

John Grotzinger · Thomas Jordan

# **Press/Siever**

# **Allgemeine Geologie**

Aus dem Amerikanischen übersetzt von Volker Schweizer

7. Auflage

**Springer** Spektrum

# Inhaltsverzeichnis

<b>Die Autoren</b>	XXIX
<b>I Moderne Theorien und Methoden der Geologie</b>	
<b>1 System Erde</b>	<b>3</b>
Die wissenschaftliche Arbeitsmethode	4
Geologie als Wissenschaft	6
Die Form der Erde und der Erdoberfläche	9
Der Schalenbau der Erde	10
Die Dichte der Erde	10
Erdmantel und Erdkern	11
Erdkruste	11
Innerer Kern	12
Chemische Zusammensetzung der Erdschalen	12
Die Erde als System interagierender Komponenten	13
System Klima	16
System Plattentektonik	17
System Geodynamo	18
Wechselwirkungen zwischen den Geosystemen ermöglichen das Leben	19
Erdgeschichte im Überblick	19
Entstehung der Erde und der globalen Geosysteme	19
Entwicklung des Lebens	20
Ergänzende Medien	22
<b>2 Plattentektonik: Die alles erklärende Theorie</b>	<b>23</b>
Die Entdeckung der Plattentektonik	24
Kontinentaldrift	24
Seafloor-Spreading	25
Die große Synthese: 1963-1969	27
Die Lithosphärenplatten und ihre Grenzen	28
Divergente Plattengrenzen	28
Konvergente Plattengrenzen	29
	<b>XI</b>

Transformstörungen	34
Kombinationen von Plattengrenzen	35
Geschwindigkeit und Geschichte der Plattenbewegungen	35
Das magnetische Streifenmuster des Meeresbodens	35
Tiefseebohrungen	38
Bestimmung der Plattenbewegungen durch geodätische Verfahren . . .	39
Die große Rekonstruktion	40
Isochronen des Meeresbodens	40
Rekonstruktion der Plattenbewegungen	40
Das Auseinanderbrechen von Pangaea	41
Die Entstehung von Pangaea	42
Konsequenzen der Rekonstruktion	42
Mantelkonvektion: Der Antriebsmechanismus der Plattentektonik	43
Wo entstehen diese Antriebskräfte?	43
Wie tief tauchen die Platten in den Erdmantel ab?	46
Form der aufsteigenden Konvektionsströmungen	47
Die Theorie der Plattentektonik und die wissenschaftliche Arbeitsmethode	47
Ergänzende Medien	49

## Teil II Grundlegende Prozesse

<b>3 Die Baustoffe der Erde: Minerale und Gesteine</b>	53
Was sind Minerale?	54
Der atomare Bau der Materie	55
Der Bau der Atome	55
Ordnungszahl und Atommasse	55
Chemische Reaktionen	56
Chemische Bindung	57
Der atomare Aufbau der Minerale	58
Kristalle und Kristallbildung	58
Die Kristallisation der Minerale	59
Wann kristallisieren Minerale?	60
Die gesteinsbildenden Minerale	61
Silicate	62
Carbonate	64
Oxide	64
Sulfide	65
Sulfate	65

Physikalische Eigenschaften der Minerale	66
Härte	66
Spaltbarkeit	67
Bruch	69
Glanz	69
Farbe	69
Dichte	70
Kristallform	70
Was sind Gesteine?	71
Eigenschaften der Gesteine	71
Magmatische Gesteine	73
Sedimentgesteine	74
Metamorphe Gesteine	76
Der Kreislauf der Gesteine: Wechselwirkungen der Systeme	
Plattentektonik und Klima	77
Minerale bilden wertvolle Ressourcen	79
Hydrothermale Lagerstätten	79
Magmatische Lagerstätten	82
Sedimentäre Lagerstätten	82
Ergänzende Medien	85
<b>4 Magmatische Gesteine: Gesteine aus Schmelzen</b>	<b>87</b>
Wodurch unterscheiden sich magmatische Gesteine?	88
Gefüge	88
Chemische und mineralogische Zusammensetzung	91
Wie entstehen Magmen?	95
Wie schmelzen Gesteine?	95
Die Bildung von Magmakammern	97
Wo entstehen Magmen?	97
Magmatische Differenziation	98
Fraktionierte Kristallisation – Labor- und Geländebeobachtungen . . . . .	98
Granit und Basalt: Magmatische Differenziation	99
Formen magmatischer Intrusionen	100
Plutone	102
Lager und Gänge	103
Hydrothermale Gänge	104

