

Jürgen Schultz

# Die Ökozonen der Erde

5. Auflage



### **Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage**

Böhlau Verlag · Wien · Köln · Weimar

Verlag Barbara Budrich · Opladen · Toronto

facultas · Wien

Wilhelm Fink · Paderborn

A. Francke Verlag · Tübingen

Haupt Verlag · Bern

Verlag Julius Klinkhardt · Bad Heilbrunn

Mohr Siebeck · Tübingen

Nomos Verlagsgesellschaft · Baden-Baden

Ernst Reinhardt Verlag · München · Basel

Ferdinand Schöningh · Paderborn

Eugen Ulmer Verlag · Stuttgart

UVK Verlagsgesellschaft · Konstanz, mit UVK/Lucius · München

Vandenhoeck & Ruprecht · Göttingen · Bristol

Waxmann · Münster · New York



Jürgen Schultz

## Die Ökozonen der Erde

5., vollständig überarbeitete Auflage

139 Zeichnungen

23 Tabellen und 5 Kästen

3 farbige Abbildungen im Anhang

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

**Univ. Prof. Dr. Jürgen Schultz (†)** gehörte dem Lehrkörper der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (Geographisches Institut) an. Sein Lehr- und Forschungsgebiet war die Physische Geographie, insbesondere die Geoökologie. Er verstarb im November 2015.

Englische Ausgabe:  
The Ecozones of the World: The Ecological Divisions of the Geosphere  
Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/NewYork: 2<sup>nd</sup> ed. 2005

Chinesische Ausgabe:  
Higher Education Press, Beijing (2010)

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2002, 2016 Eugen Ulmer KG  
Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim)  
E-Mail: [info@ulmer.de](mailto:info@ulmer.de)  
[www.ulmer.de](http://www.ulmer.de)  
Lektorat: Sabine Mann  
Herstellung: Jürgen Sprengel  
Umschlaggestaltung: Atelier Reichert, Stuttgart  
Satz: Bernd Burkart; [www.form-und-produktion.de](http://www.form-und-produktion.de)  
Druck und Bindung: Friedr. Pustet, Regensburg  
Printed in Germany

UTB Band-Nr. 1514  
ISBN 978-3-8252-4628-0 (Print)  
ISBN 978-3-8385-4628-5 (E-Book)

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 3. Auflage .....	11
Vorwort zur 5. Auflage .....	13
Abkürzungen und Symbole .....	15

## Allgemeiner Teil: Inhaltliche Behandlung der Ökozonen und globale Übersichten ausgewählter Merkmale .....

17

<b>1</b>	<b>Verbreitung und Flächenanteile der Ökozonen</b> ..	27
	Literatur zu Kap. 1 .....	27
<b>2</b>	<b>Klima</b> .....	29
2.1	Strahlungsklima .....	29
2.2	Hygrothermische Wachstumsbedingungen für Pflanzen, Vegetationsperioden und Tageslängen ..	31
	Literatur zu Kap. 2 .....	34
<b>3</b>	<b>Relief und Gewässer</b> .....	36
3.1	Morphodynamik .....	36
3.2	Gewässer und Wasserbilanz .....	38
	Literatur zu Kap. 3 .....	39
<b>4</b>	<b>Böden</b> .....	41
4.1	Bodenfruchtbarkeit .....	41
4.2	Bodenwasserhaushalt .....	44
4.3	Bodeneinheiten und Bodenzonen .....	47
	Literatur zu Kap. 4 .....	56
<b>5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt</b> .....	58
5.1	Strukturmerkmale der Vegetation .....	58
5.2	Ökosysteme und ökozonale Modelle .....	61
5.3	Organische Bestandesvorräte im Ökosystem .....	64
5.4	Primärproduktion .....	66
5.4.1	Photosynthese und Respiration .....	66

