

# Inhalt

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Allgemeine Bestimmungen in Lebensmitteln</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1      | Dichte  | 1         |
| 1.1.1    | Pyknometrische Bestimmung der relativen Dichte                        | 1         |
| 1.1.2    | Dichtebestimmung mittels Biegeschwinger                               | 4         |
| 1.2      | Wassergehalt  | 6         |
| 1.2.1    | Bestimmung des Wassergehaltes durch Karl-Fischer-Titration            | 6         |
| 1.2.2    | Bestimmung des Wassergehaltes durch azeotrope Destillation            | 9         |
| 1.3      | Trockensubstanzgehalt   | 11        |
| 1.3.1    | Gravimetrische Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes                 | 12        |
| 1.3.2    | Refraktometrische Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes              | 14        |
| 1.3.3    | Pyknometrische Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes                 | 15        |
| 1.4      | Glührückstand   | 16        |
| 1.4.1    | Bestimmung des Glührückstandes durch direkte Veraschung (Aschegehalt) | 17        |
| 1.4.2    | Bestimmung des säureunlöslichen Glührückstandes (Sandgehalt)          | 19        |
| 1.4.3    | Bestimmung der Type von Getreidemehl                                  | 20        |
| 1.4.4    | Bestimmung der Aschenalkalität  | 21        |
| 1.5      | Ballaststoff-/Rohfasergehalt  | 23        |
| 1.5.1    | Bestimmung der unlöslichen organischen Ballaststoffe nach van Soest   | 23        |
| 1.5.2    | Bestimmung der Rohfaser nach Scharrer-Kürschner                       | 26        |
| <b>2</b> | <b>Fette und Fettbegleitstoffe</b>                                    | <b>29</b> |
| 2.1      | Fettgehalt  | 30        |
| 2.1.1    | Direkte Extraktion – Methode nach Soxhlet                             | 31        |
| 2.1.2    | Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Weibull-Stoldt         | 33        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.2     | Fettgehalt von Milch und Milcherzeugnissen                                     | 35 |
| 2.2.1   | Extraktion nach Ammoniakaufschluss – Methode nach Röse-Gottlieb                | 35 |
| 2.2.2   | Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Schmid-Bondzynski-Ratzlaff      | 38 |
| 2.2.3   | Acidobutyrometrische Bestimmung – Methode nach Gerber                          | 40 |
| 2.3     | Charakterisierung von Fetten und Ölen  | 42 |
| 2.3.1   | Chemische Methoden – Kennzahlen  | 42 |
| 2.3.1.1 | Bestimmung der Verseifungszahl   | 42 |
| 2.3.1.2 | Bestimmung der Iodzahl – Methode nach Kaufmann                                 | 44 |
| 2.3.1.3 | Bestimmung der Säurezahl und des FFA-Gehaltes                                  | 46 |
| 2.3.1.4 | Bestimmung der Peroxidzahl – Methode nach Wheeler                              | 49 |
| 2.3.1.5 | Bestimmung der Oxidationsbereitschaft  | 51 |
| 2.3.1.6 | Bestimmung der Halbmikro-Buttersäurezahl                                       | 53 |
| 2.3.1.7 | Bestimmung der unverseifbaren Anteile  | 57 |
| 2.3.2   | Spektroskopische Methoden  | 60 |
| 2.3.2.1 | Charakterisierung von Fetten und Ölen anhand des UV-Spektrums                  | 60 |
| 2.3.2.2 | Nachweis der Fettraffination mittels UV-Spektroskopie                          | 62 |
