

# Inhalt

## Vorwort — V

## 1 Einleitung — 1

- 1.1 Mikrobielles Habitat Geosphäre — 1
- 1.2 Schnittstelle Biomasse – anorganische Feststoffphase — 9
- 1.3 *Top-down vs. Bottom-up* — 21
- 1.4 Interdisziplinärer Ansatz — 24

## 2 Geomikrobiologie — 33

- 2.1 Definition Geomikrobiologie — 33
- 2.2 Geoaktive Mikroorganismen — 35
  - 2.2.1 Taxonomie — 41
  - 2.2.2 Meso- und extremophil — 42
  - 2.2.3 Biofilme — 54
- 2.3 Molekulare Geomikrobiologie — 57
  - 2.3.1 Metabolisches Potential — 58
  - 2.3.2 Metallresistenzen — 70
  - 2.3.3 Biotransformation und Thermodynamik — 84
  - 2.3.4 Biomineralisation — 92
  - 2.3.5 Biokatalyse — 104
  - 2.3.6 Oberflächenladungen bakterieller Zellwände — 105
  - 2.3.7 Funktionelle Gruppen — 109
  - 2.3.8 Metallkationen-Partitionierung — 115
- 2.4 Interaktion: Mikroorganismus – Metall — 120
  - 2.4.1 Fe und Legierungsmetalle (4. Periode): Cr, Mn, Ni — 136
  - 2.4.2 NE-Metalle: Al, Cd, Co, Cu, Mo, Pb, Sb, Ti, V, W, Zn — 150
  - 2.4.3 Hochtechnologiemetalle: As, Bi, Ga, Ge, In, Li, Nb, Se, Ta, Te, Zr — 169
  - 2.4.4 Edelmetalle: Au, Ag, PGE — 193
  - 2.4.5 Lanthaniden: Ce, La und Y — 200
  - 2.4.6 Radionuklide: U, Th — 214
- 2.5 Geomikrobiologische Verwitterung und Stoffkreisläufe — 219
  - 2.5.1 Ultra-/mafische Gesteine — 229
  - 2.5.2 Felsische/intermediäre Gesteine — 234
  - 2.5.3 Silikate, Phosphate und Karbonate — 237
  - 2.5.4 Sulfide, Sulfate, Arsenate & Oxide — 248
  - 2.5.5 Vulkanische Gläser — 256
  - 2.5.6 Metamorphite und Sedimentite — 256
  - 2.5.7 Geo(bio-)chemische Senken und Metallakkumulation — 258

|          |                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>3</b> | <b>Biokatalysator Enzym — 275</b>                                    |
| 3.1      | Enzym: Funktion und Aufbau — 275                                     |
| 3.1.1    | Cofaktor — 282                                                       |
| 3.1.2    | Selektivität — 284                                                   |
| 3.2      | Enzymkinetik — 285                                                   |
| 3.2.1    | Übergangsstadien — 292                                               |
| 3.2.2    | Reaktionszeit — 292                                                  |
| 3.2.3    | Substrat — 293                                                       |
| 3.2.4    | Enzyminhibition — 298                                                |
| 3.2.5    | <i>Michaelis-Menten</i> -Theorie — 303                               |
| 3.3      | Enzymklassen/-typen — 305                                            |
| 3.3.1    | Oxidoreduktasen — 309                                                |
| 3.3.2    | Metalloproteine/-enzyme — 325                                        |
| 3.3.3    | Extremozyme — 330                                                    |
| 3.3.4    | Exoenzyme — 342                                                      |
| 3.4      | Genetisches Dateninventar — 346                                      |
| 3.4.1    | <i>Magnetosome island</i> — 363                                      |
| 3.4.2    | Gerichtete Evolution — 367                                           |
| 3.5      | Rechnergestützte Enzymologie — 373                                   |
| 3.5.1    | <i>De-novo</i> -Enzymdesign — 388                                    |
| 3.5.2    | Theozyme — 395                                                       |
| 3.6      | Quantenmechanische Aspekte — 397                                     |
| 3.7      | Produktion/Synthese, Aufreinigung und Extraktion von Enzymen — 407   |
| <b>4</b> | <b>(Supra-)Molekulare Geobiochemie — 413</b>                         |
| 4.1      | Prinzipien supramolekulare Chemie — 413                              |
| 4.2      | <i>Host-Guest</i> -Konzept — 415                                     |
| 4.3      | Intermolekulare Wechselwirkungen — 417                               |
| 4.4      | Selbstassemblierung und Rekognition — 419                            |
| 4.5      | Komplexbildner — 424                                                 |
| 4.5.1    | Chelatkomplexe — 426                                                 |
| 4.5.2    | Siderophore und andere Metallophore — 427                            |
| 4.5.3    | Metallthioneine — 439                                                |
| 4.5.4    | Phytochelatine — 441                                                 |
| 4.5.5    | Sensoren, Transporter und andere regulative Proteine/Enzyme — 442    |
| 4.5.6    | Biomethylierung — 446                                                |
| 4.6      | Bioelektrochemische Systeme — 448                                    |
| 4.6.1    | Exoelektrogene Formen — 449                                          |
| 4.6.2    | Primäre Elektronendonatoren und terminale Elektronenakzeptoren — 454 |
| 4.7      | Supramolekulare Katalyse — 466                                       |

|          |                                                                                    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5</b> | <b>Kristallographie der Nanopartikel und 3-D-Raumordnung der Nanocluster — 473</b> |
| 5.1      | Kristallographie nanoskaliger Biomineralisationen — 473                            |
| 5.1.1    | Realstruktur — 475                                                                 |
| 5.1.2    | Gitterdefekte — 479                                                                |
| 5.1.3    | Polymorphismus binärer Metallphasen — 482                                          |
| 5.2      | Nukleation und Phasenübergänge — 483                                               |
| 5.3      | Biosynthese von Metallen/Legierungen — 498                                         |
| 5.3.1    | Fe-/FeCo- und Cr-führende Kristallite — 500                                        |
| 5.3.2    | Edelmetalle inkl. PGE — 520                                                        |
| 5.3.3    | NE- und Halbleitermetall(e)(-verbindungen) — 535                                   |
| 5.3.4    | La und U — 545                                                                     |
| 5.4      | Nanoskalige Metallcluster via Biotemplating — 548                                  |
| 5.4.1    | Magnetosome — 550                                                                  |
| 5.4.2    | S-Layer — 586                                                                      |
| 5.4.3    | Virale Matrizen — 601                                                              |
| 5.4.4    | DNS-Templating — 603                                                               |
| 5.5      | Stabilität der Nanokristallite — 604                                               |
| 5.5.1    | Physikalische Widerstandsfähigkeit — 605                                           |
| 5.5.2    | Chemische Resistenz — 613                                                          |
| 5.6      | Umweltaspekte — 614                                                                |

**Literatur — 631**

**Subkapitel — 705**

**Mikroorganismen — 711**