Magmatismus und Plattentektonik	105
Spreading-Zentren als Magmaproduzenten	105
Subduktionszonen als Magmaproduzenten	109
Manteldiapire als Magmaproduzenten	111
Ergänzende Medien	112
<b>5 Sedimente und Sedimentgesteine</b>	<b>113</b>
Sedimentgesteine und der Kreislauf der Gesteine	114
Verwitterung und Erosion liefern die Ausgangsstoffe der Sedimente . . .	116
Sedimenttransport und Ablagerung	117
Ozeane, die großen Mischbecken	120
Sedimentbecken: Die Akkumulationsräume der Sedimente	121
Riftstrukturen und thermisch bedingte Subsidenzbecken	121
Vorlandbecken	121
Sedimentationsräume	122
Terrestrische Ablagerungsräume	124
Küsten-und Flachwasserbereich	124
Ablagerungsräume des offenen Ozeans	124
Siliciklastische kontra chemische und chemisch-biogene Sedimentationsräume	125
Fazies – das Nebeneinander unterschiedlicher Sedimentbildungsräume	126
Sedimentstrukturen	127
Schrägschichtung	127
Gradierte Schichtung	127
Rippelmarken	127
Bioturbationsstrukturen	129
Sedimentationszyklen	129
Versenkung und Diagenese: Vom Sediment zum Sedimentgestein	130
Versenkung	130
Diagenese	130
Klassifikation der siliciklastischen Sedimente und Sedimentgesteine . . . .	132
Grobkörnige siliciklastische Sedimente und Sedimentgesteine: Kiesfraktion, Konglomerate und Brekzien	132
Mittelkörnige siliciklastische Sedimente und Sedimentgesteine: Sand und Sandsteine	133
Feinkörnige siliciklastische Sedimente und Sedimentgesteine: Silt, Siltstein, Ton, Tonstein und Schiefer-ton	134
Klassifikation der chemischen und chemisch-biogenen Sedimente und Sedimentgesteine	136
Carbonatsedimente und Carbonatgesteine	136

	Chemische Sedimente: Steinsalz, Gips und andere chemische Sedimente	140
	Weitere chemisch-biogene und chemische Sedimente	142
	Ergänzende Medien	143
6	<b>Metamorphe Gesteine</b>	145
	Ursachen der Metamorphose	146
	Die Rolle der Temperatur	147
	Die Rolle des Drucks	147
	Die Rolle der fluiden Phasen	149
	Arten der Metamorphose	150
	Regionalmetamorphose	150
	Kontaktmetamorphose	151
	Hydrothermalmetamorphose	152
	Weitere Arten der Metamorphose	152
	Metamorphe Gefüge	153
	Foliation	153
	Klassifikation und Nomenklatur der metamorphen Gesteine	153
	Metamorphite mit Foliation	154
	Metamorphite mit granoblastischem (isotropem) Gefüge	156
	Porphyroblasten	157
	Regionalmetamorphose und Metamorphosegrad	158
	Mineral-Isograden	158
	Metamorphosegrad und Zusammensetzung des Ausgangsgesteins	159
	Metamorphe Fazies	160
	Plattentektonik und Metamorphose	161
	Druck-Temperatur-Pfade (p-T-Pfade)	161
	Konvergenz ozeanischer und kontinentaler Platten	162
	Metamorphose an Subduktionzonen	163
	Konvergenz kontinentaler Platten	164
	Exhumierung: Bindeglied zwischen den Systemen Plattentektonik und Klima	165
	Ergänzende Medien	166
7	<b>Störungen, Falten und andere Zeugen der Gesteinsdeformation</b>	167
	Kräfte der Plattentektonik	168
	Kartierung geologischer Strukturen	168
	Messung von Streichen und Fallen	169
	Geologische Karten	170
	Geologische Schnitte	170

