

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Strategien zur Untersuchung von Lebensmitteln	3
1.1	Grundprinzipien der Untersuchung von Lebensmitteln	5
1.1.1	Untersuchungsfokus	5
1.1.2	Untersuchungsniveau	6
1.2	Methodische Vorgehensweise bei der Untersuchung von Lebensmitteln	7
1.2.1	Probenbeschreibung	9
1.2.2	Probenvorbereitung	9
1.2.3	Analysenparameter	10
1.2.3.1	Allgemeine Parameter	10
1.2.3.2	Spezielle Parameter	10
1.2.3.3	Authentizitätsparameter	10
1.2.4	Stoffportion, Stoffmenge, Stoffmengenkonzentration	12
1.2.5	Molare Masse	13
1.2.6	Blindtests	13
1.2.6.1	Blindprobe	13
1.2.6.2	Blindversuch, Blindwert	13
1.2.7	Aliquot	14
1.2.8	Gravimetrische Analyse	14
1.2.9	Maßanalyse	15
1.3	Explication Lebensmittel	15
1.3.1	Was sind Lebensmittel?	15
1.3.2	Scurrile Spezialitäten	16
1.3.3	Basale Bausteine der Lebensmittel	17
1.4	Gewährleistung von Qualität und Sicherheit der Lebensmittel	18
1.4.1	Lebensmittelsicherung	19
1.4.2	Lebensmittelqualität	19
1.4.3	Lebensmittelsicherheit	19
1.4.4	Lebensmittelverfälschung, Lebensmittelbetrug	20
1.4.5	Lebensmittelschutz	21
1.5	Rechtliche Regelungen und Normen im Lebensmittelbereich	21
1.5.1	Europäische Gesetzgebung	21
1.5.1.1	Basisverordnung	22
1.5.1.2	Schnellwarnsystem für Lebens- und Futtermittel (RASFF)	22
1.5.1.3	Hygiene-Paket	23
1.5.1.4	HACCP-Konzept	23
1.5.1.5	Lebensmittelinformationsverordnung	24
1.5.1.6	Zusatzstoffverordnung	24
1.5.1.7	Rückstände und Kontaminanten	24
1.5.1.8	Biologisch erzeugte Lebensmittel	25
1.5.1.9	EU-Kontrollverordnung	25

1.5.2	Nationales Recht	26
1.5.2.1	Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch	26
1.5.3	Normen und Empfehlungen	27
1.5.3.1	ISO-Normen	27
1.5.3.2	EN-Normen	27
1.5.3.3	DIN-Normen	27
1.5.3.4	Codex Alimentarius	27
1.5.3.5	International Food Standard	28
1.5.3.6	Leitsätze	28
1.5.3.7	Produktrichtlinien	28
	Literatur	28
2	Methodenkategorien	31
2.1	Exzerpt	32
2.2	Messung, Messwert	33
2.3	Analysenmethoden	35
2.3.1	Methodenkategorien nach Konzeption	36
2.3.1.1	Labormethoden	36
2.3.1.2	Schnellmethoden	36
2.3.1.3	Sofortmethoden	37
2.3.2	Methoden nach Kalibrierungsabhängigkeit	37
2.3.2.1	Absolutmethoden	37
2.3.2.2	Relativmethoden	37
2.3.3	Methoden nach Aussagekraft	37
2.3.4	Methodenarten nach Akzessibilität	38
2.3.4.1	Standardmethoden	38
2.3.4.2	Literaturmethoden	39
2.3.4.3	Hausmethoden	39
	Literatur	40

II Qualität im Labor

3	Beurteilung von Methoden und Ergebnissen	43
3.1	Exzerpt	44
3.2	Beurteilung von Methoden	45
3.2.1	Validierung	45
3.2.1.1	Präzision	47
3.2.1.2	Richtigkeit, Wiederfindungsrate	49
3.2.1.3	Wiederfindungsfunktion	50
3.2.1.4	Robustheit	55
3.2.1.5	Linearität	55
3.2.1.6	Nachweisgrenze, Erfassungsgrenze, Bestimmungsgrenze	55
3.2.2	Verifizierung	63
3.2.3	Kalibrierung	63
3.3	Beurteilung von Ergebnissen	68

