

Inhalt

Autorenverzeichnis XV

1	Vitamin A und Carotinoide	1
	<i>Heinz Nau und Wilhelm Stahl</i>	
1.1	Einleitung	1
1.2	Vorkommen von Vitamin A und Carotinoiden in Lebensmitteln	5
1.3	Analytik und Gehalte von Vitamin A und Carotinoiden in Lebensmitteln	6
1.4	Aufnahme, Verteilung, Metabolismus und Elimination von Carotinoiden und Vitamin A	9
1.5	Wirkungen	12
1.6	Bewertung des Gefährdungspotenzials	18
1.7	Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen, gesetzliche Regelung	19
1.8	Vorsorgemaßnahmen	21
1.9	Zusammenfassung	21
1.10	Literatur	22
2	Vitamin D	27
	<i>Hans Konrad Biesalski</i>	
2.1	Allgemeine Substanzbeschreibung	27
2.2	Vorkommen	27
2.3	Verbreitung in Lebensmitteln und Versorgung	28
2.4	Kinetik und innere Exposition	28
2.5	Wirkungen	29
2.6	Bewertung des Gefährdungspotenzials bzgl. Unter- und Überversorgung, auch unter Einbeziehung der Verwendung von Nahrungsergänzungsmitteln	30
2.7	Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen, gesetzliche Regelungen	33
2.7.1	NOAEL	33
2.7.2	LOAEL	33
2.7.3	Vitamin D-Intoxikation durch Muttermilch	34

2.8	Vorsorgemaßnahmen	34
2.9	Zusammenfassung	34
2.10	Literatur	35
3	Vitamin E	37
	<i>Regina Brigelius-Flohé</i>	
3.1	Allgemeine Substanzbeschreibung	37
3.2	Vorkommen	39
3.3	Verbreitung	39
3.4	Kinetik und innere Exposition	40
3.4.1	Aufnahme	40
3.4.2	Verteilung	43
3.4.3	Metabolismus	44
3.4.4	Elimination	46
3.5	Wirkungen	46
3.5.1	Wirkungen beim Menschen	48
3.5.2	Wirkungen bei Tieren	55
3.5.3	Wirkungen auf andere biologische Systeme	56
3.5.4	Zusammenfassung der wichtigsten Wirkungsmechanismen	57
3.6	Bewertung des Gefährdungspotenzials	58
3.7	Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen, gesetzliche Regelungen	59
3.8	Vorsorgemaßnahmen	60
3.9	Zusammenfassung	60
3.10	Literatur	61
4	Ascorbat	69
	<i>Regine Heller</i>	
4.1	Allgemeine Substanzbeschreibung	69
4.1.1	Physikochemische Eigenschaften	69
4.1.2	Redoxeigenschaften	70
4.1.3	Geschichte	70
4.2	Vorkommen und Verwendung hinsichtlich Lebensmittel und -gruppen	71
4.3	Verbreitung in Lebensmitteln und analytischer Nachweis	72
4.4	Kinetik und innere Exposition	72
4.4.1	Resorption und biologische Verfügbarkeit	72
4.4.2	Renale Reabsorption	74
4.4.3	Ascorbat-Plasmaspiegel	74
4.4.4	Gewebeverteilung	75
4.4.5	Katabolismus	76
4.4.6	Transportmechanismen	76
4.4.6.1	Aktiver Transport von Ascorbat	77
4.4.6.2	Ascorbat-Efflux	77
4.4.6.3	Erleichterte Diffusion von Dehydroascorbinsäure	78
4.5	Wirkungen	78

- 4.5.1 Biochemische Funktionen 78
- 4.5.1.1 Vitamin C als Elektronendonator für enzymatische Reaktionen 78
- 4.5.1.2 Vitamin C und Eisenresorption 80
- 4.5.1.3 Vitamin C als Antioxidans 80
- 4.5.1.4 Vitamin C und das Antioxidans-Netzwerk 81
- 4.5.1.5 Vitamin C und Nitrosaminbildung 81
- 4.5.1.6 Vitamin C und Tetrahydrobiopterin 82
- 4.5.1.7 Antioxidativer Schutz von Makromolekülen 82
- 4.5.1.8 Vitamin C als Prooxidans 83
- 4.5.1.9 Vitamin C und Genexpression 84
- 4.5.2 Vitamin C und Erkrankungen 84
- 4.5.2.1 Vitamin C und Immunfunktion 84
- 4.5.2.2 Vitamin C und Osteoporose 86
- 4.5.2.3 Vitamin C und Katarakt 86
- 4.5.2.4 Vitamin C und Krebserkrankungen 86
- 4.5.2.5 Vitamin C und kardiovaskuläre Erkrankungen 87
- 4.5.3 Vitamin-C-Mangel 89
- 4.6 Bewertung des Gefährdungspotenzials 90
- 4.7 Grenzwerte, Richtlinien, Empfehlungen, Vorsorgemaßnahmen 90
- 4.8 Zusammenfassung 92
- 4.9 Literatur 93

