

# Inhalt

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>Einleitung</b>  | <b>17</b> |
| <b>2.</b>  | <b>Aufgabengebiet der Lebensmitteltoxikologie</b>                          | <b>20</b> |
| 2.1.       | Definition, Anliegen   | 20        |
| 2.2.       | Vorkommen potentiell toxischer Stoffe in der Nahrung                       | 21        |
| <b>3.</b>  | <b>Dosis und Wirkung</b>   | <b>24</b> |
| 3.1.       | Dosis  | 24        |
| 3.2.       | Wirkung  | 24        |
| 3.2.1.     | Wirkungsmerkmale   | 24        |
| 3.2.2.     | Wirkungsmechanismen und Angriffsorte                                       | 27        |
| 3.2.2.1.   | Rezeptoren   | 27        |
| 3.2.2.2.   | Bindungsarten  | 28        |
| 3.2.2.3.   | Angriffsorte   | 28        |
| 3.2.2.3.1. | Elemente der Körperzelle   | 28        |
| 3.2.2.3.2. | Systeme im Makroorganismus   | 31        |
| 3.3.       | Dosis-Wirkungs-Beziehungen   | 31        |
| <b>4.</b>  | <b>Resorption, Disposition und toxikokinetische Analyse</b>                | <b>35</b> |
| 4.1.       | Resorption, Verteilung, Exkretion  | 36        |
| 4.1.1.     | Prinzipien des Stofftransportes  | 36        |
| 4.1.1.1.   | Passive Diffusion  | 36        |
| 4.1.1.1.1. | Lipiddiffusion   | 36        |
| 4.1.1.1.2. | Diffusion durch Poren  | 40        |
| 4.1.1.2.   | Filtration durch Poren   | 40        |
| 4.1.1.3.   | Carriervermittelte Transportprozesse                                       | 40        |
| 4.1.1.4.   | Pinozytose und Persorption   | 41        |
| 4.1.1.5.   | Ionenpaartransport   | 43        |
| 4.1.2.     | Resorption   | 43        |
| 4.1.3.     | Verteilung und Speicherung   | 46        |
| 4.1.3.1.   | Verteilungsräume   | 46        |
| 4.1.3.2.   | Verteilungsbestimmende Faktoren  | 48        |
| 4.1.4.     | Exkretion  | 54        |
| 4.1.4.1.   | Renale Ausscheidung  | 54        |
| 4.1.4.2.   | Biliäre und intestinale Ausscheidung                                       | 57        |
| 4.2.       | Biotransformation  | 59        |
| 4.2.1.     | Begriffsbestimmung   | 59        |
| 4.2.2.     | Phase I-Reaktionen   | 62        |
| 4.2.2.1.   | Funktion und molekulare Struktur Cytochrom P-450-abhängiger Monooxygenasen | 65        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 4.2.2.2.  | Reaktionscyclus des Monooxygenasesystems . . . . .          | 67         |
| 4.2.2.3.  | Molekularer Mechanismus der Sauerstoffaktivierung . . . . . | 68         |
| 4.2.2.4.  | Regulation des Monooxygenasesystems . . . . .               | 69         |
| 4.2.3.    | Phase II-Reaktionen . . . . .                               | 71         |
| 4.2.3.1.  | Glucuronsäurekonjugation . . . . .                          | 71         |
| 4.2.3.2.  | Essigsäurekonjugation . . . . .                             | 73         |
| 4.2.3.3.  | Schwefelsäurekonjugation . . . . .                          | 73         |
| 4.2.3.4.  | Konjugation mit Aminoverbindungen . . . . .                 | 74         |
| 4.2.3.5.  | Konjugation mit Glutathion . . . . .                        | 75         |
| 4.2.3.6.  | Methylierungsreaktionen . . . . .                           | 79         |
| 4.2.4.    | Induktion . . . . .   | 79         |
| 4.2.4.1.  | Isozymverteilungsmuster . . . . .                           | 81         |
| 4.2.4.2.  | Organspezifität der Induktion . . . . .                     | 82         |
| 4.2.5.    | Pharmakologisch-toxikologische Konsequenzen . . . . .       | 83         |
| 4.2.5.1.  | Genetischer Polymorphismus . . . . .                        | 86         |
| 4.2.5.2.  | Induzierbarkeit . . . . .                                   | 88         |
