine intensivere Wahrnehmung von Gerüchen wird durch „Schnüffeln“ ermöglicht, da so der Luftstrom verstärkt werden kann. Direktes Riechen wird als pronasal, die Wahrnehmung von Gerüchen während des Verzehrs als retronasal bezeichnet. Die retronasale Geruchswahrnehmung entsteht durch Aufsteigen von Geruchsmolekülen von der Mundhöhle zur Riechschleimhaut und wird oft mit Geschmack verwechselt [DERNDORFER, 2006]. Bei der sensorischen Analyse von Lebensmitteln spielt der Geruchssinn eine zentrale Rolle. Bevor der Geschmack wahrgenommen wird, verarbeitet die Riechschleimhaut der Nase bereits Informationen über das Lebensmittel.

### 3.4 Gehörsinn

#### 3.4.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Das Hörorgan besteht aus drei Teilen: dem äußeren Ohr (Schalltrichter), dem Mittelohr, welches durch das Trommelfell vom äußeren Ohr abgetrennt wird (Verstärkerapparat) und dem Innenohr, dem Analysator von Höhe, Klangfarbe und Lautstärke [LIPPERT et al., 2002].

Durch den äußeren Gehörgang gelangt Schall zum Trommelfell und wird durch die Gehörknöchelchen des Mittelohrs (Hammer, Amboss und Steigbügel) in das Innenohr übertragen. Das Innenohr ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, in der der Schall als Welle weiterläuft. Der Schall ist ein mechanisches Signal, das in ein elektrisches Signal umgewandelt wird (= Transduktion). Das Signal wird von Sinneszellen an den Hörnerv weitergegeben, der die Information ans Gehirn weiterleitet (Abb. 6) [ZENNER, 2007].

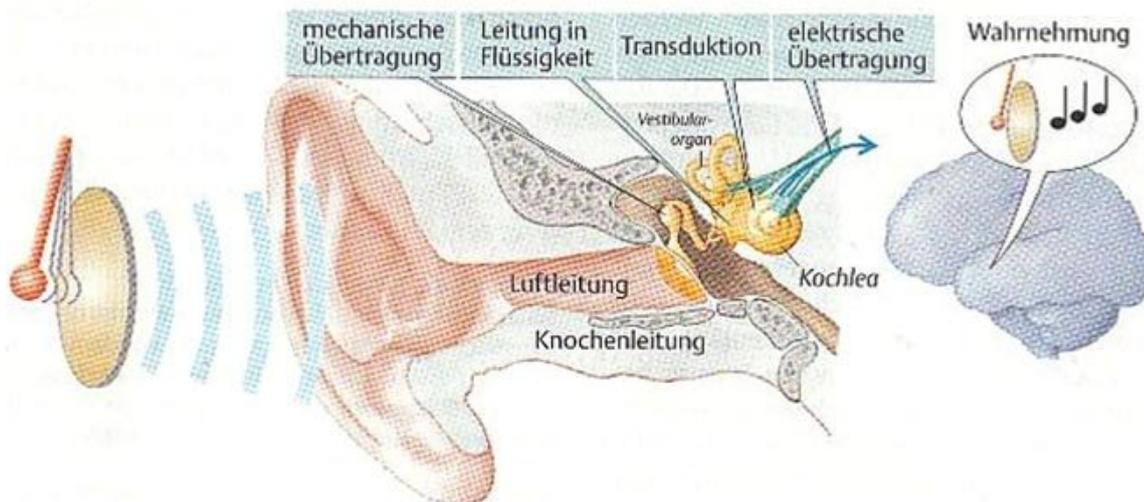


Abbildung 6: Schallaufnahme und -weiterleitung [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007]

#### 3.4.2 Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln

Bei der sensorischen Beurteilung von Lebensmitteln spielt der Gehörsinn im Gegensatz zu den anderen Sinnen eine geringe Rolle. Nichtsdestotrotz werden sensorische Eindrücke wie Knusprigkeit nicht nur durch den Tastsinn, sondern auch durch das Gehör wahrgenommen [DERNDORFER, 2006]. Bei sensori-

schen Produktanalysen können auditive Eindrücke zu guter oder schlechter Beurteilung führen. Wahrgenommene Sinneseindrücke werden mit positiven oder negativen Produktattributen eines Lebensmittels in Verbindung gebracht. Das Hineinbeißen in einen Apfel oder das Abbeißen von einer Scheibe Brot bietet durch das Auftreten von verschiedenen Geräuschen wie „knackig“ oder „knusprig“ einen Einblick in die Qualität des Lebensmittels [FLIEDNER und WILHELMI, 1989].

### **3.5 Geschmackssinn**

#### **3.5.1 Anatomische und physiologische Grundlagen**

Ein erwachsener Mensch besitzt etwa 5000 Geschmacksknospen [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007]. Eine Geschmacksknospe besteht aus Geschmacks- und Stützzellen, die gemeinsam in die oberste Schicht der Zungenoberfläche münden. Die Öffnung zur Oberfläche hin wird als Geschmacksporus bezeichnet (Abb. 7). Geschmacksknospen befinden sich in den *Papillae vallatae*, den *Papillae fungiformes* und den *Papillae folliatae* [LIPPERT et al., 2002]. Diese Papillenarten sind auf der Zunge, vereinzelt am weichen Gaumen, der hinteren Rachenwand und am Kehldeckel angesiedelt [KAHLE und FROTSCHER, 2005]. Nur einige der etwa 100 Zellen einer Geschmacksknospe sind Geschmacksrezeptorzellen, die mit ihrer Spitze in die Geschmackspore ragen und mit Geschmacksstoffen in Wechselwirkung treten [MEYERHOF, 2003]. Eine Reizung der Sensoren der Geschmacksknospen wird auf Endigungen des VII., IX., und X. Hirnnervs übertragen und im *Nucleus tractus solitarii* umgeschaltet. Mit hoher Konvergenz erreicht die Sensorerregung via *Thalamus* den *Gyrus postcentralis* und via *Pons* den *Hypothalamus* und das limbische System [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

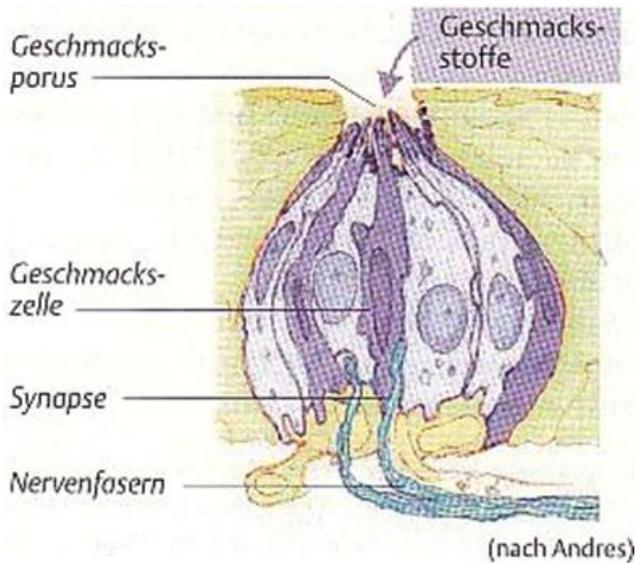


Abbildung 7: Geschmacksknospe [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007]

### 3.5.2 Geschmacksqualitäten

Als Grundgeschmacksarten bezeichnet man süß, sauer, salzig, bitter und umami. Seit einiger Zeit werden auch fett und metallisch diskutiert [DERNDORFER, 2006]. Die Informationsdichte über die physikalischen und chemischen Eigenschaften, die ein Stoff aufweisen muss, um eine bestimmte Geschmacksqualität auszulösen, ist sehr gering. Bei den verschiedenen Geschmacksqualitäten laufen unterschiedliche Mechanismen ab.

- *Salzig*

Salzgeschmack entsteht durch den Zerfall von Salzen in wässriger Lösung zu Ionen, bei Kochsalz zum Beispiel in das Kation  $\text{Na}^+$  und das Anion  $\text{Cl}^-$ . Diese Kationen und Anionen gelangen direkt über Ionenkanäle in die Zelle und führen dort zu einer Depolarisation [HATT, 2007]. Diese Depolarisation führt in weiterer Folge zur Ausschüttung von Neurotransmittern in den synaptischen Spalt. Durch Nervenreizleitung zum Gehirn kommt es zum salzigen Geschmackseindruck, die Kationen werden schließlich über Kanäle wieder aus der Sinneszelle gepumpt [DÜRRSCHMID, 2008].

- *Sauer*

Säuremoleküle geben Protonen ab, die die Protonenkonzentration in der Mundhöhle erhöhen [BUFE, 2003]. Diese blockieren den  $K^+$ -Transport der sauerempfindlichen Geschmackszellen. Im Anschluss daran werden die Sinneszellen mit positiven Ionen angereichert. Dadurch wird die Zelle depolarisiert, Neurotransmitter werden ausgeschüttet und der Geschmacksnerv wird erregt. Neben den Protonen führen weitere chemische Eigenschaften des Moleküls zur sauren Geschmackswahrnehmung, denn unterschiedliche Säuren mit demselben pH-Wert weisen einen anderen sauren Geschmack auf [DÜRRSCHMID, 2008].

- *Süß*

Zuckermoleküle können nicht selbst in die Geschmacksrezeptorzelle eindringen, weshalb zum Empfinden eines süßen Geschmacks Rezeptoren benötigt werden. Süßrezeptoren, die sich in den Geschmacksrezeptorzellen befinden, setzen sich aus zwei Eiweißstoffen, T1R2 und T1R3, zusammen. Zuckermoleküle aktivieren den Süßrezeptor indem sie biochemische Prozesse in Gang setzen, an deren Ende die Erregung der Geschmacksrezeptorzelle steht [MEYERHOF, 2003].

- *Bitter*

Diverse organische Moleküle - Peptide, Ionen und Salze - sind für ihren bitteren Geschmack bekannt. Aber auch süße Substanzen, wie beispielsweise Aspartam, können bittere Stereoisomere aufweisen. Die molekularen Strukturen von bitteren Substanzen sind in hohem Ausmaß variabel, eine einheitliche Grundstruktur ist kaum erkennbar. Bisher war es nur möglich, einige Teilstrukturen, die auf Bitterkeit hinweisen, zu finden. Es existiert eine große Anzahl an Bitterrezeptoren, über die nur wenig bekannt ist [RODGERS et al, 2005].

Wissenschaftlichen Untersuchungen zufolge scheinen verschiedene Bittersubstanzen unterschiedliche Mechanismen zu nutzen [ROSENZWEIG et al., 1999].

- *Umami*

Der aus dem Japanischen stammende Begriff umami beschreibt den Geschmack, der durch Natriumglutamat entsteht. Das Salz der Glutaminsäure wird als Geschmacksverstärker verwendet. Auch andere Aminosäuren und kleine Peptide können den Umamigeschmack auslösen. Ähnlich wie beim Süßgeschmack besteht der Rezeptor bei umami aus zwei Eiweißstoffen, nämlich T1R1 und T1R3, über die die Reizleitung zum Gehirn von statten geht [MEYERHOF, 2003].

### **3.5.3 Bedeutung in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln**

Der Geschmackssinn stellt einen der zentralen Sinne bei der sensorischen Analyse von Lebensmitteln dar. Bei der Geschmacksbeurteilung ist die Verkostungstechnik von Bedeutung. So sollten Flüssigkeiten in den Mund genommen und einige Sekunden im Mund behalten werden, während sich bei festen Produkten eine derartige Vorgehensweise aufgrund unterschiedlichen Kau- und Schluckverhaltens schwieriger gestaltet. Für ein optimales Ergebnis sind Pausen zwischen den Proben wichtig [DERNDORFER, 2006].

## 4 SOMATOSENSORISCHE GRUNDLAGEN

### 4.1 Begriffsdefinitionen

#### 4.1.1 Tastsinn

Die haptische Wahrnehmung, der sogenannte Tastsinn, vermittelt die Wirkung mechanischer Reize auf die Körperoberfläche und liefert Informationen über die Beschaffenheit von Gegenständen beim untersuchenden Abtasten mit der Hand. Dazu müssen mechanische Ereignisse beim Kontakt mit der Haut genau erfasst werden [BEYER und WEISS, 2001]. Der Tastsinn ermöglicht die Form-Gestalt- und Raumwahrnehmung (Stereognosie) [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

Der Sinneseindruck entsteht aus einem Zusammenspiel von taktilen (lateinisch: *tactus* = Berührung) und kinästhetischen (griechisch: *kineîn* = bewegen, *aísthēsis* = Empfindung; somit Bewegungsempfindung) Sinneseindrücken. Zusammen werden beide als haptische Sinneseindrücke (griechisch *haptein* = fassen; somit den Tastsinn betreffend) bezeichnet [NEUMANN und MOLNÁR, 1991].

#### 4.1.2 Somatosensorik

Unter Somatosensorik versteht man Empfindungen, die durch Reizungen verschiedener Sensoren des menschlichen Körpers hervorgerufen werden, mit Ausnahme von Sehen, Riechen, Schmecken, Hören und des Gleichgewichtssinnes. Die Somatosensorik umfasst folgende Modalitäten:

- Sensorik der Körperoberfläche (Ekterozeption, Hautsensibilität)
- Sensorik des Bewegungsapparats (Propriozeption)
- Sensorik der inneren Organe (Enterozeption)

Auch der Schmerz (Nozizeption) stellt eine somatosensorische Empfindung dar. Das gesamte Gebiet wird auch als somatoviszzerale Sensibilität bezeichnet [HANDWERKER, 2006].

Die folgende Abbildung (Abbildung 8) zeigt (a) den sensorischen Homunculus. Sensorische Informationen von der Körperoberfläche werden im postzentralen Gyrus des parietalen Cortex verarbeitet. Körperzonen, die für die taktile Unterscheidung wichtig sind, wie zum Beispiel die Zungenspitze, die Finger und die Hand, werden überproportional größer repräsentiert als weniger relevante Areale. Der motorische Homunculus ist bei (b) zu sehen. Er zeigt die motorisch wichtigen Zonen des Körpers, die vom motorischen Cortex erfasst werden [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996].

