

Lebensmittelanalytik

Reinhard Matissek · Markus Fischer

Lebensmittel- analytik

7. Auflage



Springer Spektrum

Reinhard Matissek
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland (im Ruhestand)

Markus Fischer
Hamburg School of Food Science – Institut
für Lebensmittelchemie
University of Hamburg
Hamburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-63408-0 ISBN 978-3-662-63409-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-63409-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über ► <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1.–6. Aufl.: © Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 1989, 1992, 2006, 2010, 2014, 2018.

7. Aufl.: © Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Ken Kissinger

Redaktion: Reinhard Matissek

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Proömium – Kompetenz in Lebensmittelanalytik

>> *Nichts ist für Analysierende wichtiger als zu wissen, warum was, wann und wie untersucht wird – und was das Ergebnis bedeutet. (Reinhard Matissek)*

Bei der Analyse von Lebensmitteln stellen sich zu Beginn stets die gleichen Fragen: Was soll wie, wann und warum untersucht werden? Was bedeuten die Ergebnisse und wie erfolgt eine sachgemäße Interpretation und Beurteilung? Wie werden Analysenmethoden validiert, verifiziert, valuiert? Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, ist *Kompetenz in Lebensmittelanalytik* Voraussetzung. Dies verlangt Beherrschen von Spezialwissen sowohl hinsichtlich modernster instrumenteller als auch klassisch-herkömmlicher Analysenverfahren gepaart mit exzellenter Qualifikation in lebensmittelchemischen, lebensmittelkundlichen und lebensmittelrechtlichen Belangen.

Das zentrale Anliegen dieses Lehrbuchs ist es, dabei zu helfen, die erforderliche Übersicht zu erlangen, den notwendigen Durchblick zu gewinnen und die manchmal sehr komplexen Hintergründe zu verstehen, um das Labyrinth des schier unüberschaubaren Angebots an Vielfalt und Varianten bei analytischen Methoden und Verfahren navigationsgesteuert zu durchdringen. Prämisse hierfür ist sowohl das Trainieren methodisch-strategischer Vorgehensweisen inklusive der Auswahl der *richtigen Methode* ebenso wie die Fähigkeit zur Bewertung und Einordnung der Messergebnisse.

Das Buch umfasst vier Essentials: Grundlagen *in puncto* Lebensmittel und Analytik, Qualität im Labor, instrumentelle Techniken sowie die eigentliche Untersuchung von Lebensmitteln und ihren Rohstoffen mit Hilfe von klar und verständlich verfassten, geprüften Arbeitsanweisungen. Letztere bilden das charakteristische Herzstück des Werks und realisieren die Ermittlung von Major- und Minorkomponenten, von Zusatzstoffen und von sicherheitsrelevanten/unerwünschten Stoffen wie Kontaminanten, Prozesskontaminanten, Biotoxinen etc. Darüber hinaus werden Authentizitäts- und Herkunftsprüfungen beschrieben. Weiterführende Literaturangaben laden zum Vertiefungsstudium ein. Der einheitliche Aufbau erleichtert das erfolgreiche Prozedere im Labor:

- Einführendes Hintergrundwissen
- Methodische Grundlagen
- Reaktionsgleichungen und -mechanismen
- Anleitung zur Auswertung
- Beurteilung und Bewertung der Ergebnisse
- Tipps und Tricks für die Praxis

Das Werk wurde in seiner siebten Auflage erneut grundlegend überarbeitet und vollständig aktualisiert. Verbesserte Übersichtlichkeit, Strukturiertheit und Lesbarkeit bilden dabei die Garanten für gutes Verständnis. Supplementäre Basisinformationen in Form von sog. *Eye Catchern*, die sich durch das ganze Buch zie-

hen und jeweils an Ort und Stelle zur Verfügung stehen, kommen verstärkt zur Anwendung. Neu aufgenommen wurden Kapitel betreffend Genome Editing mit dem CRISPR-Cas9-System, Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) zur Isotopenprofilanalyse, Sekundärelektronenvervielfacher, Headspace- und Festphasenmikroextraktions-Technik (SPME) sowie Kakaoschalenanalytik (Tryptamidgehalte), a_w -Wert-Bestimmung etc.

