

Vorwort

Die Einführung der Bachelorstudiengänge und die Integration des Lehramtsstudiums in die Bachelor-Master-Ausbildung an den Hochschulen Deutschlands machte in den letzten Jahren eine Reform der Lehrpläne und eine tiefgreifende Umstrukturierung der klassischen Lehrveranstaltungskonzepte erforderlich. Dies bedeutete nicht nur eine Straffung der Lehrinhalte, sondern auch eine verstärkte Berücksichtigung didaktischer und multimedialer Aspekte in der Lehre. Auf diese didaktisch-methodischen Anforderungen im Lehrbetrieb der Bachelor- und Lehramtsausbildung ist das vorliegende Buch mit seinem übungsbegleitenden Lehrbuchkonzept zugeschnitten.

Der vorliegende Band vermittelt das notwendige Basiswissen in der Allgemeinen Physischen Geographie und ist im besonderen Maße zur Begleitung und Nacharbeitung von einführenden Vorlesungen zur Geomorphologie, Klimatologie, Biogeographie, Bodengeographie, Hydrologie und Geoökologie in den modularisierten Bachelor- und Lehramtsstudiengängen und verwandter Umweltwissenschaften geeignet.

In die verständliche, wissenschaftlich fundierte Darstellung ist eine Vielzahl von Übungsaufgaben eingeflochten. Diese bieten sowohl eine fragengeleitete Wiederholung wie auch Erweiterung der Inhalte zu den Grundlagen der Physischen Geographie. Die 230 Übungsfragen mit ihren ausführlichen Antworten sind elementarer Bestandteil der Lehrinheit und dienen auch der Vorbereitung auf Modulprüfungen. Für Aspekte, die mit traditionellen Lehrformen schwierig zu vermitteln sind, wird außerdem auf die interaktiven Lernmodule auf www.webgeo.de verwiesen.

Das Buch basiert auf einem seit vielen Jahren erprobten und erfolgreichen Lehrkonzept in der Grundausbildung der Physischen Geographie an der Universität Freiburg. Die Übungsaufgaben und Lösungen des vorliegenden Bandes sind aus Tutorien entwickelt worden, die in Freiburg parallel zu den Vorlesungen durchgeführt werden. Somit kommt die langjährige Lehrerfahrung der Autoren aus diesem dualen Konzept unmittelbar den Lesern vorliegenden Buches zu Gute.

Die vorliegende Neubearbeitung wurde gegenüber der 2. Auflage (2012) um ein zusätzliches Kapitel zur Geoökologie und ein stark ausgebaut

Kapitel zur Biogeographie erweitert. Alle Kapitel der Physischen Geographie wurden auf den neuesten Stand gebracht und um aktuelle, problemorientierte Themen erweitert. So findet der Leser z.B. Exkurse zu Themen des Klimawandels, zur Gefährdung der Biodiversität, zur Renaturierung von Fließgewässern, zu Bodenversiegelung und Flächenverbrauch, zu Ökosystemleistungen und Umweltplanung sowie über einen Augenzeugenbericht zur jüngsten Vulkaneruption auf Island mit einer Analyse des Katastrophenmanagements.

In diesem Band wird auf eine enge Vernetzung aller Teilgebiete der Physischen Geographie Wert gelegt. Insbesondere im Abschlusskapitel zur Geoökologie werden die Faktoren und Prozesse, die in den Teilgebieten im Einzelnen beschrieben wurden, in ihren Beziehungen und Wechselwirkungen zueinander innerhalb der Ökosphäre betrachtet. An Fallbeispielen zur Angewandten Geoökologie wird der Naturhaushalt hinsichtlich seiner Ökosystemleistungen für den Menschen im globalen Wandel analysiert und bewertet. Daraus werden Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für die Naturschutz- und Umweltplanung abgeleitet. Mit diesem Ansatz wird ein vernetztes Denken und praxisnahes Handeln gefördert, das gerade in der Geographie als querschnittsorientiertem Fach in Studium und Beruf sehr wichtig ist.

Auch optisch und didaktisch wurde die vorliegende Neubearbeitung gegenüber der 2. Auflage stark aufgewertet. Durch das Großformat konnte mehr Platz geschaffen werden für Texterweiterungen und für 350 didaktisch ansprechende farbige Abbildungen, die von den Autoren in der Lehre eingesetzt werden.