3.3.1	Anzahl von Einzelmessungen	68
3.3.2	Mittelwert, Standardabweichung, Varianz	68
3.3.2.1	Mittelwert	68
3.3.2.2	Standardabweichung, Varianz, Variationskoeffizient	69
3.3.3	Prüfung auf Normalverteilung – Schnelltest	69
3.3.4	Ausreißer	70
3.3.4.1	Test nach David, Hartley und Pearson	71
3.3.4.2	Test nach Dixon	71
3.3.4.3	Test nach Grubbs	71
3.3.4.4	Test nach Nalimov	71
3.3.5	Angabe von Messergebnissen	72
3.3.5.1	Konfidenzintervall für kleine Stichprobenumfänge	72
3.3.5.2	Messunsicherheit, erweiterte Messunsicherheit	75
3.3.5.3	Rundstellen bei Ergebnissen	77
3.3.5.4	Bestimmungsgrenze als Schranke	79
3.3.5.5	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Sollwert/Grenzwert	79
3.3.5.6	Beurteilung hinsichtlich Überschreitung/Unterschreitung eines Grenzwertes	79
3.3.6	Stoffmengenanteile, Massenanteile, Volumenanteile	83
3.3.7	Umgang mit Datensätzen	85
3.3.7.1	Zensierte Daten	85
3.3.7.2	Linkszensierte Daten	86
3.3.8	Nulltoleranz, Null	87
	Literatur	88
4	Qualitätsmanagement im Labor	91
4.1	Exzerpt	92
4.2	Akkreditierung	93
4.2.1	Akkreditierung von Laboratorien	93
4.2.2	Akkreditierungsstelle	93
4.2.3	Akkreditierungsurkunde	93
4.3	Qualitätslenkung	95
4.3.1	Interne Qualitätssicherung	95
4.3.1.1	Qualitätssicherungsproben, Referenzmaterial	95
4.3.1.2	Qualitätsregelkarten	96
4.3.2	Externe Qualitätssicherung	97
4.4	Eignungsprüfungen	98
4.4.1	Ringversuche	98
4.4.2	Laborvergleichsuntersuchungen	98
4.4.3	z-score	98
	Literatur	99
III	Instrumentelle Techniken in der Lebensmittelanalytik	
5	Chromatographie	103
5.1	Exzerpt	105

5.2	Dünnschichtchromatographie (DC)	107
5.2.1	Eindimensionale DC	107
5.2.1.1	Prinzip	107
5.2.1.2	Geräte und Hilfsmittel	108
5.2.1.3	DC-Platten und Sorbentien – Stationäre Phasen	109
5.2.1.4	Laufmittel – Mobile Phasen	110
5.2.1.5	Auftragen der Lösungen	111
5.2.1.6	Entwicklung	112
5.2.1.7	Auswertung	113
5.2.1.8	Anwendungsgebiete	114
5.2.2	Zweidimensionale DC	114
5.2.3	Zirkulare DC (CLC)	114
5.3	Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie (HPTLC)	115
5.3.1	Prinzip	115
5.3.2	Geräte und Hilfsmittel	115
5.3.3	HPTLC-Platten	115
5.3.4	Auftragen und Entwickeln	116
5.3.5	Dokumentieren und Quantifizieren	117
5.3.6	Anwendungsgebiete	117
5.4	Gaschromatographie (GC)	118
5.4.1	Prinzip	118
5.4.2	Geräte und Hilfsmittel	119
5.4.3	Trennsäulen und stationäre Phasen	119
5.4.4	Probenaufgabe, Injektion	121
5.4.5	Headspace-Extraktion	122
5.4.5.1	Statische Headspace-GC	123
5.4.5.2	Dynamische Headspace-GC und SPME-GC	125
5.4.6	Säulentemperatur und Trennung	127
5.4.7	Detektoren	127
5.4.7.1	Flammenionisationsdetektor	127
5.4.7.2	Wärmeleitfähigkeitsdetektor	128
5.4.7.3	Elektroneneinfangdetektor	128
5.4.7.4	Chemolumineszenzdetektor	129
5.4.8	Gaschromatogramme/Auswertung	129
5.4.8.1	Externe Standardmethode	129
5.4.8.2	Interne Standardmethode	130
5.4.8.3	Standardadditionsmethode	131
5.4.9	Matrixeffekte	131
5.4.10	Anwendungsgebiete	132
5.5	Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC)	132
5.5.1	Prinzip	132
5.5.2	Geräte und Hilfsmittel	133
5.5.3	Trennsäulen und Teilchentypen	133
5.5.4	Trennverfahren und Säulenfüllmaterialien	134
5.5.4.1	Adsorptionschromatographie – Normalphasen-Chromatographie	135
5.5.4.2	Reversed Phase-Chromatographie (RP) – Umkehrphasen-Chromatographie	135

