

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Prolog | Einführung Physische Geographie | 20 |
| Kapitel 1 | Die Erde als rotierender Planet | 38 |
| Kapitel 2 | Die globale Energiebilanz der Erde | 66 |
| Kapitel 3 | Lufttemperatur | 102 |
| Kapitel 4 | Luftfeuchtigkeit und Niederschlag | 134 |
| Kapitel 5 | Winde und die globale Zirkulation | 166 |
| Kapitel 6 | Luftmassen und Wettersysteme | 200 |
| Kapitel 7 | Globale Klimasysteme | 228 |
| Kapitel 8 | Biogeographische Prozesse | 294 |
| Kapitel 9 | Die Vegetationszonen der Erde | 348 |
| Kapitel 10 | Böden der Welt | 380 |
| Kapitel 11 | Gesteine und Minerale | 414 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Kapitel 12 | Lithosphäre und Plattentektonik | 438 |
| Kapitel 13 | Vulkanisch und tektonisch bedingte Oberflächenformen | 468 |
| Kapitel 14 | Verwitterung, Massenbewegungen und periglaziale Prozesse | 496 |
| Kapitel 15 | Das Süßwasser der Kontinente | 526 |
| Kapitel 16 | Fluviale Geomorphodynamik | 560 |
| Kapitel 17 | Oberflächenformen und Gesteinsstruktur | 590 |
| Kapitel 18 | Küsten | 612 |
| Kapitel 19 | Eiszeiten und glaziale Landschaften | 644 |
| | Literaturverzeichnis | 670 |
| | Bildquellen | 675 |
| | Register | 678 |