Frau Alexandra Scharf von der Hamburg School of Food Science (HSFS, Universität Hamburg) sei für die wertvolle Mitarbeit am Kapitel Genome Editing herzlichst gedankt. Für die engagierte Mitarbeit bei der Erstellung des Kapitels ICP-MS möchten wir außerdem namentlich danken Herrn Torben Segelke sowie Herrn Kristian von Wuthenau (HSFS, Universität Hamburg). Frau Dr. Marina Creydt sowie Herrn Carsten Möller von der HSFS gilt ein besonderer Dank für kritisches Lesen einiger neuen Kapitel. Unser Dank gilt ferner zahlreichen Fachkolleginnen und Fachkollegen sowie vielen Studierenden für ihre wertvollen Verbesserungsvorschläge und Hinweise. Last but not least danken wir dem Springer-Verlag für die allzeit hervorragende Zusammenarbeit.

Reinhard Matissek

Markus Fischer

im Sommer 2021

Sicherheitshinweis

Im Labor wird mit Chemikalien gearbeitet, die bei Einwirkung auf den menschlichen Organismus zu Erkrankungen oder Schädigungen führen können. Eine Aufnahme ist über den Verdauungsweg, den Atemweg oder durch Resorption über die Haut möglich.

Da die Giftigkeit von Chemikalien eine Frage der Konzentration ist, wurden Grenzwerte für die maximal zulässigen Konzentrationen am Arbeitsplatz (MAK-Werte) festgelegt.

Deshalb sind Arbeiten im Labor unter dem Abzug durchzuführen und es muss entsprechende Schutzkleidung (Laborkittel, Schutzbrille, geschlossenes Schuhwerk, Schutzhandschuhe) getragen werden. Bei Arbeiten mit giftigen oder krebserzeugenden Stoffen sind grundsätzlich geeignete Schutzhandschuhe zu tragen.

Die gesetzlichen Regelungen der Gefahrstoffverordnung, der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), sowie der Vorgaben der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemie (BG RCI) sind zu beachten und einzuhalten.

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	Explikation Lebensmittel	15
1.3.1	Was sind Lebensmittel?	15
1.3.2	Skurrile 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	Produkttrichtlinien	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 Äpfelsäure	602

18.3.4	Enzymatische Methoden	605
18.3.4.1	Enzymatische Bestimmung von L-Äpfelsäure	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	Isotopolomics	883
21.2.3.5	Anwendungsgebiete	884
	Literatur	884
	Serviceteil	
	Sachverzeichnis	889

Über der Autor

Reinhard Matissek Staatlich geprüfter Lebensmittelchemiker und Diplom-Lebensmitteltechnologe, seit 1991 außerplanmäßiger Professor für Lebensmittelchemie am Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie der Technischen Universität Berlin. Reinhard Matissek, geboren 1952 in Bassum/Niedersachsen, war nach dem Studium der Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie in Berlin dort zunächst als Wissenschaftlicher Angestellter beim damaligen Bundesgesundheitsamt (Promotion in Lebensmittelanalytik, 1980) und anschließend als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin tätig. Nach einer Zeit als Hochschulassistent/Assistenzprofessor (Habilitation im Fachgebiet Lebensmittelchemie, 1986) wechselte er 1988 als Institutsleiter und Direktor zum Lebensmittelchemischen Institut (LCI) des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. in Köln. Im Sommer 2019 ging er in den Ruhestand.