5.5.4.3	Ionenpaarchromatographie (IPC)	136
5.5.4.4	Ionenaustauschchromatographie (IEC) und Ionenchromatographie (HPIC)	136
5.5.4.5	Weitere Trennverfahren	137
5.5.5	Probenaufgabe, Injektion	137
5.5.6	Elutionsmittel und Flussrate	138
5.5.7	Trennmodus und Temperatureinfluss	139
5.5.8	Detektoren	139
5.5.8.1	UV/VIS-Detektor	140
5.5.8.2	Fluoreszenzdetektor	140
5.5.8.3	Refraktionsindexdetektor	140
5.5.8.4	Chemilumineszenzdetektor	141
5.5.8.5	Lichtstreuendetektor	141
5.5.8.6	Massenselektive Detektoren	142
5.5.9	Flüssigchromatogramme – Auswertung	142
5.5.10	Anwendungsgebiete	143
5.5.11	Matrixeffekte	143
5.6	Denaturierende HPLC	143
5.6.1	Prinzip	143
5.6.2	Geräte und Hilfsmittel	144
5.6.3	Arbeitsweise	144
5.6.3.1	Nicht-denaturierender Modus	145
5.6.3.2	Partiell-denaturierender Modus	146
5.6.3.3	Komplett-denaturierender Modus	147
5.6.4	Anwendungsgebiete	147
	Literatur	148
6	Massenspektrometrie	151
6.1	Exzerpt	152
6.2	Prinzip	152
6.3	Ionenerzeugung	152
6.3.1	Elektronenstoßionisation (EI)	154
6.3.2	Chemische Ionisation (CI)	154
6.3.3	Elektrosprayionisation (ESI)	154
6.3.4	Chemische Ionisierung unter Atmosphärendruck (APCI)	155
6.3.5	Induktiv gekoppeltes Plasma (ICP)	155
6.3.6	Matrix-unterstützte Laserdesorptionsionisation (MALDI)	156
6.4	Ionenanalysatoren	156
6.4.1	Quadrupol-Massenspektrometer	156
6.4.2	Ionenfallen – Ion Trap	157
6.4.3	Flugzeit-Massenspektrometer (TOF)	158
6.4.4	Sektorfeld-Massenspektrometer	158
6.5	Ionendetektoren	158
6.5.1	Sekundärelektronenvervielfacher (SEV)	159
6.5.1.1	Kanalelektronenvervielfacher	160
6.5.1.2	Multikanal-Platten-Detektor	161
6.5.1.3	Daly-Detektor	162

6.6	Auswertung	163
6.6.1	SCAN-Modus	164
6.6.2	SIM-Modus	164
6.6.3	SRM-Modus	164
6.6.4	MRM-Modus	165
	Literatur	165
7	Kopplungstechniken	167
7.1	Exzerpt	168
7.2	Kopplung Chromatographie und Massenspektrometrie	170
7.2.1	Massenspektrometrie mit HPTLC (HPTLC-ESI-MS)	170
7.2.2	Massenspektrometrie mit Gaschromatographie (GC-MS und GC-MSD)	171
7.2.2.1	Prinzip	171
7.2.2.2	Vergleich GC-MS <i>versus</i> LC-MS/MS	171
7.2.2.3	Anwendungsgebiete	172
7.2.3	Tandem-Massenspektrometrie mit Flüssigchromatographie (LC-MS/MS)	172
7.2.3.1	Prinzip	172
7.2.3.2	Anwendungsgebiete	173
7.2.3.3	Matrixeffekte	173
7.2.3.4	Vergleich LC-MS/MS <i>versus</i> GC-MS	173
7.2.4	Matrix-unterstützte Laserdesorption/Ionisierung-Flugzeit-Massenspektrometrie (MALDI-TOF-MS)	174
7.2.4.1	Prinzip	174
7.2.4.2	Anwendungsgebiete	174
7.2.5	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)	175
7.2.5.1	Prinzip	175
7.2.5.2	Anwendungsgebiete	176
7.2.5.3	Probenvorbereitung und Aufschluss	176
7.2.5.4	Aufbau eines ICP-MS-Gerätes	177
7.2.5.5	Spezielle Qualitätsparameter in der ICP-MS-Analytik	182
7.2.5.6	Interferenzen in der ICP-MS-Analytik	184
7.2.5.7	Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS)	186
7.2.5.8	Anwendung der Isotopenprofilanalyse	189
7.3	Kopplung Chromatographie und Chromatographie	192
7.3.1	Flüssigchromatographie mit Gaschromatographie (LC-GC)	192
7.3.1.1	Prinzip	192
7.3.1.2	Anwendungsgebiete	193
7.3.2	Gaschromatographie mit Gaschromatographie	193
7.3.2.1	Mehrdimensionale Gaschromatographie (GC-GC)	194
7.3.2.2	Multidimensionale umfassende Chromatographie (GCxGC)	195
	Literatur	196
8	Spektrometrie	199
8.1	Exzerpt	201
8.2	Ultraviolett/Visuell-Spektrometrie (UV/VIS) – Photometrie	202
8.2.1	Prinzip	202