Einführung

Physische Geographie 20

Geographie – eine Einführung 24

Kulturgeographie und Physische Geographie 25

Werkzeuge der Geographie 32

Physische Geographie verstehen 32

Sphären, Systeme und Zyklen 32

Die Sphären 32

Skalen, Muster und Prozesse 33

Systeme in der Physischen Geographie 34

Zeitzyklen 34

Physische Geographie, die Umwelt und globaler Wandel 34

Der Klimawandel 36

Der Kohlenstoffkreislauf 36

Biodiversität 36

Umweltverschmutzung 37

Extreme Ereignisse 37

Ein Blick nach vorn 37

1 | Die Erde als rotierender Planet 38

Die Form der Erde 40

Die Erdrotation 42

Die Effekte der Erdrotation auf die Umwelt 42

Das geographische Gradnetz 42

Fokus 1.1 Das Global Positioning System 43

Breitenkreise (Parallelkreise) und Längengrade
(Meridiane) 44

Länge und Breite 44

Kartennetzentwürfe 46

Polständige Projektion 46

Der Mercator-Netzentwurf 46

Der Netzentwurf von Goode 48

Weltzeit 48

Standard-Zeit 49

Geographische Werkzeuge 1.2 Geographische Informationssysteme 50

Weltzeitzone 52

Die internationale Datumsgrenze 53

Sommerzeit 54

Genauere Zeitmessung 54

Der Umlauf der Erde um die Sonne (Erdrevolution) 54

Die Neigung der Erdachse 54

Solstitien und Äquinoktien 55

Die Bedingungen an den Äquinoktien 56

Die Bedingungen an der Sonnenwende 57

Ein Blick nach vorn 58

Geographische Werkzeuge 1.3 Karten im Fokus 61

2 | Globale Energiebilanz der Erde 66

Elektromagnetische Strahlung 68

Strahlung und Temperatur 70

Solarstrahlung 70

Eigenschaften der Sonnenenergie 71

Langwellige Abstrahlung der Erdoberfläche 72

Globale Strahlungsbilanz 73

Insolation 73

Insolation und Sonnenlauf 75

Jahresgang der täglichen Insolation 77

Jährliche Insolation und geographische Breite 77

Breitenzonen der Erde 78

Zusammensetzung der Atmosphäre 78

Die Ozonschicht 79

**Wärmetransport in Form von fühlbarer und latenter
Wärme 79**

Blickpunkt Global Change 2.1 Die Ozonschicht 80

Das globale Energiesystem 81

Insulationsverluste in der Atmosphäre 81

Albedo 82

Gegenstrahlung und Treibhauseffekt 83

Globale Strahlungsbilanz der Atmosphäre und der Erdoberfläche 83

Fokus Fernerkundung 2.2 CERES – Wolken und die Energieabstrahlung der Erde 84

Eingehende kurzwellige Strahlung 84

Langwellige Strahlung an der Erdoberfläche 84

Energieflüsse in der Atmosphäre 85

Klima und Global Change 86

Nettostrahlung, geographische Breite und die Energiebilanz 86

Blickpunkt Umwelt 2.3 Sonnenenergie 88

Ein Blick nach vorn 89

Geographische Methoden 2.4 Fernerkundung in der Physischen Geographie 93

3 | Lufttemperatur 102

Temperatur an der Erdoberfläche 105

Lufttemperatur 105

Messung der Lufttemperatur 105

Tägliche Zyklen der Lufttemperatur 107

Tagesgang der Insolation und der Nettostrahlung 107

Tagesgang der Temperatur 108

Temperatur in Bodennähe 108

Temperaturverlauf in urbanen und in ländlichen Räumen im Vergleich 110

Die städtische Wärmeinsel 112

Temperaturverlauf in der Atmosphäre 112

Troposphäre 114

Stratosphäre, Mesosphäre und Thermosphäre 115

Lufttemperatur in großen Höhen 115

Temperaturinversion 116

Jahresgang der Lufttemperatur 117

Nettostrahlung und Temperatur 117

Temperaturgegensätze von Land und Wasser 118

Tagesgang der Lufttemperatur 119

Jahresgang der Lufttemperatur 119

Die weltweite Verteilung der Lufttemperaturen 120

Steuergrößen der räumlichen Verteilung der Lufttemperatur 120

Vergleich der globalen Temperaturverteilung im Januar und im Juli 120

Jahresgang der Lufttemperatur 123

Klimaänderung und Treibhauseffekt 124

Steuergrößen der globalen Erwärmung und Abkühlung 125

Blickpunkt Global Change 3.1 Zunahme des Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre 126