Die Hauptarbeitsgebiete von Reinhard Matissek umfassen die Analytik von Lebensmitteln insbesondere Kakao & Schokolade, Feine Backwaren und Knabberartikel sowie von Bedarfsgegenständen und kosmetischen Mitteln. Schwerpunkte der wissenschaftlichen Forschung betreffen Tenside, Biozide, Kontaminanten, Prozesskontaminanten und Phytochemicals. Reinhard Matissek nahm vielfältige Aufgaben in Gremien der Wissenschaft und der Lebensmittelindustrie wahr, so als Mitglied der DFG-Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln (SKLM), als Mitglied der Kommission für Kontaminanten und anderer gesundheitlich unerwünschter Stoffe in der Lebensmittelkette (Kontam) des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR), als Mitglied der Kommission für Lebensmittelzusatzstoffe, Aromastoffe und Verarbeitungshilfsstoffe (LAV) des BfR, als Mitglied mehrerer Arbeitsgruppen im Rahmen der §64-Arbeiten an amtlichen Analysemethoden des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), als Mitglied des Kuratoriums der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), als Mitglied des Kuratoriums des Fraunhofer Instituts für Verpackung und Verfahrenstechnik (IVV-FhG) in Freising, als Wissenschaftlicher Leiter und stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Instituts für Qualitätsförderung in der Süßwarenwirtschaft (IQ. Köln) in Köln, als Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses des Forschungskreises der Ernährungsindustrie (FEI/AIF) in Bonn, als Mitglied des Beirates Naturwissenschaften des Lebensmittelverbandes Deutschland (vormals Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde, BLL), als Vorstandmitglied der Stiftung der Deutschen Kakao- und Schokoladenwirtschaft in Hamburg, als Mitglied diverser Fachbeiräte der Stiftung Warentest sowie in verschiedenen Fachbeiräten von Zeitschriften.

Reinhard Matissek ist durch zahlreiche Veröffentlichungen und Vorträge sowie Bücher und Buchbeiträge hervorgetreten und Inhaber mehrerer wissenschaftlicher Auszeichnungen. Er ist Autor der bekannten Lehrbücher **LEBENSMITTELANALYTIK**, **LEBENSMITTELCHEMIE** sowie **LEBENSMITTELSICHERHEIT**, alle im Springer-Verlag erschienen. Seit 2015 ist Reinhard Matissek Herausgeber für das Fachgebiet Lebensmittelchemie bei der **RÖMPP ONLINE-ENZYKLOPÄDIE CHEMIE** des Thieme-Verlages.

Reinhard Matissek wurde 2003 mit dem Hans-Dresel-Memorial-Award der International Associations of Confections (PMCA – Hershey/Pennsylvania, USA) ausgezeichnet. Im

Jahr 2005 erhielt er den Fincke-Preis für Wissenschaft und Technik des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie (BDSI – Bonn, Germany) und im Jahr 2007 den Kooperationspreis der Agrar- und Ernährungswirtschaft (Food Processing Initiative – Osnabrück, Germany). Im Jahr 2019 verlieh ihm der BDSI zum zweiten Mal den Fincke-Preis für Wissenschaft und Technik für die Anerkennung seines Lebenswerkes. Sein ganz besonderes Interesse gilt Büchern, Reisen und dem Genuss.

Markus Fischer studierte Lebensmittelchemie an der Technischen Universität München, an der er 1997 im Bereich Molekularbiologie/Proteinchemie promovierte. Nach der Habilitation (2003; Thema: Biosynthesewege von Vitaminen: Enzyme, Strukturen, Funktionen und Anwendungen) in den Fachgebieten Lebensmittelchemie und Biochemie, wurde er 2006 als Professor für Lebensmittelchemie und Institutsdirektor an die Universität Hamburg (Nachfolge Prof. Dr. Dr. H. Steinhart) berufen. Seit 2011 ist er Gründer und Direktor der Hamburg School of Food Science – Institut für Lebensmittelchemie der Universität Hamburg (HSFS).