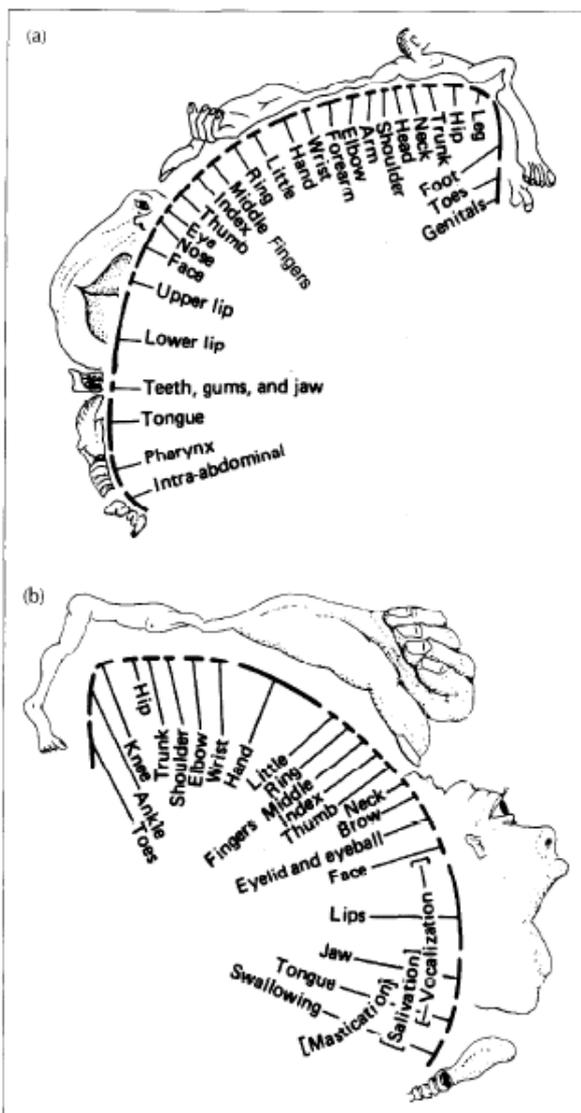


Abbildung 8: Darstellung der taktilen Bereiche beim Menschen [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996]

Für die sensorische Analyse von Lebensmitteln, besonders für das Erfassen der Textur und des Mundgefühls eines Lebensmittels, sind drei Gruppen von sensorischen Modalitäten von Bedeutung. Mechanorezeptoren am harten und weichen Gaumen, auf der Zunge und im Zahnfleisch, Mechanorezeptoren in der Haut an den Zahnwurzeln und Mechanorezeptoren der Muskeln und Sehnen, die am Kauvorgang (Mastikation) beteiligt sind [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996].

### **4.3 Submodalitäten und Bahnsysteme der Somatosensorik**

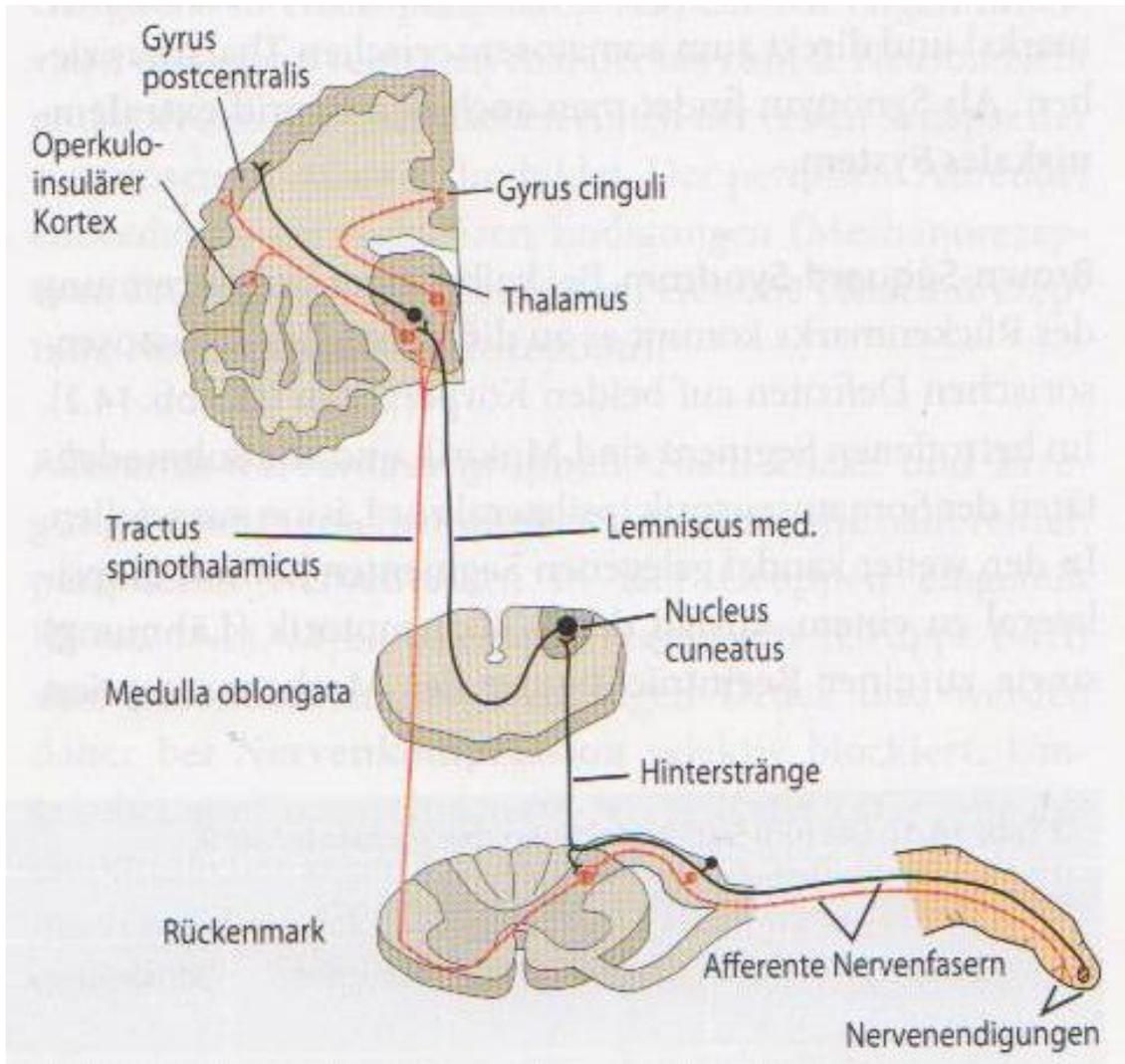
Die Sinnesleistungen der Haut umfassen mehrere Submodalitäten der Somatosensorik, die in zwei separaten Bahnsystemen des Zentralnervensystems verarbeitet werden. Primär handelt es sich dabei um den Tastsinn, die Mechanozeption. Weiters zählen Thermozeption (Temperatur) und Nozizeption (Schmerz) zu den Submodalitäten.

#### **4.3.1 Lemniskales und spinothalamisches System**

Im Rückenmark ist die Zweiteilung des somatosensorischen Systems am deutlichsten. Im ipsilateralen Hinterstrang werden die Signale der Mechanozeption geleitet, die Signale der Thermozeption und Nozizeption im kontralateralen Vorderseitenstrang. Das Bahnsystem der Mechanozeption wird auch lemniskales System genannt, weil die Hinterstrangbahn nach der ersten synaptischen Verschaltung in den Hinterstrangkernen der *Medulla oblongata* als sogenannter *Lemniscus medialis* auf die Gegenseite wechselt und zum somatosensorischen Thalamus zieht. Thermozeption und Nozizeption benutzen das sogenannte spinothalamische System, wobei die Fasern des Vorderseitenstrangs Axone des zweiten Neurons sind. Die erste synaptische Verschaltung findet bereits im Hinterhorn des Rückenmarks statt. Das spinothalamische System zieht direkt zum somatosensorischen Thalamus und wird auch extralemniskales System genannt.

Afferenzen ziehen zuerst zum Spinalganglion, in welchem sich das Soma der somatosensorischen Afferenzen befindet, und danach weiter über die Hinter-

wurzel ins Rückenmark. Die spinalen Afferenzen entsprechen im Kopfbereich trigeminalen Afferenzen mit analogen Funktionen (Abb.9) [TREEDE, 2007].



**Abbildung 9: Die Bahnen des somatosensorischen Systems. Schwarz: Bahnen und Kerne des lemniskalen Systems. Rot: Bahnen und Kerne des spinothalamischen Systems [TREEDE, 2007].**

#### **4.3.2 Sinneseindrücke und Regelkreise**

Die Signale der somatosensorischen Submodalitäten gelangen über die spezifischen somatosensorischen Bahnen und die somatosensorischen Kerne des Thalamus in die somatosensorischen Areale der Großhirnrinde. So können Sinneseindrücke bewusst wahrgenommen werden. Außerdem wird das aszen-

dierende retikuläre aktivierende System (ARAS), das in der *Formatio reticularis* des Hirnstamms liegt, von unspezifischen Bahnen verschiedener Sinnessysteme innerviert.

Im Rückenmark und im Hirnstamm liegen subkortikale Verschaltungen somatosensorischer Bahnen, die motorischen und vegetativen Reflexen dienen. Das somatosensorische System hat auch deszendierende Bahnen, die Teil der Pyramidenbahn sind und vom somatosensorischen Kortex zu den Hinterstrangkernen und zum Hinterhorn des Rückenmarks ziehen. Ebenfalls zum Hinterhorn ziehen weitere deszendierende Bahnen von verschiedenen Anteilen des Hirnstamms im dorsolateralen Funiculus. Diese Bahnen dienen vor allem der Hemmung oder Bahnung der Nozizeption [TREEDE, 2007].

### **4.3.3 Somatosensorischer Thalamus und Kortex**

Die somatosensorischen thalamischen Projektionskerne, in denen die lemniskale und die neospinothalamische Bahn aus Spinalnerven und dem Nervus trigeminus enden, wird als Ventrobasalkern oder ventrobasaler Komplex bezeichnet.

Der Ventrobasalkern ist ein Teil jener lateralen Kerngruppe des Thalamus, die aus Kernen zusammengesetzt ist, die sensorischen und motorischen Projektionsfeldern des Kortex vorgeschaltet sind. Bis auf das olfaktorische System erreichen alle Sinnessysteme den Kortex über einen vorgeschalteten thalamischen Kern. Durch aufsteigende Axone ist der Ventrobasalkern mit den ipsilateralen Projektionsfeldern der Hirnrinde (S I und S II) verbunden. Das SI-Areal wird als somatosensorischer Kortex bezeichnet und liegt im *Gyrus postcentralis* [HANDWERKER, 2006].

## **4.4 Funktionelle Eigenschaften somatosensorischer Neurone**

### **4.4.1 1. Neuron – Spinalganglion**

Das Soma des 1. Neurons ist im ipsilateralen Spinalganglion (Ganglion Gasserii) zu finden.

Funktionen:

- Die Transduktion der somatosensorischen Reize in Generatorpotenziale
- Die Transformation in Aktionspotenzialfolgen und Erregungsleitung zum Zentralnervensystem
- Die präsynaptische Transmitterfreisetzung, die durch präsynaptische Hemmung reguliert wird

[TREEDE, 2007]

#### **4.4.2 2. Neuron – Hinterstrangkern und Hinterhorn des Rückenmarks**

Das Soma des 2. Neurons ist ipsilateral in den Hinterstrangkernen oder im Hinterhorn des Rückenmarks gelegen.

Funktionen:

- Die Integration der synaptischen Eingänge aus der Peripherie und von absteigenden Bahnen
- Die Projektion zu lokalen Reflexbögen (motorisch und vegetativ)
- Die Projektion zu Reflexzentren im Hirnstamm
- Die Projektion zum absteigenden retikulären aktivierenden System (unspezifisch sensorisches System)
- Die Erregungsleitung zum 3. Neuron im Thalamus (spezifisches sensorisches System)

[TREEDE, 2007]

#### **4.4.3 3. Neuron – Somatosensorischer Thalamus**

Das Soma des 3. Neurons liegt im kontralateralen somatosensorischen Thalamus.

Funktionen:

- Die Erregungsleitung zu den somatosensorischen Kortexarealen
- Die Blockade der Weiterleitung im Schlaf

- Die Kontrastverstärkung durch Umfeldhemmung über den retikulären Thalamuskern

[TREEDE, 2007]

#### **4.4.4 4. Neuron – Somatosensorischer Kortex**

Das Soma des 4. Neurons befindet sich in den kontralateralen somatosensorischen Kortexarealen.

Funktionen:

- Multiple Schritte der Mustererkennung (Kantenorientierung, Bewegungsrichtung)
- Die Erregungsleitung zu anderen Kortexarealen
- Taktile Objekterkennung im sekundären somatosensorischen Kortex
- Reizlokalisierung im posterioren parietalen Kortex
- Reizwahrnehmung durch verteilte Aktivität im somatosensorischen Netzwerk
- Deszendierende Kontrolle der Erregbarkeit des Thalamus, der Hinterstrangkerne und des Rückenmarks

[TREEDE, 2007]

### **4.5 Mechanozeption**

Die Wahrnehmung mechanischer Reize, die auf die Haut einwirken, wird als Mechanozeption bezeichnet [HANDWERKER, 2006].

#### **4.5.1 Mechanosensoren**

Zur Verarbeitung der Reize stehen dem menschlichen Körper empfindliche Mechanosensoren zur Verfügung [BEYER und WEISS, 2001]. Diese stellen die periphere Grundlage für den Tastsinn dar. Sie leiten Informationen über Berührung, Druck und Vibration an das Gehirn weiter und bilden gemeinsam mit dem Temperatursinn und der Noziception die Oberflächensensibilität [LANG, 2008].

Die sensiblen Nervenendigungen sind periphere Ausläufer von Nervenzellen, die mit dem Zellkörper im Spinalganglion der Hinterwurzeln des Rückenmarks beziehungsweise in den Ganglien der sensiblen Hirnnerven gelagert sind [BEYER und WEISS, 2001].

Sensoren befinden sich an der Palmarseite (Innenfläche) der Hand, besonders an den Fingerspitzen, sowie in der Mundhöhle und auf der Zunge [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

Auf der Zungenoberfläche befinden sich die *Papillae filiformes*, die Texturempfindungen ermöglichen [LIPPERT et al., 2002]. Sie bedecken den gesamten Zungenrücken und weisen im subepithelialen Bindegewebe Endknäuel nicht-myelinisierter Nervenfasern, lamellierter Körperchen oder Meissner-Tastkörperchen auf [FANGHÄNEL et al., 2002].

Mechanosensoren bestehen aus einem zentralen Axon, einem Spinalganglion, einem peripheren Axon und einer sensorischen Endigung (Abb. 10).