Langjährige Messreihen der Lufttemperatur 126

Zukunftsszenarien 127

Ein Blick nach vorn 129

Blickpunkt Global Change 3.2 Der IPCC-Bericht von 2001 132

4 | Luftfeuchtigkeit und Niederschlag

134

Aggregatzustände von Wasser 137

Hydrosphäre und Wasserkreislauf 137

Globale Wasserbilanz 138

Feuchtigkeit 139

Spezifische Feuchte 139

Relative Feuchte 139

Die adiabatische Zustandsänderung 141

Trockenadiabatische Rate 142

Feuchtadiabatische Rate 142

Wolken 143

Wolkenformen 143

Nebel 145

Fokus Fernerkundung 4.1 Wolkenbeobachtung mit GOES
146

Niederschlag 147

Prozesse der Niederschlagsbildung 149

Orographischer Niederschlag 149

Konvektiver Niederschlag 150

Gewitter 152

Fallböen 155

Luftqualität 155

Ein Blick nach vorn 156

Blickpunkt Umwelt 4.2 Luftverschmutzung 159

5 | Winde und die globale Zirkulation 166

Luftdruck 168

Messung des Luftdrucks 169

Vertikale Luftdruckänderungen in der Atmosphäre 170

Wind 170

Windmessung 170

Winde und Luftdruckgradienten 171

Konvektive Windsysteme 171

Land-See-Wind 172

Lokale Winde 172

Die Corioliskraft 174

Blickpunkt Umwelt 5.1 Windenergie, Wellenenergie und Strömungsenergie 175

Zyklonen und Antizyklonen 176

Globale Zirkulation 177

Globale Wind- und Luftdrucksysteme 179

Der subtropische Hochdruckgürtel 179

Innertropische Konvergenz und Monsunzirkulation 179

Winde und Luftdruckverteilung in den höheren Breiten
182

Höhenwinde 183

Geostrophischer Wind 183

Globale Zirkulation in der oberen Troposphäre 184

Rossby-Wellen, Jetstream und Polarfront 184

Meeresströmungen 188

Temperaturschichtung der Ozeane 188

Oberflächennahe Strömungen 189

Tiefenströmungen und thermohaline Zirkulation 191

Blickpunkt Global Change 5.2 El Niño 194

Ein Blick nach vorn 196

6 | Luftmassen und Wettersysteme 200

Luftmassen 203

Kontinentale Luftmassen in Nordamerika 204

Kaltfront, Warmfront und Okklusion 204

Zugbahnen von Zyklonen und Antizyklonen 206

Wellenzyklonen 208

Wetteränderungen beim Durchzug einer Wellenzyklone 209

Zugbahnen der Zyklonen und Zyklonenfamilien 211

Tornados 211

Tropische und äquatoriale Wettersysteme 213

Fokus Fernerkundung 6.1 TRMM – Das tropische Niederschlags-Monitoring-System 214

Tropische Wellen und schwache äquatoriale
Tiefdruckgebiete 216

Polare Kaltluftausbrüche 216

Tropische Zyklonen 216

Auswirkungen tropischer Zyklonen 220

Wärme- und Feuchtetransport zu den Polen 221

Atmosphärischer Wärme- und Feuchtetransport 221

Ozeanischer Wärmetransport 221

*Blickpunkt Umwelt 6.2 Hurricane Andrew und seine
verheerenden Folgen* 222

Luftfeuchtigkeit, Wolkenbedeckung und die globale Erwärmung 224

Ein Blick nach vorn 225

7 | Globale Klimasysteme 228

Zugänge zum Klima 230

Thermische Regime 231

Globale Niederschlagsmuster 231

Jahreszeitliche Niederschlagsverteilung 235

Eine Klimaklassifikation auf der Basis von Luftmassen und Frontalzonen 237

Spezialkapitel 7.1 Die Klimaklassifikation nach Köppen 238

Überblick über die Klimate 243

Trockene und feuchte Klimate 244

Die Klimate der niederen Breiten 246

Äquatoriales Regenklimate ① (Köppen: Af) 246

Die Monsun- und Passatwindküsten-Klimate ② (Köppen: Af, Am) 246

Das tropisch-wechselfeuchte Klima ③ (Köppen: Aw, Cwa) 250

Das trockene tropische Klima ④ (Köppen: BWh, BSh) 252

Blickpunkt Global Change 7.2 Trockenheit und Landdegradation im afrikanischen Sahel 254

Die Klimate der mittleren Breiten 257

Das trockene subtropische Klima ⑤ (Köppen: BWh, BWk, BSh, BSk) 261

Das feuchte subtropische Klima ⑥ (Köppen: Cfa) 262

Das Mittelmeerklima ⑦ (Köppen: Csa, Csb) 265

Das maritime Westküstenklima ⑧ (Köppen: Cfb, Cfc) 267

10 Inhalt

Das trockene Klima der mittleren Breiten ⑨ (Köppen: BWk, BSk) 270

Das feuchte kontinentale Klima ⑩ (Köppen: Dfa, Dfb, Dwa, Dwb) 272

Klimate der hohen Breiten 274

Das boreale Nadelwaldklima ⑪ (Köppen: Dfc, Dfd, Dwc, Dwd) 274

Das Tundrenklima ⑫ (Köppen: ET) 276

Das Klima des Inlandeises ⑬ (Köppen: EF) 278

Gebirgsklimate 279

Der aktuelle Klimawandel 280

Ein Blick nach vorn 281

Blickpunkt Global Change 7.3 Regionale Auswirkungen des Klimawandels auf Nordamerika 286

8 | Biogeographische Prozesse 294

Energie- und Stoffflüsse in Ökosystemen 297

Das Nahrungsnetz 297

Photosynthese und Atmung 297

Nettoprimärproduktion 302

Nettoprimärproduktion und Klima 303

Biomasse als Energiequelle 303

Der Kohlenstoffkreislauf 304

Blickpunkt Global Change 8.1 Der Einfluss des Menschen auf den Kohlenstoffkreislauf 306