5.4.2	Primärproduktion von Pflanzenbeständen .....	67
5.4.3	Produktionsleistungen der Pflanzendecke auf der Erde .....	68
5.5	Tierfraß und Sekundärproduktion .....	75
5.6	Bestandsabfälle und Zersetzung .....	77
5.7	Mineralstoffumsätze .....	79
	Literatur zu Kap. 5 .....	82
<b>6</b>	<b>Landnutzung</b> .....	85
	Literatur zu Kap. 6 .....	88
	<b>Regionaler Teil: Die einzelnen Ökozonen</b> .....	89
<b>7</b>	<b>Polare/subpolare Zone</b> .....	90
7.1	Verbreitung und subzonale Differenzierung .....	90
7.2	Klima .....	91
7.2.1	Lufttemperaturen, Tageslängen, Niederschläge .....	91
7.2.2	Jährlicher Temperaturgang im Boden und in der bodennahen Luftschicht .....	92
7.2.3	Sommerlicher Strahlungs- und Wärmehaushalt .....	94
7.3	Relief und Gewässer in den Periglazialgebieten .....	95
7.4	Böden .....	99
7.5	Vegetation und Tierwelt der Tundren und polaren Wüsten .....	102
7.5.1	Gliederung der Vegetation .....	104
7.5.2	Phytomasse und Primärproduktion .....	105
7.5.3	Tierwelt und Tierfraß .....	106
7.5.4	Zersetzung und Mineralstoffumsätze .....	107
7.5.5	Modell eines Tundrenökosystems .....	108
7.6	Landnutzung .....	112
	Zusammenfassendes Schaubild der Tundra .....	110
	Literatur zu Kap. 7 .....	113
<b>8</b>	<b>Boreale Zone</b> .....	115
8.1	Verbreitung .....	115
8.2	Klima .....	115
8.3	Relief und Gewässer .....	118
8.4	Böden .....	122
8.5	Vegetation und Tierwelt .....	124
8.5.1	Boreale Nadelwälder .....	124
8.5.2	Torfmoore .....	126
8.5.3	Waldtundra, polare Wald- und Baumgrenze .....	127
8.5.4	Phytomasse und Primärproduktion .....	128
8.5.5	Zersetzung, organische Bodensubstanz und Mineralstoffvorräte .....	129

8.5.6	Boreale Nadelwaldökosysteme .....	132
8.6	Landnutzung .....	132
	Zusammenfassendes Schaubild der Borealen Zone ...	134
	Literatur zu Kap. 8 .....	136
<b>9</b>	<b>Feuchte Mittelbreiten</b> .....	<b>139</b>
9.1	Verbreitung .....	139
9.2	Klima .....	139
9.3	Relief und Gewässer .....	142
9.4	Böden .....	144
9.5	Vegetation und Tierwelt .....	146
9.5.1	Saisonalität sommergrüner Wälder .....	148
9.5.2	Wasserbilanz von Wäldern .....	150
9.5.3	Phytomasse und Primärproduktion, Zuwachs und Streufall .....	150
9.5.4	Mineralstoffhaushalt – im Vergleich mit borealen Nadelwäldern .....	152
9.5.5	Ökosystem-Modell eines sommergrünen Laubwaldes	158
9.6	Landnutzung .....	159
	Zusammenfassendes Schaubild der Feuchten Mittelbreiten .....	162
	Literatur zu Kap. 9 .....	164
<b>10</b>	<b>Trockene Mittelbreiten</b> .....	<b>166</b>
10.1	Verbreitung und subzonale Differenzierung, allgemeine Merkmale von Trockengebieten .....	166
10.2	Klima .....	168
10.3	Relief und Gewässer .....	169
10.4	Böden der Steppen .....	170
10.4.1	Zonale Böden .....	170
10.4.2	Halomorphe Böden .....	173
10.5	Vegetation und Tierwelt der Steppen .....	173
10.5.1	Steppentypen, Halbwüsten und Wüsten .....	174
10.5.2	Lebensformen: Anpassungen an Winterkälte und Sommerdürre .....	176
10.5.3	Tierwelt und Tierfraß .....	177
10.5.4	Phytomasse, Primärproduktion und Zersetzung .....	177
10.5.5	Mineralstoffvorräte und -umsätze .....	179
10.6	Landnutzung .....	181
10.6.1	Großbetriebliche Getreidewirtschaft .....	181
10.6.2	Extensive stationäre Weidewirtschaft und Wildbewirtschaftung .....	183
10.6.3	Nutzbarkeit von halomorphen Böden .....	185
	Zusammenfassendes Schaubild der Steppen .....	186
	Literatur zu Kap. 10 .....	188