| 4.2.6.    | Schlußbemerkungen und Ausblick . . . . .                    | 89         |
| 4.3.      | Toxikokinetische Analyse . . . . .                          | 90         |
| 4.3.1.    | Stoffkinetische Modelle . . . . .                           | 90         |
| 4.3.1.1.  | Kompartiment-Modelle . . . . .                              | 92         |
| 4.3.1.2.  | Hämodynamische Modelle . . . . .                            | 101        |
| 4.3.2.    | Kumulationsanalyse . . . . .                                | 102        |
| <b>5.</b> | <b>Einflußfaktoren auf die Toxizität . . . . .</b>          | <b>105</b> |
| 5.1.      | Applikationsregime—Exposition . . . . .                     | 105        |
| 5.2.      | Physiologische Differenzen . . . . .                        | 106        |
| 5.2.1.    | Speziesunterschiede . . . . .                               | 106        |
| 5.2.2.    | Alter . . . . .   | 107        |
| 5.2.3.    | Geschlechtsbedingte Unterschiede . . . . .                  | 108        |
| 5.3.      | Genetischbedingte Unterschiede . . . . .                    | 109        |
| 5.3.1.    | Ah-locus . . . . .  | 110        |
| 5.3.2.    | Obesitas . . . . .  | 111        |
| 5.3.3.    | Enzymmangel . . . . .                                       | 111        |
| 5.3.3.1.  | Glucose-6-phosphatdehydrogenase (G6PDH) . . . . .           | 111        |
| 5.3.3.2.  | Methämoglobinreduktase . . . . .                            | 111        |
| 5.3.3.3.  | Pseudocholinesterase (pCHE) . . . . .                       | 112        |
| 5.3.3.4.  | Glucuronyltransferase . . . . .                             | 112        |
| 5.3.3.5.  | Aldehyddehydrogenase (ALDH) . . . . .                       | 112        |
| 5.3.4.    | Tierstamm/Rasse . . . . .                                   | 112        |
| 5.4.      | Koergismus . . . . .  | 112        |
| 5.5.      | Prä- und postnatale Prägung . . . . .                       | 114        |
| 5.6.      | Spontanerkrankungen . . . . .                               | 115        |
| 5.6.1.    | Infektionskrankheiten . . . . .                             | 115        |
| 5.6.2.    | Lebererkrankungen . . . . .                                 | 115        |
| 5.6.3.    | Diabetes mellitus . . . . .                                 | 116        |
| 5.6.4.    | Gastrointestinalflora . . . . .                             | 116        |
| 5.7.      | Nahrungszusammensetzung . . . . .                           | 117        |
| 5.7.1.    | Proteingehalt in der Nahrung . . . . .                      | 117        |
| 5.7.2.    | Fettgehalt in der Nahrung . . . . .                         | 118        |
| 5.7.3.    | Ballaststoffgehalt in der Nahrung . . . . .                 | 119        |
| 5.7.4.    | Vitamin- und Mineralstoffgehalt in der Nahrung . . . . .    | 120        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 5.8.      | Individueller Lebensstil . . . . .  | 121        |
| 5.9.      | Ausblick . . . . .  | 122        |
| <b>6.</b> | <b>Toxizitätsprüfung . . . . .</b>  | <b>124</b> |
| 6.1.      | Anforderungen an lebensmitteltoxikologische Untersuchungen . . . . .      | 124        |
| 6.1.1.    | Allgemeines . . . . .   | 124        |
| 6.1.2.    | Physiko-chemische Stoffbeschreibung . . . . .                             | 125        |
| 6.1.3.    | Untersuchungsverfahren . . . . .  | 125        |
| 6.1.4.    | Grundsätze der guten Laborpraxis (GLP-Regeln) . . . . .                   | 126        |
| 6.1.5.    | Erfordernisse des Tierversuches . . . . .                                 | 127        |
| 6.1.5.1.  | Speziesauswahl . . . . .  | 127        |
