

# Inhalt

## 1 Biogeologie

---

### Eine Wissenschaft der Wechselwirkungen

Gaia kehrt zurück 3

### Vom Entstehen und vom Sein

Der stete Lauf der Welt 5

Lebewesen und ihre Umwelt 5

Auf der Suche nach LUCA 8

Im Dunkel der Vergangenheit 9

### Was Sie in diesem Buch erwartet

Überblick 10

## 2 Geodetektive

---

### Was uns die Steine erzählen

Das offene Buch der Geologen 15

Stratigraphie – Schicht für Schicht 15

Gestalt und Tiefenbau der Erde 21

Plattentektonik 23

### Methoden der Spurensuche

Geochemische Analysen und Instrumente 25

Instrumentelle Analytik 25

### Isotope

Nicht alle sind gleich 28

Isotopenuhren 29

Optische Lumineszenzdatierung 32

### Biomarker

Gut konserviert 32

## 3 Spuren der Evolution

---

### Darwins Geniestreich

Entdeckung der Geschichte der Lebewelt 39

Ähnlichkeiten lebender Formen 39

On the Origin of Species 40

Fossile Überlieferung 41

## Biochemie heute

- Des Chemikers Albtraum 42
- Zentrale Biomoleküle 43

## Das Archiv in uns

- Zellbestandteile erinnern sich 47
- Molekulare Uhren 50
- Mutationsraten 50
- Untersuchung ribosomaler DNA 51
- Mitochondriale DNA 51
- Zellkern-DNA 52

## Rekonstruktionen

- Eröffnung des Jurassic Park? 52
- Rekonstruktion von DNA-Sequenzen 52
- Rekonstruktion und Untersuchung von Proteinsequenzen 53

# 4 Die kosmische Bühne

---

## Wie alles begann...

- Im Anfang war das Licht 57
- Der Samen der Welt 57
- Atome und Sterne entstehen 59

## Planeten – aus Staub geformt

- Aus Staubwolken werden Scheiben 60
- Von Scheiben zu Planeten 61
- Steine und Eiskugeln 63
- Monde 64
- Vom Ende des Sonnensystems 67

## Kosmisches Labor

- Chemie im kalten Universum 68
- Das interstellare Medium 68
- Lebensmoleküle aus dem All 69

# 5 Die Uerde

---

## Abenteuer eines jungen Planeten

- Es begann vor 4,5672 Milliarden Jahren 73
- Gaias Tochter bringt uns den Mond 73
- Vom Glutofen zum Tropenklima 74
- Woher stammt das Wasser? 77
- Late Heavy Bombardement – Ein Tanz mit Folgen 78

## Kontinente entstehen

- Bewegliche Kruste 79
- Einsetzen der Plattentektonik 81

## Kosmische Einflüsse

- Von Zyklen und Katastrophen 84
- Kosmische Katastrophen 86
- Kosmische Strahlung 87

# 6 Chemische Evolution

---

## Das Leben verstehen

- Aufbruch und Stolpersteine 91
- Leben – was ist das? 92
- Energie und Entropie – offene Systeme 92

## Elemente des Lebens

- CHNOPS – Die richtigen Stoffe sind zur Stelle 96
- Erste Schritte zum Leben 99
- Herkunft organischer Moleküle 101
- Wo lag Darwins Tümpel? 103

## Molekülsynthese ohne Chemiker

- Die Ursuppe ist dünn geworden... 105
- Replikation oder Stoffwechsel zuerst? – Die Sache mit der Henne und dem Ei 107
- Replikator und Hyperzyklus – Fehlerexplosion und Familienbande 110

## Vergangene Welten?

- Hypothesen und Experimente 112
- Eisen-Schwefel-Welt (ESW) 112
- Welt der alkalischen Schlote 114
- Aminosäuren und Protein-Welt 114
- Nukleotide und RNA-Welt 116
- Exotische Vorgänger-Welten 121

## Erste Zellen

- Protobionten, Progenoten – Urzellen 123
- Der genetische Code in einer Protein-tRNA-Welt 124
- Übergang zur heutigen DNA-RNA-Protein-Welt 126
- Zurück zu LUCA 127