Wie werden Gesteine deformiert?	171
Sprödes und duktiler Verhalten der Gesteine im Labor	172
Sprödes und duktiler Verhalten der Gesteine in der Erdkruste	172
Wichtige Deformationsstrukturen	173
Störungen	173
Falten	175
Dome und Becken	178
Klüfte	180
Deformationsgefüge	180
Deformation von Kontinenten	181
Extensions- oder Dehnungstektonik	181
Kompressions-oder Einengungstektonik	183
Scherungstektonik	183
Die Rekonstruktion des geologischen Werdegangs	184
Ergänzende Medien	187

### Teil III Der Faktor Zeit

<b>8 Zeitmessung im System Erde</b>	191
Rekonstruktion der Erdgeschichte aus der stratigraphischen Abfolge . . .	192
Grundlagen der Stratigraphie	192
Fossilien als Zeitmarken	195
Diskordanzen: Lücken in der Schichtenfolge	196
Verbandsverhältnisse	197
Geologische Zeitskala: Relative Altersbestimmungen	198
Die Einheiten der geologischen Zeitskala	198
Massenaussterben in der Erdgeschichte	199
Das Alter wichtiger Erdölmuttergesteine	201
Absolute Altersbestimmung mit radioaktiven Uhren	201
Die Entdeckung der Radioaktivität	202
Radioaktive Atome: Uhren im Gestein	203
Radiometrische Datierungsmethoden	206
Geologische Zeitskala: Absolute Altersdaten	208
Äonen: Die längsten Zeiträume der Erdgeschichte	209
Überblick über die Erdgeschichte	210
Weitere Methoden der Altersbestimmung	211
Sequenzstratigraphie	211
Chemostratigraphie	212

Magnetostratigraphie	212
Zeitmessung im System Klima	212
Ergänzende Medien	213
<b>9 Die Entwicklung der terrestrischen Planeten</b>	<b>215</b>
Die Entstehung des Sonnensystems	216
Die Nebular-Hypothese	216
Die Entstehung der Sonne	217
Die Entstehung der Planeten	217
Kleinere Körper des Sonnensystems	219
Erde im Umbruch: Die Entstehung eines aus Schalen aufgebauten Planeten	219
Die Erde heizt sich auf und schmilzt	220
Differenziation von Kern, Mantel und Kruste	221
Entstehung der Ozeane und der Atmosphäre	222
Die Vielfalt der Planeten	222
Alter und Relief der Planetenoberflächen	224
Der Mann im Mond: Eine Zeitskala für Planeten	225
Merkur: Der alte Planet	226
Venus: Der vulkanische Planet	227
Mars: Der Rote Planet	228
Die Gesteine des Mars	231
Entwicklungsgeschichte des Mars	234
Erde: Der belebte Planet	236
Die Erforschung des Sonnensystems und des Weltraums	237
Weltraum-Missionen	238
Die Cassini-Huygens-Mission zum Saturn	238
Weitere Sonnensysteme	239
Ergänzende Medien	241
<b>10 Die Entwicklung der Kontinente</b>	<b>243</b>
Der tektonische Bau Nordamerikas	244
Der stabile Kern des Kontinents	244
Die Appalachen	245
Atlantische Küstenebene und Kontinentalschelf	247
Die Nordamerikanischen Kordilleren	248
Tektonische Provinzen der Erde	250
Tektonische Provinzen	251
Deformationalter	252
Ein globales Puzzle	252