| 6.1.5.2.  | Genetischer Status der Versuchstiere . . . . .                            | 129        |
| 6.1.5.3.  | Versuchstierqualität . . . . .  | 129        |
| 6.1.5.4.  | Haltungs- und Versuchsbedingungen . . . . .                               | 130        |
| 6.2.      | Akute Toxizitätsprüfung . . . . .   | 133        |
| 6.2.1.    | Untersuchungsziele . . . . .  | 133        |
| 6.2.2.    | Untersuchungsprinzip . . . . .  | 134        |
| 6.2.3.    | Versuchsdurchführung . . . . .  | 134        |
| 6.2.3.1.  | Auswahl der Versuchstiere . . . . .                                       | 134        |
| 6.2.3.2.  | Dosierungen . . . . .   | 135        |
| 6.2.3.3.  | Beobachtungen . . . . .   | 136        |
| 6.2.3.4.  | Mittlere letale Dosis (LD <sub>50</sub> ) . . . . .                       | 137        |
| 6.3.      | Subchronische Toxizitätsprüfung . . . . .                                 | 138        |
| 6.3.1.    | Untersuchungsziele . . . . .  | 138        |
| 6.3.2.    | Untersuchungsprinzip . . . . .  | 139        |
| 6.3.3.    | Versuchsdurchführung . . . . .  | 140        |
| 6.3.3.1.  | Auswahl der Versuchstiere . . . . .                                       | 140        |
| 6.3.3.2.  | Dosierungen . . . . .   | 140        |
| 6.3.3.3.  | Applikation der Testsubstanz . . . . .                                    | 141        |
| 6.3.3.4.  | Beobachtungen und Untersuchungen . . . . .                                | 142        |
| 6.4.      | Chronische Toxizitätsprüfung . . . . .                                    | 143        |
| 6.4.1.    | Untersuchungsziele . . . . .  | 143        |
| 6.4.2.    | Versuchsdurchführung . . . . .  | 144        |
| 6.4.2.1.  | Auswahl der Versuchstiere . . . . .                                       | 144        |
| 6.4.2.2.  | Dosierungen . . . . .   | 145        |
| 6.4.2.3.  | Applikation der Testsubstanz . . . . .                                    | 147        |
| 6.4.2.4.  | Beobachtungen und Untersuchungen . . . . .                                | 147        |
| 6.5.      | Reproduktionstoxikologische Untersuchungen . . . . .                      | 148        |
| 6.5.1.    | Aufgabe . . . . .   | 148        |
| 6.5.2.    | Sensitive Faktoren für die Induktion von Reproduktionsstörungen . . . . . | 149        |
| 6.5.3.    | Prüfung auf reproduktionsschädigende Wirkung . . . . .                    | 153        |
| 6.5.3.1.  | Prüfung auf Fertilität und allgemeine Fortpflanzungsfähigkeit . . . . .   | 154        |
| 6.5.3.2.  | Peri- und Postnatal-Test . . . . .  | 155        |
| 6.5.3.3.  | Multigenerationstest . . . . .  | 156        |
| 6.5.3.4.  | Andere Untersuchungsverfahren . . . . .                                   | 157        |
| 6.5.4.    | Schlußbetrachtung . . . . .   | 158        |
| 6.6.      | Pränataltoxikologische Untersuchungen . . . . .                           | 159        |
| 6.6.1.    | Einführung . . . . .  | 159        |
| 6.6.1.1.  | Definition . . . . .  | 159        |
| 6.6.1.2.  | Historischer Überblick . . . . .  | 159        |
| 6.6.2.    | Grundlagen für pränataltoxikologische Untersuchungen . . . . .            | 160        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 6.6.2.1.   | Auswahl des Modells . . . . .   | 160        |
| 6.6.2.2.   | Phasenspezifität pränataltoxikologischer Effekte . . . . .  | 161        |
| 6.6.2.3.   | Bewertung pränataltoxikologischer Effekte . . . . .   | 162        |
| 6.6.2.4.   | Dosisabhängigkeit und Pseudoteratogenität . . . . .   | 163        |
| 6.6.3.     | Tierversuche . . . . .  | 164        |
| 6.6.3.1.   | Pränatale Untersuchungen . . . . .  | 164        |
| 6.6.3.1.1. | Allgemeines . . . . .   | 164        |