Der Stickstoffkreislauf 308

Ökologische Biogeographie 309

Wasserbedarf 310

Temperatur 312

Andere klimatische Faktoren 314

Bioklimatische Grenzen 315
Der Einfluss des Reliefs 316
Edaphische Faktoren 316
Störung 316
*Fokus Fernerkundung 8.2 Fernerkundung von Wald- und
Buschbränden 318*
Wechselwirkungen zwischen Arten 320

Ökologische Sukzession 321

*Blickpunkt Umwelt 8.3 Das große Feuer im Yellowstone-
Nationalpark 326*
Sukzession, Wandel und Gleichgewicht 329

Historische Biogeographie 329

Evolution 329
Artbildung 332
Aussterben 333
Ausbreitung 334
Geographische Verbreitungsmuster 336
Biogeographische Regionen 336

Biodiversität 336

Ein Blick nach vorn 337

*Blickpunkt Global Change 8.4 Monitoring der globalen
Produktivität aus dem Weltraum 342*

9 | Die Vegetationszonen der Erde 348

Natürliche Vegetation 350

Struktur und Lebensformen der Pflanzen 351

Terrestrische Ökosysteme – Die Biome 352

Das Waldbiom 353
*Fokus Fernerkundung 9.1 Globale Kartierung der
Vegetationsbedeckung mit Satellitenbildern 354*
*Blickpunkt Global Change 9.2 Ausbeutung der Regenwald-
ökosysteme der Niederbreiten 360*
Das Savannenbiom 368
Das Graslandbiom 369
Das Wüstenbiom 371
Das Tundrenbiom 373
Höhenstufen der Vegetation 375
Klimatische Gradienten und Vegetationstypen 375

Ein Blick nach vorn 377

10 | Böden der Welt 380

Natur des Bodens 383

Bodenfarbe und Bodenart 384
Bodenkolloide 385
Bodenazidität und Alkalinität 386
Bodengefüge 386
Bodenminerale 386
Bodenfeuchte 387

Bodenwasserbilanz 388

Ein einfaches Bodenwasserhaushaltsmodell 388

Bodenentwicklung 389

Bodenhorizonte 389
Bodenbildende Prozesse 391

Blickpunkt Umwelt 10.1 Untergang einer Zivilisation 392
Bodentemperatur und weitere Faktoren 394