| 2.3.2.3 | Nachweis der Fetthärtung mittels IR-Spektroskopie                              | 63 |
| 2.3.3   | Chromatographische Methoden  | 66 |
| 2.3.3.1 | Charakterisierung von Fetten und Ölen mittels DC                               | 66 |
| 2.3.3.2 | Trennung und Identifizierung von Fettsäuren (als Methylester) mittels GC       | 68 |
| 2.3.3.3 | Trennung und Identifizierung von trans-Fettsäuren (als Methylester) mittels GC | 72 |
| 2.3.3.4 | Bestimmung der Triglyceridverteilung mittels Hochtemperatur-GC                 | 74 |
| 2.3.3.5 | Bestimmung des Milchfettgehaltes mittels GC                                    | 76 |
| 2.3.3.6 | Nachweis und Identifizierung von Sterinen mittels Kombination von DC und GC    | 80 |
| 3       | <b>Aminosäuren, Peptide, Proteine und Nucleinsäuren</b>                        | 85 |
| 3.1     | Aminosäuren  | 90 |
| 3.1.1   | Identifizierung von Aminosäuren mittels DC                                     | 91 |
| 3.1.2   | Bestimmung der Formolzahl  | 93 |
| 3.1.3   | Photometrische Bestimmung des Hydroxyprolinegehaltes                           | 94 |
| 3.1.4   | Photometrische Bestimmung des Prolingehaltes                                   | 98 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 3.2      | Proteine   | 100 |
| 3.2.1    | Charakterisierung von Proteinen – Übersicht  | 100 |
| 3.2.1.1  | Allgemeine Nachweisreaktionen  | 101 |
| 3.2.1.2  | Möglichkeiten der Reinigung und Anreicherung   | 102 |
| 3.2.1.3  | Möglichkeiten der Identifizierung<br>(Strukturanalyse)   | 102 |
| 3.2.2    | Bestimmung des Proteingehaltes   | 103 |
| 3.2.2.1  | Bestimmung des Gesamtproteingehaltes über<br>Stickstoff – Methode nach Kjeldahl  | 103 |
| 3.2.2.2  | Bestimmung des Reinproteingehaltes – Methode<br>nach Barnstein   | 109 |
| 3.2.3    | Elektrophoretische Methoden  | 110 |
| 3.2.3.1  | Bestimmung des Molekulargewichtes von<br>Proteinuntereinheiten mittels SDS-PAGE  | 110 |
| 3.2.3.2  | Differenzierung von Tierarten mittels IEF  | 113 |
| 3.2.4    | Immunchemische Methoden  | 115 |
| 3.2.4.1  | Bestimmung von Molkenproteinen mittels<br>ELISA  | 115 |
| 3.3      | Nucleinsäuren  | 118 |
| 3.3.1    | Nachweis von Bt-Mais mittels Qualitativer PCR  | 120 |
| 3.3.2    | Differenzierung von Kakaoarten mittels PCR-RFLP  | 124 |
| <b>4</b> | <b>Kohlenhydrate</b>   | 127 |
| 4.1      | Mono- und Oligosaccharide  | 128 |
| 4.1.1    | Chromatographische Methoden  | 129 |
| 4.1.1.1  | Identifizierung von Zuckern mittels DC   | 129 |
| 4.1.1.2  | Bestimmung von Zuckern mittels HPLC  | 131 |
| 4.1.2    | Polarimetrische Methoden   | 135 |
| 4.1.2.1  | Polarimetrische Bestimmung von Saccharose<br>und Glucose   | 135 |
| 4.1.3    | Chemische Summenmethoden   | 138 |
| 4.1.3.1  | Bestimmung der direkt reduzierenden Zucker<br>vor der Inversion – Reduktometrische Methode<br>nach Luff-Schoorl        | 139 |
| 4.1.3.2  | Bestimmung der gesamtreduzierenden Zucker<br>nach der Inversion – Reduktometrische Methode<br>nach Luff-Schoorl        | 143 |
| 4.1.3.3  | Bestimmung von reduzierenden Zuckern<br>(Lactose) und Saccharose – Komplexometrische<br>Methode nach Potterat-Eschmann | 146 |
| 4.1.4    | Chemische Selektivmethoden   | 154 |
| 4.1.4.1  | Bestimmung der Fructose – Methode nach<br>Willstätter-Schudel  | 155 |
