

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	V
<b>Herausgeber und Autoren</b> .....	VII
<b>I Grundlagen</b> .....	1
<b>1 Sensorische Grundlagen</b> .....	1
M. BUSCH-STOCKFISCH	
1.1 Einführung .....	1
1.2 Sinnesphysiologische Grundlagen .....	2
1.2.1 Gesichtssinn .....	6
1.2.2 Geruchssinn .....	7
T. HUMMEL/A. WELGE-LÖSSEN	
1.2.3 Hautsinn .....	13
1.2.4 Gehörsinn .....	14
1.2.5 Geschmack .....	15
W. MEYERHOF	
1.2.5.1 Grundgeschmacksarten .....	15
1.2.5.2 Anatomie .....	20
1.2.5.3 Geschmacksrezeptoren .....	25
1.2.5.4 Perirezeptormilieu .....	33
1.3 Sensorische Analyse .....	33
1.4 Prüfmethoden .....	35
1.4.1 Analytische Prüfungen .....	35
1.4.1.1 Unterschiedsprüfungen .....	35
1.4.1.2 Beschreibende Prüfungen .....	36
1.4.2 Hedonische oder affektive Prüfungen .....	37
<b>2 Prüferauswahl und Prüferschulung</b> .....	47
M. BUSCH-STOCKFISCH	
2.1 Auswahl von Prüfpersonen und Aufbau eines Panels .....	47
2.1.1 Allgemeine Kriterien für die Prüferauswahl .....	48
2.1.2 Physiologische Kriterien .....	49
2.1.3 Psychologische Kriterien .....	49

2.2	Vorbedingungen für die Prüferschulung. . . . .	50
2.3	Prüfverfahren . . . . .	53
2.3.1	Farbe . . . . .	54
2.3.1.1	Erkennen von Intensitätsunterschieden im nassen Medium . .	54
2.3.1.2	Erkennung von Farbunterschieden im trockenen Medium . . .	61
2.3.2	Geruch . . . . .	62
2.3.2.1	Erkennen von standardisierten Gerüchen (Aromastoffen) . . . .	63
2.3.2.2	Erkennen von nicht standardisierten Gerüchen . . . . .	67
2.3.2.3	Erkennen von Intensitätsunterschieden bei Gerüchen standardisierter Aromastoffe . . . . .	72
2.3.3	Geschmack . . . . .	74
2.3.3.1	Erkennen der vier Grundgeschmacksarten . . . . .	74
2.3.3.2	Bestimmung der Geschmacksempfindlichkeit – Ermittlung der Erkennungsschwellen . . . . .	79
2.3.3.3	Weitere Geschmackswirksame Substanzen . . . . .	89
2.3.3.4	Erkennen von Intensitätsunterschieden bei den vier Grund- geschmacksarten und in Lebensmitteln . . . . .	90
2.3.4	Mundgefühl – Textur. . . . .	92
2.3.4.1	Beschreibung von Textureigenschaften . . . . .	92
2.3.4.2	Einordnen der Intensität durch Tasten . . . . .	95
2.4	Prüfpanel . . . . .	97
2.4.1	Prüferauswahl. . . . .	97
2.4.2	Zertifizierung des Panels . . . . .	99
2.4.3	Erhalten und Überprüfen der Fähigkeiten . . . . .	100
2.4.4	Panelmotivation . . . . .	101
<b>3</b>	<b>Einrichten eines Sensoriklabors, Probenvorbereitung und -präsentation. . . . .</b>	<b>105</b>
	M. BUSCH-STOCKFISCH	
3.1	Einrichten eines Sensoriklabors . . . . .	105
3.1.1	Notwendige Grundausrüstung . . . . .	106
3.1.2	Prüfraum. . . . .	107
3.1.3	Prüfplätze . . . . .	109
3.1.4	Bereich für Gruppendiskussionen . . . . .	113
3.2	Probenvorbereitung und -präsentation . . . . .	113
3.2.1	Vorbereitungsraum und Ausstattung . . . . .	114
3.2.2	Probengefäße . . . . .	115
3.2.3	Probenpräsentation . . . . .	115
3.2.4	Prüfplatz . . . . .	116