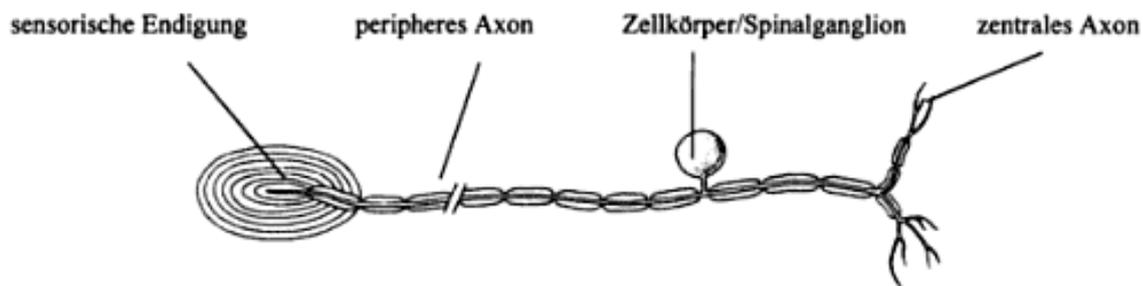


Abbildung 10: Aufbau eines Mechanosensors der Haut [BEYER und WEISS, 2001]

Mechanosensoren nehmen folgende Informationen auf und geben sie an das ZNS weiter:

- Lokalisation und Stärke mechanischer Reize auf der Haut
- Krümmung der die Haut berührenden Objekte
- Struktur und Beschaffenheit der die Haut berührenden Objekte
- Tangentiale Geschwindigkeit sich bewegender Reize

[BEYER und WEISS, 2001]

Das Zentralnervensystems (ZNS) ist dazu fähig, die Informationen von verschiedenen Mechanosensoren zu differenzieren sowie den sensorischen Einstrom mit der Tastmotorik zu verrechnen und die Vorstellung der Gestalt eines Gegenstandes zu erzeugen [HANDWERKER, 2006].

Eine Berührung wird als natürlicher Reiz von Mechanosensoren aufgenommen und Informationen über die Beschaffenheit des Reizes werden mittels Aktionspotentialen über afferente Nervenfasern an das ZNS weitergegeben. Dafür wird der Reiz zuerst in ein Rezeptorpotential umgewandelt (Transduktion). An der Zellmembran des Rezeptors kommt es zu einer Veränderung der Durchlässigkeit für Ionen ( $\text{Na}^+$ -Leitfähigkeit), die als Depolarisation der Zellmembran gemessen werden kann. Als nächstes kommt es zur Auslösung von Aktionspotentialen am Anfangsabschnitt des Axons (Transformation). So entsteht eine Serie von Aktionspotentialen [BEYER und WEISS, 2001].

Die menschliche Haut besitzt folgende Typen von Mechanosensoren: Meissner-Zellkomplexe, Merkel-Zellen, Ruffini-Kolben, Vater-Pacini-Körperchen und Haarfollikelsensoren (Abb. 11) [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

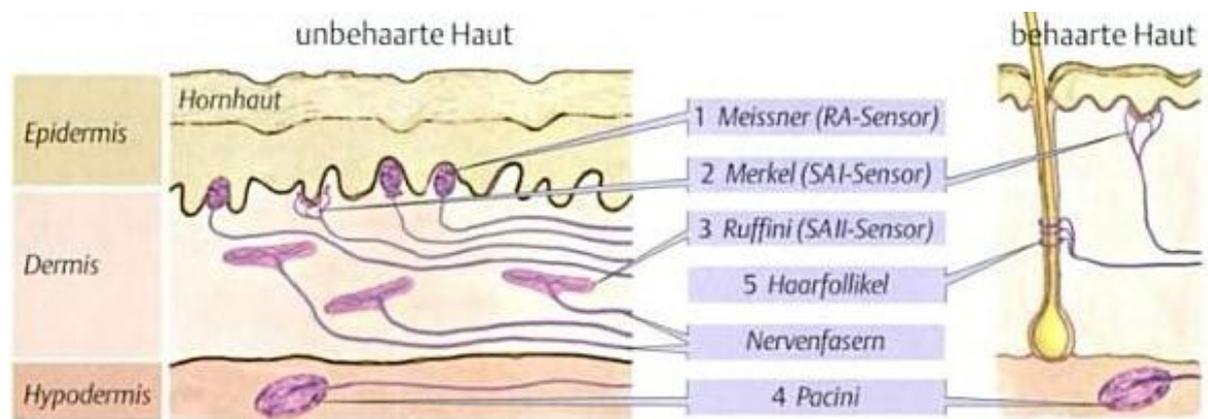


Abbildung 11: Hautsensoren [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007]

Die Sensoren sind sehr empfindlich und können bereits auf Verformungen der Hautoberfläche in der Größenordnung von Bruchteilen eines Millimeters antworten. Zwei Sensortypen, die auf Dauerdeformation (S) reagieren, sind die langsam adaptierenden SA I und SA II (SA = slowly adapting). Der RA-Sensor (rapidly adapting) ist im Gegensatz dazu ein reiner Geschwindigkeitsdetektor. Ein

weiterer Sensor ist das Vater-Pacini-Körperchen. Sensoren sind molekulare Strukturen in den Endigungen (Terminalen) der afferenten Nervenfasern. Aufgrund der Verzweigungen besitzt jede Nervenfasern mehrere Terminale. Das ZNS kann nicht feststellen, aus welchem dieser Terminale ein erhaltener Impuls stammt. Impulse werden vom ZNS aus einem „rezeptiven Feld“ registriert, in dem sich die Endigungen der Nervenfasern befinden. SA I- und RA-Sensoren haben kleine, scharf begrenzte rezeptive Felder und befinden sich vor allem an den Fingerspitzen. Vater-Pacini-Körperchen und SA II-Sensoren haben große rezeptive Felder und eine niedrige Innervationsdichte [TREEDE, 2007].

Für die Innervationsdichte gehen aus der Bestimmung von Unterschiedsschwellen Anhaltspunkte hervor. Dabei muss angemerkt werden, dass es sich dabei um eine psychophysische Methode handelt. Die qualitative Genauigkeit des Tastens kann durch erhöhte Aufmerksamkeit und durch Übung gesteigert werden. Von E.H. Weber wurde die Empfindlichkeit auf das Unterscheiden zweier Druckreize erstmals untersucht. Er prüfte, wie groß die Entfernung zwischen zwei gleichzeitig wirkenden Druckreizen sein müsste, damit es der Versuchsperson noch möglich ist, zwei getrennte Berührungspunkte wahrzunehmen (simultane Raumschwelle) [BEYER und WEISS, 2001].

Laut Weber (1846) fühlt ein Erwachsener zwei abgestumpfte Zirkelspitzen getrennt:

• auf der Zungenspitze	bei	1,1 mm
• auf dem Zeigefinger (innen)	bei	2 – 2,3 mm
• auf der Lippe	bei	4,5 mm
• auf der Nase	bei	7 mm
• auf der Stirn (untere Partie)	bei	22,6 mm
• auf der Mitte des Nackens	bei	67,7 mm

[BEYER und WEISS, 2001]

- *Meissner-Zellkomplexe*

An den an der Epidermis-Dermis-Grenze lokalisierten Meissner-Zellkomplexen endet eine myelinisierte Nervenfasern, die sich rasch an Druckänderungen anpasst: der RA-Sensor [HANDWERKER, 2006]. Damit werden Berührungen der Haut (Eindringtiefe 10-100µm) und Vibrationen (10-100 Hz) registriert [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

- *Haarfollikelsensoren*

Die an der behaarten Haut liegenden Haarfollikelsensoren reagieren auf Haarverbiegungen und können so Berührungen der Haut und Vibrationen entdecken [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

- *Merkel-Zellen*

Ebenfalls an der Epidermis-Dermis-Grenze liegen die Merkel-Zellen [HANDWERKER, 2006]. Das sind Gruppen von circa 40 spezialisierten Epithelzellen [LANG, 2008]. Sie besitzen einen gelappten Kern und beherbergen viele Mitochondrien sowie Vesikel, die Neuropeptide enthalten. Mit diesen nehmen von markhaltigen Nervenfasern ausgehende Axone Kontakt auf [HANDWERKER, 2006].

Diese Merkel-Zell-Axon-Komplexe sind SA I-Sensoren und messen den Druck. Zusätzlich wird die Geschwindigkeit der Druckänderung in die Messung mit einbezogen [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

- *Ruffini-Kolben*

Die spindelförmigen Ruffini-Kolben befinden sich vor allem in den oberen Dermis-schichten [TREEDE, 2007]. Sie enthalten einen von einer Bindegewebskapsel umgebenen flüssigkeitsgefüllten Raum [LANG, 2008].

Ruffini-Kolben stehen jeweils mit einer myelinisierten Nervenfasern in Kontakt, deren Ende ein SA II – Sensor ist. Je höher der Druck auf die Haut ist, desto höher ist die Frequenz der Aktionspotentiale. Dabei ist die Reizantwort des SA II – Sensors nur proportional der Reizintensität [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

- *Vater-Pacini-Körperchen*

Die sogenannten Vater-Pacini-Körperchen befinden sich in der *Subcutis*, unter den Meissner- und Merkel-Zellen [TREEDE, 2007]. Sie reagieren auf Änderungen der Druckänderungsgeschwindigkeit und sind auf Vibrationen spezialisiert (100 – 400 Hz; Eindringtiefe < 3 µm) [SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007].

#### 4.6 Thermozeption

Der Temperatursinn der Haut informiert einerseits über die Temperatur von Gegenständen, die mit der Haut in Berührung kommen, kontrolliert andererseits die Thermoregulation und ist somit für die Kontrolle der Hautdurchblutung zuständig [HANDWERKER, 2006].

Spezifische sensorische Systeme der menschlichen Haut können Temperaturen zwischen 15°C und 45°C wahrnehmen. Temperaturen über 45°C werden als schmerzhaft empfunden (Hitzeschmerz), Temperaturen zwischen 36°C und 45°C als warm. Die zwischen 31°C und 26° C liegende sogenannte Indifferenztemperatur wird weder als warm noch als kalt wahrgenommen. Der Mensch beginnt bei weniger als 31°C Kälte zu empfinden, bei Temperaturen unter 15°C kommt es zu einer Schmerzempfindung (Kälteschmerz). Unter 8°C werden Temperaturen nicht mehr wahrgenommen, weil die Signaltransduktion, -transformation und Impulsweiterleitung bei diesen Temperaturen nicht mehr stattfinden können. Thermorezeptoren befinden sich nicht nur auf der Haut, sondern auch in der Mundhöhle, im *Ösophagus* und im Magen [FAHLKE et al., 2008].

Die Hitzesensoren, die Temperaturen über 45°C messen, sind die gleichen Sensoren, mit denen Capsaicin wahrgenommen wird. Es handelt sich um TRPV1, einen polymodalen Rezeptor von nozizeptiven Spinalganglienzellen, der Wärmeempfinden ermöglicht [VERONESI und OORTGIESEN, 2006]. Wird der Capsaicin-Sensor erregt, kommt es zur Öffnung eines Kationenkanals in nozizeptiven Nervenendigungen, was dort zur Depolarisation und in weiterer

Folge zur Auslösung von Aktionspotentialen führt (SILBERNAGL und DESPOPOULOS, 2007). Maßgeblich für das Kälteempfinden verantwortlich ist TRP M8, der Mentholrezeptor [BAUTISTA et al., 2007].

Auf der menschlichen Haut befinden sich Kalt- und Wärmepunkte, die Kälte oder Wärme wahrnehmen. Während auf den Händen und dem Rumpf die Kalt- und Wärmepunkte eher spärlich gesät sind, liegen in der Mundregion die Kalt- und Wärmepunkte so dicht beieinander, dass sie eine einheitliche Sinnesfläche bilden. Die periorale Region ist für den Temperatursinn das wichtigste Organ [HANDWERKER und SCHAIBLE, 2006].

## **4.7 Nozizeption**

Bei der Einwirkung eines noxischen Reizes auf ein gesundes Gewebe wird eine physiologische Schmerzantwort ausgelöst. Schmerz bedeutet ein Warnsignal eines gesunden Körpers, das auf die Gefahr einer Schädigung hinweist. Außerdem werden nozizeptive Reflexe (beispielsweise Vasokonstriktion in der Haut) ausgelöst, die das Gewebe schützen sollen.

Während Schmerz eine bewusste Sinnesempfindung darstellt, versteht man unter Nozizeption die Aktivität der peripheren und zentralnervösen Neuronengruppen, die zu Schmerz führen kann [HANDWERKER und SCHAIBLE, 2006].

### **4.7.1 Nozizeptoren**

Die Hautoberfläche weist an bestimmten Stellen sogenannte Schmerzpunkte auf, an denen nozizeptive Reize empfunden werden. Die Dichte an Nozizeptoren ist wesentlich höher als die von Druck-, Kalt- und Wärmepunkten [MERKER und HARTMANN, 2006].

Nozizeptoren werden als polymodal bezeichnet. Das bedeutet, dass sie durch unterschiedliche Reizarten erregbar sind. So können Nozizeptoren etwa durch Verletzung des Gewebes, Bradykinin, Substanz P, Prostaglandine, Wasserstoff-

fionen, Histamin oder Acetylcholin erregt werden [MERKER und HARTMANN, 2006].

Nozizeptoren haben dünne unmyelinisierte Faserendigungen ohne besondere Strukturmerkmale. Die Umwandlung noxischer Reize in elektrische Generatorpotentiale (Transduktion) erfolgt in den Endigungen [HANDWERKER und SCHAIBLE, 2006].

#### **4.7.2 Adaption und Schmerzverstärkung**

Nozizeptoren adaptieren bei gleich bleibendem Schmerzreiz fast nicht. Die Schmerzempfindung lässt erst nach, wenn die Ursache abschwächt oder aufgehoben wird. Bei der Verletzung eines Gewebes werden exzitatorische Transmitter wie Glutamat oder Aspartat freigesetzt und damit  $\alpha$ -Amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazol-Propionsäure (AMPA) - und N-Methyl-D-Aspartat (NMDA) -Rezeptoren an nozizeptiven Neuronen im Rückenmark aktiviert. Dadurch kommt es zur Verstärkung des Schmerzes und erhöhter Schmerzempfindlichkeit in der Umgebung der Gewebeverletzung [MERKER und HARTMANN, 2006].

#### **4.7.3 Schmerzqualitäten**

Es kann zwischen Oberflächen- und Tiefenschmerz unterschieden werden. Oberflächenschmerz geht von der Haut aus und umfasst zwei Empfindungskomponenten: den kurz andauernden hellen Schmerz und den nachfolgenden dumpfen Schmerz der länger andauert. Tiefenschmerz kommt aus den Muskeln, Gelenken, der Knochenhaut oder Bindegewebsstrukturen [MERKER und HARTMANN, 2006].

### **4.8 Trigeminales System**

Im Kopfbereich leitet der V. Hirnnerv, der *Nervus trigeminus*, die Funktionen der Somatosensorik. Im Ganglion des Trigeminiernervs befinden sich pseudounipolare Neurone, die das 1. Neuron der somatosensorischen Bahn bilden. Die Mechanorezeption wird im ipsilateralen *Nucleus principalis* synaptisch mit dem 2.