| 4.1.4.2  | Bestimmung der Saccharose – Kalkvorschrift   | 157 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.1.5    | Enzymatische Methoden  | 158 |
| 4.1.5.1  | Enzymatische Bestimmung von Glucose,<br>Fructose und Mannose       | 159 |
| 4.1.5.2  | Enzymatische Bestimmung von Glucose und<br>Saccharose              | 162 |
| 4.2      | Polysaccharide   | 164 |
| 4.2.1    | Nachweis von Stärke  | 165 |
| 4.2.2    | Polarimetrische Bestimmung des Stärkegehaltes                      | 166 |
| 4.2.3    | Photometrische Bestimmung des Pektingehaltes                       | 169 |
| <b>5</b> | <b>Spezielle Inhaltsstoffe</b>                                     | 173 |
| 5.1      | Alkohole   | 173 |
| 5.1.1    | Pyknometrische Bestimmung des Gesamtalkoholgehaltes                | 173 |
| 5.1.2    | Bestimmung des Methanolgehaltes –<br>Chromotropsäuremethode        | 177 |
| 5.1.3    | Identifizierung und Bestimmung von Alkoholen<br>mittels GC         | 181 |
| 5.2      | Organische Säuren  | 183 |
| 5.2.1    | Identifizierung von organischen Säuren mittels DC                  | 183 |
| 5.2.2    | Bestimmung der flüchtigen Säuren                                   | 186 |
| 5.2.3    | Chemisch-photometrische Methoden                                   | 188 |
| 5.2.3.1  | Photometrische Bestimmung der Weinsäure                            | 188 |
| 5.2.3.2  | Photometrische Bestimmung der Milchsäure                           | 190 |
| 5.2.3.3  | Photometrische Bestimmung der Äpfelsäure                           | 193 |
| 5.2.4    | Enzymatische Methoden  | 196 |
| 5.2.4.1  | Enzymatische Bestimmung der L-Äpfelsäure                           | 196 |
| 5.2.4.2  | Enzymatische Bestimmung der Citronensäure                          | 198 |
| 5.3      | Stickstoffsubstanzen   | 201 |
| 5.3.1    | Bestimmung von Coffein und Theobromin mittels HPLC                 | 202 |
| 5.3.2    | Photometrische Bestimmung des<br>Gesamtkreatiningehaltes           | 205 |
| 5.3.3    | Identifizierung von biogenen Aminen mittels DC                     | 209 |
| 5.3.4    | Fluorimetrische Bestimmung von Histamin                            | 212 |
| 5.4      | Vitamine   | 215 |
| 5.4.1    | Photometrische Bestimmung von Vitamin A (Retinol)                  | 216 |
| 5.4.2    | Fluorimetrische Bestimmung von Vitamin B <sub>1</sub><br>(Thiamin) | 219 |
| 5.4.3    | Bestimmung von Vitamin C (L-Ascorbinsäure)                         | 222 |
| 5.4.3.1  | L-Ascorbinsäurebestimmung – Methode nach<br>Tillmans               | 223 |
| 5.4.3.2  | Polarographische Bestimmung der<br>L-Ascorbinsäure                 | 226 |
| 5.4.3.3  | Bestimmung von Vitamin C mittels HPLC                              | 228 |
| 5.5      | Bestimmung von Glycyrrhizin mittels HPLC                           | 230 |
| 5.6      | Aktivität von Enzymen  | 233 |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 5.6.1    | Photometrische Bestimmung der Amylase-Aktivität . . . . .  | 234        |
| 5.6.2    | Photometrische Bestimmung der Phosphatase-Aktivität . . . . .  | 236        |
| 5.7      | Mineralstoffe . . . . .  | 239        |
| 5.7.1    | Bestimmung des Natrium - und Kaliumgehaltes mittels<br>Flammenphotometrie . . . . .  | 240        |
| 5.7.2    | Bestimmung des Calcium- und Magnesiumgehaltes<br>mittels AAS . . . . .   | 242        |
| 5.7.3    | Photometrische Bestimmung von Eisen . . . . .  | 245        |