<b>4</b>	<b>Ermitteln von Geschmacks- und Geruchsschwellen</b> . . . . .	<b>119</b>
	H. GRÜB	
4.1	Einführung . . . . .	119
4.2	Schwellen und Schwellenwerte . . . . .	120
4.3	Psychophysische Grundgesetze . . . . .	121
4.3.1	Das Gesetz von WEBER (Webersches Gesetz) . . . . .	122
4.3.2	Das Gesetz von WEBER-FECHNER (Weber-Fechnersche Gesetz) . . . . .	123
4.3.3	Das Gesetz von STEVENS (Stevensches Power Law) . . . . .	124
4.4	Allgemeine Bemerkungen und Besonderheiten bei Schwellen(werts)bestimmungen . . . . .	126
4.4.1	Lösungsmittel/Medium. . . . .	126
4.4.2	Reinheit . . . . .	127
4.4.3	Haltbarkeit . . . . .	128
4.4.4	Prüftechnik/Prüfmethodik/Prüfgefäße . . . . .	129
4.4.5	Qualität und Zahl der Prüfer . . . . .	129
4.5	Bestimmung der Geschmacks- und Geruchsschwellen(werte) . .	129
4.5.1	Geschmacksschwellen. . . . .	130
4.5.2	Geruchsschwellen . . . . .	131
4.5.2.1	Bestimmung der Reizschwellenwerte des Geruchs. . . . .	131
4.5.2.2	Bestimmung der Erkennungsschwellenwerte des Geruchs. . .	134
<b>5</b>	<b>Schulungssubstanzen</b> . . . . .	<b>139</b>
5.1	Einleitung . . . . .	139
	A. MAABEN	
5.2	Paneltraining zum Aufbau des Sensorikwortschatzes. . . . .	141
	I. STROBL	
<b>II</b>	<b>Diskriminierungsprüfungen</b> . . . . .	<b>159</b>
<b>1</b>	<b>Diskriminierungsprüfungen – Allgemein</b> . . . . .	<b>159</b>
	M. BUSCH-STOCKFISCH	
<b>2</b>	<b>Dreiecksprüfungen – Triangeltest</b> . . . . .	<b>163</b>
	M. BUSCH-STOCKFISCH	
2.1	Prüfungen auf Unterschiede. . . . .	163
2.1.1	Einführung in das Prüfverfahren und Anwendung . . . . .	163
2.1.2	Prüfpersonen . . . . .	164

2.1.3	Probenvorbereitung und Probenaufstellung .....	165
2.1.4	Durchführung der Prüfung .....	167
2.1.5	Auswertung der Prüfung auf Unterschied .....	169
2.2	Prüfungen auf Gleichheit bzw. Ähnlichkeit .....	172
2.2.1	Statistische Versuchsplanung .....	172
2.2.2	Durchführung des Tests und statistische Auswertung .....	173
<b>3</b>	<b>Duo-Trio-Prüfung .....</b>	<b>175</b>
	M. BUSCH-STOCKFISCH	
3.1	Einführung in das Prüfverfahren und Anwendung .....	175
3.2	Prüftechniken und Probenaufstellung .....	176
3.2.1	Konstante Referenz .....	176
3.2.2	Balancierte Referenz .....	177
3.3	Prüfpersonen .....	178
3.4	Probenvorbereitung .....	178
3.5	Durchführung der Prüfung .....	179
3.6	Prüfung auf Unterschied .....	179
3.6.1	Prüfung mit konstanter Referenz .....	179
3.6.2	Auswertung der Prüfung mit konstanter Referenz .....	181
3.6.3	Prüfung mit balancierter Referenz .....	182
3.7	Prüfung auf Ähnlichkeit .....	185
3.7.1	Statistische Versuchsplanung .....	185
3.7.2	Durchführung des Tests und statistische Auswertung .....	187
<b>4</b>	<b>Paarweise Vergleichsprüfung .....</b>	<b>189</b>
	M. BUSCH-STOCKFISCH	
4.1	Einführung in das Prüfverfahren und Anwendung .....	189
4.1.1	Allgemeine Prüfbedingungen und Fragestellung .....	190
4.1.2	Prüfpersonen .....	191
4.1.3	Probenvorbereitung und Probenaufstellung .....	192
4.1.4	Durchführung .....	193
4.2	Prüfung auf Unterschied .....	194
4.2.1	Einseitiger Test .....	194
4.2.1.1	Aufgabe, Fragestellung und Durchführung .....	195
4.2.1.2	Auswertung und Interpretation .....	197
4.2.2	Zweiseitiger Test .....	199
4.2.2.1	Aufgabe, Fragestellung und Durchführung .....	199
4.2.2.2	Auswertung und Interpretation .....	201