Das Wachstum der Kontinente	253
Magmatismus	253
Akkretion	253
Modifizierung der Kontinente	255
Orogenese: Modifizierung durch Plattenkollision	255
Der Wilson-Zyklus	262
Epirogenese: Modifizierung durch Vertikalbewegungen	263
Die Entstehung der Kratone	264
Die tieferen Stockwerke der Kontinente	267
Die Kiele der Kratone	267
Die Zusammensetzung der Kiele	267
Das Alter der Kiele	267
Ergänzende Medien	270
<b>11 Geobiologie</b>	271
Die Biosphäre als System	272
Ökosysteme	272
Ausgangsmaterial: Der Stoff, aus dem das Leben gemacht ist	273
Prozesse und Produkte: Wachstum und Leben	275
Biogeochemische Kreisläufe	276
Mikroorganismen: Die Chemiker der Natur	278
Häufigkeit und Diversität der Mikroorganismen	278
Interaktionen zwischen Mikroorganismen und Mineralen	281
Geobiologische Ereignisse in der Erdgeschichte	285
Die Entstehung des Lebens und die ältesten Fossilien	285
Die präbiotische Suppe: Das Originalexperiment zur Entstehung des Lebens	286
Die ältesten Fossilien	287
Entstehung des atmosphärischen Sauerstoffs	289
Evolutionäre Radiationen und Massenaussterben	290
Radiation des Lebens: Die „Kambrische Explosion“	290
Der Schwanz des Teufels: Der Niedergang der Dinosaurier	293
Die Katastrophe der globalen Erwärmung: Massenaussterben an der Grenze Paläozän/Eozän	294
Astrobiologie: Die Suche nach außerirdischem Leben	296
Bewohnbare Bereiche in der Umgebung von Sternen	297
Bewohnbare Umwelt auf dem Mars	297
Ergänzende Medien	300

<b>IV</b>	<b>Endogene Geosysteme</b>	
<b>12</b>	<b>Vulkanismus</b>	<b>303</b>
	Vulkane als Geosysteme	304
	Laven und andere vulkanogene Ablagerungen	305
	Lavatypen	305
	Gefüge der Vulkanite	308
	Pyroklastische Ablagerungen	309
	Vulkantypen und Morphologie	312
	Zentraleruptionen	312
	Spalteneruptionen	315
	Wechselwirkungen mit anderen Geosystemen	318
	Vulkanismus und Hydrosphäre	318
	Vulkanismus und Atmosphäre	321
	Die weltweite Verteilung der Vulkane	321
	Vulkanismus an Spreading-Zentren	322
	Vulkanismus an Subduktionszonen	322
	Intraplattenvulkanismus: Die Manteldiapir-Hypothese	324
	Vulkanismus und menschliches Dasein	327
	Vulkanische Risiken	327
	Verringerung der Risiken gefährlicher Vulkane	329
	Rohstoffe aus Vulkanen	332
	Ergänzende Medien	334
<b>13</b>	<b>Erdbeben</b>	<b>335</b>
	Was sind Erdbeben?	336
	Die Theorie der elastischen Rückformung	337
	Krustenbewegungen bei Erdbeben	339
	Vor- und Nachbeben	341
	Erforschung von Erdbeben	342
	Seismographen	342
	Seismische Wellen	342
	Lokalisierung des Epizentrums	346
	Bestimmung der Erdbebenstärke	346
	Rekonstruktion der Herdvorgänge	349
	GPS-Messungen und „stille“ Erdbeben	351
	Die globale Verteilung der Erdbeben	351
	Das Gesamtbild: Erdbeben und Plattentektonik	352
	Regionale Störungssysteme	354

Erdbeben: Gefahren und Risiken	354
Ursachen von Erdbebenschäden	356
Verminderung von Erdbebengefahren	359
Können Erdbeben vorhergesagt werden?	367
Langfristige Vorhersagen	367
Kurzfristige Vorhersagen	368
Mittelfristige Vorhersagen	368
Ergänzende Medien	370
<b>14 Die Erforschung des Erdinneren</b>	<b>371</b>
Die Erforschung des Erdinneren mit seismischen Wellen	372
Wellenarten	372
Die Ausbreitung seismischer Wellen in der Erde	373
Angewandte Seismik	376
Zusammensetzung und Aufbau des Erdinneren	379
Erdkruste	379
Erdmantel	380
Grenze Kern/Mantel	381
Erdkern	382
Temperatur im Erdinneren	382
Wärmetransport aus dem Erdinneren	384
Temperaturverteilung im Erdinneren	385
Ein räumliches Bild des Erdinneren	386
Seismische Tomographie	387
Das Schwerfeld der Erde	387
Das Magnetfeld der Erde und der Geodynamo	390
Dipol-Feld	390
Die Komplexität des Magnetfelds	391
Paläomagnetismus	394
Magnetfeld und Biosphäre	395
Ergänzende Medien	398
<b>V Exogene Geosysteme</b>	
<b>15 System Klima</b>	<b>401</b>
Komponenten des Systems Klima	402
Atmosphäre	403
Hydrosphäre	404
Kryosphäre	404