Damit liegt ein umfassendes, aktualisiertes Lehr- und Übungsbuch zur Physischen Geographie als zuverlässiger und moderner Begleiter durch das Studium vor.

Die Verfasser danken Prof. Dr. Gaby Zollinger, Dr. Manfred Bühner, Dr. Anja Hinterberger und Dr. Mattias Rupp für die Mitarbeit bei verschiedenen Kapiteln dieses Buches.

Freiburg, im Juni 2019

*Rainer Glawion, Rüdiger Glaser, Helmut Saurer,
Markus Weiler, Michael Gaede*

9 Vorwort

11 1 Klimatologie (HELMUT SAURER)

12 *Exkurs: Klima ist der langfristige Aspekt des Wetters*

12 1.1 Die Sonnenenergie – der Motor des Klimasystems

12 1.1.1 Globale Betrachtung

13 1.1.2 Differenzierung nach Breitenkreisen

17 1.2 Die solare Strahlung in der Atmosphäre

17 1.2.1 Reflexion

19 1.2.2 Absorption

19 1.2.3 Streuung

21 1.3 Energie- und Massenflüsse zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre

22 1.3.1 Schwarze Strahler

24 1.3.2 Die terrestrische Strahlung

24 1.3.3 Massentransporte als Folge von Energieströmen

26 1.3.4 Die Energiebilanz der Erdoberfläche

30 1.4 Die Atmosphäre

30 1.4.1 Zusammensetzung

31 1.4.2 Wirkung von Gasen in der Atmosphäre

32 *Exkurs: Emissionshandel*

32 1.4.3 Wirkung von Aerosolen in der Atmosphäre

33 1.4.4 Die Vertikalstruktur der Atmosphäre

34 *Exkurs: Bodennahes Ozon*

35 1.5 Klimaelemente und Klimafaktoren

35 1.5.1 Steuergrößen der Klimaelemente

37 1.5.2 Messbedingungen

38 *Exkurs: Skalen*

39 1.6 Der Luftdruck

39 1.6.1 Vertikale Luftdruckänderungen

40 1.6.2 Horizontale Druckgradienten

42 1.7 Das Wasser in der Atmosphäre

42 1.7.1 Der Sättigungsdampfdruck

43 1.7.2 Die Phasenübergänge

43 1.7.3 Messgrößen

47 1.7.4 Wolken

48 1.8 Atmosphärische Schichtung

48 1.8.1 Adiabatische Prozesse

49 1.8.2 Stabilität und Labilität

51 *Exkurs: Luftqualität und Smog*

52 1.9 Räumliche Grundmuster der globalen Energieverhältnisse

52 1.9.1 Die Verteilung der Globalstrahlung

53 1.9.2 Die Verteilung der Strahlungsbilanzwerte

53 1.9.3 Grundzüge der globalen Zirkulation

56 1.10 Luftströmungen

56 1.10.1 Die Corioliskraft

56 1.10.2 Geostrophischer Wind und Reibungswind

58 1.10.3 Der Ryd-Scherhag-Effekt

59 1.11 Hoch- und Tiefdruckgebiete

59 1.11.1 Wetterkarten

60 1.11.2 Thermische Druckgebilde

61	1.11.3	Dynamische Hoch- und Tiefdruckgebiete
64	1.11.4	Wetterabläufe in Zyklonen der Außertropen
65	1.12	Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre
65	1.12.1	Globaler Überblick
67	1.12.2	Zirkulationsmuster der Randtropen und Tropen
71		<i>Exkurs: Oszillationsindizes</i>
72		<i>Exkurs: Die Sahelproblematik</i>
72	1.13	Klimazonen
72	1.13.1	Klassifikationsansätze
73	1.13.2	Aridität und Humidität
73	1.13.3	Die Klassifikation nach Wladimir Köppen und Rudolf Geiger
77		<i>Exkurs: Klimadiagramme</i>
80		<i>Exkurs: Klimaklassifikation nach Alexander Siegmund und Peter Frankenberg</i>
82	1.14	Klimaschwankungen und Klimawandel
82	1.14.1	Klimaentwicklung
85	1.14.2	Klimamodelle
87	1.14.3	Klimaszenarien
90		<i>Exkurs: Emissionsszenarien im Wandel</i>
91	1.15	Klimarisiken
91		<i>Exkurs: Klimarisiken für Unternehmen</i>
92	1.15.1	Umgang mit dem Klimawandel: Vermeidung oder Anpassung
92	1.15.2	Risikobereiche
94		<i>Exkurs: Klima in der Raumplanung</i>
96		Lösungen zu den Aufgaben im Kapitel Klimatologie