| 5.7.4    | Bestimmung des Chloridgehaltes . . . . .   | 248        |
| 5.7.4.1  | Chloridbestimmung – Methode nach Mohr . . . . .  | 249        |
| 5.7.4.2  | Chloridbestimmung durch potentiometrische<br>Titration . . . . .   | 252        |
| 5.7.4.3  | Chloridbestimmung – Methode nach Volhard . . . . .   | 254        |
| 5.7.4.4  | Chloridbestimmung durch Titration mit<br>Quecksilber(II)-nitrat . . . . .  | 256        |
| 5.7.5    | Photometrische Phosphatbestimmung . . . . .  | 259        |
| 5.7.6    | Simultanbestimmung von Anionen mittels<br>Ionenchromatographie (SCIC) . . . . .  | 261        |
| 5.8      | Active Principles . . . . .  | 263        |
| 5.8.1    | Bestimmung von Cumarin mittels HPLC-UV und<br>LC-MS/MS . . . . .   | 263        |
| <b>6</b> | <b>Zusatzstoffe</b> . . . . .  | <b>267</b> |
| 6.1      | Konservierungsstoffe . . . . .   | 268        |
| 6.1.1    | Identifizierung von Konservierungsstoffen mittels DC . . . . .   | 268        |
| 6.1.2    | Identifizierung/Differenzierung von Benzoesäure und<br>Sorbinsäure mittels DC nach prächromatographischer<br>In-situ-Derivatisierung . . . . . | 272        |
| 6.1.3    | Photometrische Bestimmung der Sorbinsäure . . . . .  | 275        |
| 6.1.4    | Bestimmung von Konservierungsstoffen in fettarmen<br>Lebensmitteln mittels HPLC . . . . .  | 278        |
| 6.1.5    | Bestimmung von Konservierungsstoffen in fettreichen<br>Lebensmitteln mittels HPLC . . . . .  | 281        |
| 6.1.6    | Bestimmung der Gesamt-Schwefligen Säure (Gesamt-SO <sub>2</sub> ) . . . . .  | 283        |
| 6.2      | Süßstoffe . . . . .  | 286        |
| 6.2.1    | Identifizierung von Süßstoffen mittels DC . . . . .  | 286        |
| 6.2.2    | Bestimmung von Cyclamat – chemisch-gravimetrische<br>Methode . . . . .   | 289        |
| 6.2.3    | Bestimmung von Saccharin mittels Ionenpaar-HPLC . . . . .  | 291        |
| 6.2.4    | Bestimmung von Acesulfam-K mittels Ionenpaar-HPLC . . . . .  | 294        |
| 6.3      | Farbstoffe . . . . .   | 296        |
| 6.3.1    | Identifizierung wasserlöslicher, synthetischer Farbstoffe<br>mittels DC . . . . .  | 297        |
| 6.3.2    | Identifizierung fettlöslicher Farbstoffe mittels DC . . . . .  | 301        |
| 6.4      | Weitere Zusatzstoffe . . . . .   | 303        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.4.1    | Identifizierung von Antioxidantien mittels DC   | 303        |
| 6.4.2    | Photometrische Bestimmung von Nitrit und Nitrat   | 307        |
| 6.4.3    | Nachweis von kondensierten Phosphaten mittels DC  | 313        |
| 6.4.4    | Photometrische Bestimmung des Phosphatgehaltes<br>(Ermittlung der P-Zahl)   | 316        |
| 6.4.5    | Photometrische Bestimmung von Milcheiweiß   | 318        |
| 6.4.6    | Bestimmung von Ammoniumchlorid mittels Titration  | 321        |
| <b>7</b> | <b>Schadstoffe, Kontaminanten und Rückstände</b>  | <b>323</b> |
| 7.1      | Elementanalytik   | 324        |
| 7.1.1    | Bestimmung von Blei mittels AAS   | 324        |
| 7.1.2    | Bestimmung von Quecksilber mittels AAS<br>(Kaldampftechnik)   | 326        |
| 7.1.3    | Bestimmung von Elementen mit ICP-MS -<br>Übersichtsanalyse (TotalQuant)   | 327        |
| 7.2      | Ausgewählte Kontaminanten und organische Rückstände   | 330        |
| 7.2.1    | Nachweis und Bestimmung von Malachitgrün mittels<br>DC/Densitometrie  | 330        |