4.3	Prüfung auf Ähnlichkeit .....	203
4.3.1	Einseitiger Test .....	204
4.3.1.1	Aufgabe, Fragestellung und Durchführung .....	204
4.3.1.2	Auswertung und Interpretation .....	206
4.3.2	Zweiseitiger Test .....	206
4.3.2.1	Aufgabe, Fragestellung und Durchführung .....	206
4.3.2.2	Auswertung und Interpretation .....	207
<b>5</b>	<b>Rangordnungsprüfung</b> .....	<b>209</b>
	M. BUSCH-STOCKFISCH	
5.1	Einführung in das Prüfverfahren .....	209
5.2	Prüfpersonen .....	210
5.3	Vorbereitung von Prüfproben .....	211
5.4	Probenaufstellung .....	213
5.5	Durchführung der Prüfung und Auswertung .....	213
5.5.1	Probenreihe mit vorgegebener Reihenfolge: Verdünnter Apfeldicksaft .....	214
5.5.2	Probenreihen ohne vorgegebene Reihenfolge .....	217
<b>6</b>	<b>A-not-A Test</b> .....	<b>221</b>
	F. LILL	
6.1	Vorgehensweise .....	221
6.2	Anzahl der Ergebnisse .....	222
6.3	Auswertung .....	223
6.4	Weiterführende Auswertung: Signaldetektionstheorie .....	226
6.5	Diskussion der Methode .....	229
<b>III</b>	<b>Deskriptive Prüfungen</b> .....	<b>231</b>
<b>1</b>	<b>Einfach beschreibende Prüfung</b> .....	<b>231</b>
	C. RUMMEL	
<b>2</b>	<b>Profilprüfungen</b> .....	<b>235</b>
2.1	Ausbildung eines deskriptiven Panels .....	235
	C. RUMMEL	
2.1.1	Bedeutung deskriptiver Verfahren .....	235
2.1.2	Geeignete Personen für deskriptive Panels .....	237
2.1.3	Training eines deskriptiven Panels .....	239

2.1.4	Panelmotivation .....	264
2.1.5	Einsatz betriebsinterner oder externer Panels .....	266
2.2	Konventionelle Profile (QDA® und Spectrum™-Methode) ....	269
	C. RUMMEL	
2.2.1	Quantitative Descriptive Analysis – QDA® .....	269
2.2.2	Spectrum™-Methode .....	272
2.3	Konsensprofil .....	277
	D. PLAUL/K. SCHÜSSLER	
2.3.1	Geschichte .....	277
2.3.2	Ziel .....	277
2.3.3	Prüfergruppe .....	278
2.3.4	Aufgaben der Prüfer und Teamdynamik. ....	278
2.3.5	Prüferauswahl. ....	280
2.3.6	Panelschulung .....	282
2.3.7	Prüfraum. ....	284
2.3.8	Intensitätsskala. ....	285
2.3.9	Prüfproben, Probenanzahl und Reihenfolge. ....	286
2.3.10	Durchführung der Profilierung .....	286
2.3.11	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse .....	291
2.4	Free Choice Profiling .....	293
	M. BUSCH-STOCKFISCH/S. GOCHMANN/C. MOTSCHNIGG	
2.4.1	Einführung .....	293
2.4.2	Darstellung der Methode .....	294
2.4.3	Anwendungsbereiche. ....	295
2.4.4	Durchführung des Free Choice Profiling .....	296
2.4.4.1	Prüfpersonen .....	296
2.4.4.2	Panelzusammensetzung und Prüferschulung .....	297
2.4.4.3	Probendarreichung und Probenaufstellung .....	297
2.4.4.4	Probenauswahl. ....	297
2.4.4.5	Entwicklung des Prüfbogens .....	298
2.4.5	Statistische Auswertung durch die verallgemeinerte Procrustes Analyse (GPA). ....	299
2.4.5.1	Die Entwicklung der Procrustes Analyse .....	300
2.4.5.2	Grundlagen der Procrustes Analyse .....	300
2.4.6	Procrustes-Varianzanalyse. ....	305
2.4.7	Hauptkomponentenanalyse .....	306
2.4.8	Der Assessor Plot. ....	310
2.4.9	Überprüfung der Signifikanz. ....	311