| 6.6.3.1.2. | Letale Effekte . . . . .  | 165        |
| 6.6.3.1.3. | Untersuchungen der lebenden Feten . . . . .   | 166        |
| 6.6.3.2.   | Postnatale Untersuchungen . . . . .   | 168        |
| 6.6.3.2.1. | Allgemeines . . . . .   | 168        |
| 6.6.3.2.2. | Postnatale Entwicklung . . . . .  | 169        |
| 6.6.3.2.3. | Fitness- und Verhaltensteste . . . . .  | 170        |
| 6.6.3.2.4. | Funktionelle Teratologie . . . . .  | 171        |
| 6.6.3.2.5. | Transplacentare Cancerogenese . . . . .   | 172        |
| 6.6.3.2.6. | Beeinträchtigung des Immunsystems . . . . .   | 172        |
| 6.6.4.     | Pränataltoxikologische Untersuchungen in vitro . . . . .  | 173        |
| 6.7.       | Cancerogenitätstestung . . . . .  | 173        |
| 6.7.1.     | Theoretische Grundlagen, Definition, Anforderungen, Probleme . . . . .  | 173        |
| 6.7.2.     | Metabolisierung, modifizierende Faktoren . . . . .  | 175        |
| 6.7.3.     | Tumorklassifikation, maligne/benigne Tumoren, Spontanumoren, Kontrolltiere . . . . .  | 176        |
| 6.7.4.     | Bewertung chemischer Verbindungen vor ihrer experimentellen Prüfung in Screening-Tests bzw. im Langzeit-Tierversuch . . . . . | 176        |
| 6.7.5.     | Kurzzeit- (Screening-) Tests im Rahmen von Prüfungen chemischer Verbindungen auf Cancerogenität . . . . .                     | 177        |
| 6.7.6.     | Langzeit-Tierversuche zur Prüfung chemischer Verbindungen auf Cancerogenität . . . . .  | 178        |
| 6.7.6.1.   | Spezies, Tierstamm, Geschlecht . . . . .  | 178        |
| 6.7.6.2.   | Applikations- und Behandlungsweise . . . . .  | 179        |
| 6.7.6.3.   | Dosierung . . . . .   | 179        |
| 6.7.6.4.   | Beginn und Dauer der Behandlung, Beobachtungszeitraum . . . . .   | 179        |
| 6.7.6.5.   | Anzahl der Tiere in Cancerogenitätstests . . . . .  | 180        |
| 6.7.6.6.   | Randomisierung der Tiere . . . . .  | 180        |
| 6.7.6.7.   | Inspektionen und Befunderhebung . . . . .   | 180        |
| 6.7.6.8.   | Datengewinnung und -aufbewahrung . . . . .  | 180        |
| 6.7.6.9.   | Tierqualität, Tierhaltung . . . . .   | 181        |
| 6.7.6.10.  | Futtermittel und Einstreu . . . . .   | 181        |
| 6.7.6.11.  | Sicherheitsmaßnahmen, Arbeits- und Gesundheitsschutz . . . . .  | 181        |
| 6.7.6.12.  | Datenanalyse . . . . .  | 182        |
| 6.7.6.13.  | Protokoll . . . . .   | 182        |
| 6.7.6.14.  | Mitteilung und Interpretation erzielter Befunde . . . . .   | 182        |
| 6.7.7.     | Schlußbemerkungen . . . . .   | 182        |
| 6.8.       | Mutagenitätstestung . . . . .   | 183        |
| 6.8.1.     | Einführung . . . . .  | 183        |
| 6.8.2.     | Kinetik chemischer Mutagene . . . . .   | 184        |
| 6.8.2.1.   | Ultimale Mutagene . . . . .   | 185        |
| 6.8.2.2.   | Promutagene . . . . .   | 185        |
| 6.8.3.     | Testsysteme . . . . .   | 186        |
| 6.8.4.     | Bewertung der Testergebnisse . . . . .  | 189        |
| 7.         | <b>Toxikologische Bewertung . . . . .</b>   | <b>191</b> |
| 7.1.       | Zielstellung . . . . .  | 191        |
| 7.2.       | Wirkungsschwellen . . . . .   | 191        |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 7.3.    | Sicherheitsfaktor . . . . .  | 193 |
| 7.4.    | Duldbare tägliche Aufnahmemenge . . . . .  | 194 |
| 7.5.    | Zulässige Mengen im Lebensmittel . . . . .   | 195 |
| 7.6.    | Risikoabschätzung . . . . .  | 195 |
| 7.7.    | Schlußbetrachtung . . . . .  | 196 |
| 8.      | <b>Natürliche toxische Substanzen in Lebensmittelrohstoffen</b> . . . . .          | 197 |
| 8.1.    | Einführung . . . . .   | 197 |