Neuron verschaltet, die Thermorezeption und die Nozizeption im ipsilateralen *Subnucleus caudalis* des spinalen Trigemuskerns. Im *Nucleus ventralis posterior medialis* befindet sich das 3. Neuron. Das 4. Neuron ist in der Großhirnrinde, im am weitesten lateral gelegenen Teil des *Gyrus postcentralis* lokalisiert [TREEDE, 2007].

## 5 SOMATOSENSORIK IN DER SENSORISCHEN ANALYSE

Laut Meilgaard et al. [2006] lassen sich die somatosensorisch erfassbaren Attribute in drei Bereiche unterteilen:

- Textur (für Feststoffe oder Halbfeststoffe)
- Viskosität (für homogene newtonsche Flüssigkeiten)
- Konsistenz (für nichtnewtonsche oder heterogene Flüssigkeiten und Halbfeststoffe)

[MEILGAARD et al., 2006]

Weitere mit dem Tastsinn wahrnehmbare Eigenschaften von Lebensmitteln, die in der Literatur zu finden sind:

- Mundgefühl
- Temperatur
- Trigeminaler Wahrnehmung

### 5.1 Textur

Das Problem, Textur als eine Hauptkomponente der sensorischen Qualität von Lebensmitteln zu definieren, tauchte während der 1920er Jahre auf, als bekannt wurde, dass der sensorische Eindruck eines Lebensmittels nicht mit einem Attribut zu beschreiben ist. Die sensorische Qualität setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, die von den menschlichen Sinnen erfasst werden [KRAMER, 1973].

#### 5.1.1 Begriffsdefinition

Allgemein werden als Textur die Merkmale eines Lebensmittels bezeichnet, die aus einer Kombination von Eindrücken wie Berührung, Aussehen, Akustik und physikalischen Eigenschaften bestehen. Die Textureigenschaften werden von der Größe, der Form, der Anzahl der Zellen und der Zellstruktur des Lebensmittels beeinflusst. Textureigenschaften sind beispielsweise die Festigkeit von Käse oder die Knusprigkeit von Brot.

Für Textur existieren viele verschiedene Definitionen. Die British Standard Institution legt fest, dass der Begriff Textur nicht nur die Berührung beinhaltet, sondern dass auch Hören und Sehen eine Rolle spielen [CARPENTER et al., 2000]. Demnach setzt sich die Textur aus den mit den physiologischen Sinnen wahrgenommenen physikalischen Eigenschaften zusammen [ESCHER, 1993].

Die International Organization for Standardization definiert die Textur eines Lebensmittels als alle rheologischen und strukturellen Attribute des Produktes, die mittels mechanischen, taktilen oder wenn möglich mit visuellen und auditiven Rezeptoren erfassbar sind. Die Textur eines Objektes wird demnach durch den Sehsinn, den Tastsinn und den Gehörsinn ermittelt, wobei nicht immer alle Sinne daran beteiligt sind [ISO 5492, 2008].

Ein Produkt zu berühren und die Beschaffenheit seiner Oberfläche zu erfassen genügt nicht, um einen umfassenden Eindruck von der Textur eines Lebensmittels zu gewinnen. Die Probe wird mit den Händen oder im Mund bewegt, verformt und feste Lebensmittel werden zerkleinert. Textureigenschaften eines Lebensmittels verändern sich durch Krafteinwirkung wie zum Beispiel Kauen oder Bewegen der Probe, Einspeicheln und eventuell auch durch die Körpertemperatur. Aus diesem Grund ist die Beurteilung der Textur ein dynamischer Vorgang. Veränderungen müssen erfasst und die Bedingungen im Mund berücksichtigt werden. Der Kauprozess sowie die Speichelbildung sind bei verschiedenen Personen stark unterschiedlich, daher ist es mit instrumentellen Methoden nur beschränkt möglich, sie zu simulieren (Tab. 1) [STROH, 2001].

Laut Brown et al. [1994] läuft das Zerkleinern der Nahrung in zwei Phasen ab: Zuerst erfolgt die Auswahl der Partikel durch die Zunge und die Wangen zu einem Nahrungsbissen zwischen den Zähnen, dann kommt es zur eigentlichen Mastikation. In Studien konnte gezeigt werden, dass die Art zu Kauen bei der Beurteilung der Textur eines Lebensmittels eine wichtige Rolle spielt.

Guinard und Mazzucchelli [1996] sind der Meinung, dass die orale Verarbeitung von Lebensmitteln drei verschiedene Stufen beinhaltet: anfänglich die Nahrungsaufnahme, gefolgt von Zerkleinern und wiederholtem Kauen und schließlich das Schlucken. Wenn Nahrung aufgenommen wird, wird sie zuerst von der Zunge gegen den Gaumen gepresst, wobei bereits erste Informationen über die Beschaffenheit der Oberfläche gewonnen werden. Außerdem wird das Lebensmittel eingespeichelt. Danach kommt es zum Kauvorgang, bei dem das Lebensmittel verformt und zerkleinert wird.

Eine Orangenschale weist zum Beispiel eine visuell und taktil feststellbare Rauheit auf, während die Textur von Kartoffelchips durch das Ertasten im Mund und den Gehörsinn wahrgenommen wird [VICKERS, 1987].

Obwohl es sich bei der Textur um eine sensorische Eigenschaft handelt, gibt es die Möglichkeit einer physikalischen Messung. Dazu werden rheologische und nichtrheologische Methoden wie Farbmetrik oder Dichtemessung herangezogen [KRAMER, 1973].

Texturveränderungen geben meist keinen Hinweis auf gesundheitsschädliche und verdorbene Lebensmittel. Dennoch wird der Verderb häufig von Texturveränderungen begleitet. In ihrer Textur verändert sind zum Beispiel welker Salat, zähes Fleisch oder trockenes Brot [SZCZESNIAK, 1990].

**Tabelle 1: Vereinfachtes Schema der Texturwahrnehmung für ein festes Lebensmittel [STROH, 2001]**

Beurteilen des Aussehens und Vorbereitung der Probe (Schneiden, Umrühren usw.) und zum Mund führen	→ erster visueller Eindruck der Textur → Beurteilung mit den Händen/dem Besteck – erster Eindruck der Härte, Elastizität, Oberflächenrauheit etc.
↓	
Erster Biss	→ Beurteilung der Härte und Knusprigkeit
↓	
Probe wird mit der Zunge gegen den Gaumen gepresst und die Zunge wird bewegt	→ Beurteilung von Feuchtigkeit, Viskosität/Dichte, Elastizität, Temperatur usw. → Beurteilung der Klebrigkeit am Gaumen, erste Beurteilung der empfundenen Partikelgröße/Rauheit beim Kauen usw.
Kauen	→ Beurteilung der Zähigkeit, Saftigkeit, Klebrigkeit, Partikelgröße usw.
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Verformung und Zerkleinerung der Probe (Oberflächenvergrößerung)</li> <li>➤ Einspeichelung und Verdünnung</li> <li>➤ Aromen-Freisetzung</li> <li>➤ Evtl.: Schmelzen durch Körpertemperatur (z.B. bei Schokolade, Eiscreme)</li> </ul>	
Schlucken	→ Eindruck beim Schlucken: Widerstand der Probe beim Schlucken → Eindruck nach dem Schlucken: zurückbleibender Fettfilm, „Kratzen“ im Hals usw.

### **5.1.2 Textur und Konsumentenvorlieben**

Textur spielt eine wichtige Rolle bei der allgemeinen Akzeptanz eines Produkts. Konsumenten erwarten bei einem bestimmten Produkt bestimmte texturale Eigenschaften. Dieses Attribut ist eines der wichtigsten Kriterien, die vom Verbraucher benutzt werden, um die Qualität und die Frische von Lebensmitteln zu ermitteln [CARPENTER et al., 2000].

Wie beliebt eine Textur ist, hängt sowohl von der Vertrautheit mit dem Lebensmittel also auch von anderen Eigenschaften ab. Eine einwandfreie Textur ist für knackige, knusprige und wenig gewürzte Lebensmittel von besonderer Wichtigkeit (z.B. Gurken, Chips, Frühstückscerealien, weißes Brot) [SZCZESNIAK, 1990].

Für den Konsumenten gewinnt die Textur immer mehr an Bedeutung. Sie stellt ein essentielles Kriterium bei der Auswahl und der Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln dar und hilft bei der Erkennung von Produkten. Anhand einiger Studien konnte gezeigt werden, dass Konsumenten Lebensmittel anhand von Aussehen, Flavour und Textur beurteilen [SCHIFFMAN, 1977].

Wie ansprechend eine bestimmte Textur für einen Konsumenten ist, hängt von mehreren Faktoren ab, wie zum Beispiel physiologische Einflussfaktoren (Körperzustand, Alter oder Geschlecht) oder der gesellschaftliche, sozioökonomische und kulturelle Hintergrund und die sich dadurch ergebenden Erwartungen. Außerdem werden Vorlieben von Konsumenten durch unmittelbar zuvor verzehrte Produkte beeinflusst. Wurde beispielsweise ein Lebensmittel mit einer weichen Textur verzehrt, so verringert sich die Beliebtheit von danach verzehrten weichen Produkten stärker als jene von festen Lebensmitteln. Dieser Effekt wird "sensorisch bedingte Sättigung für Textureigenschaften" oder "sensory-specific satiety" genannt [ROLLS, 1986].

Die Psychologie spielt ebenfalls eine große Rolle bei der Akzeptanz von Textureigenschaften durch den Konsumenten. Bestimmte Assoziationen beispielsweise können einen Konsumenten davon abhalten, bestimmte Produkte zu kos-

ten oder weiter zu konsumieren. Ein typisches Beispiel hierfür wäre die Assoziation von Schnecken oder Austern mit "Schleim" oder "Schmutz" – viele Konsumenten werden diese Produkte aus diesem Grund nie probieren [STROH, 2001].

Neben der Psychologie spielen auch andere Faktoren bei der Einstellung von Konsumenten gegenüber Textureigenschaften eine Rolle. So sind physiologische, soziale, kulturelle und ökonomische Faktoren nicht außer Acht zu lassen [SZCZESNIAK und KHAN, 1971]. Die meisten Lebensmittel, die von fast allen kulturellen Gruppen konsumiert werden, tendieren dazu, eine helle Farbe, einen milden Geschmack und eine weiche Textur zu haben [MATZ, 1962].

Obwohl Textur und Mundgefühl wichtige Parameter in der Akzeptanz von Lebensmitteln und Getränken darstellen, existiert keine eindeutige Meinung darüber, welche Texturattribute wünschenswert sind oder welche Präferenzen für gewisse Textur- oder Mundgefühlcharakteristika angeboren oder erlernt sind. Ein Großteil der Menschen bevorzugt Nahrungsmittel mit hohem Fettgehalt, vermutlich wegen der Mundgefühlseigenschaften, die Fette und Öle einem Lebensmittel verleihen. Kinder entwickeln früh eine Vorliebe für Produkte mit hohem Fettgehalt [BIRCH, 1992].

Es gibt Spekulationen, dass eine Veränderung der Textur im Mund vom Konsumenten als besonders angenehm empfunden wird, wie beispielsweise beim Schmelzen von Speiseeis [STROH, 2001].

### **5.1.3 Texturprofilmethode**

Die Texturprofilmethode wurde im Jahr 1963 entwickelt [SKINNER, 1988]. 1973 beziehungsweise 1975 wurde die Methode erweitert. Die Texturprofilanalyse entstand aus der A.D. Little Flavourprofilmethode von Cairncross und Sjostrom, die Textur als Bestandteil des Geschmacks bezeichnet [MÜHLE, 2002].

Die Texturprofilmethode ist ein Bindeglied zwischen instrumentellen Messwerten und subjektiven Konsumentenempfindungen. Die Terminologie ist spezifisch für jeden Produkttyp [MEILGAARD et al., 2007].

Zwei Beurteilungsskalen existieren, die Standardskala zur Quantifizierung der mechanischen Parameter der Textur und eine Intensitätsskala zur Evaluierung von Messproben [SKINNER, 1988].

#### 5.1.3.1 *Klassifikation der Texturattribute*

##### Mechanische Attribute:

Mechanische Attribute wie Härte, Kohäsivität, Viskosität und Elastizität werden durch Kraft- und Stresseinwirkung auf das Lebensmittel gemessen und mit kinästhetischen Sinnen nachgewiesen.

##### Geometrische Attribute:

Geometrische Attribute wie Größe, Form und Anordnung der Teilchen eines Lebensmittels werden mittels Tastsinn oder visuell wahrgenommen. Dazu zählen zum Beispiel Blättrigkeit, Faserigkeit oder Kristallinität.

##### Attribute des Mundgefühls:

Attribute des Mundgefühls werden auf den Feuchtigkeitsgehalt, Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe sowie den Fettgehalt und -typ bezogen und mit dem Tastsinn empfunden. Beispiele dafür sind Mundbelegtheit, Cremigkeit und Trockenheit.

[MUNOZ et al., 1992; ISO 11036, 1994]

#### a) *Mechanische Attribute*

- *Härte/Festigkeit*

Die Härte ist der einer Deformation von der Probe entgegengesetzte Widerstand und wird beim ersten Biss gemessen. Wenn die Probe zügig und gleichmäßig zerdrückt wird, kann der Unterschied zwischen kohäsiven und brüchigen Lebensmitteln gering gehalten werden und die Härte kann besser verglichen werden. Bei der Messung der Härte eines Lebensmittels ergibt sich die Frage, wie stark zugebissen werden muss, damit die Probe deformiert wird. Bei halbfesten Lebensmitteln ist die Beschreibung „Festigkeit“ passend, da die Härteintensität solcher Produkte zu Beginn der allgemeinen Reihe einzuordnen ist, und die Fließfähig- bzw. Festigkeit der Probe überprüft wird [MÜHLE, 2002].

- *Kohäsivität*

Unter Kohäsivität versteht man die Stärke der inneren Bindung eines Lebensmittels und das Ausmaß der möglichen Deformation eines Produktes vor der Zerstörung [ISO 11036, 1994; MUNOZ, 1986].