Markus Fischer ist in zahlreichen nationalen und internationalen wissenschaftlichen Gremien tätig, so unter anderem als Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses des Forschungskreises der Ernährungsindustrie (FEI) in Bonn, als Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR), Berlin sowie als Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Lebensmittelverbands Deutschland, Berlin. Seit 2019 ist er Vizepräsident der International Association of Environmental Analytical Chemistry (IAEAC), Lausanne, Schweiz und als einer der beiden Deutschen Vertreter in der European Association for Chemical and Molecular Sciences (EuChemS) – Division of Food Chemistry. Seit 2016 ist er Sprecher des Competence Network Food Profiling (CNFP) und seit 2019 Sprecher des naturwissenschaftlichen Teils (Artefact Profiling) des Exzellenzclusters „Understanding Written Artefacts, EXC2176“ der Universität Hamburg.

Markus Fischer gründete 2016 das Competence Network Food Profiling. Seit 2008 ist er Kuratoriumsmitglied der Zeitschrift CHEMIE IN UNSERER ZEIT, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Er wurde 2004 mit dem Kurt-Täufel-Preis des jungen Wissenschaftlers und 2014 mit dem Phoenix Pharmazie Wissenschaftspreis ausgezeichnet.

Abkürzungsverzeichnis

α	Drehwinkel	Bd	Band
[α]	spezifische Drehung	BEFFE	Bindegewebeseiweißfreies Fleischeiweiß
A	Adenin	bez.	bezogen
Å	Ångs- tröm ($0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$)	BHA	Butylhydroxyanisol
AA	Atomabsorption	BHT	Butylhydroxytoluol
AAS	Atomabsorptionsspektrometrie	bp	Basenpaar
Abb.	Abbildung	BG	Bestimmungsgrenze
abs.	absolut	BTCM	Bromtrichlormethan
ACP	Ascorbylpalmitat	BTX	Benzol, Toluol, Xylol
ADC	Automatic Developing Chamber	bidest.	doppeltdestilliertes (Wasser)
ADP	Adenosin-5'-diphosphat	BSA	Rinderserumalbumin
AE	Auxiliary-Electrode	BVL	Bundesanstalt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
AFLP	Amplified Fragment Length Polymorphism	bzw.	beziehungsweise
am.	amerikanisch	c	Konzentration
AMD	Automated Multiple Developingment	C	Cytosin
amu	atomare Masseneinheit (engl. atomic mass unit)	$^{\circ}\text{C}$	Grad Celsius
AOAC	Association of Official Analytical Chemists	CB	Chemical Bonded
APCI	Atmospheric Pressure Chemical Ionisation	CC	Column Chromatography
APM	L-Aspartyl-L-phenyl-alanin-methylester	CDPK	Calcium Dependent Protein Kinase
APPI	Atmospheric Pressure Photoionisation	CI	Chemische Ionisierung
APS	Ammoniumperoxodisulfat	C. I.	Colour Index
ATP	Adenosin-5'-triphosphat	CL	Citrat-Lyase
AS	Ascorbinsäure; Aminosäure	CLC	Centrifugal Layer Chromatography
ASU	Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB	5-CMF	5-Chlormethylfurfural
AW	Acid Washed	CTAB	Cetyltrimethylammoniumbromid
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	CV-AAS	Cold Vapour-AAS, AAS mit Kaltdampftechnik
BAnz	Bundesanzeiger	CW	Continous Wave
		<i>d</i>	relative Dichte; Schichtdicke
		D	Durchlässigkeit; Diffusionskoeffizient; Dichtemittel
		D	Symbol zur Kennzeichnung der Konfiguration