| 8.2.    | Alkaloide . . . . .  | 198 |
| 8.3.    | Biogene Amine . . . . .  | 206 |
| 8.4.    | Carbonsäuren . . . . .   | 208 |
| 8.5.    | Glycoside . . . . .  | 213 |
| 8.6.    | Peptide . . . . .  | 221 |
| 8.7.    | Hormonaktive Substanzen . . . . .  | 224 |
| 8.8.    | Phenolische Verbindungen . . . . .   | 226 |
| 8.9.    | Enzym-Inhibitoren . . . . .  | 234 |
| 8.10.   | Hämagglutinine . . . . .   | 237 |
| 8.11.   | Phytoalexine . . . . .   | 238 |
| 8.12.   | Alkohole . . . . .   | 242 |
| 8.12.1. | Ethanol . . . . .  | 242 |
| 8.12.2. | Methanol . . . . .   | 242 |
| 8.13.   | Phytinsäure . . . . .  | 243 |
| 8.14.   | Oligosaccharide . . . . .  | 244 |
| 8.15.   | Nucleoside, Nucleotide, Nucleinsäuren . . . . .                                    | 244 |
| 8.16.   | Sonstige toxische Stoffe . . . . .   | 246 |
| 8.17.   | Grenzen und Perspektiven des Einsatzes herkömmlicher und neuer Rohstoffe . . . . . | 252 |
| 8.17.1. | Einführung . . . . .   | 252 |
| 8.17.2. | Sojabohne . . . . .  | 255 |
| 8.17.3. | Baumwollsamensamen . . . . .   | 256 |
| 8.17.4. | Erdnuß . . . . .   | 257 |
| 8.17.5. | Sonnenblumensamen . . . . .  | 258 |
| 8.17.6. | Rapssamen . . . . .  | 258 |
| 8.17.7. | Ackerbohne . . . . .   | 260 |
| 8.17.8. | Lupine . . . . .   | 261 |
| 8.17.9. | Mikrobielle Biomassen . . . . .  | 261 |
| 9.      | <b>Vitamine</b> . . . . .  | 264 |
| 9.1.    | Einführung . . . . .   | 264 |
| 9.2.    | Fettlösliche Vitamine . . . . .  | 264 |
| 9.2.1.  | Vitamin A . . . . .  | 264 |
| 9.2.2.  | Vitamin D . . . . .  | 266 |
| 9.2.3.  | Vitamin E . . . . .  | 266 |
| 9.2.4.  | Vitamin K . . . . .  | 267 |
| 9.3.    | Wasserlösliche Vitamine . . . . .  | 267 |
| 9.3.1.  | Vitamin C . . . . .  | 267 |
| 9.3.2.  | Vitamin B <sub>1</sub> . . . . .   | 268 |
| 9.3.3.  | Niacin . . . . .   | 268 |
| 9.3.4.  | Vitamin B <sub>6</sub> . . . . .   | 268 |
| 9.3.5.  | Panthothensäure . . . . .  | 268 |
| 9.3.6.  | Folsäure . . . . .   | 268 |
| 9.3.7.  | Vitamin B <sub>12</sub> . . . . .  | 269 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>10.</b> | <b>Mineralstoffe</b>                             | <b>270</b> |
| 10.1.      | Einführung                                       | 270        |
| 10.2.      | Eisen  | 272        |
| 10.3.      | Iod  | 275        |
| 10.4.      | Fluor  | 277        |
| 10.5.      | Kupfer   | 279        |
| 10.6.      | Mangan   | 281        |
| 10.7.      | Zink   | 283        |
| 10.8.      | Cobalt   | 285        |
| 10.9.      | Molybdän   | 286        |
| 10.10.     | Selen  | 287        |
| 10.11.     | Chrom  | 290        |
| 10.12.     | Aluminium  | 291        |
| 10.13.     | Arsen  | 293        |
| 10.14.     | Beryllium  | 295        |
| 10.15.     | Blei   | 297        |
| 10.16.     | Cadmium  | 300        |
| 10.17.     | Lithium  | 302        |
| 10.18.     | Nickel   | 304        |
| 10.19.     | Quecksilber                                      | 307        |
| 10.20.     | Thallium   | 309        |
| 10.21.     | Zinn   | 311        |
| 10.22.     | Biotransformationsreaktionen von Spurenelementen | 313        |
| <b>11.</b> | <b>Rückstände aus der Pflanzenproduktion</b>     | <b>317</b> |
| 11.1.      | Einführung                                       | 317        |
| 11.2.      | Herbicide  | 322        |
| 11.3.      | Insekticide, Akaricide, Begasungsmittel          | 330        |
| 11.3.1.    | Insekticide                                      | 330        |
| 11.3.2.    | Akaricide  | 344        |
| 11.3.3.    | Begasungsmittel                                  | 345        |
| 11.4.      | Fungicide  | 349        |
| 11.5.      | Rodenticide                                      | 360        |