Böden in globaler Sicht 395

Referenzbodengruppen 395

Wüsten- und Tundrenböden 405

Transekt durch das zentrale Nordamerika von Wüstenböden
zu Luvisolen 407

Globaler Klimawandel und Landwirtschaft 407

Ein Blick nach vorn 407

*Blickpunkt Global Change 10.2 Globaler Klimawandel und
Landwirtschaft* 411

11 | Gesteine und Sedimente 414

Zusammensetzung der Erdkruste 416

Gesteinsklassen 417

Erstarrungsgesteine 418

Weit verbreitete Erstarrungsgesteine 418

Intrusive und extrusive Erstarrungsgesteine 421

Chemische Umwandlung von Erstarrungsgesteinen 422

Sedimente und Sedimentgesteine 423

*Blickpunkt Umwelt 11.1 Der Kampf der Isländer gegen die
Lava auf Heimaey* 424

Klastische Sedimentgesteine 427

Chemische Sedimentgesteine 429

Kohlenwasserstoffverbindungen in Sedimentgesteinen 430

Metamorphite 431

*Fokus Fernerkundung 11.2 Geologische Kartierung mit
ASTER* 432

Zyklus der Gesteinstransformation 435

Ein Blick nach vorn 435

12 | Lithosphäre und Plattentektonik 438

Der Aufbau der Erde 441

Das Erdinnere und die Erdkruste 441

Lithosphäre und Asthenosphäre 442

Die Geologische Zeitskala 442

Das Relief der Erde 443

Reliefeinheiten der Kontinente 444

Reliefeinheiten der Ozeanbecken 446

Plattentektonik 450

Tektonische Prozesse 450

Plattenbewegung und Plattengrenzen 451

*Blickpunkt Umwelt 12.1 Der Wilson-Zyklus und die
Superkontinente* 454

Das Globale System der Lithosphärenplatten 458

Subduktionstektonik 459

Orogene und Kollisionen 460

Kontinentalbrüche und neue Ozeanbecken 461

Die Energiequelle für Plattenbewegungen 463

Kontinente der Vergangenheit 463

Ein Blick nach vorn 464

13 | Vulkanisch und tektonisch bedingte Oberflächenformen 468

Oberflächenformen 470

Vulkanismus 471

Schichtvulkane 474

Schildvulkane 474

Vulkanismus global 479

Vulkanische Aktivität als Umweltkatastrophe 479

Tektonisch bedingte Oberflächenformen 479

Blickpunkt Umwelt 13.1 Geothermale Energiequellen 480

Vorlandfaltengürtel 481

Verwerfungen und verwerfungsbedingte

Oberflächenformen 481

Fokus Fernerkundung 13.2 Fernerkundung von Vulkanen 482

Das ostafrikanische Grabensystem 486

Erdbeben 487

Erdbeben und Plattentektonik als Umweltkatastrophen 488

Seismische Meereswellen 489

Erdbeben entlang der San Andreas-Spalte 490

Ein Blick nach vorn 491

Blickpunkt Umwelt 13.3 Der Tsunami im Indischen Ozean 2004 492

14 | Verwitterung und Massenbewegungen 496

Physikalische Verwitterung 499

Frostverwitterung 499

Salzsprengrung 500

Druckentlastung 502

Weitere physikalische Verwitterungsprozesse 503

Prozesse und Formen der chemischen Verwitterung 503

Wollsackverwitterung und Saprolith – Hydrolyse und Oxidation 503

Säureverwitterung 504

Gravitative Massenbewegungen 506

Hänge 507

Bodenkriechen 507

12 Inhalt

- Erdfließen 508
- Umweltveränderungen durch Erdfließen 508
- Muren und Schuttfluten 509
- Bergrutsche 510
- Anthropogen verursachte Massenbewegungen 512**
- Anthropogen verursachtes Erdfließen 512
- Blickpunkt Umwelt 14.1 Die Katastrophe am Hebgen Lake* 513
- Landschaftsveränderungen – Das Land und seine Narben 514
- Periglaziale Prozesse und Oberflächenformen 515**
- Permafrost 516
- Die Auftauzone 517
- Bodeneis 518
- Frostmusterböden und Solifluktion 521
- Alpine Tundra 522
- Umweltprobleme in Permafrostregionen 522
- Klimaerwärmung in der Arktis 523
- Ein Blick nach vorn 523**

15 | Das Süßwasser der Kontinente 526

- Grundwasser 530**
- Die Grundwasseroberfläche 530
- Grundwasserleiter (Aquifere) 531
- Kalksteinlösung 532**
- Höhlen im Kalkstein 532
- Karstlandschaften 533
- Probleme der Grundwasserbewirtschaftung 534**
- Grundwasserspiegelsenkung 535
- Grundwasserkontamination 536
- Oberflächengewässer 536**
- Oberflächen- und Gerinneabfluss 537
- Blickpunkt Global Change 15.1 Sinkende Städte* 538
- Gerinneabfluss 538
- Gewässersysteme 541
- Abfluss und Niederschlag 541**
- Die hydrologischen Auswirkungen städtischer Bebauung 542
- Das Abflussgeschehen großer Flüsse im Jahresverlauf 542
- Hochwasser 543
- Hochwasservorhersage 544
- Das Mississippi-Hochwasser von 1993 544
- Seen 545**
- Salzseen und Salztonebenen 549
- Bewässerung und Versalzung in der Wüste 549
- Blickpunkt Umwelt 15.2 Die Großen Seen* 550
- Wasserverschmutzung 552
- Süßwasser als natürliche Ressource 553**
- Ein Blick nach vorn 554**
- Blickpunkt Global Change 15.3 Der Aralsee – Ein sterbender Salzsee* 557