| 7.2.2    | Identifizierung und Bestimmung von Tetrachlorethen<br>mittels Kapillar-GC   | 333        |
| 7.2.3    | Bestimmung von Benzol, Toluol und Xylol-Isomeren mittels<br>GC/Massenspektrometrie (MSD)                          | 337        |
| 7.2.4    | Bestimmung von polycyclischen aromatischen<br>Kohlenwasserstoffen (PAK) mittels HPLC am Beispiel<br>Benzo[a]pyren | 341        |
| 7.2.5    | Bestimmung von Acrylamid mittels LC-MS/MS   | 345        |
| 7.2.6    | Mykotoxine  | 348        |
| 7.2.6.1  | Bestimmung von Ochratoxin A mittels HPLC  | 348        |
| 7.2.6.2  | Bestimmung von Aflatoxinen mittels HPLC   | 350        |
| <b>8</b> | <b>Basisinformationen zu instrumentellen Analysenverfahren</b>  | <b>355</b> |
| 8.1      | Chromatographische Verfahren  | 355        |
| 8.1.1    | Dünnschichtchromatographie (DC)   | 356        |
| 8.1.2    | Gaschromatographie (GC)   | 360        |
| 8.1.3    | Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC)   | 365        |
| 8.2      | Massenspektrometrie (MS)  | 373        |
| 8.2.1    | LC-ESI-Triple Quadrupol-Massenspektrometer<br>(LC-MS/MS)  | 376        |
| 8.2.2    | MALDI-TOF-MS  | 377        |
| 8.2.3    | Massenspektrometrie mit induktiv-gekoppelten Plasma<br>(ICP-MS)   | 377        |
| 8.3      | Optische/Spektroskopische bzw. Spektrometrische Verfahren   | 379        |
| 8.3.1    | Ultraviolett/Visuell-Spektroskopie – Photometrie  | 380        |
| 8.3.2    | Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie)  | 383        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 8.3.3     | Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) .....                                 | 386        |
| 8.3.4     | Flammenphotometrie .....   | 395        |
| 8.3.5     | Polarimetrie .....   | 397        |
| 8.3.6     | Refraktometrie .....   | 401        |
| 8.4       | Polarographie .....  | 404        |
| 8.5       | Enzymatische Analyse .....   | 410        |
| 8.6       | Elektrophoretische Verfahren .....                                       | 415        |
| 8.6.1     | Agarosegelelektrophorese .....   | 418        |
| 8.6.2     | Natriumdodecylsulfat-Polyacrylamid-Gelelektrophorese<br>(SDS-PAGE) ..... | 421        |
| 8.6.3     | Isoelektrische Fokussierung auf Polyacrylamid-Gelen<br>(IEF-PAGE) .....  | 424        |
| 8.7       | Immunchemische Methoden .....  | 427        |
| 8.7.1     | Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) .....                          | 429        |
| 8.8       | Molekularbiologische Verfahren .....                                     | 430        |
| 8.8.1     | DNA-Isolierungsmethoden .....  | 432        |
| 8.8.2     | DNA-Konzentrationsbestimmungsmethoden .....                              | 433        |
| 8.8.3     | Qualitative Endpunkts-PCR .....  | 435        |
| 8.8.4     | PCR-Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus<br>(RFLP) .....             | 439        |
| <b>9</b>  | <b>Anhang: Abkürzungen und Konstanten .....</b>                          | <b>443</b> |
| 9.1       | Abkürzungen .....  | 443        |
| 9.2       | Konstanten (Auswahl) .....   | 448        |
| <b>10</b> | <b>Anhang: Kurzzeichen für Standardliteratur .....</b>                   | <b>449</b> |
|           | <b>Sachverzeichnis .....</b>   | <b>451</b> |