<b>11</b>	<b>Winterfeuchte Subtropen</b> .....	190
11.1	Verbreitung und regionale Differenzierung .....	190
11.2	Klima .....	191
11.3	Relief und Gewässer .....	192
11.4	Böden .....	193
11.5	Vegetation und Tierwelt .....	194
11.5.1	Artenvielfalt, Hartlaubwälder und -strauchformationen .....	194
11.5.2	Lebensformen, Anpassungen an Sommerdürre .....	196
11.5.3	Tierwelt .....	198
11.5.4	Feuer .....	199
11.5.5	Phytomasse und Primärproduktion .....	201
11.6	Landnutzung .....	203
	Zusammenfassendes Schaubild der Winterfeuchten Suptropen .....	204
	Literatur zu Kap. 11 .....	206
<b>12</b>	<b>Immerfeuchte Subtropen</b> .....	209
12.1	Verbreitung .....	209
12.2	Klima .....	210
12.3	Relief und Gewässer .....	212
12.4	Böden .....	213
12.5	Vegetation .....	213
12.5.1	Strukturmerkmale .....	213
12.5.2	Bestandesvorräte und -umsätze eines halbimmer- grünen Eichenwaldes in den südöstlichen USA .....	215
12.6	Landnutzung .....	219
	Zusammenfassendes Schaubild der Immerfeuchten Subtropen .....	220
	Literatur zu Kap. 12 .....	222
<b>13</b>	<b>Tropisch/subtropische Trockengebiete</b> .....	224
13.1	Verbreitung und subzonale Differenzierung .....	224
13.2	Klima .....	225
13.3	Relief und Gewässer .....	227
13.3.1	Verwitterungsprozesse, Hartkrusten und Verwitterungsrinden .....	227
13.3.2	Äolische Prozesse .....	229
13.3.3	Flussarbeit und Spüldenudation .....	230
13.4	Böden .....	232
13.5	Vegetation und Tierwelt .....	233
13.5.1	Vegetation und Bodenwasserhaushalt .....	235
13.5.2	Lebensformen: Anpassungen an Dürre- und Salzstress .....	239
13.5.3	Tierwelt der Wüsten .....	242
13.5.4	Phytomasse und Primärproduktion .....	243

13.6	Landnutzung .....	244
13.6.1	Extensive Wanderweidewirtschaft .....	245
13.6.2	Oasen-Bewässerungswirtschaft .....	247
	Literatur zu Kap. 13 .....	247
	Zusammenfassende Schaubilder der Dornsavannen und Subtropischen Dornsteppen .....	250
	Zusammenfassendes Schaubild der Wüsten und Halb- wüsten mittlerer und tropisch/subtropischer Breiten .....	252
<b>14</b>	<b>Sommerfeuchte Tropen</b> .....	255
14.1	Verbreitung und subzonale Differenzierung .....	255
14.2	Klima .....	257
14.3	Relief und Gewässer .....	258
14.3.1	Rumpfflächen und Inselberge .....	258
14.3.2	Fließgewässer .....	260
14.4	Böden .....	261
14.4.1	Die Böden der Sommer- und Immerfeuchten Tropen und Subtropen – allgemein .....	261
14.4.2	Die wichtigsten Bodentypen der Sommerfeuchten Tropen .....	263
14.5	Vegetation und Tierwelt .....	267
14.5.1	Physiognomisch-ökologische Merkmale und Saisonalität .....	267
14.5.2	Tierwelt .....	268
14.5.3	Savannenbrände .....	269
14.5.4	Phytomasse und Primärproduktion .....	270
14.5.5	Zoomasse und Tierfraß .....	271
14.5.6	Streuzersetzung .....	274
14.5.7	Mineralstoffvorräte und -umsätze .....	274
14.6	Landnutzung .....	275
	Zusammenfassendes Schaubild der Sommerfeuchten Tropen .....	280
	Literatur zu Kap. 14 .....	282
<b>15</b>	<b>Immerfeuchte Tropen</b> .....	284
15.1	Verbreitung .....	284
15.2	Klima .....	285
15.3	Relief und Gewässer .....	287
15.3.1	Verwitterung und Lösungsabtrag .....	287
15.3.2	Fluviale Zerschneidung und Hangabtragung .....	287
15.4	Böden .....	288
15.5	Vegetation und Tierwelt .....	292
15.5.1	Strukturmerkmale tropischer Regenwälder .....	293
15.5.2	Vegetationsdynamik .....	299
15.5.3	Tierwelt .....	299
15.5.4	Phytomasse und Primärproduktion .....	300

15.5.5	Tierfraß .....	301
15.5.6	Streufall und Streuschicht, Zersetzung und Humus ...	301
15.5.7	Mineralstoffvorräte und -umsätze .....	303
15.5.8	Regenwald-Ökosysteme .....	305
15.6	Landnutzung .....	306
	Literatur zu Kap. 15 .....	309
	Zusammenfassendes Schaubild der Immerfeuchten Tropen .....	310
	<b>Anhang</b> .....	314
A	Ökozonale Gliederung der Erde .....	314
B	Bodenzonen der Erde .....	316
C	Agrarregionen der Erde .....	318
	Sachregister .....	320

## Vorwort zur 3. Auflage

In diesem Buch wird eine Gliederung der Erde in neun Ökozonen vorgenommen. Damit sind jene annähernd breitenzonalen Raumtypen gemeint, die sich bei einem ersten Teilungsschritt der globalen (terrestrischen) Ökosphäre ergeben. Zwar sind diese großräumigen Einheiten fragmentiert (jeweils über mehrere Kontinente verteilt) und in sich erheblich differenziert (und geben damit Anlass zu weiteren Unterteilungen), doch verbleiben genügend übergreifende Struktur- und Prozessmerkmale, so die hier vertretene Auffassung, was ihre Abgrenzung rechtfertigt.