DAD	(Photo-)Dioden Array Detektor	dTTP	Desoxythymidin-Triphosphat
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH	e	Energie
DAS	Dehydroascorbinsäure	e @	Elektron
dATP	Desoxyadenosin-Triphosphat	E	molarer Extinktionskoeffizient [$1000 \text{ cm}^2 / \text{mol}$]
DART	Direct Analysis in Real-time	E	Extinktion; Potential
DBCM	Dibromchlormethan	E_{1/2}	Halbstufenpotential
DC	Dünnschichtchromatographie; Direct Current (Polarographie)	ECD	Elektroneneinfangdetektor
dCTP	Desoxycytidin-Triphosphat	EDL	Elektrodenlose Entladungslampe
DEG	Diethylenglycol	EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
DEGS	Diethylenglycolsuccinat	EG	Erfassungsgrenze
DESI	Desorption Electrospray Ionisation	EI	Electron Impact
dest.	destilliertes bzw. deionisiertes (Wasser)	ELISA	Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay
dGTP	Desoxyguanidin-Triphosphat	EMQ	6-Ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylchinolin
DI	2,6-Dichlorphenolindophenol	EN	Europäische Normung
di-BHA	4-Methoxy-2,6-di-tert.-butylphenol	engl.	englisch
DHPLC	Denaturierende HPLC	ESI	Electrospray-Interface
DIN	Deutsches Institut für Normung	F	Verdünnungsfaktor
DGF	Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft e. V.	F-6-P	Fructose-6-phosphat
DMCS	Dimethyldichlorsilan	F-AAS	Flammen-AAS
DME	Dropping Mercury Electrode	FAME	Fatty Acids Methyl Ester
DMF	Dimethylformamid	FAO	Food and Agriculture Organization
DNA	Desoxyribonucleic Acid	FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff
DNS	Desoxyribonucleinsäure	FFKTM	fettfreie Kakaotrockenmasse
dNTP	Desoxynucleotid-Triphosphat	FID	Flammenionisationsdetektor
DON	Deoxynivalenol	FFA	Free Fatty Acids (Freie Fettsäuren)
DPP	Differential-Puls-Polarographie	FSME	Fettsäuremethylester
Ds	doppelsträngige DNA	g	mittlere Erdbeschleunigung ($g = 9,80665 \text{ m/s}^2$)
dt.	deutsch	G	Guanin
DTT	Dithiothreitol	G-6-P	Glucose-6-phosphat
		G6P-DH	Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase

GA	Galacturonsäureanhydrid	I	Strom; Intensität
GC	Gaschromatographie	i. A.	im Allgemeinen
GC-MS	Gaschromatographie mit massenspektrometrischer Detektion	IAC	Immunoaffinitäts-Chro- matographie
GE	Glycidylester	IARC	International Agency for Research on Cancer
GF-AAS	Graphitofen-AAS	i. B.	im Besonderen
G-FE	Glycidyl-Fettsäureester	ICA	International Confection- ery Association
g. g. A.	Geschützte geographische Angabe	ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
Gl.	Gleichung	ID	Innendurchmesser
GKTM	Gesamtkakaotrocken- masse	i. d. F.	in der Fassung
GLC	Gas Liquid Chromatogra- phy	i. E.	Internationale Einheit (\triangleq biologische Einheit)
GMO	Genetically Modified Or- ganism	IEC	Ion Exchange Chromato- graphy
GOT	Glutamat-Oxalace- tat-Transaminase	IEF	Isoelektrische Fokussie- rung
GSC	Gas Solid Chromatogra- phy	IFU	Internationale Fruchtsaf- tunion
g. t. S.	garantiert traditionelle Spezialität	IOCCC	International Office of Cocoa, Chocolate and Su- gar Confectionery Indust- ries
g. U.	geschützte Ursprungsbe- zeichnung	IP	Isoelektrischer Punkt
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen	IPC	Ion Pair Chromatography, Ionenpaar-Chromatogra- phie
h	Stunde	IQ-1	2-Amino-3-methylimida- zo[4,5-f]chinolin
HBsZ	Halbmikro-Buttersäure- zahl	IR	Infrarot
HF	High Frequency	IRMM	Institute for Reference Materials and Measure- ments
HK	Hexokinase	ISO	International Organiza- tion for Standardization
HKL	Hohlkathodenlampe	ITP	Isotachophorese
HMF	Hydroxymethylfurfural	i. Tr.	in der Trockenmasse
HP	Hydroxyprolin	IZ	Iodzahl
HPIC	Hochleistungs-Ionenaus- tauschchromatographie	J	Joule
HPLC	Hochleistungs-Flüs- sigchromatographie	K	Kelvin
HPTLC	Hochleistungs-Dünn- schichtchromatographie	KB	Kakaobutter
hR_f	r _f -Wert \times 100	kcal	Kilocalorien
HRGC	Hochauflösungs-Gaschro- matographie	kDa	Kilodalton
Hrsg	Herausgeber		
HT	High Temperatur		