- 5 Folsäure 101**
- Andreas Hahn und Maike Wolters*
- 5.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 101
- 5.2 Vorkommen und Verbreitung in Lebensmitteln 102
- 5.3 Kinetik und innere Exposition 103
- 5.3.1 Aufnahme 103
- 5.3.2 Verteilung und Metabolismus 104
- 5.3.3 Elimination 105
- 5.4 Wirkungen 105
- 5.4.1 Mensch 105
- 5.4.1.1 Essenzielle Wirkungen 105
- 5.4.1.2 Mangelerscheinungen 106
- 5.4.1.3 Subklinischer Mangel 107
- 5.4.1.4 Diagnostik eines Folsäuremangels 108
- 5.4.1.5 Akut bis chronisch toxische Wirkungen 109
- 5.4.2 Wirkungen auf Versuchstiere 113
- 5.4.3 Zusammenfassung der wichtigsten Wirkungsmechanismen 113
- 5.5 Bewertung des Gefährdungspotenzials bzgl. Unter- und Überversorgung auch unter Einbeziehung der Verwendung von Nahrungsergänzungsmitteln 114
- 5.5.1 Unterversorgung 114
- 5.5.2 Überversorgung 116

- 5.6 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen,
gesetzliche Regelungen 116
- 5.6.1 Bedarf und Empfehlungen 116
- 5.6.2 Grenzwerte und gesetzliche Regelungen 117
- 5.7 Vorsorgemaßnahmen 119
- 5.8 Zusammenfassung 120
- 5.9 Literatur 121

- 6 Kupfer 129**
Björn Zietz
- 6.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 129
- 6.1.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften 129
- 6.1.2 Historisches 130
- 6.2 Vorkommen und Verwendung 130
- 6.2.1 Kupferabbau und technische Verwendung 130
- 6.2.2 Vorkommen in der Umwelt – Luft und Wasser 133
- 6.2.3 Vorkommen in der Umwelt – Boden 133
- 6.3 Kupfergehalte in Lebensmitteln 135
- 6.4 Kinetik und innere Exposition 136
- 6.4.1 Aufnahme von Kupfer 136
- 6.4.2 Verteilung und Speicherung von Kupfer 140
- 6.4.3 Metabolismus und Elimination 142
- 6.4.4 Biologische Funktionen von Kupfer 144
- 6.5 Wirkungen 146
- 6.5.1 Wirkungen auf den Menschen 146
- 6.5.1.1 Toxizität, Kanzerogenität und Teratogenität 146
- 6.5.1.2 Folgen von Kupfermangel 147
- 6.5.1.3 Wichtige kupferassoziierte Erkrankungen 148
- 6.5.2 Wirkungen auf Versuchstiere 151
- 6.5.3 Wirkungen auf andere biologische Systeme 153
- 6.5.3.1 Wirkung auf Pflanzen 153
- 6.5.3.2 Wirkung auf aquatische Lebewesen 153
- 6.5.4 Reproduktionstoxizität und Teratogenität 154
- 6.5.5 Mutagenität und Kanzerogenität 155
- 6.6 Gesundheitliche Bewertung 156
- 6.7 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen,
gesetzliche Regelungen 157
- 6.8 Vorsorgemaßnahmen 157
- 6.9 Zusammenfassung 160
- 6.10 Literatur 161

- 7 Eisen 169**
Thomas Ettle, Bernd Eisenhans und Klaus Schümann
- 7.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 169
- 7.2 Diätetische Eisenzufuhr 170