8.2.2	Aufnahme von UV/VIS-Spektren	203
8.2.3	Interpretation von UV/VIS-Spektren	204
8.2.4	Das Lambert-Beersche Gesetz	204
8.2.5	Arbeitsweise eines Photometers	206
8.2.6	Anwendungsgebiete	207
8.2.7	Auswertung	207
8.3	Infrarotspektrometrie (IR)	207
8.3.1	Prinzip	207
8.3.2	Schwingungen in IR-Spektren	208
8.3.3	Arbeitsweise eines IR-Spektrometers	209
8.3.4	Anwendungsgebiete	210
8.3.5	Auswertung/Interpretation von IR-Spektren	210
8.4	Kernspinresonanzspektrometrie (NMR)	211
8.4.1	Prinzip	211
8.4.2	Messverfahren	214
8.4.3	Relaxation	215
8.4.4	Geräte und Hilfsmittel	216
8.4.5	Anwendungen	216
8.4.5.1	Hochauflösende NMR-Spektrometrie	216
8.4.5.2	SNIF-NMR	216
8.4.5.3	Festkörper-NMR	217
8.4.5.4	Kernspintomographie (MRI-NMR)	217
8.4.5.5	Niederfeld-NMR	217
8.5	Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)	218
8.5.1	Prinzip	218
8.5.2	Arbeitsweise eines Atomabsorptionsspektrometers	219
8.5.3	Strahlungsquelle	220
8.5.3.1	Atomisierung	221
8.5.3.2	Ablauf eines Analysenganges	223
8.5.3.3	Monochromator	223
8.5.3.4	Detektor	225
8.5.4	Leistungsfähigkeit und Untergrundkompensation	225
8.5.4.1	Spezifität	225
8.5.4.2	Selektivität	225
8.5.4.3	Störmöglichkeiten	225
8.5.4.4	Kompensation unspezifischer Strahlungsverluste	225
8.5.5	Anwendungsgebiete	226
8.5.6	Auswertung	226
8.6	Flammenphotometrie	227
8.6.1	Prinzip	227
8.6.2	Arbeitsweise eines Flammenphotometers	227
8.6.3	Anwendungsgebiete	228
8.6.4	Auswertung	229
8.7	Polarimetrie	229
8.7.1	Prinzip	229
8.7.2	Optische Aktivität und spezifische Drehung	230

8.7.3	Das Biotsche Gesetz	231
8.7.4	Arbeitsweise eines Polarimeters	232
8.7.5	Anwendungsgebiete	234
8.7.6	Auswertung	234
8.8	Refraktometrie	237
8.8.1	Prinzip	237
8.8.2	Arbeitsweise eines Refraktometers	238
8.8.3	Anwendungsgebiete	240
8.8.4	Auswertung	240
8.9	Spektrometrische Schnellmethoden	241
8.9.1	Prinzip	241
8.9.2	Anwendungsgebiete	242
	Literatur	242
9	Polarographie	245
9.1	Exzerpt	246
9.2	Prinzip	246
9.2.1	Ilkovič-Gleichung	248
9.2.2	Nernstsche Gleichung	248
9.3	Polarographische Verfahren	248
9.3.1	Gleichstrompolarographie	249
9.3.1.1	Direct-Current-Technik	249
9.3.1.2	DC-Tastpolarographie	249
9.3.2	Wechselstrompolarographie	250
9.3.3	Pulspolarographie	251
9.3.3.1	Normal-Pulspolarographie	251
9.3.3.2	Differential-Pulspolarographie	251
9.4	Arbeitsweise und Durchführung	253
9.5	Anwendungsgebiete	253
9.6	Auswertung	254
	Literatur	254
10	Enzymatische Analyse	255
10.1	Exzerpt	256
10.2	Prinzip	256
10.3	Arbeitsweise und Durchführung	259
10.3.1	Probenvorbereitung	259
10.3.2	Einstellen des Konzentrationsbereichs	260
10.3.3	Messung	260
10.3.4	Arbeitsschema	261
10.4	Anwendungsgebiete	261
10.4.1	Enzymatische Substratbestimmung – UV-Tests	261
10.4.2	Bestimmung von Enzymaktivitäten	262
10.5	Auswertung	262
	Literatur	263

11	Elektrophorese	265
11.1	Exzerpt	266
11.2	Aufbau einer Elektrophoreseeinheit	267
11.3	Trägermaterial	270
11.4	Agarose-Gelelektrophorese	270
11.4.1	Prinzip	270
11.4.2	Probenvorbereitung	271
11.4.3	Agarosegele	271
11.4.4	Elektrophorese	272
11.4.5	Auswertung	272
11.4.6	Anwendungsgebiete	272
11.5	Natriumdodecylsulfat-Polyacrylamid-Gelelektrophorese (SDS-PAGE)	272
11.5.1	Prinzip	272
11.5.2	Arbeitsweise	272
11.5.3	Auswertung	275
11.5.4	Anwendungsgebiete	276
11.6	Isoelektrische Fokussierung auf Polyacrylamid-Gelen (IEF-PAGE)	276
11.6.1	Prinzip	276
11.6.2	Arbeitsweise	276
11.6.3	Anwendungsgebiete	278
	Literatur	279
12	Immunchemische Verfahren	281
12.1	Exzerpt	282
12.2	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA)	284
12.2.1	Prinzip	284
12.2.2	Arbeitsweise	285
12.2.2.1	Sandwich-ELISA	285
12.2.2.2	Kompetitiver ELISA	285
12.2.3	Anwendungsgebiet	286
	Literatur	286
13	Molekularbiologische Verfahren	287
13.1	Exzerpt	289
13.2	DNA-Isolierungsverfahren	291
13.2.1	Prinzip	291
13.2.2	Arbeitsweise	291
13.3	DNA-Konzentrationsbestimmungsverfahren	293
13.3.1	Prinzip	293
13.3.1.1	Photometrische Konzentrations- und Reinheitsbestimmung	293
13.3.1.2	Fluorimetrische Konzentrationsbestimmungen	294
13.3.2	Arbeitsweise	294
13.3.3	Anwendungsgebiete	294
13.4	Qualitative Endpunkts-PCR	295
13.4.1	Prinzip	295
13.4.2	Arbeitsweise	296