105	2	Geomorphologie und ihre geologischen Grundlagen	(RÜDIGER GLASER)
------------	----------	--	------------------

106		<i>Exkurs: Relief digital</i>
107	2.1	Geosphäre: Aufbau und Veränderung
107	2.1.1	Aufbau der Erde
107	2.1.2	Gesteinsklassen
109		<i>Exkurs: Geologische Zeittafel</i>
113	2.2	Tektonik
113	2.2.1	Gesteine und deren Veränderung
113	2.2.2	Grundzüge der Plattentektonik
115	2.2.3	Weitere tektonische Prozesse
116		<i>Exkurs: Die Alpen als Beispiel für eine komplette Deckenüberschiebung</i>
118	2.3	Vulkanismus
119	2.3.1	Formen des Vulkanismus und Plutone
119		<i>Exkurs: Mount Saint Helens</i>
120	2.3.2	Vulkantypen
122		<i>Exkurs: Geologie lebt – Der Vulkanausbruch auf Island im September 2014 (Rainer Glawion)</i>
130	2.4	Sedimentite und Metamorphite
130	2.4.1	Arten von Sedimentgesteinen
132	2.4.2	Metamorphe Gesteine
133		<i>Exkurs: Erdöllagerstätten</i>

135	2.5	Verwitterung – steter Tropfen höhlt den Stein?
136		<i>Exkurs: Verwitterungsresistenz</i>
136	2.5.1	Physikalische Verwitterung
137	2.5.2	Chemische Verwitterung
137		<i>Exkurs: Anthropogene Verwitterung</i>
139	2.5.3	Biogene Verwitterung
140	2.6	Wenn Hänge ins Wanken geraten – Hangdynamik und Hangprozesse
140	2.6.1	Massenselbstbewegungen
140	2.6.2	Arten von Massenselbstbewegungen
143	2.6.3	Pedimente und Glacis
144	2.7	Fluviale Formung
144	2.7.1	Fließdynamik als Grundlage der Flussarbeit
146	2.7.2	Formbildende Prozesse
151	2.7.3	Talformen und Gewässernetze
155		<i>Exkurs: Flussveränderungen</i>
155		<i>Exkurs: Renaturierung von Fließgewässern</i>
157	2.8	Eiskalte Tatsachen – Glaziale Prozesse und Formen
158	2.8.1	Aufbau, innere Differenzierung und Dynamik von Gletschern
159	2.8.2	Spezifische Erosionsformen – am Anfang ist ein Kar
161	2.8.3	Akkumulationsformen
165		<i>Exkurs: Die glaziale Serie</i>
165	2.8.4	Formenschatz der letzten Kaltzeiten im Alpenvorland
167	2.8.5	Im Takt von Warm- und Kaltzeiten
170	2.9	Periglazialmorphologie
170	2.9.1	Charakteristika
172	2.9.2	Formen und Prozesse
178	2.9.3	Periglaziale Formen in Mitteleuropa
180	2.9.4	Das Periglazial als sensibles Ökosystem
180		<i>Exkurs: Leben und Wirtschaften im Periglazial</i>
182	2.10	Karstformen – Landschaften im Schweizer-Käse-Format
182	2.10.1	Bildungsvoraussetzungen von Karst
183	2.10.2	Lösungsprozesse von Karst
184	2.10.3	Karstformenschatz der Mittelbreiten
186		<i>Exkurs: Bauen in Karstgebieten</i>
187	2.10.4	Karsthydrographie
190	2.10.5	Karstformenschatz der Tropen
191		<i>Exkurs: Umweltprobleme in Karstlandschaften</i>
193	2.11	Äolischer Formenschatz
194	2.11.1	Grundüberlegungen zur Sandbewegung
195	2.11.2	Transportarten des Windes
196	2.11.3	Erosionserscheinungen und Erosionsformen
197	2.11.4	Dünen als Akkumulationsformen
198		<i>Exkurs: Winderosion, Deflation und Desertifikation</i>
199		<i>Exkurs: Dünenstabilisierung</i>
200	2.11.5	Löss als äolische Bildung
203	2.12	Küstenmorphologie
203	2.12.1	Prozessdynamik an Küsten
204		<i>Exkurs: Küsten als Risikoräume</i>
205		<i>Exkurs: Tsunamis</i>
209	2.12.2	Küstenklassifikation
215		Lösungen zu den Aufgaben im Kapitel Geomorphologie