- 7.2.1 Art und Menge der Eisenzufuhr 170
- 7.2.2 Einflüsse auf die Bioverfügbarkeit von Eisen 171
- 7.3 Eisengehalte in Lebensmitteln und Eisen als Lebensmittelzusatzstoff 171
 - 7.3.1 Eisengehalte in Lebensmitteln 171
 - 7.3.2 Eisen als Lebensmittelzusatzstoff und zur Fortifikation von Lebensmitteln 172
- 7.4 Eisenanalytik und -diagnostik 174
 - 7.4.1 Eisenanalytik 174
 - 7.4.2 Diagnostik von Eisenstoffwechselkrankheiten 176
 - 7.4.2.1 Serumeisen, Transferrinsättigung und Eisenbindungskapazität 176
 - 7.4.2.2 Serumferritin 177
 - 7.4.2.3 Weitere Diagnoseparameter 177
 - 7.4.2.4 Eisenüberladung, hereditäre Hämochromatose 178
- 7.5 Resorption, Verteilung, Metabolismus und Elimination bei Menschen 178
 - 7.5.1 Intestinale Eisenresorption 179
 - 7.5.2 Eisenverteilung im Organismus, Eisenausscheidung und Verluste 179
 - 7.5.2.1 Eisenverteilung in der Schwangerschaft 180
 - 7.5.2.2 Zelluläre Eisenaufnahme und Speicherung 181
 - 7.5.2.3 Regulation des zellulären Eisenstatus 181
 - 7.5.3 Regulation des Körpereisenstatus 183
 - 7.5.3.1 Kapazität der Regulation 183
 - 7.5.3.2 Mechanismus der Regulation 183
- 7.6 Wirkungen und Mangelerscheinungen 184
 - 7.6.1 Mensch 184
 - 7.6.1.1 Essenzielle Wirkungen von Eisen 184
 - 7.6.1.2 Akute toxische Effekte beim Menschen 186
 - 7.6.1.3 Chronisch toxische Effekte beim Menschen 188
 - 7.6.1.4 Dosis-Wirkungsabschätzungen 195
 - 7.6.2 Wirkungen auf Versuchstiere 196
 - 7.6.2.1 Akute Toxizität bei Tieren 196
 - 7.6.2.2 Eisen und oxidativer Stress 197
 - 7.6.2.3 Eisen und Karzinogenität 197
 - 7.6.3 Wirkungen auf andere biologische Systeme 198
 - 7.6.3.1 Pflanzen 198
 - 7.6.3.2 Umwelt 199
 - 7.6.3.3 Eisen und Mutagenität 200
 - 7.6.4 Wichtige Mechanismen toxischer Eisenwirkungen 200
- 7.7 Bewertung des Gefährdungspotenzials 202
- 7.8 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen, gesetzliche Regelungen 202
- 7.9 Zusammenfassung 204
- 7.10 Literatur 206

- 8 Fluorid 221**
Thomas Gebel
- 8.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 221
 - 8.2 Vorkommen 221
 - 8.3 Verbreitung in Lebensmitteln 222
 - 8.4 Kinetik und innere Exposition 223
 - 8.5 Wirkungen 226
 - 8.5.1 Mensch 226
 - 8.5.2 Wirkungen auf Versuchstiere 228
 - 8.5.3 Wirkungen auf andere biologische Systeme 231
 - 8.5.4 Zusammenfassung der wichtigsten Wirkungsmechanismen 231
 - 8.6 Gesundheitliche Bewertung 232
 - 8.7 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen, gesetzliche Regelungen 232
 - 8.8 Vorsorgemaßnahmen 235
 - 8.9 Zusammenfassung 235
 - 8.10 Literatur 236
- 9 Selen 243**
Lutz Schomburg und Josef Köhrle
- 9.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 243
 - 9.2 Vorkommen 244
 - 9.3 Verbreitung und Nachweis 245
 - 9.4 Kinetik und innere Exposition 249
 - 9.5 Wirkungen 256
 - 9.5.1 Wirkungen auf den Menschen 260
 - 9.5.2 Wirkungen auf Versuchstiere 266
 - 9.5.3 Wirkungen auf andere biologische Systeme 268
 - 9.6 Bewertung des Gefährdungspotenzials 269
 - 9.7 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen 270
 - 9.8 Vorsorgemaßnahmen 273
 - 9.9 Zusammenfassung 274
 - 9.10 Literatur 274
- 10 Zink 287**
Andrea Hartwig
- 10.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 287
 - 10.2 Vorkommen 287
 - 10.3 Verbreitung in Lebensmitteln 288
 - 10.4 Kinetik und innere Exposition 289
 - 10.4.1 Zinkabsorption und -exkretion im Gastrointestinaltrakt 289
 - 10.4.2 Molekulare Mechanismen der Zinkhomöostase 291
 - 10.4.2.1 Zinktransporter 291
 - 10.4.2.2 Intrazelluläre Zinkhomöostase 292
 - 10.5 Wirkungen 293

- 10.5.1 Biochemische Funktionen 293
- 10.5.2 Wirkungen beim Menschen 293
 - 10.5.2.1 Essenzielle Wirkungen und Mangelzustände 294
 - 10.5.2.2 Toxische Wirkungen 296
- 10.5.3 Wirkungen auf Versuchstiere 298
 - 10.5.3.1 Essenzielle Wirkungen 298
 - 10.5.3.2 Toxische Wirkungen 298
 - 10.5.3.3 Wirkungen auf andere biologische Systeme 299
- 10.6 Bewertung des Gefährdungspotenzials 299
- 10.7 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen 300
- 10.8 Vorsorgemaßnahmen 302
- 10.9 Zusammenfassung 302
- 10.10 Literatur 303