Brüchige oder bröckelige Lebensmittel weisen eine geringe, plastische Lebensmittel eine hohe Kohäsivität auf. Wird die Kohäsivität gemessen, sollte eine möglichst langsame Kaurate gewählt werden, da sich so der Druck auf die Probe langsam erhöht und die innere Bindung von den Rezeptoren gut wahrgenommen werden kann. Bei stark kohäsiven Proben sind mehrere Kaubewegungen erforderlich, da sie durch eine Kaubewegung nicht mehr teilbar sind (z.B. manche Kaubonbons). Der extremste Fall ist durch einfache Kaubewegungen gar nicht teilbar, wie z.B. ein Kaugummi. Die Messung der Kohäsivität wird durch die Härte beeinflusst, da die beiden Attribute durch ähnliche Kraftanwendungen gemessen werden. Die Härte stellt den Kraftaufwand bis zur Deformation der Probe dar während die Kohäsivität darüber hinaus geht und durch den Verformungsgrad bis zum Brechen der Probe dargestellt wird [MÜHLE, 2002].

- *Viskosität*

Viskosität ist die Fließrate je Krafteinheit beziehungsweise der gemessene Fließwiderstand [SZCZESNIAK et al., 1963].

Düninflüssige Lebensmittel weisen eine geringe, dickflüssige Lebensmittel eine hohe Viskosität auf. Die Messung der Viskosität erfolgt beim Einnehmen der Probe, damit der Speichel sie nicht zu sehr beeinflussen kann. Nur fließfähige Lebensmittel können viskös sein [ROHM und VEITS, 1990].

- *Adhäsivität*

Adhäsivität ist die Kraft, die aufgewendet werden muss, um die Lebensmittelbestandteile, die während eines normalen Essensprozesses am Gaumen haften bleiben, wieder zu entfernen [CIVILLE und SZCZESNIAK, 1973].

- *Elastizität*

Unter Elastizität wird die Fähigkeit eines Lebensmittels verstanden, nach dem Kauvorgang wieder die ursprüngliche Form zu erlangen [CIVILLE und SZCZESNIAK, 1973].

- *Brüchigkeit*

Brüchigkeit wird durch den notwendigen Kraftaufwand zum Zerbrechen eines Lebensmittels definiert. „Brüchige“ Lebensmittel sind krümelig, spröde, bröckelig, knackig oder knusprig und besitzen eine geringe Kohäsivität und eine gewisse Härte/Festigkeit [SZCZESNIAK et al., 1963].

Die Brüchigkeit wird beim ersten Biss gemessen, wobei die Akustik eine große Rolle spielt, da sie die Messung bewusst oder unbewusst beeinflusst [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996].

- *Weichelastisches Verhalten*

Ein Lebensmittel, das einen hohen weichelastischen Anteil hat ist teigig und zäh. Außerdem weist es eine hohe Kohäsivität und eine geringe Härte/Festigkeit auf [ROHM und VEITS, 1990].

Die Messung findet bei festen Lebensmitteln nach dem Kauvorgang statt [MÜHLE, 2002].

- *Kaubarkeit*

Kennzeichen der Kaubarkeit ist Energie, die benötigt wird, um ein festes Lebensmittel in einen abschluckbaren Zustand zu bringen [SZCZESNIAK et al., 1963].

Kaubare Lebensmittel sind kohäsiv eventuell elastisch, teigig, zäh oder zart. Ein brüchiges Lebensmittel zerbricht beim ersten Biss, daher ist eine Kaubarkeit nicht messbar. Bei brüchigen Proben kann die Anzahl der Kaubewegungen gemessen werden, die benötigt werden, um das Lebensmittel in einen abschluckbaren Zustand zu bringen [CIVILLE und LISKA, 1975].

Tabelle 2 zeigt typische sensorische Eigenschaften von Lebensmitteln. So stehen bei Brot vor allem die Festigkeit und Knusprigkeit im Vordergrund, während beispielsweise bei Kaugummi die Elastizität die typische sensorische Eigenschaft ist.

**Tabelle 2: Typische sensorische Eigenschaften von Lebensmitteln [STROH, 2001].**

<b>Lebensmittel</b>	<b>Sensorische Eigenschaft</b>
Brot	Festigkeit, Knusprigkeit
Kuchen, Gebäck, Kekse	Festigkeit, Härte, Bruchfestigkeit
Teige	Elastizität, Klebrigkeit
Salzgebäck (z.B. Salzstangen)	Biege-, Bruchfestigkeit, Knusprigkeit
Erdnussflips, Chips	Knusprigkeit, Härte
Gekochte Nudeln	Härte, Klebrigkeit, Festigkeit
Kaugummi	Elastizität

*b) Geometrische Attribute*

- Blättrigkeit

Blättrige Lebensmittel schließen einen hohen Anteil an Luft ein. Feste Schichten sind übereinander gelagert und sind bröselig, trocken und leicht [MÜHLE, 2002].

- Faserigkeit

Fasern liegen dicht aber getrennt nebeneinander und enthalten selbst keine Flüssigkeit oder Luft [MÜHLE, 2002].

- Kristallinität

Als Kristallinität wird das Vorhandensein von Kristallen bezeichnet, die hart und körnig sind [MÜHLE, 2002].

c) *Mundgefühl Attribute*

- *Glattheit der Oberfläche*

Die Glattheit der Oberfläche ist vor allem bei Emulsionen und Milchprodukten von Bedeutung. In diversen Studien ist untersucht worden, ob die Glattheit von Öl-in-Wasser Emulsionen durch Erhöhung der durchschnittlichen Größe der Fettkügelchen und durch die Änderung der Größen verringert wird [RICHARDSON und BOOTH, 1993].

Die Genauigkeit der Mechanorezeptoren im Mundraum ermöglicht die Detektion von sehr kleinen Kügelchen (5-25  $\mu\text{m}$ , abhängig vom Lebensmittel) und die Abgrenzung von kleinen Abständen zwischen den Kügelchen (0,5-3,0  $\mu\text{m}$ ) [RICHARDSON und BOOTH, 1993; TYLE, 1993].

Wie rau oder glatt eine Oberfläche ist, hängt vor allem von der Partikelgröße, der Härte und Form ab [TYLE, 1993].

- *Adstringenz*

Adstringenz stellt die hintergrundreichste taktile Empfindung dar, da sie eine trigeminale Komponente enthält [GREEN, 1993].

Das Wort „Adstringenz“ hat seinen Ursprung im lateinischen Wort „adstringere“, was am besten mit „zusammenziehen“ zu übersetzen ist. Adstringenz wird mit der Fähigkeit, gewisse chemische Substanzen zu binden und die Ausscheidung von Speichelmucoproteinen, die den Mundraum einspeicheln, hervorzurufen in Verbindung gebracht [GUINARD et al., 1986].

Zusätzlich zum verminderten Einspeicheln der Nahrung werden Mechanorezeptoren stimuliert [GREEN, 1993].

Adstringenz kann aus drei Gründen als eine taktile Empfindung gesehen werden: Erstens kann sie auch von nicht geschmacksempfindlichen Stellen wie Oberlippe oder Gaumen wahrgenommen werden, außerdem kann Einspeicherung Adstringenz ausgleichen [BRESLIN et al., 1993]. Drittens wird für adstringierende Stimulation keine sensorische Adaption benötigt [GUINARD et al., 1986].

- *Carbonatation*

CO<sub>2</sub> stimuliert die freien Nervenendigungen vom Nervus trigeminus [GREEN und LAWLESS, 1991].

Anders als bei Adstringenz ist die durch Carbonatation erzeugte Wahrnehmung in erster Linie chemisch, die durch die CO<sub>2</sub> Bläschen erzeugte taktile Empfindung ist nur sekundär von Bedeutung [GREEN, 1992].

Die stechende Empfindung, die von CO<sub>2</sub> ausgelöst wird, kann genauer lokalisiert werden, als durch andere Lebensmittelinhaltsstoffe wie Capsaicin hervorgerufene Wahrnehmungen [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996].

#### 5.1.3.2 *Festlegung der Reihenfolge des Auftretens von Texturmerkmalen*

Eine Texturbewertung weist verschiedene Phasen auf. Beim ersten Biss können die mechanischen Attribute Härte, Viskosität und Brüchigkeit festgestellt werden, in der Kauphase das weichelastische Verhalten, die Kaubarkeit und die Viskosität. Die geometrischen Eigenschaften sind abhängig von der Produktstruktur und werden sowohl beim ersten Biss als auch während der Kauphase wahrgenommen. Ebenfalls in der Kauphase können diverse Resteindrücke wie zum Beispiel Zerfallsrate, Zerfallsart, Flüssigkeitsabsorption und Mundbelegtheit bewertet werden (Abb. 13) [BRANDT et al., 1963].

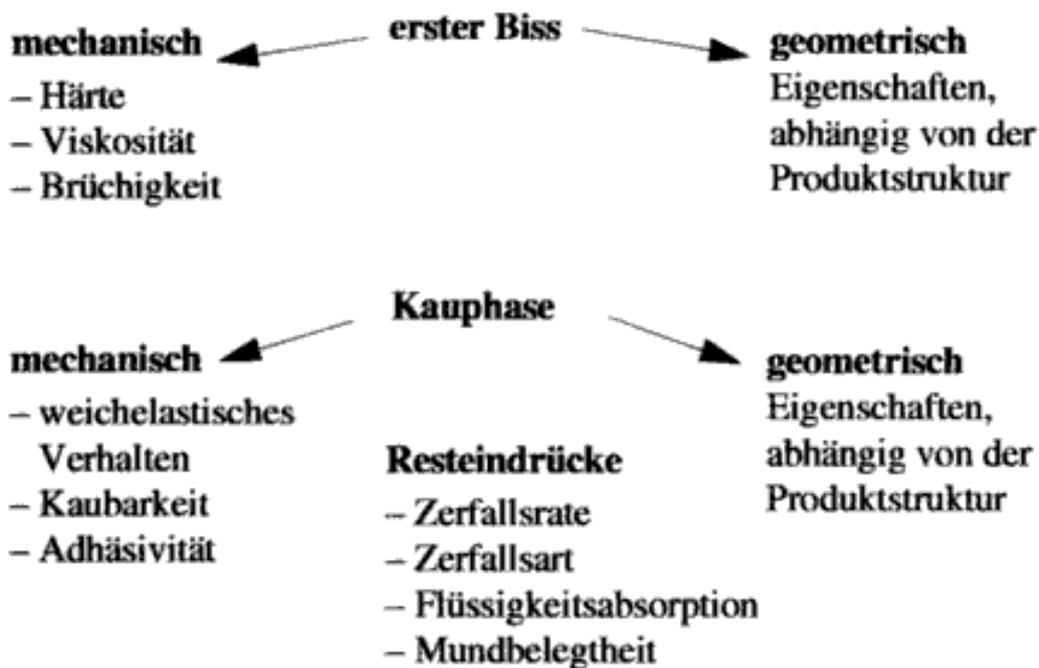


Abbildung 12: Darstellung des Prozesses der Texturmessung [BRANDT et al., 1963]

### 5.1.3.3 Festlegung einer bestimmten Verkostungstechnik

Bei der Texturprofilanalyse wird die geeignete Verkostungstechnik für jedes Merkmal verwendet. Für den Prüfer ist eine einheitliche Verkostungstechnik zwar ein höherer Aufwand, bei der richtigen Anwendung ist sie allerdings hilfreich weil die Variabilität der Intensitätsmessung verkleinert wird. Die richtige Verkostungstechnik hängt von dem Merkmal und dem Lebensmittel ab und sollte der gebräuchlichen Konsumierung des Produktes entsprechen.

Dabei zu beachten sind:

- die Art und Weise, wie das Produkt in den Mund geführt wird
- die Art und Weise, wie das Produkt zum Zerfall gebracht wird
- der Zustand der Probe vor dem Schlucken
- die Resteindrücke nach dem Schlucken

[MUNOZ et al., 1992]

#### 5.1.3.4 Standardskalen mit Referenzproben

Die von Szczesniak entwickelten Standardskalen ermöglichen zusammen mit der entsprechenden Verkostungstechnik eine definierte quantitative Methode zur sensorischen Messung der mechanischen Texturparameter. Darüber hinaus decken sie die gesamte Bandbreite der Lebensmittel ab. Bestimmte Intensitäten der Skalen werden durch ausgewählte Referenzproben repräsentiert und helfen bei der Orientierung, wenn unbekannte Proben in der Intensität eines bestimmten Merkmals bewertet werden sollen. Bei der Verwendung der Standardskalen kann außerdem eine Korrelation zwischen sensorischer und instrumenteller Texturmessung berechnet werden [SZCZESNIAK et al., 1963].

Es gibt zwei Skalen die für die Texturprofilmethode verwendet werden. Die Standardskala zur Quantifizierung der mechanischen Parameter von Textur und eine Intensitätsskala zur Evaluierung von Proben. Standardskalen für Härte, Brüchigkeit, Kaubarkeit, Gummiartigkeit, Viskosität und Bindekraft decken die gesamte Intensitätsbereich jedes dieser Parameter, die man in Lebensmitteln finden kann, ab. Die Skala für Härte besteht zum Beispiel aus neun Punkten mit Lebensmittelreferenzen, die die unterschiedliche Härte angefangen bei cremigem Käse (geringe Härte) bis hin zu Kandiszucker (hoher Härtegrad) darstellen. Der unterste Punkt der Skala hat den Wert 1 und der höchste den Wert 9 [MOSKOWITZ, 1988].

Bei der Quantitativen deskriptiven Analyse erarbeitet das Panel die Begriffe selbst, die zur Beschreibung der sensorischen Eigenschaften verwendet werden. Bei der Texturprofilanalyse werden Begriffe, Definitionen und Verkostungstechniken bereits vorgegeben. Die textuellen Empfindungen werden mittels Wörtern aus der wissenschaftlich-technischen oder populär-wissenschaftlichen Sprache beschrieben. Der Vorteil bei dieser Vorgehensweise ist, dass die Ergebnisse auch für außen stehende Personen nachvollziehbar sind. Allerdings können vorgegebene Begriffe dazu führen, dass bestimmte Empfindungen ignoriert werden, weil

sie nicht zugeordnet werden können, was einen Nachteil dieser Methode darstellt [STONE und SIDEL, 2004]. Deshalb ist es empfehlenswert, bei der Entwicklung eines neuen Texturprofils zuerst alle Wahrnehmungen zu notieren, auch die, die noch nicht definiert wurden. Dabei können die von Szczesniak et al. (1963) bereits festgelegten Begriffe und Techniken als Basis verwendet werden. Die geeignete Technik wird vom Panel bestimmt und die erarbeiteten Begriffe und Techniken können immer wieder in andere Profile eingebaut werden [MÜHLE, 2002].