Die nunmehr vorgelegte dritte Auflage geht auf eine völlig neue Bearbeitung zurück, als deren unmittelbares Ergebnis das deutlich umfangreichere *Handbuch der Ökozonen* (Ulmer 2000, UTB L) erschienen ist. Die dritte Auflage der *Ökozonen der Erde* bildet davon eine Kurzfassung, die, wie Verlag und Autor meinen (und hoffen), den Interessen solcher Studenten entgegen kommt, die sich ein kurzes (und preisgünstiges) Lehrbuch zum Thema „Ökozonen“ wünschen.

Zielgruppe sind in erster Linie Studenten des Faches Geographie. Es würde mich freuen, wenn das Buch auch darüber hinaus Interesse finden würde, beispielsweise (wie schon im Falle der beiden ersten Auflagen) bei Studenten der Fächer Biologie, Bodenkunde, Agrarwissenschaften und Forstwissenschaften, bei Erdkunde- und Biologielehrern zur Fortbildung sowie bei all jenen ökologisch-geographisch Interessierten, die sich über die besonderen Eigenschaften der großen Erdräume informieren möchten – und sei es nur, um eine Einführung für eine in einen anderen Weltteil geplante Reise zu erhalten. Ich selbst habe bei meinen Aufenthalten in anderen Landschaftszonen gelegentlich ein Buch vermisst, das mir – wie es das vorliegende versucht – in konzentrierter Form wesentliche Merkmale der Erdräume in ihrer regelhaften Verknüpfung zusammenfasst und erklärt.

Für die Reinzeichnung der Abbildungen danke ich dem Kartographen des Geographischen Instituts der RWTH Aachen, Herrn Dipl. Ing. Hans-Joachim Ehrig.

Das vorliegende Buch hat die (Geo-)Ökologie zum Gegenstand. Dies aber nicht in dem heute vielfach üblichen Sinne, dass die (zerstörerischen) Umwelteinwirkungen des Menschen und der Schutz der Umwelt vor diesen Einwirkungen zum Mittelpunkt erhoben werden. Vielmehr geht es primär um Informationen zur Beschaffenheit unserer (Um-)Welt, den Form- und Materialeigenschaften ihrer Komponenten sowie den Funktionalbeziehungen zwischen diesen. Natürlich verbindet sich hiermit die Hoffnung, dass ein größeres Verständnis für die Umwelt auch für deren Erhaltung sinnvoll („sozialverantwortlich“) eingesetzt wird.

Aachen, im Oktober 2001

Jürgen Schultz

## Vorwort zur 5. Auflage

Das Vorwort zur ersten Auflage beschreibt, dass sich dieses Buch an Studierende der Geographie wendet und äußert die Hoffnung, dass es auch darüber hinaus Interesse finden möge – bei z.B. Studierenden anderer Fächer oder für ökologisch-geographisch Interessierte – und sei es ‚nur‘ für eine Reisevorbereitung. Diese Hoffnung hat sich erfüllt. Die Einteilung der Erde in die von J. Schultz 1988 eingeführten Ökozonen findet zunehmende Akzeptanz in der wissenschaftlichen Literatur der Geographie und Geologie sowie auch auszugsweise in Schulbüchern und hat sich zu einem viel zitierten Werk entwickelt. Herausgestellt werden soll in diesem Zusammenhang die 2014 im Springer-Verlag erschienene Buchpublikation *Böden der Welt* von W. Zech, P. Schad und G. Hintermaier-Erhard, in der die meisten Böden nach ihrem Vorkommen in bestimmten Ökozonen beschrieben werden. Die Gliederung der Biosphäre in neun Ökozonen (S. XVII) folgt dabei dem Konzept der *Ökozonen der Erde* von J. Schultz. Auch B. Eitel und D. Faust orientieren sich in ihrem Buch *Bodengeographie* an der ökozonalen Gliederung der Erde. Scheffer/Schachtschabel (2010, 16. Aufl.) verfahren in ihren regionalen Kapiteln zu den Bodenzonen ähnlich. In beiden Standardwerken zur Bodenkunde werden die Bodenzonenkarten von J. Schultz zur Illustration ihrer bodenzonalen Gliederungen übernommen. Ähnlich, jedoch bezüglich der Vegetation, verfahren die beiden Autoren Pfadenhauer und Klötzli in ihrem ebenfalls 2014 im Springer-Verlag erschienenen Buch *Vegetation der Erde*: Sie wählen die Ökozonen als Basiseinheit für ihr Buch (s. dort auf S. 51).