13.4.3	Auswertung	298
13.4.4	Anwendungsgebiete	298
13.5	PCR-Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus (RFLP)	299
13.5.1	Prinzip	299
13.5.2	Arbeitsweise	299
13.5.3	Auswertung	301
13.5.4	Anwendungsgebiete	301
13.6	Quantitative Realtime-PCR	301
13.6.1	Prinzip	301
13.6.2	Geräte und Hilfsmittel	303
13.6.3	Arbeitsweise	303
13.6.4	Auswertung	304
13.6.4.1	Absolute Quantifizierung	304
13.6.4.2	Relative Quantifizierung	304
13.6.5	Anwendungsgebiete	306
13.7	Isothermale Amplifikationsverfahren	306
13.7.1	Übersicht	306
13.7.2	LAMP – Loop-Mediated Isothermal Amplification	307
13.7.3	Methodenvergleich LAMP versus PCR	309
13.8	Moderne DNA-Sequenzierungsverfahren – Next Generation Sequencing ...	311
13.8.1	Prinzip	311
13.8.2	Aktuelle Verfahren	311
13.8.3	Limitationen und Ausblick	313
13.9	Molekularbiologische Schnellmethoden	314
13.9.1	Analyterfassung – Antikörper und Aptamere	314
13.9.1.1	Prinzip	314
13.9.1.2	Anwendungsgebiete	316
13.9.2	Auslesetechniken – Lateral Flow Assay	316
13.9.2.1	Prinzip	316
13.9.2.2	Anwendungsgebiete	317
13.9.3	Biochip-Technologien	318
13.9.3.1	Prinzip	318
13.9.3.2	Anwendungsgebiete	319
13.10	Genome-Editing – CRISPR-Cas9-System	320
13.10.1	Prinzip	320
13.10.2	Neues molekularbiologisches Werkzeug	321
13.10.3	Arbeitsweise	323
13.10.4	Anwendungsgebiete	324
13.10.4.1	<i>In-vivo</i> -Veränderungen	324
13.10.4.2	<i>In-vitro</i> -Veränderungen	325
13.10.5	Genauigkeit der CRISPR-Cas9-Technik	326
13.10.6	Ist das Ergebnis einer genetischen Veränderung mittels CRISPR-Cas ein GVO?	326
	Literatur	326

IV Untersuchung von Lebensmitteln

14	Basisparameter	331
14.1	Exzerpt	333
14.2	Dichte	333
14.2.1	Pyknometrische Bestimmung der relativen Dichte	334
14.2.2	Dichtebestimmung mittels Biegeschwinger	337
14.3	Wasser – Wasseraktivität	339
14.3.1	Bestimmung von Wasser – Karl-Fischer-Titration	340
14.3.2	Bestimmung von Wasser durch azeotrope Destillation	343
14.3.3	Wasseraktivität (a_w -Wert)	346
14.4	Trockensubstanz – Trockenmasse	348
14.4.1	Gravimetrische Bestimmung der Trockensubstanz	348
14.4.2	Refraktometrische Bestimmung der Trockensubstanz	350
14.4.3	Pyknometrische Bestimmung der Trockensubstanz	352
14.5	Glührückstand – Asche	353
14.5.1	Bestimmung des Glührückstandes durch direkte Veraschung – Aschegehalt	354
14.5.2	Bestimmung des säureunlöslichen Glührückstandes – Sandgehalt	356
14.5.3	Bestimmung der Type von Getreidemehl	357
14.5.4	Bestimmung der Aschenalkalität	359
14.6	Ballaststoffe, Rohfaser	361
14.6.1	Bestimmung der unlöslichen organischen Ballaststoffe – Methode nach van Soest	361
14.6.2	Bestimmung der Rohfaser – Methode nach Scharrer-Kürschner	363
	Literatur	366
15	Fette und Fettbegleitstoffe	369
15.1	Exzerpt	370
15.2	Fettgehalt	371
15.2.1	Direkte Extraktion – Methode nach Soxhlet	371
15.2.2	Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Weibull-Stoldt	379
15.3	Fettgehalt in Milch und Milcherzeugnissen	381
15.3.1	Extraktion nach Ammoniakaufschluss – Methode nach Röse-Gottlieb	381
15.3.2	Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Schmid-Bondzynski-Ratzlaff	384
15.3.3	Acidobutyrometrische Bestimmung – Methode nach Gerber	386
15.3.4	Angabe des Fettgehaltes	388
15.3.4.1	Fett i Tr.	388
15.4	Charakterisierung von Fetten und Ölen	389
15.4.1	Chemische Methoden – Fettkennzahlen	390
15.4.1.1	Bestimmung der Verseifungszahl	390
15.4.1.2	Bestimmung der Iodzahl – Methode nach Kaufmann	392
15.4.1.3	Bestimmung der Säurezahl und des FFA-Gehaltes	396
15.4.1.4	Bestimmung der Peroxidzahl – Methode nach Wheeler	400
15.4.1.5	Bestimmung der Anisidinzahl	405
15.4.1.6	Bestimmung der Totox-Zahl	408
15.4.1.7	Bestimmung der Oxidationsbereitschaft	409