16 | Fluviale Geomorphodynamik 560

Fluviale Prozesse und Oberflächenformen 563

Erosion und Akkumulation 563

Hangformung durch Erosion 563

Beschleunigte Erosion 563

Flächen- und Rinnenerosion 564

Kolluviale und fluviale Formen 565

Erosion an Hängen in semiariden und ariden Gebieten 565

Oberflächenformung durch Fließgewässer 566

Fluvialerosion 566

Sedimenttransport in Flüssen 567

Sedimenttransportkapazität von Flüssen 568

Längsprofil von Flüssen 569

Landschaftsentwicklung und fluviales Gleichgewichtsprofil 569

Große Wasserfälle 570

Staudämme und Wasserkraft 572

Fluvialakkumulation und Flussterrassen 573

Flüsse und Flussauen 575

Fokus Fernerkundung 16.1 Beispiele großer Canyons 576

Talmäander 579

Das geographische Gleichgewichtskonzept 579

Gleichgewichtsansätze in der Geomorphologie 581

Fluviale Prozesse in ariden Klimaten 582

Schwemmfächer 583

Landschaftsentwicklung in ariden Gebirgsregionen 584

Ein Blick nach vorn 585

17 | Oberflächenformen und Gesteinsstruktur 590

Gesteinsstruktur als eine Funktion der Oberflächenformung 592

Streichen und Fallen 593

Oberflächenformen horizontal gelagerter Schichten und Küstenebenen 594

Trockengebiete 594

Entwässerungsnetze in horizontal gelagerten Schichten 595

Küstenebenen 595

Fokus Fernerkundung 7.1 Gesteinsstrukturen im Landsat-Bild 596

Oberflächenformen verstellter Gesteinsschichten 599

Domförmige Strukturen sedimentärer Schichten 599

Abgetragene Faltengürtel 601

Oberflächenformen anderer Gesteinsstrukturtypen 602

Bruchstufen und Bruchschollen 602

Metamorphe Faltengürtel 604

Entblößte Batholithe und Härtlinge 604

Erodierte Vulkane 604

Blickpunkt Umwelt 17.2 Einzigartige, majestätische, monolithische Dome 606

Ein Blick nach vorn 609

18 | Küsten 612

Wellenarbeit 615

Welleneigenschaften 615

Küstenerosion – Steilküsten und Kliffe 616

Strände 620

Strandversetzung und Küstenlängstransport 620

Küstenschutz 622

Tidenströmungen 622

Ablagerungen der Tidenströme 623

Küstentypen 623

Riaküsten und Fjordküsten 624

Nehrungsküsten 625

Deltaküsten 627

Korallenriff- und Vulkanküsten 628

Gehobene Küstenlinien und Küstenterrassen 629

Meeresspiegelanstieg 629

Windarbeit 629

Winderosion 629

Staubstürme 631

Sanddünen 631

Arten von Sanddünen 634

Löss 636

Vom Menschen verursachte Deflation 637

Ein Blick nach vorn 637

Blickpunkt Global Change 18.1 Global Change und Küstenlandschaften 640

19 | Eiszeit und glaziale Landformen 644

Gletscher 646

Alpine Gletscher 648

Glaziale Formen und alpine Gletscher 649

Trogtäler und Fjorde 649

Fokus Fernerkundung 19.1 Fernerkundung von Gletschern 652

Heutige Inlandeisdecken 654

Meereis und Eisberge 655

Das Eiszeitalter 656

Vereisungen im Eiszeitalter 656

Durch Inlandeis geprägtes Relief 657

Erosion durch Inlandeis 657

Glaziale Sedimente 658

Umweltaspekte glazialer Ablagerungen 661

Erforschung des Eiszeitalters 661

Ursachen des spätkänozoischen Eiszeitalters 664

Ursachen der Glazial-/Interglazialzyklen 664

Holozäne Klimaschwankungen 665

Blickpunkt Global Change 19.2 Inlandeis und globale Erwärmung 666

Ein Blick nach vorn 668