<b>IV</b>	<b>Anwendungsgebiete der Sensorik</b> .....	<b>313</b>
<b>1</b>	<b>Sensorik in der Qualitätskontrolle</b> .....	<b>313</b>
1.1	Sensorik als Teil des Qualitätsmanagements .....	313
	T. WARENDORF	
1.1.1	Festlegung der sensorischen Qualitätskriterien .....	315
1.1.2	Festlegung von Kontrollpunkten und Produkten .....	316
1.1.3	Auswahl der Methoden .....	318
1.1.4	Ressourcen .....	319
1.2	In-Out Test .....	323
	T. WARENDORF	
1.2.1	Allgemeiner oder kategorischer IN/OUT-Test .....	323
1.2.2	Skalierter IN/OUT-Test .....	324
1.2.3	Deskriptiver IN/OUT-Test .....	326
1.2.4	Durchführung von IN/OUT-Tests .....	327
1.2.5	Auswertung .....	328
1.2.6	Anmerkung zum Prüfertraining .....	329
1.3	Bestimmung und Überprüfung des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD) .....	331
	T. WARENDORF	
1.3.1	Wann wird das MHD überprüft? .....	331
1.3.2	Planung eines Lagertests .....	332
1.3.3	Strategien für sensorische Lagertests .....	333
1.3.3.1	Tests zur Bestimmung des MHD .....	333
1.3.3.2	Überprüfung eines bestehenden MHD .....	336
1.3.4	Sensorische Prüfmethode .....	336
1.3.5	Interpretation der Ergebnisse und Festlegung des MHD .....	337
<b>2</b>	<b>Sensorik und Qualitätsprüfungen</b> .....	<b>339</b>
	B. SCHNEIDER-HÄDER/J. OEHELENSCHLÄGER	
2.1	Das Konzept der unternehmensübergreifenden Qualitätsprüfungen .....	339
2.1.1	Historie und Hintergründe der Qualitätsprüfungen und Leistungsschauen .....	339
2.1.2	Nutzen und Ziele für Lebensmittelhersteller, Handel und Verbraucher .....	340
2.1.3	Ablauf und Verfahrensweise von Qualitätsprüfungen und Leistungsschauen .....	342