# 7 Stoffwechsel und Elementzyklen

---

## Biochemische Stoffkreisläufe

- Lebewesen als geologische Kräfte 133

## Mikrobieller Stoffwechsel

Energie und Baustoffe werden umgesetzt 137

Chemolithotrophie 137

Photolithotrophie 138

Mixotrophie 139

## Photosynthese

Vom Licht zur Lebensenergie 139

Oxygene Photosynthese 139

Dunkelreaktion (Calvin-Zyklus) 142

Anoxygene Photosynthese 145

Cyanobakterien – Winzige Alleskönner 146

Großes Oxidationsereignis 148

## Kreisläufe der Elemente

Biogeologischer Staffellauf 152

Kohlenstoffkreislauf 152

Stickstoffkreislauf 156

Schwefelkreislauf 160

Phosphorkreislauf 165

# 8 Eukaryoten und Vielzeller

---

## Eukaryoten

Kerne und Membranen 173

## Vom Einfachen zum Komplexen

Zelluläre Evolutionsschritte 173

Evolution prokaryotischer Zellen 174

Endosymbiontentheorie 176

## Auf dem Weg zu Vielzellern

Bizarre tierische Lebensformen, Pilze und Urvielzeller 179

Urtierchen und Schwämme 179

Ediacara-Fauna 181

## Darwins Dilemma

Tiere aus dem Nichts!? 184

Kambrische Innovationen 184

Genregulationsnetzwerke 186

## Pilze

Ein Leben im Verborgenen 188

## Der grüne Schleier des Landes

- Landpflanzen und Ökologie 191
- Schrittmacher der Evolution 191
- Bedeutung der Pflanzen 196

## Massenaussterbeereignisse

- Wenn die Erde krank wird 197
- Massensterben im Perm 200

# 9 Atmosphäre und Ozeane

---

## Zwei Untrennbare

- Ein reger Austausch 207
- Wechselwirkungen 207

## Von der Höllenglut zur Atemluft

- Drei Atmosphären 211
- Die Atmosphäre im Präkambrium 211
- Die Atmosphäre im Phanerozoikum 214

## System Erde

- Von Gaia und Gänseblümchen 217
- Daisyworld-Modell 221
- Claw-Hypothese 222
- Canfield-Ozean 224

## Schneeball-Erde

- Das Überleben auf einem Eisplaneten 225
- Proterozoische Vereisungen 225

# 10 Gebirge aus Organismen

---

## Evolution der Minerale

- Schritte zu einem komplexen Planeten 235
- Biominalisation/Biomminerale 237
- Erste Riffe, die Stromatolithe 239

## Bändereisenerze

- Rohstoffe aus dem Präkambrium 241

## Kalkgesteine

- Baumaterial biogener Gebirge 244
- Städte unter Wasser 247

## Kohle

- Eingefangenes Kohlendioxid 250

## Kerogene

- Erbe vergangenen Lebens 254
- Bildung und Reifung 254
- Chemische Zusammensetzung 255
- Erdöl- und Erdgas-Lagerstätten 257

## 11 Leben drunter und drüber

---

### Die verletzte Lebenshaut der Erde

- Was ist eigentlich „Boden“? 263
- Bodenbildungsprozesse 265
- Bodenhorizonte 269
- Bodenwasser 271
- Wundererde aus dem Amazonas-Becken 272

### Paläoböden

- Zeugen früherer Umweltverhältnisse 275

## 12 Einfluss des Menschen

---

### Der Ast, auf dem wir sitzen

- Der Mensch als geologischer Faktor 279
- Macht euch die Erde untertan 281
- Vom Winde verweht 288
- Wühlmäuse 289
- Klimawandel 293

### Universalwerkzeug Nervensystem

- Zwei Systeme am Werk 300
- Die Evolution des Gehirns 301
- Was uns zu Menschen macht 303

### Evolution der Zukunft

- Wohin die Reise geht... 311
- Geht die menschliche Evolution weiter? 312
- Mensch 2.0 314

## Anhang

---

- Literaturverzeichnis 324
- Stichwortverzeichnis 326