227	3	Biogeographie	(RAINER GLAWION)
229	3.1	Was ist Leben und wie ist es entstanden?	
229	3.1.1	Merkmale des irdischen Lebens	
230	3.1.2	Ursprung und Entwicklung des Lebens auf der Erde	
232		<i>Exkurs: Die biochemische Entstehung des Lebens (Manfred Bühner)</i>	
238	3.1.3	Universelle Bedingungen für die Entstehung von Leben	
239	3.1.4	Der kosmische Ursprung der Elemente des Lebens	
241		<i>Exkurs: Astrogeographie – Eine physisch-geographische Disziplin der Zukunft</i>	
242	3.2	Biodiversität: Indikator für den Zustand des Planeten Erde	
243	3.2.1	Sippensystematik der Pflanzen und Tiere	
244	3.2.2	Globale Artenvielfalt	
245	3.2.3	Hotspots der Biodiversität und ihre Gefährdung	
248		<i>Exkurs: Konvention zur Biologischen Vielfalt</i>	
249		<i>Exkurs: Wie wird Biodiversität erfasst?</i>	
250	3.2.4	Monitoring der Gefährdung der Biodiversität	
254	3.3	Arealkunde	
254	3.3.1	Arealgrenzen und Verbreitungskarten	
254	3.3.2	Arealmuster	
255	3.3.3	Arealtypen	
257	3.3.4	Floren- und Faunenreiche	
261	3.4	Abiotische Umweltbeziehungen	
261	3.4.1	Der ökologische Standort	
262	3.4.2	Licht und Photosynthese	
265	3.4.3	Anpassungsmechanismen an Hitze und Kälte	
267	3.4.4	Die Bedeutung des Wassers für die Pflanze	
270		<i>Exkurs: Wasserhaushaltstypen der Pflanzen</i>	
272	3.4.5	Nährstoffhaushalt der Pflanze	
274	3.4.6	Mechanische Störfaktoren	
278	3.5	Biotische Interaktionen	
278	3.5.1	Symbiose, Parasitismus und Prädation	
280	3.5.2	Konkurrenz und Wettbewerb bei Pflanzen	
282	3.6	Vegetationsklassifikation	
282	3.6.1	Wege zur Erfassung der vegetationsräumlichen Ordnung	
283	3.6.2	Pflanzliche Gestalttypen	
286		<i>Exkurs: Lebensformen nach Christen Raunkiaer</i>	
288	3.6.3	Pflanzenformationen	
289	3.6.4	Vegetationskartierung	
296	3.7	Vegetations- und Landnutzungswandel in Mitteleuropa	
296	3.7.1	Die natürliche Vegetation Mitteleuropas und ihre Standorte	
296	3.7.2	Anthropogene Vegetationsveränderung seit dem Neolithikum	
300		Lösungen zu den Aufgaben im Kapitel Biogeographie	
311	4	Bodengeographie	(MICHAEL GAEDE)
313	4.1	Bodenbestandteile	
313	4.1.1	Mineralische Bestandteile	
314	4.1.2	Organische Bestandteile	
314	4.1.3	Bodenwasser	
316	4.1.4	Bodenluft	

