

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 erwarten

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

- Probionten, 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 Allesköninger 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
- Biomineralisation/Biominerale 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 verletzliche 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