2.1.4	Branchennetzwerke und Expertenurteile . . . . .	346
2.1.5	Auszeichnungen, Qualitätsberichte und Qualitätsführer – die Ergebnisse der Qualitätsprüfungen . . . . .	347
2.2	Sensorik als Teil der unternehmensübergreifenden Qualitätsprüfungen am Beispiel der DLG . . . . .	348
2.2.1	Methoden und Anforderungen an die sensorischen Prüfungen der DLG . . . . .	349
2.2.1.1	Produktstandards . . . . .	349
2.2.1.2	Expertenpanel . . . . .	351
2.2.1.3	Testmethode und Instrumente . . . . .	357
2.2.2	Organisation der sensorischen Prüfungen . . . . .	366
2.2.2.1	Vorbereitung der Qualitätsprüfungen . . . . .	366
2.2.2.2	Probenabruf . . . . .	367
2.2.2.3	Vorbereiten der Prüfräume . . . . .	367
2.2.2.4	Zusammenstellen der Prüfgeräte und -mittel . . . . .	368
2.2.2.5	Prüfergebnis bzw. Expertengutachten . . . . .	368
2.2.3	Zusammenfassung . . . . .	368
3	<b>Einsatz von PLS Regression zur Auswertung von Daten aus der Sensorik.</b> . . . . .	375
	J. MEIER	
3.1	Einführung . . . . .	375
3.1.1	Lineare Régression . . . . .	375
3.1.2	Multiple lineare Regression . . . . .	376
3.1.3	Partial Least Squares Regression . . . . .	376
3.2	Fallstudie: Erfrischungsgetränke . . . . .	377
3.2.1	Zielformulierung . . . . .	378
3.2.2	Material und Methoden . . . . .	378
3.2.3	Datenanalyse und Ergebnisse . . . . .	378
3.3	Schlussbetrachtung . . . . .	383
<b>V</b>	<b>Statistik in der Sensorik</b> . . . . .	<b>385</b>
1	<b>Univariate Verfahren.</b> . . . . .	<b>385</b>
	M. MEYNERS/J. KUNERT	
1.1	Einführung . . . . .	385
1.2	Besonderheiten sensorischer Daten . . . . .	386
1.3	Grundbegriffe statistischer Tests . . . . .	387



1.4	Einführung in Unterschiedsprüfungen . . . . .	389
1.5	Paarvergleich . . . . .	390
1.5.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	390
1.5.2	Planung des Experiments . . . . .	391
1.5.3	Auswertung der Daten . . . . .	392
1.5.4	Diskussion . . . . .	397
1.6	Duo-Trio-Test . . . . .	398
1.6.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	398
1.6.2	Planung des Experiments . . . . .	399
1.6.3	Auswertung der Daten . . . . .	400
1.6.4	Diskussion . . . . .	401
1.7	Dreieckstest . . . . .	402
1.7.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	402
1.7.2	Planung des Experiments . . . . .	403
1.7.3	Auswertung der Daten . . . . .	404
1.7.4	Diskussion . . . . .	405
1.8	Tests zum Vergleich von zwei Produkten ohne Forced-Choice Bedingungen . . . . .	406
1.9	Rangordnungsprüfung . . . . .	409
1.9.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	409
1.9.2	Planung des Experiments . . . . .	410
1.9.3	Auswertung der Daten . . . . .	411
1.9.4	Rangordnungsprüfung ohne Forced-Choice Bedingungen. . . . .	415
1.9.5	Diskussion . . . . .	416
1.10	Nachweis von Produktgleichheit . . . . .	417
1.11	Unterschiedsprüfungen mit Wiederholungen. . . . .	420
1.12	Multiple Testproblematik . . . . .	423
1.13	Schätzer und Konfidenzintervalle. . . . .	424
1.14	Zusammenfassung und Ausblick. . . . .	428
<b>2</b>	<b>Multivariate Verfahren . . . . .</b>	<b>431</b>
	M. MEYNERS/J. KUNERT	
2.1	Einführung . . . . .	431
2.2	Zielsetzung multivariater Verfahren . . . . .	432
2.3	Varianzanalyse und Regression . . . . .	433
2.3.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	433
2.3.2	Planung des Experiments . . . . .	433
2.3.3	Varianzanalyse . . . . .	436