| 11.6.      | Molluskicide                                     | 363        |
| 11.7.      | Mittel zur Steuerung biologischer Prozesse       | 363        |
| 11.7.1.    | Einführung                                       | 363        |
| 11.7.2.    | Wachstumsregulatoren/Halmstabilisatoren          | 364        |
| 11.7.3.    | Keimhemmungsmittel                               | 364        |
| 11.7.4.    | Nitrificide                                      | 367        |
| 11.7.5.    | Düngemittel                                      | 369        |
| <b>12.</b> | <b>Rückstände aus der Tierbehandlung</b>         | <b>370</b> |
| 12.1.      | Einführung                                       | 370        |
| 12.2.      | Tierarzneimittel                                 | 370        |
| 12.2.1.    | Antiparasitica                                   | 370        |
| 12.2.2.    | Coccidiostatica                                  | 372        |
| 12.2.3.    | Chemotherapeutica                                | 375        |
| 12.2.4.    | Psychopharmaca                                   | 375        |
| 12.3.      | Mastfördernde Mittel (Ergotropica)               | 375        |
| 12.3.1.    | Antibiotica                                      | 377        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 12.3.2.    | Chemobiotica . . . . .  | 381        |
| 12.3.3.    | Thyreostatica . . . . .   | 381        |
| 12.4.      | Substanzen mit Hormonwirkung . . . . .                          | 384        |
| <b>13.</b> | <b>Umweltchemikalien . . . . .</b>                              | <b>586</b> |
| 13.1.      | Einführung . . . . .  | 386        |
| 13.2.      | Eintrag ökotoxisch wirksamer Substanzen in die Umwelt . . . . . | 391        |
| 13.3.      | Polyhalogenierte Kohlenwasserstoffe . . . . .                   | 393        |
| 13.3.1.    | Polychlorierte Biphenyle . . . . .                              | 393        |
| 13.3.2.    | Polychlorierte Naphthalene . . . . .                            | 397        |
| 13.3.3.    | Polychlorierte Terphenyle . . . . .                             | 398        |
| 13.3.4.    | Polybromierte Biphenyle . . . . .                               | 308        |
| 13.3.5.    | Chlorparaffine . . . . .  | 399        |
| 13.3.6.    | Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane . . . . .       | 399        |
| 13.3.7.    | Halogenalkane und -alkene . . . . .                             | 403        |
| <b>14.</b> | <b>Lebensmittelzusatzstoffe . . . . .</b>                       | <b>404</b> |
| 14.1.      | Einführung : . . . . .  | 404        |
| 14.2.      | Stoffe zur Verlängerung der Haltbarkeit . . . . .               | 406        |
| 14.2.1.    | Einführung . . . . .  | 406        |
| 14.2.2.    | Konservierungsstoffe . . . . .                                  | 407        |
| 14.2.3.    | Desinfektions- und Reinigungsmittel . . . . .                   | 414        |
| 14.2.3.1.  | Einführung . . . . .  | 414        |
| 14.2.3.2.  | Sekundärprodukte der Trinkwasseraufbereitung . . . . .          | 416        |
| 14.2.4.    | Antioxydantien und Synergisten . . . . .                        | 418        |
| 14.2.5.    | Komplexbildner (Metallfänger) . . . . .                         | 424        |
| 14.3.      | Stoffe zur Verbesserung der Konsistenz . . . . .                | 524        |
| 14.3.1.    | Einführung . . . . .  | 424        |
| 14.3.2.    | Emulgatoren . . . . .   | 426        |
| 14.3.3.    | Gelier- und Dickungsmittel . . . . .                            | 427        |
| 14.3.4.    | Feuchthaltemittel . . . . .                                     | 433        |