Anforderungen an Referenzproben:

1. Ein bestimmtes Merkmal oder eine bestimmte Identität, die nicht von anderen Merkmalen überschattet werden darf, soll verkörpert werden.
2. Verfügbarkeit
3. Konstante Qualität
4. Der Herstellungsaufwand soll möglichst gering sein, das Herstellungsverfahren für reproduzierbare, repräsentative Textureigenschaften muss standardisiert sein
5. Geringe Empfindlichkeit gegenüber kleinen Temperaturveränderungen und kurzer Lagerungszeiten
6. Standardisierung in Größe, Form, Temperatur, Bearbeitung
7. Homogenität (die Zusammensetzung des Lebensmittels darf möglichst nicht aus Anteilen mit unterschiedlicher Textur bestehen)

[SZCZESNIAK et al., 1963; ISO 11036, 1994]

#### 5.1.3.5 *Panel Training*

Das Training der Panelisten stellt eine essentielle Komponente bei deskriptiven Analysetechniken dar. Die Zusammenstellung der Panelisten für die Texturprofilmethode kann in vier Stufen eingeteilt werden:

- Rekrutierung: Kandidaten für das Screening werden gesucht
- Screening: die Kandidaten werden hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit und ihrem Interesse beurteilt, physiologische Tests werden durchgeführt

- Auswahl: aufgrund des Screenings werden geeignete Kandidaten ausgewählt
- Training: die ausgewählten Kandidaten werden in die sensorischen Methoden eingeführt

Nach dem Training folgt die Praxis, während der die Panelisten lernen Produkte kompetent zu evaluieren.

Es gibt einen einfachen Test, um während des Screenings festzustellen, welche Kandidaten als Panelisten geeignet sind. Vier Produkte aus der Standardskala für Härte werden den Kandidaten präsentiert und sollen dem Grad ihrer Härte nach geordnet werden. Panelisten werden gleichzeitig für Geschmackstests trainiert [SKINNER, 1988].

Grundlage für das Training der Panelisten in der sensorischen Texturmessung ist ein Schulungsprogramm, das sich mit einer generellen Texturbeschreibung befasst.

Dieses Schulungsprogramm beinhaltet folgende Punkte:

- Definitionen der Texturmerkmale des gesamten Lebensmittelbereiches
- Vermittlung von Grundtechniken
- Veranschaulichung und Orientierung durch Referenzproben, die eine bestimmte Intensität des Merkmals eindeutig repräsentieren, und Intensitätsskalen
- Übungen, die Messungen von Lebensmitteln anhand vorgegebener Referenzproben und Analysen des gesamten Textureindrucks beinhalten

[MÜHLE, 2002].

#### 5.1.3.6 *Vokabular zur Texturmessung*

Das Vokabular ist ein wichtiger Bestandteil der Texturprofilmethode. Zuerst werden die dem Panel in einem Testkontext unbekannt Produkte während sogenannten Orientierungssessions begutachtet. In diesen Sessions werden

verschiedene am Markt erhältliche Produkte unter die Lupe genommen. Das Panel evaluiert die Produkte und kategorisiert sie nach Ähnlichkeiten und Unterschieden. Erst nach dieser Einteilung beginnt das Panel, unter Miteinbeziehung der Standardtexturskala und anderer Referenzen, geeignete Vokabel für die Beschreibung der Produkte festzulegen. Die Panelisten arbeiten also nicht für die Methode, sondern die Methode arbeitet für das Panel [SKINNER, 1988].

#### 5.1.3.7 *Analyse der Daten*

Es existiert keine Standardmethode für die Analyse von Texturprofilaten. In der Praxis variieren die analytischen Methoden von Panel-Konsens zu multivariaten statistische Analysen [SKINNER, 1988].

#### 5.1.3.8 *Beispiel für die Anwendung der Texturprofilmethode*

Texturprofile werden erstellt, um die Textur ähnlicher Produkte mit geringfügigen Unterschieden zu vergleichen und zu analysieren. Mühle [2002] führt zur Veranschaulichung das Beispiel eines Texturprofils für Schokoladenpudding und Mousse au chocolat an. Zu diesem Zweck werden vom Panel produktbezogene Attribute ausgewählt, die dazugehörigen Verkostungstechniken entwickelt und die Attribute in die Phasen des Verkostungsvorganges eingeordnet (Tab.3).

**Tabelle 3: Darstellung des Texturprofils für Schokoladenpudding und Mousse au chocolat [MÜHLE, 2002]**

<b>1. Erster Eindruck im Mund:</b>	
Festigkeit:	Kraftaufwand, um die Probe mit der Zunge gegen den Gaumen zu zerdrücken
Adhäsivität:	Probe mit der Zunge gegen den Gaumen drücken und den Manipulationsaufwand bewerten, um die Probe wieder zu entfernen
Luftigkeit, Schaumigkeit:	Grad der Luftentweichung messen, während die Probe mit der Zunge gegen den Gaumen gedrückt wird
Schwere:	Probe auf die Zunge legen und das Gewicht bewerten
Schlüpfrigkeit:	Grad des Abgleitens der Probe von der Zunge, während die Zunge sich ein wenig bewegt
<b>2. Während der Zerstörung und Manipulation der Probe mit der Zunge:</b>	
Cremigkeit:	Grad der Cremigkeit während der Verteilung im Mundraum vor dem Zerfall
Schmierigkeit:	Klebrigkeit an der Mundwand während der Zerstörung
Zerfallsgeschwindigkeit	
<b>3. Während des Schluckens:</b>	
Viskosität:	Flüssigkeitsgrad der Probe
<b>4. Resteindrücke:</b>	
Fettigkeit:	wahrgenommener Fettigkeitsfilm an der Mundwand
Pulvrigkeit:	Anwesenheit pulvriger Bestandteile an der Mundwand

Insgesamt fünf Tests wurden in Kabinen mit Hilfe von Sensoriksoftware zur Erstellung von Texturprofilen für Schokoladenpudding und Mousse au chocolat durchgeführt. Dazu wurden die Proben in einheitlichen weißen Porzellanschälchen präsentiert und mit konstanten dreistelligen Zufallszahlen codiert. Die Messung erfolgte auf einer Linienskala von 0-10 pro Attribut, wobei sich links die 0 mit keiner Ausprägung des Merkmals und rechts die 10 mit der höchsten Ausprägung des Merkmals befand. Für jeden Verkostungsvorgang wurde ein Teelöffel als geeignete Menge gewählt. Zur Verkostung gelangten ein Schokoladenpudding im Vergleich zu einem Mousse au chocolat, drei verschiedene Mousse au chocolat mit einer Replikation und drei verschiedene Schokoladen-

puddings mit einer Replikation, wobei die Replikationen zur Messung der Reproduzierbarkeit der Beurteilung dienten. Zur optimalen Herausarbeitung der geringfügigen Unterschiede innerhalb der Mousses und der Puddings wurden sie getrennt voneinander bewertet. Nach der Verkostung wurden die Ergebnisse statistisch ausgewertet. Die erste Messung, der Vergleich eines Schokoladenpuddings mit einem Mousse au chocolat, ergab nach der Bewertung des Panels, dass der Schokoladenpudding signifikant schwerer und schlüpfriger war als das Mousse. Das Mousse wurde als luftiger und schaumiger bewertet. Weiters blieben nach dem Genuss vom Mousse pulvrige Bestandteile und ein fettiger Film an der Mundwand als Resteindruck. Beide Proben wiesen sehr geringe Intensität für Adhäsivität und Festigkeit auf [MÜHLE, 2002].

## **5.2 Temperatur und trigeminale Wahrnehmung**

Trigeminale sensorische Qualitäten wie die Temperatur oder Irritationen können maßgeblich zur Akzeptanz von Lebensmitteln beitragen. So bevorzugen beispielsweise viele Menschen Kaffee bei einer Temperatur, die höher als der Grenzwert für Schmerzauslösung und Gewebszerstörung liegt. Weitere Beispiele sind die Knusprigkeit von Chips, das Prickeln von kohlensäurehaltigen Getränken und die Schärfe die mit diversen Küchen assoziiert wird. Besonders kohlensäurehaltige Getränke und scharfes Essen werden immer beliebter [CARSTENS et al., 2002].

### **5.2.1 Irritation**

Bereits im Jahr 1912 wurde von Parker der Begriff „common chemical sense“ als eine einzigartige sensorische Modalität zum Erkennen von irritierenden Chemikalien in der Umwelt festgelegt [CARSTENS et al., 2002].

Schließlich wurde der Begriff „Chemesthesis“ eingeführt, um durch verschiedene sensorische Qualitäten (Stechen, Brennen) hervorgerufene irritierende chemische Stimulationen der Haut oder Schleimhaut beschreiben zu können [GREEN et al., 1990].

Der wohl am meisten gebrauchte Begriff zur Beschreibung von Empfindungen, die durch Chemikalien hervorgerufen werden, ist „Irritation“. Meist wird dieser

Begriff mit Unbehagen und Schmerzen assoziiert, was nicht zwangsläufig der Fall sein muss beziehungsweise teilweise sogar erwünscht ist [CARSTENS et al., 2002].

Kommt die orale oder okuläre Mukosa mit einer irritierenden Chemikalie in Berührung, werden schmerzübertragende trigeminale Neuronen freigesetzt [CARSTENS et al., 1998]. Das Vorhandensein von Neuronen, die sowohl von gesundheitsschädlichen physischen als auch von irritierenden chemischen Stimuli angeregt werden, weist auf eine Verbindung von Irritation und Schmerz hin [CARSTENS et al., 2002].

### **5.2.2 Der trigeminale Pfad für orale Irritation**

Schmerz, Temperatur und Berührungen werden durch das trigeminale System wahrgenommen. Der mandibuläre Ast des Trigeminiernervs regt Nerven an, die die Mundhöhle durchziehen. Der *Nervus lingualis* durchzieht die Zunge, wo spezialisierte Rezeptoren lokalisiert sind, die durch thermische, mechanische oder schmerzhafte Reize angeregt werden. Diese Rezeptoren bezeichnet man als Nozizeptoren, von denen manche auf irritierende Chemikalien, mit denen die Zunge in Kontakt kommt, reagieren [BRYANT und MOORE, 1995; HELLEKANT, 1965; KOMAI und BRYANT, 1993; WANG et al., 1993; SCHULTS, 1992].

Sensorische Fasern in der Zunge liefern Informationen an den im Stammhirn lokalisierten trigeminozervikalen Komplex, wo sie hauptsächlich im *Subnucleus caudalis* durch Synapsen mit Neuronen verbunden sind [CARSTENS et al., 1998; SCHULTS, 1992]. Im Gegenzug senden trigeminale Neurone Informationen an den somatosensorischen Thalamus und Cortex [CARSTENS et al., 2002].

Es ist schon länger bekannt, dass Neuronen des *Subnucleus caudalis* nozizeptive Informationen aus der Mundhöhle leiten [AMANO et al., 1986].

Trotzdem gibt es wenig Information über die Weiterleitung von oralen chemischen Irritationen. CARSTENS et al. (1995) führten dazu eine Studie durch und

kamen zu dem Ergebnis, dass einige Neuronen im *Subnucleus caudalis* an der Weiterleitung von Signalen die durch orale Irritation ausgelöst werden, beteiligt sind [CARSTENS et al., 1995].

Die Tatsache, dass die meisten dieser Neuronen nicht selektiv auf chemische Reize reagieren, macht eine qualitative Unterscheidung zwischen verschiedenen Irritationen schwierig. Es ist unklar, wie genau Menschen zwischen Lebensmittelinhaltsstoffen wie Capsaicin und Piperin (in schwarzem Pfeffer enthaltenes Alkaloid) unterscheiden können [CARSTENS et al., 2002].

### **5.2.3 Beispiele für orale Irritation hervorrufende Lebensmittelinhaltsstoffe**

#### **5.2.3.1 Capsaicin**

In diversen Studien wurden psychophysikalische Methoden entwickelt, um die Intensität von oraler Irritation feststellen zu können [LAWLESS und STEVENS, 1988; STEVENS und LAWLESS, 1987; GREEN 1988, 1989; GREEN und LAWLESS, 1991].

Capsaicinoide wie Capsaicin oder Piperin rufen eine Irritation hervor, deren Intensität normalerweise stufenweise durch wiederholte Aufbringung auf die Zunge erhöht wird [DESSIRIER et al., 1999; GREEN, 1989; KARRER und BARTOSHUK, 1991].

Allerdings muss man dabei auch eine individuelle Variabilität berücksichtigen [PRESCOTT, 1999]. Dieses Phänomen wird als „Sensibilisierung“ bezeichnet. Wenn Capsaicin wiederholt aufgetragen wird, ist die hervorgerufene Irritation deutlich abgeschwächt, was „Desensibilisierung“ genannt wird. Wird die Aufbringung von Capsaicin fortgesetzt, erhöht sich die Irritation massiv, was als „Stimulus-induzierte Regeneration“ bezeichnet wird [GREEN, 1996].

#### **5.2.3.2 Säuren**

Acidische Stimuli schmecken sauer und führen in höheren Konzentrationen zu einer Irritation. Die Stärke der durch Zitronensäure hervorgerufenen Irritation ist proportional zu ihrer Konzentration und beweist die Sensibilisierung, Selbstde-

sensibilisierung und Kreuzdesensibilisierung durch Capsaicin [DESSIRIER et al., 2000; GILMORE und GREEN, 1993].

Außerdem kommt es auch zu Kreuz-stimulus-induzierter Regeneration, weil wiederholte Auftragung von Zitronensäure nach capsaicin-induzierter Kreuzdesensibilisierung eine Erhöhung der Irritationsintensität mit sich bringt [DESSIRIER et al., 2000].

Es gibt zumindest zwei Mechanismen, durch welche Säuren trigeminale Rezeptoren erregen können. Ende der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts wurden säureempfindliche Ionenkanäle entdeckt, die zu den amiloridempfindlichen  $\text{Na}^+$ -Kanälen zählen [WALDMAN et al., 1997; WALDMAN et al., 1999] und extrazellulären Protonen die Depolarisation der trigeminalen Nervenendigungen ermöglichen [WALDMAN und LAZDUNSKI, 1998].

#### 5.2.3.3 *NaCl*

Hochmolare Konzentrationen von NaCl rufen eine orale Irritation hervor, die bei wiederholter Auftragung zur Sensibilisierung und nach einer Pause zur Selbstdesensibilisierung führt [DESSIRIER et al., 2001; GILMORE und GREEN, 1993; GREEN und GELHARD, 1989].

NaCl führt interessanterweise zu einer Kreuzsensibilisierung von durch Capsaicin hervorgerufener Irritation [DESSIRIER et al., 2001]. Eine Erklärung dafür ist, dass die durch Capsaicin hervorgerufene Depolarisation der trigeminalen Nervenendigungen erhöht wird, wenn es einer höheren extrazellulären Konzentration von  $\text{Na}^+$ -Ionen möglich ist, den Kationenkanal zu passieren. Orale Irritation, die durch NaCl ausgelöst wird, wird durch Amilorid reduziert, was auf die Beteiligung von amiloridempfindlichen  $\text{Na}^+$ -Kanälen schließen lässt [CARSTENS et al., 2002].