- 11 Mangan 307**
Christian Steffen und Barbara Stommel
- 11.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 307
- 11.2 Vorkommen 307
- 11.3 Verbreitung in Lebensmitteln und Trinkwasser 308
 - 11.3.1 Analytischer Nachweis 308
 - 11.3.2 Mangangehalt in Lebensmitteln 308
- 11.4 Exposition und Kinetik 309
 - 11.4.1 Berufliche Exposition 309
 - 11.4.2 Umweltexposition 309
 - 11.4.3 Resorption, Verteilung und Elimination 309
- 11.5 Wirkungen 311
 - 11.5.1 Mensch 311
 - 11.5.1.1 Essenzielle Wirkungen 311
 - 11.5.1.2 Bedarf und Bedarfsdeckung 311
 - 11.5.1.3 Toxische Wirkungen beim Menschen 312
 - 11.5.1.3.1 Akute Toxizität 312
 - 11.5.1.3.2 Chronische Toxizität 313
 - 11.5.1.3.3 Vergiftungen durch Nahrungsmittel 313
 - 11.5.1.3.4 Vergiftungen durch Trinkwasser 314
 - 11.5.1.3.5 Vergiftungen durch Säuglingsnahrung 314
 - 11.5.1.3.6 Vergiftungen durch parenterale Ernährung 314
 - 11.5.2 Wirkungen auf Versuchstiere 315
 - 11.5.2.1 Essenzielle Wirkungen 315
 - 11.5.2.2 Toxische Wirkungen beim Versuchstier 316
 - 11.5.2.2.1 Akute Toxizität 316
 - 11.5.2.2.2 Chronische Toxizität 316
 - 11.5.2.2.3 Reproduktionstoxizität 316
 - 11.5.2.2.4 Kanzerogenität/Genotoxizität 317
 - 11.6 Bewertung des Gefährdungspotenzials 318

- 11.7 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen und gesetzliche Regelungen 318
- 11.8 Vorsorge 319
- 11.9 Zusammenfassung 319
- 11.10 Literatur 319

- 12 Molybdän 325**
Manfred Anke
- 12.1 Allgemeine Substanzbeschreibung 325
- 12.2 Regeln des Molybdänvorkommens in Futter- und Lebensmitteln 326
 - 12.2.1 Molybdän in der Flora 327
 - 12.2.1.1 Der Einfluss der geologischen Herkunft des Standortes 327
 - 12.2.1.2 Der Einfluss des Pflanzenalters auf den Molybdängehalt 329
 - 12.2.1.3 Der Einfluss des Pflanzenteils und der Pflanzenart auf den Molybdängehalt 330
 - 12.3 Verbreitung des Molybdäns in Lebensmitteln 333
 - 12.3.1 Die Analyse des Molybdäns in biologischem Material 333
 - 12.3.2 Der Molybdängehalt der Lebensmittel und Getränke 334
 - 12.3.2.1 Pflanzliche Lebensmittel 334
 - 12.3.2.2 Tierische Lebensmittel 338
 - 12.3.2.3 Getränke 341
 - 12.4 Kinetik und innere Exposition (Verzehr, Absorption, Verteilung, Stoffwechsel und Ausscheidung) 342
 - 12.4.1 Invertebraten 342
 - 12.4.2 Wirbeltiere 342
 - 12.4.3 Der Mensch 347
 - 12.4.3.1 Molybdänverzehr 347
 - 12.4.3.2 Verteilung des Molybdäns beim Mensch 351
 - 12.4.3.3 Absorption, Exkretion und Bilanz des Molybdäns 352
 - 12.4.3.4 Stoffwechsel des Molybdäns bei Tier und Mensch 353
 - 12.5 Wirkungen 354
 - 12.5.1 Essentialität des Molybdäns 354
 - 12.5.1.1 Flora 354
 - 12.5.1.2 Fauna 354
 - 12.5.1.3 Mensch 356
 - 12.5.1.4 Molybdäncofaktor, Molybdänenzyme 357
 - 12.5.2 Toxizität des Molybdäns 359
 - 12.5.2.1 Flora 359
 - 12.5.2.2 Fauna 359
 - 12.5.2.3 Mensch 362
 - 12.5.2.4 Zusammenfassung der wichtigsten Wirkungsmechanismen 363
 - 12.6 Bewertung des Gefährdungspotenzials 364
 - 12.7 Grenzwerte, Richtwerte, Empfehlungen, gesetzliche Regelungen 365

12.8	Vorsorgemaßnahmen	366
12.9	Zusammenfassung	366
12.10	Literatur	367

Sachregister	375
---------------------	-----