| 14.4.      | Stoffe zur Verbesserung des Aussehens . . . . .                 | 439        |
| 14.4.1.    | Einführung . . . . .  | 439        |
| 14.4.2.    | Lebensmittelfarbstoffe . . . . .                                | 439        |
| 14.4.3.    | Farbkorrigierende und farbstabilisierende Stoffe . . . . .      | 445        |
| 14.5.      | Stoffe zur Verbesserung des Geschmacks . . . . .                | 446        |
| 14.5.1.    | Einführung . . . . .  | 446        |
| 14.5.2.    | Aromastoffe . . . . .   | 447        |
| 14.5.3.    | Geschmacksverstärker . . . . .                                  | 448        |
| 14.5.4.    | Süßungsmittel . . . . .   | 452        |
| 14.5.4.1.  | Einführung . . . . .  | 452        |
| 14.5.4.2.  | Energiereiche Süßungsmittel . . . . .                           | 453        |
| 14.5.4.3.  | Energiearme Süßungsmittel (Süßstoffe) . . . . .                 | 455        |
| 14.5.5.    | Säuren . . . . .  | 459        |
| 14.5.6.    | Bitterstoffe . . . . .  | 459        |
| 14.6.      | Zusatzstoffe mit mehreren Funktionen . . . . .                  | 460        |
| 14.6.1.    | Einführung . . . . .  | 460        |
| 14.6.2.    | Nitrit und Nitrat . . . . .                                     | 460        |
| 14.6.3.    | Schwefeldioxid . . . . .  | 462        |
| 14.6.4.    | Phosphate . . . . .   | 464        |
| 14.7.      | Enzyme . . . . .  | 466        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>15.</b> | <b>Sekundärprodukte aus Eiweißen und Kohlenhydraten</b>  | <b>469</b> |
| 15.1.      | Einführung   | 469        |
| 15.2.      | Veränderungen durch erhöhte Temperatur   | 469        |
| 15.3.      | Veränderungen durch Bestrahlung  | 476        |
| 15.4.      | Veränderungen durch Hydroxylionen  | 476        |
| 15.5.      | Veränderungen durch Oxydation  | 479        |
| 15.6.      | Veränderungen durch enzymatische Modifizierung   | 481        |
| 15.7.      | Veränderungen durch chemische Modifizierung  | 481        |
| <b>16.</b> | <b>Sekundärprodukte von Fetten</b>   | <b>482</b> |
| <b>17.</b> | <b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe</b>  | <b>491</b> |
| <b>18.</b> | <b>N-Nitrosoverbindungen</b>   | <b>497</b> |
| <b>19.</b> | <b>Toxische Substanzen mikrobieller Herkunft</b>   | <b>505</b> |
| 19.1.      | Mykotoxine   | 505        |
| 19.2.      | Toxine der Bakterien   | 523        |
| <b>20.</b> | <b>Synthetische Polymere im Lebensmittelverkehr</b>  | <b>543</b> |
| 20.1.      | Einführung   | 543        |
| 20.2.      | Monomere   | 544        |
| 20.3.      | Katalysatoren  | 546        |
| 20.4.      | Stabilisatoren   | 546        |
| 20.5.      | Antioxydantien   | 550        |
| 20.6.      | UV-Absorber  | 551        |
| 20.7.      | Antistatica  | 552        |
| 20.8.      | Optische Aufheller   | 553        |
| 20.9.      | Weichmacher  | 554        |
| 20.10.     | Grundlagen und Regelungen für die Zulassung eines Additivs   | 555        |
| <b>21.</b> | <b>Behandlung von Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen mit ionisierender Strahlung</b>                                | <b>557</b> |
| 21.1.      | Einführung   | 557        |
| 21.2.      | Theorie der Strahleneinwirkung und deren toxikologische Auswirkungen   | 559        |
| 21.3.      | Strahlenwirkung auf Verpackung   | 561        |
| 21.4.      | Mikrobiologische Aspekte   | 563        |
| 21.5.      | Strahlenchemische Veränderungen ausgewählter Lebensmittelgruppen im Vergleich zu konventionellen Bearbeitungsverfahren | 564        |
| 21.6.      | Ernährungshygienische Aspekte  | 566        |