2.3.4	Regressionsanalyse . . . . .	450
2.3.5	Diskussion . . . . .	456
2.4	Hauptkomponentenanalyse (PCA) . . . . .	457
2.4.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	457
2.4.2	Planung des Experiments . . . . .	458
2.4.3	Auswertung der Daten . . . . .	458
2.4.4	Biplots . . . . .	463
2.4.5	Diskussion . . . . .	465
2.5	Verallgemeinerte Prokrustes Analyse (GPA) . . . . .	466
2.5.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	466
2.5.2	Planung des Experiments . . . . .	467
2.5.3	Auswertung der Daten . . . . .	467
2.5.4	Diskussion . . . . .	471
2.6	Preference Mapping . . . . .	471
2.6.1	Fragestellung und Vorgehensweise . . . . .	471
2.6.2	Planung des Experiments . . . . .	472
2.6.3	Auswertung der Daten . . . . .	472
2.6.4	Internal und External Preference Mapping . . . . .	478
2.6.5	Diskussion . . . . .	479
2.7	Weitere Verfahren . . . . .	480
2.7.1	Einführung . . . . .	480
2.7.2	STATIS . . . . .	481
2.7.3	Multidimensionale Skalierung (MDS) . . . . .	481
2.7.4	Partial Least Squares Regression (PLSR) . . . . .	482
2.8	Permutationstest . . . . .	483
2.9	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	485
<b>3</b>	<b>Software für Sensorik . . . . .</b>	<b>489</b>
	E. KOEHN	
3.1	MS Excel . . . . .	495
	E. KOEHN	
3.1.1	Excel-Dateien für die Datensammlung und Archivierung . . . . .	496
3.1.1.1	Übersichtstabellen erzeugen . . . . .	499
3.1.1.2	Auswertung offener Antworten . . . . .	502
3.1.2	Statistische Datenanalyse in Excel . . . . .	507
3.1.2.1	Nützliche Analysefunktionen . . . . .	511
3.1.2.2	Erstellen eigener Vorlagen . . . . .	514
3.1.3	Excel als Werkzeug für die Berichterstattung nutzen . . . . .	516

3.2	Statistik in R . . . . .	519
	E. KOEHN	
3.2.1	Installation von R . . . . .	520
3.2.2	Installation des R Commander . . . . .	527
3.2.3	Installation von sensR . . . . .	535
3.2.4	Installation des SensoMineR . . . . .	539
3.2.5	Erlernen von R . . . . .	547
3.3	sensR . . . . .	549
	E. KOEHN	
3.3.1	Einteilung der Unterschiedstests . . . . .	550
3.3.1.1	Zwangsauswahltests . . . . .	550
3.3.1.2	Tests mit Reaktionsverzerrung . . . . .	551
3.3.1.3	Tests mit Wiederholungen . . . . .	551
3.3.2	Klassische Auswertung von Unterschiedstests . . . . .	552
3.3.3	Auswertung mit sensR . . . . .	553
3.3.3.1	Unterschiedstest . . . . .	553
3.3.3.2	Test auf sensorische Ähnlichkeit . . . . .	556
3.3.3.3	Berechnung der minimal erforderlichen Fallzahl . . . . .	560
3.3.3.4	Tests mit Wiederholung . . . . .	562
3.3.3.5	A-Nicht-A-Test . . . . .	566
3.3.3.6	Same-Different Test . . . . .	567
3.3.4	Interpretation der Ergebnisse . . . . .	569
3.4	SensoMineR . . . . .	571
	E. KOEHN	
3.4.1	Einführung in die Datenanalyse mit dem SensoMineR . . . . .	571
3.4.1.1	Die grafische Benutzeroberfläche des SensoMineR . . . . .	571
3.4.1.2	Übertragen der Ausgaben nach Excel . . . . .	581
3.4.1.3	ANOVA und Regressionsmodelle . . . . .	583
3.4.2	Auswertung sensorischer Profilierungen . . . . .	585
3.4.2.1	Einleitung . . . . .	585
3.4.2.2	Vorbereitung der Daten . . . . .	586
3.4.2.3	Beispieldateien . . . . .	589
3.4.2.4	Berechnung der Attributmittelwerte . . . . .	589
3.4.2.5	Produktcharakterisierung . . . . .	590
3.4.2.6	Hauptkomponentenanalyse (HKA) . . . . .	597
3.4.2.7	Panelperformance . . . . .	609
3.4.2.8	External Preference Mapping . . . . .	612

## Inhaltsverzeichnis

---

3.4.3	Analyse von Sorted Napping Daten .....	620
3.4.3.1	Einleitung .....	620
3.4.3.2	Vorbereitung der Daten .....	620
3.4.3.3	Datenimport im SensoMineR .....	627
3.4.3.4	Die Verfahren zur Auswertung von Sorted Napping Daten ...	630
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....		<b>653</b>