317	4.2	Physikalische Bodeneigenschaften
317	5.2.1	Körnung, Textur
317	5.2.2	Bodenfarbe
317	4.3	Chemische Bodeneigenschaften
318	4.3.1	Boden-pH
318	4.3.2	Bodenacidität
319	4.3.3	Puffersysteme
320	4.4	Physiko-chemische Bodeneigenschaften
322	4.5	Bodenentwicklung
322	4.5.1	Aspekte der Bodenbildung
324	4.5.2	Bodenprozesse
330	4.6	Bodensystematik
330	4.6.1	Bodenklassifikationssysteme
330	4.6.2	Bodensystematik national
331	4.6.3	Bodensystematik international Soil Taxonomy
336	4.7	Verbreitung von Böden
340	4.8	Bodenfunktionen und Bodenschutz
340	4.8.1	Schutzwürdigkeit der Ressource Boden
342		<i>Exkurs: Schutzbedürftigkeit der Ressource Boden</i>
343	4.8.2	Bodengefährdungen
343		<i>Exkurs: Bodenversiegelung / Flächenverbrauch</i>
344	4.8.3	Bodenmelioration
345		<i>Exkurs: Rekultivierung einer Rohstofflagerstätte</i>
349		Lösungen zu den Aufgaben im Kapitel Bodengeographie

351	5	Hydrologie	(MARKUS WEILER)
------------	----------	-------------------	-----------------

351	5.1	Wasserkreislauf
352	5.1.1	Wasserspeicher der Erde
352	5.1.2	Globaler Wasserkreislauf
354	5.1.3	Verweilzeit
355	5.1.4	Räumliche Variabilität des Wasserkreislaufs
356	5.2	Wasserbilanz
356	5.2.1	Bodenwasserbilanz
357	5.2.2	Bodenwasserbilanz in verschiedenen Klimaten
358	5.2.3	Einzugsgebiete
359		<i>Exkurs: Messung der Bodenwasserbilanzgrößen</i>
361	5.3	Grundwasser
361	5.3.1	Geohydrologische Begriffe
362	5.3.2	Grundwasserbilanz
363	5.3.3	Grundwasserbewegung
365	5.4	Abfluss
365	5.4.1	Abflussmessung und Abflussganglinien
366	5.4.2	Abflussbildung
369	5.4.3	Abflussregime
371		Lösungen zu den Aufgaben im Kapitel Hydrologie

373	6	Geoökologie	(RAINER GLAWION)
375	6.1	Ökosysteme und Ökosystemmodelle	
377	6.2	Stoffkreisläufe und Energieflüsse in Ökosystemen	
377	6.2.1	Nährstoffkreislauf und Energiefluss	
379	6.2.2	Stickstoffkreislauf	
382	6.2.3	Kohlenstoffkreislauf	
384	6.3	Die Ökosysteme Deutschlands und ihre anthropogene Beeinflussung	
384	6.3.1	Landschaftsökologische Raumtypen Deutschlands und ihre Hemerobie	
389	6.3.2	Wie naturfern sind die heutigen Ökosysteme Deutschlands?	
390	6.4	Ökosystemleistungen als Grundlagen der Umweltbewertung und Umweltplanung	
391	6.4.1	Umweltbewertungsverfahren	
393	6.4.2	Ökosystemleistungen als Grundlage einer nachhaltigen Regionalplanung in Deutschland	
394	6.5	Konflikte um natürliche Ressourcen in Wüstenökosystemen der Namib	
395	6.5.1	Historische und heutige Landnutzungskonflikte	
397	6.5.2	Central Namib Uranium Rush	
400	6.6	Die Ökozonen der Erde im globalen Wandel	
400	6.6.1	Prinzip der ökozonalen Gliederung	
401	6.6.2	Polare/subpolare Zone	
403		<i>Exkurs: Südgeorgien – eine subantarktische Insel mit blutiger Vergangenheit</i>	
404	6.6.3	Boreale Zone	
405	6.6.4	Temperierte Zone	
408	6.6.5	Subtropische Zone	
410	6.6.6	Tropische Zone	
416		<i>Exkurs: Steckbrief der Ökozonen</i>	
426		Lösungen zu den Aufgaben im Kapitel Geoökologie	
429		Literaturverzeichnis	
437		Register	
444		Bildquellen	
448		Tabellenverzeichnis	