| 21.7.      | Legislative Aspekte und Ausblick   | 567        |
| <b>22.</b> | <b>Nahrungsmittelnunverträglichkeit</b>  | <b>568</b> |
| 22.1.      | Einführung   | 668        |
| 22.2.      | Nahrungsmittelallergie   | 569        |
| 22.3.      | Nahrungsmittelintoleranz   | 577        |
| 22.4.      | Anaphylaktoidè Reaktionen  | 578        |
| 22.5.      | Nahrungsmittelidiosynkrasien   | 579        |
| <b>23.</b> | <b>Lebensmittelrecht der Deutschen Demokratischen Republik</b>   | <b>581</b> |



|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| <b>24.</b>  | <b>Lebensmittelrecht der Bundesrepublik Deutschland</b>                                   | <b>591</b> |
| 24.1.       | Einführung  | 591        |
| 24.2.       | Begriffsbestimmung des LMBG   | 594        |
| 24.2.1.     | Lebensmittel (§ 1 LMBG)   | 594        |
| 24.2.2.     | Zusatzstoffe (§ 2 LMBG)   | 595        |
| 24.2.3.     | Kosmetische Mittel (§ 4 LMBG)   | 596        |
| 24.2.4.     | Bedarfsgegenstände (§ 5 LMBG)   | 597        |
| 24.3.       | Verkehr mit Lebensmitteln   | 597        |
| 24.3.1.     | Verbote zum Schutz der Gesundheit bei Lebensmitteln (§ 8 LMBG)                            | 597        |
| 24.3.2.     | Verbote zum Schutz der Gesundheit bei Kosmetika (§ 24 LMBG)                               | 597        |
| 24.3.3.     | Verbote zum Schutz der Gesundheit bei Bedarfsgegenständen (§ 30 LMBG)                     | 597        |
| 24.3.4.     | Verbote zum Schutz der Gesundheit durch Übergang von Stoffen auf Lebensmittel (§ 31 LMBG) | 598        |
| 24.4.       | Ermächtigungen zum Schutz der Gesundheit  | 601        |
| 24.4.1.     | Ermächtigung zum Schutz der Gesundheit für Lebensmittel (§ 9 LMBG)                        | 601        |
| 24.4.2.     | Ermächtigung zum Schutz der Gesundheit für kosmetische Mittel (§ 26 LMBG)                 | 602        |
| 24.4.3.     | Ermächtigung zum Schutz der Gesundheit für Bedarfsgegenstände (§ 32 LMBG)                 | 602        |
| 24.4.4.     | Ermächtigung zum Schutz der Gesundheit für Hygienevorschriften (§ 10 LMBG)                | 603        |
| 24.5.       | Zusatzstoffe in Lebensmitteln   | 603        |
| 24.5.1.     | Zusatzstoffverbot (§ 11 LMBG)   | 603        |
| 24.5.2.     | Ermächtigung für Zusatzstoffe (§ 12 LMBG)   | 604        |
| 24.5.2.1.   | Zusatzstoff-Zulassungsverordnung — ZZulV  | 604        |
| 24.5.2.1.1. | Allgemeine und beschränkte Zulassung  | 605        |
| 24.5.2.1.2. | Konservierungsstoffe  | 606        |
| 24.5.2.1.3. | Schwefeldioxid  | 606        |
| 24.5.2.1.4. | Antioxidantien  | 606        |
| 24.5.2.1.5. | Farbstoffe  | 607        |
| 24.5.2.2.   | Zusatzstoff-Verkehrsverordnung — ZVerkV   | 608        |
| 24.5.2.2.1. | Reinheitsanforderungen  | 608        |
| 24.5.2.2.2. | Nitritpökelsalz und Natriumnitrit   | 609        |
| 24.5.2.3.   | Weitere Zusatzstoff-Zulassungen   | 609        |
| 24.6.       | Bestrahlungsverbot für Lebensmittel (§ 13 LMBG)   | 610        |
| 24.7.       | Rückstandsregelungen  | 611        |
| 24.7.1.     | Rückstände aus Pflanzenschutz- oder sonstige Mittel (§ 14 LMBG)                           | 611        |
| 24.7.2.     | Rückstände aus Stoffen mit pharmakologischer Wirkung (§ 15 LMBG)                          | 612        |
| 24.8.       | Täuschungsschutz (§§ 17, 18, 22, 27 LMBG)   | 612        |
| 24.9.       | Lebensmittelbuch (§§ 33, 34 LMBG)   | 613        |
| 24.10.      | Überwachung (§§ 40—46 LMBG)   | 613        |
| 24.11.      | Schlußbemerkung   | 614        |
| <b>25.</b>  | <b>Literatur</b>  | <b>615</b> |
| <b>26.</b>  | <b>Autorenanschriften</b>   | <b>648</b> |
| <b>27.</b>  | <b>Sachverzeichnis</b>  | <b>652</b> |