15.4.1.8	Bestimmung der Halbmikro-Buttersäurezahl	411
15.4.1.9	Bestimmung der Unverseifbaren Anteile	415
15.4.2	Spektrometrische Methoden	418
15.4.2.1	Charakterisierung von Fetten und Ölen anhand des UV-Spektrums	418
15.4.2.2	Nachweis der Fettraffination mittels UV-Spektrometrie	420
15.4.2.3	Nachweis der Fetthärtung mittels IR-Spektrometrie	422
15.4.3	Chromatographische Methoden	425
15.4.3.1	Charakterisierung von Fetten und Ölen mittels DC	425
15.4.3.2	Trennung und Identifizierung von Fettsäuren als Methylester mittels GC-FID	427
15.4.3.3	Quantifizierung des MilCHFettgehaltes mittels GC-FID	431
15.4.3.4	Trennung und Identifizierung von trans-Fettsäuren als Methylester mittels GC-FID	433
15.4.3.5	Bestimmung von Epoxyfettsäuren mittels GC-FID	435
15.4.3.6	Bestimmung der Triglyceridverteilung mittels Hochtemperatur-GC-FID	437
15.4.3.7	Bestimmung von Kakaobutteräquivalenten mittels GC-FID – CoCal-Verfahren	442
15.5	Fettbegleitstoffe	446
15.5.1	Nachweis und Identifizierung von Sterinen mittels Kombination von DC und GC-FID	446
	Literatur	450
16	Aminosäuren, Peptide, Proteine, Nucleinsäuren	455
16.1	Exzerpt	456
16.1.1	Aminosäuren	456
16.1.2	Peptide	458
16.1.3	Proteine	459
16.1.4	Nucleinsäuren	461
16.2	Aminosäureanalytik	462
16.2.1	Identifizierung von Aminosäuren mittels DC	462
16.2.2	Titrimetrische Bestimmung der Formolzahl	465
16.2.3	Photometrische Bestimmung von Hydroxyprolin	467
16.2.4	Photometrische Bestimmung von Prolin	471
16.3	Proteinanalytik	473
16.3.1	Charakterisierung von Proteinen	473
16.3.1.1	Allgemeine Nachweisreaktionen	473
16.3.1.2	Reinigung und Anreicherung	476
16.3.1.3	Möglichkeiten der Identifizierung – Strukturanalyse	476
16.3.2	Bestimmung von Proteinen	477
16.3.2.1	Bestimmung des Gesamtproteingehaltes über Stickstoff – Methode nach Kjeldahl	478
16.3.2.3	Bestimmung des Reinproteingehaltes – Methode nach Barnstein	487
16.3.3	Elektrophoretische Methoden	489
16.3.3.1	Bestimmung der molaren Masse von Proteinuntereinheiten mittels SDS-PAGE	489
16.3.3.4	Differenzierung von Tierarten mittels IEF	493
16.3.4	Immunchemische Methoden	495
16.3.4.1	Bestimmung von Molkenproteinen mittels ELISA	495

16.4	Nucleinsäureanalytik	498
16.4.1	Nachweis von Bt-Mais mittels Qualitativer PCR	500
16.4.2	Differenzierung von Kakaoarten mittels PCR-RFLP	504
	Literatur	506
17	Kohlenhydrate – Saccharide	509
17.1	Exzerpt	510
17.2	Mono-, Di- und Oligosaccharide	511
17.2.1	Chromatographische Methoden	515
17.2.1.1	Identifizierung von Zuckern mittels DC	515
17.2.1.2	Bestimmung von Zuckern mittels HPLC-RI	517
17.2.1.3	Bestimmung von Zuckern mittels GC-FID	521
17.2.2	Polarimetrische Methoden	526
17.2.2.1	Polarimetrische Bestimmung von Saccharose und Glucose	526
17.2.3	Chemische Summenmethoden	530
17.2.3.1	Bestimmung der direkt reduzierenden Zucker vor der Inversion – Reduktometrische Methode nach Luff-Schoorl	531
17.2.3.2	Bestimmung der gesamt-reduzierenden Zucker nach der Inversion – Reduktometrische Methode nach Luff-Schoorl	537
17.2.3.3	Bestimmung von reduzierenden Zuckern (Lactose) und Saccharose – Komplexometrische Methode nach Potterat-Eschmann	541
17.2.4	Chemische Selektivmethoden	550
17.2.4.1	Bestimmung von Fructose – Methode nach Willstätter-Schudel	551
17.2.4.2	Bestimmung von Saccharose – Kalkvorschrift	553
17.2.5	Enzymatische Methoden	555
17.2.5.1	Enzymatische Bestimmung von Glucose, Fructose und Mannose	555
17.2.5.2	Enzymatische Bestimmung von Glucose und Saccharose	559
17.3	Polysaccharide	561
17.3.1	Nachweis von Stärke	565
17.3.2	Polarimetrische Bestimmung von Stärke – Methode nach Ewers	567
17.3.3	Photometrische Bestimmung von Pektin	570
	Literatur	574
18	Spezielle Inhaltsstoffe	577
18.1	Exzerpt	580
18.2	Alkohole	580
18.2.1	Pyknometrische Bestimmung des Gesamtalkoholgehaltes	582
18.2.2	Bestimmung von Methanol – Chromotropsäure-Methode	586
18.2.3	Identifizierung und Bestimmung von Alkoholen mittels GC	590
18.3	Organische Säuren	592
18.3.1	Identifizierung von organischen Säuren mittels DC	593
18.3.2	Titrimetrische Bestimmung der flüchtigen Säuren	595
18.3.3	Chemisch-photometrische Methoden	597
18.3.3.1	Photometrische Bestimmung von Weinsäure	597
18.3.3.2	Photometrische Bestimmung von Milchsäure	599
18.3.3.3	Photometrische Bestimmung von Apfelsäure	602