Lithosphäre	405
Biosphäre	406
Treibhauseffekt	407
Ein Planet ohne Treibhausgase	407
Die Treibhausatmosphäre der Erde	408
Ausgleich des Klimasystems durch Rückkopplungen	408
Klimamodelle und ihre Grenzen	410
Klimaschwankungen	411
Kurzfristige regionale Klimaschwankungen	411
Langfristige Klimaschwankungen: Die Eiszeiten des Pleistozäns . . . . .	411
Langfristige Klimaschwankungen: Die Eiszeiten des Paläozoikums und Proterozoikums	417
Klimaschwankungen während der jüngsten Kaltzeit	417
Der Kohlenstoffkreislauf	418
Geochemische Stoffkreisläufe und ihre Funktion	418
Beispiel: Der Calciumkreislauf	421
Der Kohlenstoffkreislauf	421
Anthropogen verursachte Störungen des Kohlenstoffkreislaufs . . . . .	423
Die Erwärmung im 20. Jahrhundert: Menschliche Fingerabdrücke im globalen Klimawandel	424
Ergänzende Medien	428
<b>16 Verwitterung, Erosion und Massenbewegungen</b>	<b>429</b>
Verwitterung, Erosion, Massenbewegungen und der Kreislauf der Gesteine	430
Geologische Faktoren der Verwitterung	430
Eigenschaften des Ausgangsgesteins	431
Klima: Niederschlag und Temperatur	431
Auswirkung der Bodenbedeckung	431
Der Faktor Zeit	432
Chemische Verwitterung	432
Die Rolle des Wassers: Feldspäte und andere Silicate	432
Kohlendioxid, Verwitterung und Klimasystem	433
Andere Silicate verwittern zu anderen Tonmineralen	436
Die Rolle des Sauerstoffs bei der Verwitterung	436
Hydratation: Die Anlagerung von Wassermolekülen	437
Lösungsverwitterung: Die rasche Verwitterung von Carbonat- und Salzgesteinen	437
Weitere Formen der chemischen Verwitterung	438
Chemische Stabilität	438

Physikalische Verwitterung	439
Welche Faktoren bestimmen die mechanische Zerstörung der Gesteine?	439
Wechselwirkungen zwischen physikalischer Verwitterung und Erosion	441
Böden: Rückstände der Verwitterung	442
Böden als Geosysteme	443
Paläoböden: Rückschlüsse auf das Klima der Vergangenheit	449
Massenbewegungen	449
Eigenschaft des Hangmaterials	451
Wassergehalt	453
Hangneigung	453
Auslösende Faktoren von Massenbewegungen	454
Klassifikation von Massenbewegungen	455
Massenbewegungen in Festgesteinen	457
Massenbewegungen in unkonsolidiertem Gesteinsmaterial	458
Massenbewegungen im marinen Bereich	463
Entstehung von Massenbewegungen	463
Natürliche Ursachen von Rutschungen	463
Rutschungen durch menschliche Eingriffe in die Landschaft	465
Ergänzende Medien	467
<b>17 Der Kreislauf des Wassers und das Grundwasser</b>	<b>469</b>
Der Kreislauf des Wassers	470
Materialflüsse und Speicher	470
Wie viel Wasser gibt es?	470
Der Kreislauf des Wassers	470
Wie viel Wasser können wir verbrauchen?	472
Hydrologie und Klima	473
Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Landschaft	473
Trockenzeiten	474
Die Hydrologie des Abflusses	475
Hydrologie des Grundwassers	478
Porosität und Permeabilität	479
Grundwasserspiegel und Grundwasseroberfläche	481
Grundwasserleiter	482
Gleichgewicht zwischen Grundwasserneubildung und Grundwasserabfluss	485
Die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung	487
Grundwasservorräte und ihre Bewirtschaftung	488