#### 5.2.3.4 *Menthol*

Wiederholte Auftragung von Menthol in der Mundhöhle in 1-Minutenintervallen ruft eine Irritation und Kühlung hervor und führt nach einiger Zeit zur Desensibilisierung [CLIFF und GREEN, 1994, 1996; DESSIRIER et al., 2001].

In diversen Versuchen konnte gezeigt werden, dass Menthol die durch Capsaicin hervorgerufene Irritation reduzieren kann, wenn es kurz vorher oder in einer Mischung mit Capsaicin eingenommen wurde [GREEN und McAULIFFE, 2000]. Wird Menthol allerdings 15 Minuten vor Capsaicin eingenommen, kommt es zu einer kreuzsensiblen Irritation [CLIFF und GREEN, 1996].

Bei einer wiederholten Aufnahme von Menthol in Intervallen von 20 Sekunden kommt es zu einer signifikanten Erhöhung der Irritation, gefolgt von einer signifikanten Desensibilisierung [DESSIRIER et al., 2001].

#### 5.2.3.5 *Senföl*

Wie bei Menthol führt eine wiederholte Auftragung von Senföl (0,125% Allyl-isothiocyanate) auf die Zunge zu einer Irritation, die eine Desensibilisierung nach sich zieht. Senföl induziert Selbstdesensibilisierung und weist eine reziproke Kreuzdesensibilisierung mit Capsaicin auf [CARSTENS et al., 2002].

#### 5.2.3.6 *Kohlensäure*

Die freien Nervenendigungen des *Nervus trigeminus* werden von CO<sub>2</sub> stimuliert. Der Reiz entsteht nicht nur durch den Kontakt der Bläschen mit der oralen Mukosa, was dadurch gezeigt werden kann, dass das prickelnde Gefühl auch noch nach dem Ausspucken eines kohlensäurehaltigen Getränks vorhanden ist [GREEN, 1992].

Die Transduktionsmechanismen durch die Kohlensäure trigeminale Nervenendigungen aktiviert muss noch genau untersucht werden [CARSTENS et al., 2002].

#### **5.2.4 Erworbene Präferenz für scharfe Lebensmittel**

Da Irritantien wie Capsaicin trigeminale Schmerzreize auslösen, sollte man annehmen, dass Menschen sie ablehnen. Daher ist es umso interessanter, dass viele Menschen scharfes Essen und prickelnde Getränke bevorzugen [ROZIN, 1990].

Es wird angenommen, dass scharfe Gewürze beim ersten Kontakt abgelehnt werden, da kleine Kinder normalerweise negative Reaktionen aufweisen, wenn sie derartige Speisen angeboten bekommen [CARSTENS et al., 2002]. Eine Vorliebe für scharfes Essen wird meist im Alter zwischen fünf und neun Jahren erworben [ROZIN, 1990]. Manche Menschen lieben das brennende Gefühl von scharfen Speisen während andere es als neutral empfinden oder eine Aversion entwickeln. Es stellt sich also die Frage, welche Faktoren zu einer Vorliebe, einem neutralem Standpunkt oder einer Ablehnung von scharfen Lebensmitteln führen. Es liegen wenige Studien vor, die zeigen, dass der erste Kontakt mit einer scharfen Speise tatsächlich eine Aversion nach sich zieht. So haben 43% von Collegestudenten, die im Rahmen einer Studie befragt wurden, angegeben, dass sie Chili nie abgelehnt haben. 15% der Befragten mochten Chili sogar gleich beim ersten Verzehr [ROZIN und SCHILLER, 1980]. Diese Daten zeigen, dass das erste Erlebnis mit scharfem Essen nicht bei jedem Menschen eine Ablehnung hervorruft. Stevenson und Yeomans [1995] meinten, dass die Ablehnung von scharfem Essen dadurch entsteht, dass manche Personen diesem nicht so oft ausgesetzt sind. Häufige Konsumenten gaben in Versuchen niedrigere Intensitätsraten an und empfanden das Brennen als angenehm [STEVENSON und YEOMAN, 1995]. Außerdem haben weibliche Panelisten höhere Intensitätsraten angegeben als männliche, was zeigt, dass Frauen sensibler auf Schmerzreize reagieren [FILLINGIM und NESS, 2000].

## 6 SCHLUSSBETRACHTUNG

Aus vorliegender Arbeit geht hervor, dass die sensorische Analyse ein komplexeres Gebiet ist, als man auf den ersten Blick denken könnte. Vor allem der Bereich der Somatosensorik und ihre Verwendung bei Verkostungen von Lebensmitteln ist noch nicht ausreichend erforscht. Sensorische Prüfungen, bei denen der Tastsinn mit einbezogen wird, können jedoch aussagekräftige Daten hervorbringen.

Unter dem Begriff Somatosensorik werden Empfindungen, mit Ausnahme von Sehen, Riechen, Schmecken, Hören und Gleichgewichtssinn, zusammengefasst, die durch Reizungen verschiedener Sensoren des menschlichen Körpers ausgelöst werden [HANDWERKER, 2006].

Drei Gruppen von Sensoren sind dabei von besonderer Bedeutung: Mechanorezeptoren am harten und weichen Gaumen, auf der Zunge und im Zahnfleisch, Mechanorezeptoren in der Haut an den Zahnwurzeln und Mechanorezeptoren der Muskeln und Sehnen die, die am Kauvorgang (Mastikation) beteiligt sind [GUINARD und MAZZUCHELLI, 1996]. Die durch die Sensoren erhaltenen Informationen werden in zwei separaten Bahnsystemen des ZNS, dem lemniskalen und dem spinothalamischen System, verarbeitet [TREEDE, 2007].

Mit dem Tastsinn erfassbare Attribute eines Lebensmittels sind die Textur, das Mundgefühl, die Temperatur und der Schmerz.

Erste Versuche, den Tastsinn in die sensorische Analyse einzubinden und Prüfmethode festzulegen wurden in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts gemacht. Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Textur gerichtet, die Texturprofilmethode wurde entwickelt. Diese soll instrumentelle Messwerte mit subjektiven Konsumentenempfindungen verbinden. In dieser Methode werden unter anderem Attribute festgelegt, eine bestimmte Verkostungstechnik gewählt und Standardskalen für Referenzproben entworfen. Die gewonnenen Daten werden schließlich einer Analyse zugeführt.

Untersuchungen haben ergeben, dass die Mechanorezeptoren im Mundraum so genau sind, dass sie sehr kleine Kugelchen (5-25  $\mu\text{m}$ ) in geringen Abständen (0,5-3,0  $\mu\text{m}$ ) erfassen können. Dadurch wird eine genaue Bestimmung des Mundgefühls eines Lebensmittels möglich, die während einer sensorischen Analyse durchgeführt werden kann. Auf diese Weise können Attribute wie Adstringenz und Carbonatation gut beschrieben werden.

Scharfes Essen ist bei vielen Menschen sehr beliebt. Über die trigeminalen Qualitäten und ihre Interaktion mit dem Geschmacks- und Geruchssinn ist wenig bekannt, in der vorliegenden Arbeit werden die bisherigen Forschungen erläutert. Besonders die Wahrnehmung von Capsaicin, Säuren, NaCl, Menthol, Senföl und Kohlensäure rufen orale Irritation hervor, die durch Neurone des *Subnucleus caudalis* weitergeleitet werden.

Auf dem Gebiet der Somatosensorik müssen noch zahlreiche Studien durchgeführt werden, um einen besseren Einblick in die Zusammenhänge und Verwendungsmöglichkeiten in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln zu bekommen.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Somatosensorik und ihrem Einsatz in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln. Dabei wird besonders auf die somatosensorisch erfassbaren Attribute sowie die Texturprofilmethode, die am weitesten verbreitete Methode, in der die Somatosensorik Anwendung findet, eingegangen.

Sensorik ist eine im deutschsprachigen Raum im internationalen Vergleich nicht weit verbreitete Wissenschaft, die zur Beurteilung und Qualitätssicherung von Lebensmitteln herangezogen wird.

Primär werden bei sensorischen Analysen der Geschmack- und Geruchssinn zur Beurteilung von Speisen herangezogen. In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts begann man, die Somatosensorik und damit den Tastsinn in die Analysen einzubinden.

Die in der Literatur hauptsächlich zu findenden somatosensorisch erfassbaren Attribute sind die Textur, das Mundgefühl, die Temperatur und die trigeminale Wahrnehmung.

Zur Beschreibung der Textur, die sich aus Eindrücken wie Berührung, Aussehen, Akustik und physikalischen Eigenschaften zusammensetzt, wurde die Texturprofilmethode entwickelt. Diese stellt ein Bindeglied zwischen instrumentellen Messwerten und subjektiven Konsumentenempfindungen dar.

Neben der Textur spielt das Mundgefühl bei der Akzeptanz von Lebensmitteln durch den Konsumenten eine große Rolle. Bei somatosensorischen Untersuchungen von Lebensmitteln ermöglichen Mundgefühl-Attribute wie die Glattheit der Oberfläche, Adstringenz oder Carbonatation eine noch genauere Analyse der zu beschreibenden Proben.

Ein weiterer wichtiger Teil somatosensorisch wahrnehmbarer Empfindungen ist die trigeminale Wahrnehmung, die das Spüren von Schmerz, Temperatur und Berührungen möglich macht. Hier ist besonders die Beliebtheit von scharfem

Essen, bei dem Irritantien wie Capsaicin trigeminale Schmerzreize auslösen, interessant.

Der Bereich der Somatosensorik in der sensorischen Analyse von Lebensmitteln muss noch mehr untersucht beziehungsweise ausgebaut werden, um die Anwendungsmöglichkeiten genauer zu erforschen und zu erweitern.

## 8 SUMMARY

This diploma thesis is about the somatosensory system and its use in the sensory analysis of food. The main focus is on the somatosensory traceable attributes as well as on the texture profile method.

Sensory analysis is a science, which is not as common in German-speaking countries as it is in other countries. It is consulted to evaluate food and to evaluate its quality.

Primarily the sense of taste and the sense of smell are used to evaluate food. In the 60ies of the 20<sup>th</sup> century, scientists started to include the somatosensory system, that is to say the sense of touch in their analysis of food.

The somatosensory traceable attributes mentioned in most of the publications are texture, mouthfeel, temperature and trigeminal perception.

Texture consists of touch, look, acoustics and physical characteristics. The texture profile method was developed to describe texture. This method is considered to be a link between instrumental measured data and subjective perceptions of consumers.

Besides texture, mouthfeel is very important concerning the consumer's acceptance of food. In somatosensory analysis, attributes of mouthfeel like the smoothness of the food's surface, astringency or carbonation make an accurate description of food possible.

Trigeminal perception is an important part of somatosensory perception of food, which makes the sensation of pain, temperature or touch possible. The popularity of spicy food is increasing. That's why irritants like capsaicin, that cause trigeminal excitability, are of interest in somatosensory analysis.

More research about the somatosensory system in the sensory analysis of food has to be done to find out more about its possibilities of application, to discover and to extend them.

## 9 LITERATURVERZEICHNIS

AMANO N, HU J W, SESSLE B J. Responses of neurons in feline trigeminal subnucleus caudalis (medullary dorsal horn) to cutaneous, intraoral and muscle afferent stimuli. *Journal of Neurophysiology* 1986; 55: 227-243

BAUTISTA D M, SIEMENS J, GLAZER J M, TSURUDA P R, BASBAUM A I, STUCKY C L, JORDT S-E, JULIUS D. The menthol receptor TRPM8 is the principal detector of environmental cold. *Nature* 2007; 448: 204-208

BENGTSSON K, HELM E. Principles of taste testing. *Wallerstein Laboratory Community* 1946; 9: 171

BEYER L, WEISS T. Elementareinheiten des somatosensorischen Systems als physiologische Basis der taktil-haptischen Wahrnehmung. *Der bewegte Sinn: Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung* (Grunwald M, Beyer L, Hrsg.), Birkhäuser, Berlin Heidelberg, 2001.

BI J, ENNIS D M. Sensory Thresholds: Concepts and methods. *Journal of Sensory Studies* 1998; 13: 133-148

BIRCH L L. Children's preferences for high-fat foods. *Nutrition Reviews* 1992; 50: 249-255

BRANDT M A, SKINNER E Z, COLEMAN J A. Texture profile method. *Journal of Food Science & Technology* 1963; 28/4: 404-409

BRESLIN P A S, GILMORE M M, BEAUCHAMP G K, GREEN B G. Psychological evidence that oral astringency is a tactile sensation. *Chemical Senses* 1993; 18: 405-417

BROWN W E, LANGLEY K R, MARTIN L, MACFIE H J H. Characterization of patterns of chewing behaviour in human subjects and their influence on texture perception. *Journal of Texture Studies* 1994; 25: 455-468

BRYANT B P, MOORE P A. Factors affecting the sensitivity of the lingual trigeminal nerve to acids. *American Journal of Physiology* 1995; 268: R58-R65

BUFE B. Identifizierung und Charakterisierung von Bitterrezeptoren. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Universität Potsdam 2003.

BUSCH-STOCKFISCH M. Sensorische Lebensmitteluntersuchung und Prüfmethoden. Taschenbuch für Lebensmittelchemiker (Frede W, Hrsg.), Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokio, 2005.

CARPENTER R P, LYON D H, HASDELL T A. Guidelines for sensory analysis in food product development and quality control. Brill Academic Publishers, Leiden Boston. 2000.

CARSTENS E, IODI CARSTENS M, DESSIRIER J-M, O'MAHONY M, SIMONS C T, SUDO M, SUDO S. It hurts so good: oral irritation by spices and carbonated drinks and the underlying neural mechanisms. *Food Quality and Preference* 2002; 13: 431-443

CARSTENS E, KUENZLER N, HANDWERKER H O. Activation of neurons in rat trigeminal subnucleus caudalis by different irritant chemicals applied to oral or ocular mucosa. *Journal of Neurophysiology* 1998; 80: 465-492

CARSTENS E, SAXE I, RALPH R. Brainstem neurons expressing c-Fos immunoreactivity following irritant chemical stimulation of the rat's tongue. *Neuroscience* 1995; 69: 939-953

CIVILLE G V, LISKA I H. Modifications and applications to foods of the general foods sensory texture profile technique. *Journal of Texture Studies* 1975; 6: 19-31

CIVILLE G V, SZCZESNIAK A. Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies* 1973; 4: 204-223

CLIFF M A, GREEN B G. Sensory irritation and coolness produced by menthol: evidence for selective desensitization of irritation. *Physiology and Behavior* 1994; 56: 1021-1029

CLIFF M A, GREEN B G. Sensitization and desensitization to capsaicin and menthol in the oral cavity – interactions and individual differences. *Physiology and Behavior* 1996; 59: 487-494

DERNDORFER E. *Lebensmittelsensorik*. Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 2006.