konz.	konzentriert	MeOH	Methanol
korr.	korrigiert	meq	Milliäquivalent
Kp.	Siedepunkt	min	Minute
kPa	Kilopascal	mind.	Mindestens
λ	Wellenlänge	mL	Milliliter
I	Länge	μL	Mikroliter
i	Symbol zur Kennzeichnung der Konfiguration	mmol	Millimol
L	Liter	MOAH	Mineral Oil Aromatic Hydrocarbons
LC	Liquid Chromatography	MORE	Mineral Oil Refined Paraffinic Hydrocarbons
LC-MS/MS	Flüssigchromatographie mit Tandem-massenspektrometrischer Detektion	MOSH	Mineral Oil Saturated Hydrocarbons
LDH	Lactat-Dehydrogenase	MRI	Magnetic Resonance Imaging
LFA	Lateral Flow Assay	MS	Massenspektrometrie
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch	MSD	massenspektrometrische Detektion
LHKW	leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe	mval	Millival
I-MDH	I-Malat-Dehydrogenase	m/z	Masse zu Ladungsverhältnis
LLC	Liquid Liquid Chromatography	n	Brechungsindex
LOD	Limit Of Detection	N	Normalität (ältere Bezeichnung für Äquivalentkonzentration)
LOQ	Limit Of Quantification	NAD[⊕]	Nicotinamidadenin-dinucleotid, oxidiert
LQ	Lichtquant(en)	NADH	Nicotinamidadenin-dinucleotid, reduziert
LSC	Liquid Solid Chromatography	NADP[⊕]	Nicotinamidadenin-dinucleotidphosphat, oxidiert
M	molare Masse	NADPH	Nicotinamidadenin-dinucleotidphosphat, reduziert
m	Molarität (ältere Bezeichnung für Stoffmengenkonzentration)	NASA	National Aeronautics and Space Administration (USA)
m-%	$\hat{=}$ %, d. h. Massenprozent ($\hat{=}$ g/100 g)	NAW	Non Acid Washed
M-6-P	Mannose-6-phosphat	NDBA	N-Nitrosodibutylamin
MALDI	Matrix Assisted Laser Desorption Ionisation	NDEA	N-Nitrosodiethylamin
MAS	Magnetic Angle Spinning	NDiPA	N-Nitrosodiisopropylamin
2-MCPD	2-Monochlor-propandiol	NDGA	Nordihydroguajaretsäure
3-MCPD	3-Monochlor-propandiol	NDMA	N-Nitrosodimethylamin
3-MCPD-FE	3-Monochlor-propan-diol-Fettsäureester	NDPA	N-Nitrosodipropylamin
MCPDE	Monochlorprodandiolester		
MDH	Malat-Dehydrogenase		
MEI	Methylimidazol		
MHz	Megahertz		