18.3.4	Enzymatische Methoden.....	605
18.3.4.1	Enzymatische Bestimmung von L-Apfelsäure.....	605
18.3.4.2	Enzymatische Bestimmung von Citronensäure.....	608
18.4	Stickstoff-Substanzen	611
18.4.1	Theobromin und Coffein.....	612
18.4.1.1	Photometrische Bestimmung von Methylxanthinen.....	613
18.4.1.2	Bestimmung von Coffein und Theobromin mittels HPLC-UV.....	615
18.4.1.3	Abschätzung der Kakaobestandteile.....	618
18.4.2	Photometrische Bestimmung von Gesamtkreatinin.....	620
18.4.3	Identifizierung von biogenen Aminen mittels DC.....	624
18.4.4	Fluorimetrische Bestimmung von Histamin.....	627
18.4.5	Bestimmung der Fettsäuretryptamide mittels HPLC-FD.....	630
18.4.6	Photometrische Bestimmung des Blauwerts (B-Wert).....	635
18.5	Vitamine	639
18.5.1	Photometrische Bestimmung von Vitamin A (Retinol).....	640
18.5.2	Fluorimetrische Bestimmung von Vitamin B ₁ (Thiamin).....	643
18.5.3	Bestimmung von Vitamin C (L-Ascorbinsäure).....	647
18.5.3.1	L-Ascorbinsäurebestimmung – Methode nach Tillmanns.....	648
18.5.3.2	Iodometrische Bestimmung von L-Ascorbinsäure.....	650
18.5.3.3	Polarographische Bestimmung von L-Ascorbinsäure.....	651
18.5.3.4	Bestimmung von L-Ascorbinsäure mittels HPLC-UV.....	653
18.6	Polyphenole	656
18.6.1	Bestimmung ausgewählter Polyphenole mittels HPLC-FD.....	658
18.6.2	Bestimmung der Gesamtflavanole DP1–10 mittels HPLC-FD.....	660
18.7	Glycyrrhizin	664
18.7.1	Bestimmung von Glycyrrhizin mittels HPLC-UV.....	664
18.8	Aktivität von Enzymen	667
18.8.1	Photometrische Bestimmung der Amylase-Aktivität (Diastase-Zahl).....	667
18.8.2	Photometrische Bestimmung der Phosphatase-Aktivität.....	670
18.9	Active Principles	673
18.9.1	Bestimmung von Cumarin mittels HPLC-UV und LC-MS/MS.....	674
18.10	Hydroxymethylfurfural (HMF)	676
18.10.1	Photometrische Bestimmung von Hydroxymethylfurfural.....	676
18.11	Mineralstoffe	679
18.11.1	Bestimmung von Natrium und Kalium mittels Flammenphotometrie.....	679
18.11.2	Bestimmung von Calcium und Magnesium mittels AAS.....	682
18.11.3	Photometrische Bestimmung von Eisen.....	684
18.11.4	Methoden zur Bestimmung von Chlorid.....	688
18.11.4.1	Bestimmung von Chlorid – Methode nach Mohr.....	688
18.11.4.2	Bestimmung von Chlorid – Potentiometrische Titration.....	692
18.11.4.3	Bestimmung von Chlorid – Methode nach Volhard.....	694
18.11.4.4	Bestimmung von Chlorid – Titration mit Quecksilber(II)-nitrat.....	697
18.11.5	Photometrische Bestimmung von Phosphat.....	699
18.11.6	Simultanbestimmung von Anionen mittels Ionenchromatographie (SCIC).....	701
	Literatur	703