Erosion durch Grundwasser	491
Wasserqualität	493
Verunreinigung der Wasservorräte	493
Beseitigung der Verunreinigungen	494
Ist das Wasser trinkbar?	495
Wasser in der tiefen Erdkruste	496
Thermalwasser	497
Mikroorganismen in tiefen Grundwasserleitern	498
Ergänzende Medien	500
<b>18 Flüsse: Der Transport zum Ozean</b>	<b>501</b>
Flusstäler, Fließrinnen und Talauen	502
Flusstäler	502
Grundrissformen der Flussläufe	503
Talauen	505
Einzugsgebiete	505
Entwässerungsnetze	509
Entwässerungsnetze und Erdgeschichte	509
Die erosive Tätigkeit der Flüsse	511
Abrasion	512
Chemische und physikalische Verwitterung	512
Unterschneiden durch Wasserfälle	513
Sedimenttransport durch fließendes Wasser	513
Erosion und Sedimenttransport	515
Schichtungsformen im Flussbett: Rippeln und Dünen	517
Deltas: Die Mündungen der Flüsse	518
Deltasedimentation	519
Das Wachstum eines Deltas	519
Anthropogene Einflüsse	520
Einflüsse von Wellen, Gezeiten und plattentektonischen Prozessen . . .	520
Flüsse als Geosysteme	522
Abfluss	522
Hochwasser	523
Längsprofil eines Flusses	523
Seen	529
Ergänzende Medien	530

<b>19</b>	<b>Wind und Wüsten</b>	<b>533</b>
	Die Windsysteme der Erde	534
	Wind als Transportmittel	535
	Windstärke	535
	Korngröße	535
	Oberflächenbedingungen	536
	Äolisch transportiertes Material	536
	Die geologische Wirkung des Windes	539
	Korrasion	539
	Deflation	539
	Wind als Sedimentbildner	540
	Entstehung von Sanddünen	540
	Entstehung und Wanderung von Sanddünen	541
	Dünenformen	544
	Staubablagerungen und Löss	544
	Wüstengebiete	546
	Geographische Verbreitung der Wüsten	546
	Verwitterung in Wüstengebieten	549
	Sedimentation und Sedimente der Wüste	550
	Landschaftsformen der Wüsten	551
	Ergänzende Medien	554
<b>20</b>	<b>Das Meer</b>	<b>555</b>
	Unterschiede im geologischen Bau der Ozeane und Kontinente	556
	Prozesse der Küstenbildung	557
	Wellenbewegung: Der Schlüssel zur Dynamik der Küstenlinie	558
	Die Brandungszone	559
	Wellenrefraktion	560
	Gezeiten	561
	Hurrikane und Sturmfluten	563
	Küstenformen	569
	Flachküsten	570
	Erosion und Sedimentation im Küstenbereich	573
	Einflüsse von Meeresspiegelschwankungen	575
	Kontinentalränder	576
	Kontinentalschelf	577
	Kontinentalhang und Kontinentalfuß	577
	Submarine Canyons	578

Topographie des Tiefseebodens	579
Erkundung des Ozeanbodens von Schiffen aus	579
Kartierung des Meeresbodens mit Satelliten	580
Profile durch zwei Ozeane	583
Der Boden der Tiefsee	584
Sedimentation im offenen Ozean	585
Sedimentation auf den Schelfgebieten	585
Sedimentation auf dem Kontinentalhang	587
Sedimentation in der Tiefsee	589
<b>21 Gletscher: Die Tätigkeit des Eises</b>	<b>593</b>
Das Material Eis	594
Talgletscher	595
Inlandeismassen	596
Entstehung von Gletschern	598
Erste Voraussetzung: Niedrige Temperaturen und ausreichende Schneemengen	598
Akkumulation: Schnee wird zu Eis	598
Ablation: Wo das Eis abschmilzt	599
Gletscherhaushalt: Akkumulation minus Ablation	599
Bewegung der Gletscher	600
Mechanismen der Gletscherbewegung	600
Eisbewegung bei Talgletschern	602
Eisbewegung in der Antarktis	603
Glazigene Landschaftsformen	605
Glazialerosion und Erosionsformen	605
Glazigene Ablagerungen und Landformen	608
Permafrost	612
Vereisungszyklen und Klimaschwankungen	614
Die Weichsel-(Würm-) Kaltzeit	616
Eiszeiten und Meeresspiegelschwankungen	616
Die pleistozänen Eiszeiten	617
Ältere Vereisungsphasen	617
Ergänzende Medien	620
<b>22 Landschaftsentwicklung</b>	<b>621</b>
Oberflächenformen, Höhenlage und Relief	623
Landschaftsformen, geschaffen durch Erosion und Sedimentation	624
Berge und Hügel	624
Hochplateaus	626