NEM	Nahrungsergänzungsmittel	PKU	Phenylketonurie
NG	Nachweisgrenze	PLB	Porous Layer Beads
NH₃	Ammoniak-Lösung	PME	Pektinmethylesterase
NIST	National Institute of Standards and Technology (USA)	PMI	Phosphomannose-Isomerase
N-Kammer	Normalkammer für DC	POSH	Polyolefine Oligomeric Saturated Hydrocarbons
NMOR	N-Nitrosomorpholin	POZ	Peroxidzahl
NMR	Nuclear Magnetic Resonance	ppb	parts per billion ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
NO	Nitrosogruppe	ppm	parts per million (mg/kg)
NP	Normal Phase	ppq	parts per quadrillion (pg/kg)
NPIP	N-Nitrosopiperidin	ppt	parts per trillion (ng/kg)
NPP	Normal-Puls-Polarographie	PSB	1-Palmitoyl-2-stearoyl-3-butyrolylglycerol
NPU	Netto-Proteinverwertung (Net Protein Utilization)	psi	pound-force per square inch (1 psi \approx 0,069 bar)
NPYR	N-Nitrosopyrrolidin	Q	Quant
NS	Normalschliff	Q-TOF	Quadru-pol-Time-Of-Flight
o. ä.	oder ähnlich	QUID	Quantitative Ingredients Declaration
OPT	o-Phthaldialdehyd	R	Rest
OTA	Ochratoxin A	R	Remission
P	Eigendrehimpuls	RAPD	Randomly Amplified Polymorphic DNA
p. a.	<i>pro analysi</i> (analyserein)	rel.	relativ
PAGE	Polyacrylamidgelelektrophorese	resp.	respektive
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	r. F.	relative Feuchte
PAO	Polyalphaolefine	R_f-Wert	Retentionsfaktor (auch: <i>r_f</i> -Wert)
PC	Papierchromatographie	R_f	Responsefaktor
PCB	Polychlorierte Biphenyle	RFLP	Restriktionsfragment-Längenpolymorphismus
PCDD	Polychlorierte Dibenzodioxine	RGF	relative Gleichgewichtsfeuchte
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane	RI	Refraktionsindex
PCR	Polymerase Chain Reaction (Polymerase-Kettenreaktion)	RNA	Ribonucleic acid
PE	Potterat-Eschmann	RNS	Ribonucleinsäure
Per	Perchlorethylen (Tetrachlorethen)	RPC	Rotary Planar Chromatography
PFT	Pulse Fourier Transform	RP	Reversed Phase
PG	Prüfgröße	Rpm	Revolutions/rotations per minute (Umdrehungen pro Minute)
PGI	Phosphoglucose-Isomerase		

RSD	relative Standardabweichung (engl. Relative Standard Deviation)	TCD	Thermal Conductivity Detector
RSK-Werte	Richtwerte und Schwankungsbreiten bestimmter Kennzahlen (für Fruchtsäfte)	TEA	Thermal Energy Detector
s	Sekunde	TEAA	Triethylammoniumacetat
s.	siehe	tert.	tertiär
S	Seite	TFA	trans fatty acids
SC	Säulenchromatographie	THBP	2,4,5-Trihydroxybutyrophenon
SCF	Scientific Committee for Food	THI	2-Acetyl-tetrahydroxy-butylimidazol
SCIC	Single Column Ion Chromatography	TIC	Total Ion Current
SCOT	Support Coated Open Tubular	TLC	Thin-Layer Chromatography
SDS	Sodiumdodecylsulfat	TMB	3,3',5,5'-Tetramethylbenzidin
SEV	Sekundärelektronenvervielfacher	TMCS	Trimethylchlorsilan
SFC	Supercritical Fluid Chromatography	TMSH	Trimethylsilylhydroxid
S. I.	Internationales Einheitensystem (franz. für: Système international d'unités)	TOF-MS	time-of-flight-Massenspektrometer
SIM	Selected Ion Monitoring	TPP	Thiaminpyrophosphat
SIVA	Stabilisotopenverdünnungsanalyse	Tr.	Trockenmasse (Trockensubstanz)
Skt.	Skalenteile	Tris	Tris(hydroxymethyl)aminomethan
SNIF-NMR	Site Specific Natural Isotope Fractionation-NMR	TSIM	Trimethylsilylimidazol
spp.	Standard	U	Umdrehungen
Std.	Spezies = die Arten (Beispiel: <i>Tuber</i> spp. = „mehrere Arten der Gattung <i>Tuber</i> “)	UHF	Ultra High Frequency
SZ	Säurezahl	UHPLC	Ultra Hochleistungs-Flüssigchromatographie
t	Zeit; absolute Retentionszeit	UHT	Ultra High Temperature
T	Temperatur	UV	Ultraviolett
T	Thymin	v, V	Volumen
Tab.	Tabelle	v	Wellenzahl (cm ⁻¹)
TBHQ	tert.-Butylhydrochinon	v'	Frequenz (s ⁻¹)
TBS	Thiobarbitursäure	VC	Vinylchlorid
t-BME	tert. Butylmethylether	verd.	verdünnt
		Vib	Vibration
		Vis	Visuell (visible)
		VO	Verordnung
		Vol-%	Volumenprozent (\triangleq ml/100 ml)
		v/v	Volumenteil pro Volumenteil
		VZ	Verseifungszahl
		WCOT	Wall Coated Open Tubular