DESSIRIER J-M, NGUYEN N, O'MAHONEY M, SIEFFERMANN J-M, CARSTENS E. Oral irritant properties of piperine and nicotine: psychophysical evi-

dence for asymmetrical desensitization effects. *Chemical Senses* 1999; 24 (N4): 405-413

DESSIRIER J-M, O'MAHONEY M, CARSTENS E. Oral irritant properties of menthol: sensitizing and desensitizing effects of repeated application and cross-desensitization to nicotine. *Physiology and Behavior* 2001; 73 (1-2): 25-36

DESSIRIER J-M, O'MAHONEY M, IODI-CARSTENS M, CARSTENS E. Sensory properties of citric acid: psychophysical evidence for sensitization, self-desensitization, cross-desensitization and cross-stimulus-induced recovery following capsaicin. *Chemical Senses* 2000; 25: 769-780

DIN 10950-2: Sensorische Prüfung Teil 2: Allgemeine Grundlagen. Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1999.

DIN 10962: Prüfbereiche für sensorische Prüfungen - Anforderungen an Prüfräume. Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1997.

DÜRRSCHMID K. Sinnesleistungen verstehen. In: *Geschmackswelten – Grundlagen der Lebensmittelsensorik* (Hildebrandt G, Hrsg.). DLG Verlag, Frankfurt, 2008.

ESCHER F. Textureigenschaften von Lebensmitteln. *Rheologie der Lebensmittel* (Weipert D, Windhab E, Hrsg.), Behr's Verlag, Hamburg, 1993.

FAHLKE C, LINKE W, RAßLER B, WIESNER R. *TaschenAtlas Physiologie*. Urban & Fischer Verlag, München, 2008.

FANGHÄNEL J, PERA F, ANDERHUBER F, NITSCH R. Waldeyer Anatomie des Menschen. De Gruyter, Berlin, 2002.

FILLINGIM R B, NESS T J. Sex-related hormonal influences on pain and analgesic responses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2000; 24: 485-501

FLIEDNER I, WILHELMI F. Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. Behr's Verlag, Hamburg, 1989.

FRICKER A. Lebensmittel – mit allen Sinnen prüfen! Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokio, 1984.

GILMORE M M, GREEN B G. Sensory irritation and taste produced by NaCl and citric acid: effects of capsaicin desensitization. *Chemical Senses* 1993; 18: 257-272

GREEN B G. Spatial and temporal factors in the perception of ethanol irritation on the tongue. *Perception Psychophysics* 1988; 44: 108-116

GREEN B G. Capsaicin sensitization and desensitization on the tongue produced by brief exposures to a low concentration. *Neuroscience Letters* 1989; 107: 173-178

GREEN B G. The effect of temperature and concentration on the perceived intensity and quality of carbonation. *Chemical Senses* 1992; 17: 435-450

GREEN B G. Oral astringency: A tactile component of flavour. *Acta Psychology* 1993; 84: 119-125

GREEN B G. Rapid recovery from capsaicin desensitization during recurrent stimulation. *Pain* 1996; 68: 245-253

GREEN B G, GELHARD B. Salt as an oral irritant. *Chemical Senses* 1989; 14: 259-271

GREEN B G, LAWLESS H T. The psychophysics of somatosensory chemoreception in the nose and the mouth. *Smell and Taste in Health and Disease* (Getchel T V, Doty R L, Bartoshuk L M, Snow J B, Hrsg.), Raven Press, New York. 1991; p 235-253

GREEN B G, MASON J R, KARE M R. Chemical senses, irritation. Volume 2. Dekker, New York, 1990.

GREEN B G, McAULIFFE B L. Menthol desensitization of capsaicin irritation: evidence of a short-term anti-nociceptive effect. *Physiology and Behavior* 2000; 68: 631-639

GUINARD J-X, MAZZUCHELLI R. The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science and Technology, Reference Edition* 1996; 7: 213-219

GUINARD J-X, PANGBORN R M, LEWIS M J. The time course of astringency in wine upon repeated ingestion. *American Journal of Enology and Viticulture* 1986; 37: 184-189

HANDWERKER H O. Somatosensorik. *Neuro- und Sinnesphysiologie* (Schmidt R F, Schaible H-G, Hrsg.), Springer, Berlin Heidelberg. 2006; p 203-228

HANDWERKER H O, SCHAIBLE H-G. Nozizeption und Schmerz. Neuro- und Sinnesphysiologie (Schmidt R F, Schaible H-G, Hrsg.), Springer, Berlin Heidelberg. 2006; 229-242

HATT H. Geschmack und Geruch. In: Physiologie des Menschen (Schmidt RF und Thews G, Hrsg.). Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 30. Auflage 2007.

HELLEKANT G. The effect of ethyl alcohol on non-gustatory receptors of the tongue. *Acta Physiologica Scandinavica* 1965; 65: 243-250

HELM E, TROLLE B. Selection of a taste panel. *Wallerstein Laboratories Communications* 1946; 9: 181

ISO 5492/1-3, Sensory Analysis - Vocabulary, 2008.

ISO 11036, Sensory Analysis - Methodology – Texture Profile, 1994.

KAHLE W, FROTSCHER M. Taschenatlas der Anatomie in 3 Bänden. Band 3: Nervensystem und Sinnesorgane. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2005.

KARRER T, BARTOSHUK L. Capsaicin desensitization and recovery on the human tongue. *Physiology and Behavior* 1991; 49: 757-764

KOMAI M, BRYANT B P. Acetazolamide specifically inhibits lingual trigeminal nerve responses to carbon dioxide. *Brain Research* 1993; 612: 122-129

KRAMER A. Food Texture – Definition, measurement and relation to other food quality attributes. Texture measurements of foods (Kramer A, Szczesniak A, Hrsg.), Kluwer, Amsterdam. 1973; 1-8

LANG F. Basiswissen Physiologie. Springer, Berlin Heidelberg, 2008.

LANGSTAFF S A, GUINARD J-X, LEWIS M J. Sensory evaluation of the mouthfeel of beer. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 1991; 49: 54-59

LAWLESS H T, STEVENS D A. Responses by humans to oral chemical irritants as a function of locus of stimulation. Perception Psychophysics 1988; 43: 72-78

LIPPERT H, HERBOLD D, LIPPERT-BURMESTER W. Anatomie Text und Atlas. Urban & Fischer Verlag, München Jena, 2002; 194, 347-350, 358

MATZ S A. Food texture. The AVI Publishing Company, Westport, 1962.

MEILGAARD M C, CIVILLE G V, CARR B T. Sensory evaluation techniques. CRC Press, Florida. 2007; 1-3, 12-13, 17-19, 27, 29, 33-34, 41, 68, 241-244

MERKER R, HARTMANN J. Somatoviszzerale Sensibilität. Intensivkurs Physiologie (Hick A, Hrsg.), Urban & Fischer, München Jena. 2006; 313-319

MEYERHOF W. Geschmacksfragen – Neues aus der Ernährungsforschung, Mechanismen der Geschmackswahrnehmung und ihre Auswirkung auf das Essverhalten. Moderne Ernährung Heute 2003; 1: 2

MOSKOWITZ H R. Applied sensory analysis of foods. CRC Press, Boca Raton. 1988, 95-96

MÜHLE C. Anleitung für ein Schulungsprogramm zur sensorischen Texturmessung. Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung (Busch-Stockfisch M, Hrsg.). Behr's Verlag, Hamburg, 2002.

MUNOZ A M. Development and application of texture reference scales. Journal of Sensory Studies 1986; 1: 55-83

MUNOZ A M, SZCZESNIAK A S, EINSTEIN M A, SCHWARTZ N O. The texture profile. Manual on descriptive analysis testing for sensory evaluation (Hootman R C). ASTM, Baltimore, 1992; 36-50

NEUMANN R, MOLNAR P. Sensorische Lebensmitteluntersuchung. Behr's Verlag, Hamburg, 1991.

PLATTIG K-H. Spürnasen und Feinschmecker. Springer Verlag, Wien, 1995; 1-22

PRESCOTT J. The generalizability of capsaicin sensitization and desensitization. Physiology and Behavior 1999; 66 (5): 741-749

RICHARDSON N J, BOOTH D A. Multiple physical patterns in judgements of the creamy texture of milks and creams. Acta Psychologica 1993; 84: 93-101

ROCHE LEXIKON MEDIZIN. Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore. 1993; 1513

RODGERS S., BUSCH J., PETERS H., CHRIST-HAZELHOF E. Building a tree of knowledge: Analysis of bitter molecules. *Chemical Senses* 2005, 30: 547-557

ROHM H, VEITS V. Adaptierung der sensorischen Texturprofilanalyse. *Ernährung* 1990; 14 (5): 259

ROLLS B. Sensory-specific satiety. *Nutrition Reviews* 1986; 44 (3): 93-101

ROSENZWEIG S, YAN W, DASSO M, SPIELMAN A. I. Possible novel mechanism for bitter taste mediated through cGMP. *Journal of Neurophysiology* 1999; 81 (4): 1661-1665

ROZIN P. Getting to like the burn of chili pepper. Biological, psychological and cultural perspectives. *Chemical Senses* 1990; 2: 231-269

ROZIN P, SCHILLER D. The nature and acquisition of a preference for chili pepper by humans. *Motivation and Emotion* 1980; 4: 77-101

SCHMIDT R. F, LANG F. *Physiologie des Menschen*, 27. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2007; 196, 284

SCHULTS R C. Trigeminal primary afferent receptors. The initial processing of pain and its descending control: spinal and trigeminal systems (Light A R, Hrsg.), Karger Verlag, New York, 1992.

SCHIFFMAN S. Food recognition by the elderly. *Journal of Gerontology* 1977; 32: 586-592

SILBERNAGL S, DESPOPOULOS A. Taschenatlas der Physiologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2007; 314-315, 338-341, 344-345, 364-365

SKINNER E Z. The texture profile method. Applied sensory analysis of foods. CRC Press, Florida, 1988.

STEVENS D A, LAWLESS H T. Enhancement of responses to sequential presentation of oral chemical irritants. *Physiology and Behavior* 1987; 39: 63-65

STEVENSON R J, YEOMANS M R. Does exposure enhance liking for the chili burn? *Appetite* 1995; 107-120

STONE H, SIDEL J L, Sensory evaluation practices. Elsevier Academic Press, Amsterdam. 2004; 33, 134

STOWASSER J.M, PETSCHENIG M, SKUTSCH F. Stowasser. Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch. Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Wien, 1998; 463

STROH S. Haptische Wahrnehmung und Textureigenschaften von Lebensmitteln. *Der bewegte Sinn: Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung* (Grunwald M, Beyer L, Hrsg.), Birkhäuser, Berlin Heidelberg, 2001; 195-204

SZCZESNIAK A S. Texture: Is it still an overlooked food attribute? *Food Technology* 1990; 44 (9): 86-95

SZCZESNIAK A S, BRANDT M A, FRIEDMAN H H. Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the

objective and the sensory methods of texture evaluation. *Journal of Food Science & Technology* 1963, 28/4; 397-403

SZCZESNIAK A S, KHAN E L. Consumer awareness and attitudes to food texture. I. Adults. *Journal of Texture Studies*. 1971; 2: 280-295

TYLE P. Effects of size, shape and hardness of particles in suspension on oral texture and palatability. *Acta Psychology* 1993; 84: 111-118

TREEDE R-D. Das somatosensorische System. *Physiologie des Menschen* (Schmidt R F, LANG F, Hrsg.), Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2007; 296-317

VERONESI B, OORTGIESEN M. The TRPV1 Receptor: Target of toxicants and therapeutics. *Toxicological Science* 2006; 89: 1-3

VICKERS Z.M. Sensory, acoustical, and force-deformation measurements of potato chip crispness. *Journal of Food Science* 1987; 52 (1): 138-140

WALDMANN R, CHAMPIGNY G, BASSILANA F, HEURTEAUX C, LAZDUNSKI M. A proton-gated cation channel involved in acid sensing. *Nature* 1997; 386: 173-177

WALDMANN R, CHAMPIGNY G, LINGUEGLIA E, DeWEILLE J R, HEURTEAUX C, LAZDUNSKI M. H(+)-gated cation channels. *Annals of the New York Academy of Science* 1999; 868: 67-76

WALDMANN R, LAZDUNSKI M. H(+)-gated cation channels: neuronal acid sensors in the NaC/DEG family of ion channels. *Current Opinion in Neurobiology* 1998; 8: 418-424

WANG Y, ERICKSON R P, SIMON S A. Selectivity of lingual nerve fibers to chemical stimuli. *Journal of General Physiology* 1993; 101: 843-866

ZENNER H-P. Die Kommunikation des Menschen: Hören und Sprechen. *Physiologie des Menschen* (Schmidt R.F, Lang F., Hrsg.), Springer Verlag, Heidelberg, 2007; 344-350

## 10 ANHANG

### CURRICULUM VITAE

#### Persönliche Daten

Name: Barbara Tuma  
 Geburtsdatum: 11. April 1984 in Gmünd/NÖ

#### Schulbildung

09/94– 06/02 Gymnasium Gmünd

#### Studium

10/02 – 09/03 Akademie für Diätdienst und ernährungsmedizinische  
 Beratung St. Pölten  
 10/03 - dato Studium der Ernährungswissenschaften und der Geschich-  
 te an der Universität Wien

#### Berufserfahrung

12/10 – dato Qualitätsmanagement  
 Die Käsemacher  
 Milch und Käsevertriebsgmbh, Waidhofen/Thaya  
 04/10 – 12/10 Mitarbeiterin Qualitätsmanagement  
 Franz Kastner GmbH, Bad Leonfelden

#### Studienbegleitende Tätigkeiten

01/10 – 03/10 Verkäuferin bei BOTTELINI drinks & snacks  
 07/09 – 12/09 Verkäuferin bei LIBRO Handelsgesellschaft mbH  
 02/07, 02/08 und 08/08 Seniorenbetreuung im Landespflegeheim Weitra  
 07/07 – 09/07 Praktikum in der Produktentwicklung und  
 Qualitätssicherung der Firma Efko, Eferding  
 01/06 – 01/07 Callcenter-Agent bei Focus Marktforschung, Wien  
 07/03, 07/04 und 07/05 Betreuung von übergewichtigen Kindern im  
 Feriencamp „Fit statt dick“, Pressbaum  
 10/02 – 09/03 Diverse Praktika im Rahmen der Akademie für  
 Diätdienst und ernährungsmedizinische Beratung  
 (Geriatric- und Pädiatrie-Praktikum, Großküche,  
 Diätbüro)