19	Lebensmittelzusatzstoffe	709
19.1	Exzerpt	711
19.2	Konservierungsstoffe	712
19.2.1	Identifizierung von Konservierungsstoffen mittels DC	713
19.2.2	Differenzierung von Benzoesäure und Sorbinsäure mittels DC nach prächromatographischer <i>In-situ</i> -Derivatisierung	717
19.2.3	Photometrische Bestimmung von Sorbinsäure	720
19.2.4	Bestimmung von Konservierungsstoffen in fettarmen Lebensmitteln mittels HPLC-UV	723
19.2.5	Bestimmung von Konservierungsstoffen in fettreichen Lebensmitteln mittels HPLC-UV	727
19.2.6	Bestimmung der Schwefligen Säure (Gesamt-SO ₂)	729
19.3	Süßungsmittel – Süßstoffe	732
19.3.1	Identifizierung von Süßstoffen mittels DC	734
19.3.2	Bestimmung von Cyclamat	736
19.3.2.1	Chemisch-gravimetrische Methode	736
19.3.2.2	Bestimmung mittels HPLC-UV	739
19.3.3	Bestimmung von Acesulfam-K, Aspartam und Saccharin mittels Ionenpaar-HPLC-UV	741
19.3.4	Bestimmung von Sucralose mittels HPLC-RI	745
19.3.5	Bestimmung der Steviolglycoside mittels HPLC-UV	748
19.4	Farbstoffe	751
19.4.1	Identifizierung wasserlöslicher, synthetischer Farbstoffe mittels DC	751
19.4.2	Identifizierung fettlöslicher Farbstoffe mittels DC	758
19.5	Weitere Zusatzstoffe	759
19.5.1	Identifizierung von Antioxidantien mittels DC	759
19.5.2	Photometrische Bestimmung von Nitrit und Nitrat	764
19.5.3	Nachweis von kondensierten Phosphaten mittels DC	771
19.5.4	Photometrische Bestimmung von Phosphat – Ermittlung der P-Zahl	774
19.5.5	Photometrische Bestimmung von Milcheiweiß	777
19.5.6	Titrimetrische Bestimmung von Ammoniumchlorid	779
	Literatur	781
20	sicherheitsrelevante/unerwünschte Stoffe – Kontaminanten, Prozesskontaminanten und Rückstände	785
20.1	Exzerpt	787
20.2	Elementanalytik	790
20.2.1	Bestimmung von Blei mittels AAS	790
20.2.2	Bestimmung von Quecksilber mittels AAS	792
20.2.3	Bestimmung von Elementen mit ICP-MS – TotalQuant	794
20.3	Kontaminantenanalytik	797
20.3.1	Mykotoxine	797
20.3.1.1	Bestimmung von Ochratoxin A mittels HPLC-FD	797
20.3.1.2	Bestimmung von Aflatoxinen mittels HPLC-FD	800
20.3.1.3	Multimethode zur Bestimmung von Mykotoxinen mittels LC-MS/MS	804

20.3.2	Bestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen (MOSH/MOAH) mittels LC-GC-FID	808
20.3.3	Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) mittels HPLC-FD am Beispiel Benzo[a]pyren	815
20.3.4	Bestimmung von Benzol, Toluol und Xylol-Isomeren mittels GC/MS	821
20.3.5	Identifizierung und Bestimmung von Tetrachlorethen mittels GC-ECD	825
20.4	Prozesskontaminantenanalytik	828
20.4.1	Bestimmung von Acrylamid mittels LC-MS/MS	828
20.4.2	Bestimmung von Chlorpropandiolen und Glycidol.	833
20.4.2.1	Bestimmung von 3-MCPD mittels GC-MS	835
20.4.2.2	Summenbestimmung von 3-MCPD- und Glycidyl-Estern mittels GC-MS – DGF-Methode	840
20.4.2.3	Simultanmethode zur Bestimmung von 2-, 3-MCPD- und Glycidyl-Estern mittels GC-MS – AOCS-Methode (Kuhlmann 3-in-1)	843
20.4.3	Bestimmung von 5-Chlormethylfurfural mittels GC-MS	850
20.4.4	Bestimmung von Imidazolen mittels LC-MS/MS	854
20.4.5	Bestimmung von Nitrosaminen mittels GC-TEA	858
20.5	Analytik organischer Rückstände	863
20.5.1	Nachweis und Bestimmung von Malachitgrün mittels DC-Densitometrie	863
	Literatur	867
21	Authentizität und Herkunft	871
21.1	Exzerpt	872
21.2	Ansätze zur Authentizitätsprüfung	873
21.2.1	Nicht-zielgerichteter Ansatz – Food Fingerprinting	874
21.2.1.1	Identifizierung relevanter Parameter	875
21.2.2	Zielgerichteter Ansatz – Food Targeting	877
21.2.2.1	Bestimmung von DNA-Sequenzen	877
21.2.2.2	Bestimmung von Peptiden und Proteinen	877
21.2.2.3	Bestimmung von Stoffwechselprodukten	878
21.2.2.4	Bestimmung von Elementen und Isotopen	878
21.2.3	Omics-Verfahren – Food Profiling	878
21.2.3.1	Genomics	879
21.2.3.2	Proteomics	881
21.2.3.3	Metabolomics	881
21.2.3.4	Isotopomics	883
21.2.3.5	Anwendungsgebiete	884
	Literatur	884
	Serviceteil	
	Sachverzeichnis	889