Abkürzungsverzeichnis

WE	Working Electrode	‰	Promille (\triangleq 1 g/kg)
WHO	World Health Organization	\emptyset	Durchmesser
WLD	Wärmeleitfähigkeitsdetektor	§	Paragraph
w/v	Gewichtsteil pro Volumenteil	>	größer als
Z	Zentralwert	\geq	größer gleich
z. B.	zum Beispiel	<	kleiner als
ZEA	Zearalenon	\leq	kleiner gleich
ZRM	Zertifiziertes Referenzmaterial		Betrag
%	Prozent (ohne weitere Spezifizierung hier immer „Massenprozent“ (\triangleq g/100 g \triangleq 10 g/kg))	[]	Maßeinheit, Literaturangabe

Konstanten (Auswahl)

- N_A Avogadro-Konstante: $6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 c Vakuum-Lichtgeschwindigkeit: $2,997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 F Faraday-Konstante: $9,64867 \cdot 10^4 \text{ A} \cdot \text{s/val}$
 h Plancksches Wirkungsquantum: $6,62620 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
 R Gaskonstante: $8,3143 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$

Kurzzeichen für Standardliteratur

AOAC	Official Methods of Analysis of AOAC International	DGF	Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (Hrsg)
AOCS	American Oil Chemistry Society		Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen. Wissenschaftl Verlags-ges, Stuttgart
ASU	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) (Hrsg) Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren, nach §64 LFGB, §38 Tabakerzeugnisgesetz, §28b GenTG. Beuth Verlag, Berlin Wien Zürich	FG	Fischer M, Glomb (Hrsg) Moderne Lebensmittelchemie. Behr's Verlag, Hamburg
	Hinweis: Sofern mehrere Methoden für unterschiedliche Matrizes veröffentlicht sind, werden diese hier nicht im einzelnen genannt, sondern es wird der Hinweis "diverse" gegeben. Bei einzelnen Methoden erfolgt die Angabe der genauen Methodenummer	Heimann	Heimann W (1969) Grundzüge der Lebensmittelchemie. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden
		HLMC	Schormüller J (Hrsg) (1965–1970) Handbuch der Lebensmittelchemie. Springer Verlag, Berlin
		IFU	Analysensammlung der internationalen Fruchtsaft-Union
		IOCCC	International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery
BD	Beythien A, Diemair W (1970) Laboratoriumsbuch für den Lebensmittelchemiker. Verlag Gisela Liedl, München	IUPAC	IUPAC Compendium of Chemical Terminology (the "Gold Book"). P 825. doi: 10.1351/goldbook.C01182
BGS	Belitz HD, Grosch W, Schieberle P (2008) Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 6. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York	KMD	Kroh LW, Matissek R, Drusch S (Hrsg) Angewandte instrumentellen Lebensmittelanalytik. Behr's Verlag, Hamburg
		M-LMC	Matissek R (2019) Lebensmittelchemie, 9. Auflage, Springer Verlag, Berlin
DEV	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung	M-LMS	Matissek R (2020) Lebensmittelsicherheit. Kontaminanten – Rückstände – Biotoxine, 1. Auflage. Springer Verlag, Berlin
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag, Berlin		

REF Rauscher K, Engst R, Freimuth U (1986) Untersuchung von Lebensmitteln. VEB Fachbuchverlag, Leipzig

Schormüller Schormüller J (1974) Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York

SLMB Schweizerisches Lebensmittelbuch – Methoden für die Untersuchung und Beurteilung von Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen. Eidgenössische Anstalt für Forschungsarbeiten, Bern