Flusstäler	628
Tektonisch bedingte Höhenzüge und Täler	628
Tektonisch bedingte Steilränder	630
Interagierende Geosysteme beeinflussen die Oberflächenformen	630
Rückkopplung zwischen Klima und Relief	633
Rückkopplung zwischen Hebung und Erosion	634
Modelle der Landschaftsentwicklung	635
Die Davis'sche Zyklentheorie der Denudation	636
Das Penck'sche Modell: Gleichzeitigkeit von Hebung und Abtragung .	638
Das Hacks'sche Modell: Erosion und Hebung als dynamisches Gleichgewicht	640
<b>VI Geowissenschaften und Gesellschaft</b>	
<b>23 Mensch und Umwelt</b>	<b>643</b>
Die Zivilisation als globales Geosystem	644
Natürliche Ressourcen	645
Energie-Ressourcen	646
Die Entstehung der Kohlenstoff-Wirtschaft	646
Energieverbrauch weltweit	647
Energieressourcen für die Zukunft	649
Kohlenstoff-Fluss und Energieerzeugung	649
Fossile Brennstoff-Ressourcen	649
Die Entstehung von Erdöl und Erdgas	649
Die weltweite Verteilung der Ressourcen	652
Erdölförderung und Verbrauch	653
Ende des Erdöls	653
Erdöl und Umwelt	654
Erdgas	655
Kohle	657
Unkonventionelle Kohlenwasserstoff-Ressourcen	660
Alternative Energie-Ressourcen	660
Kernenergie	660
Biokraftstoffe	662
Sonnenenergie	663
Hydroelektrische Energie	664
Windkraft	664
Geothermische Energie	665

Globale Umweltveränderungen	665
Treibhausgase und globale Erwärmung	666
Prognosen bezüglich einer künftigen globalen Erwärmung	667
Konsequenzen des Klimawandels	669
Versauerung der Ozeane	672
Rückgang der Biodiversität	673
Management und Organisation des Systems Erde	674
Energiepolitik	674
Nutzung alternativer Energie-Ressourcen	675
Modifizierung des Kohlenstoffkreislaufs	675
Stabilisierung der Kohlenstoff-Emissionen	676
Nachhaltige Entwicklung	677
Ergänzende Medien	678
<b>24 Übungsaufgaben aus der geologischen Praxis</b>	<b>679</b>
1 Die Dimensionen unseres Planeten	681
2 Was geschah in Niederkalifornien? – Die Rekonstruktion von Plattenbewegungen	682
3 Lohnt sich der Abbau dieser Lagerstätte?	684
4 Die Entstehung wirtschaftlich bedeutender Erzlagerstätten	685
5 Die Suche nach Erdöl und Erdgas	686
6 Kristalle, Dokumente der Erdgeschichte	688
7 Die Suche nach potenziellen Kohlenwasserstofflagerstätten auf geologischen Karten	689
8 Isotope und das Alter der Gesteine und Minerale	691
9 Die Landung einer Raumfähre auf dem Mars: Sieben Minuten Angst . . .	692
10 Wie rasch hebt sich der Himalaja, und wie rasch wird er abgetragen? . .	694
11 Der Nachweis früherer Lebensformen in Gesteinen	695
12 Sind die sibirischen Trappbasalte die eindeutige Ursache für ein Massenaussterben?	696
13 Können Erdbeben beeinflusst werden?	698
14 Das Prinzip der Isostasie: Warum sind die Ozeane tief und die Gebirge hoch?	699
15 Wo ist der fehlende Kohlenstoff?	701
16 Die Standfestigkeit von Hängen	702
17 Wie ergiebig ist ein Brunnen?	703
18 Können wir heute Kanu fahren?	704
19 Lässt sich das Ausmaß der Desertifikation vorhersagen?	706

20 Die Wiederherstellung unserer Strände	707
21 Warum steigt der Meeresspiegel?	709
22 Wie rasch erodieren Flüsse den Untergrund?	710
23 Lösungen der Aufgaben	711
<b>Glossar</b>	715
<b>Stichwortverzeichnis</b>	751