Viele Änderungen gegenüber den früheren Auflagen konzentrieren sich auf die Bodenkapitel. Sie ergeben sich durch die Neufassung der offiziellen Referenznomenklatur für Böden und Bodenklassifikationen der Internationalen Bodenkundlichen Union (IUSS), die 2014 in dritter Auflage der WRB (World Reference Base for Soil Resources) erschienen ist und u. a. Neudefinitionen und striktere Anwendungsregeln bezüglich der Bodenmerkmale (Qualifier) mit sich brachte.

Das in die letzte Auflage neu aufgenommene Unterkapitel zur Klimaerwärmung und die darin enthaltene kritische Auseinanderset-

zung mit dem anthropogenen Einfluss brachte viel Zuspruch, aber auch Kritik ein. Da das Thema aufgrund seiner Komplexität nicht mehr umfänglich und in notwendiger wissenschaftlicher Tiefe bearbeitet werden konnte, hat sich J. Schultz dazu entschlossen, dieses Unterkapitel wieder herauszunehmen.

Prof. Dr. J. Schultz verstarb während der abschließenden Arbeiten an der 5. Auflage „seiner“ Ökozonen. Es war sein Wunsch, dass ich, sein Sohn Dipl. Phys. Dr. N. Schultz, das Buch anhand seiner handschriftlichen Notizen zu Ende führe. Zudem wurden von mir die Bodenbeschreibungen gemäß der 3. Auflage der WRB von 2014 aktualisiert und die physikalisch-mathematischen Beschreibungen mancher dargestellter Zusammenhänge überarbeitet.

Mainz, im September 2016

Niko Schultz

# Abkürzungen und Symbole

BHD	Stammdurchmesser in Brusthöhe ( <i>breast height diameter</i> ) ~1.3 m über Erdboden
BS	Basensättigung (früher V-Wert)
C	Kohlenstoff
C/N	Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis von toten org. Substanzen als Maß für Zersetzbarkeit
DBG	Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft
E	Evaporation
ET	Evapotranspiration, Verdunstung
ET <sub>akt</sub>	aktuelle Evapotranspiration
ET <sub>pot</sub>	potentielle Evapotranspiration
GVE	Großvieheinheit (1 Rind [500 kg Lebendgewicht] oder 5-Schafe/Ziegen)
HAC	High activity clay (Drei- und Vierschicht-Tonminerale, z.B. Illit, Chlorit)
K	Kelvin (im vorliegenden Buch nur für Temperaturdifferenzen gebraucht)
k	Zersetzungsrate, Mineralisierungsrate (jährliche Streuzufuhr/Streuvorrat)
KAK	Kationenaustauschkapazität
KAK <sub>eff</sub>	effektive K. (d.i. KAK bei gegebenem pH)
KAK <sub>pot</sub>	potentielle K. (d.i. KAK bei neutraler Bodenreaktion)
LAC	Low activity clay (Zweischicht-Tonminerale, z.B. Kaolinit)
LAI	Blattflächenindex (BFI) ( <i>leaf area index</i> )
MPa	Megapascal ( $10^6$ Pa = 10 bar)
M <sub>ppN</sub>	Mineralstoffbedarf ( <i>nutrient requirement</i> ) der Primärproduktion
N	Newton (Kraftmaß)
NIR	Nahe infrarote Strahlung ( <i>near infrared</i> )
nm	Nanometer (= $10^{-9}$ m)
NUE	Mineralstoff-Nutzungseffizienz ( <i>nutrient use efficiency</i> )
P, p	Mittlerer Jahresniederschlag, monatlicher Niederschlag

Pa	Pascal (Druckmaß)
pH	Säurestärke (negativer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration)
PHAR	photosynthetisch nutzbare Strahlung ( <i>photosynthetic active radiation</i> )
ppm, ppmv	Menge in Volumenanteilen pro Million ( <b>part per million</b> ) $1\% = 10^4$ ppm, z.B. $0.04\% \text{ CO}_2 = 400$ ppm)
PP <sub>N</sub>	Nettoprimärproduktion
RSG	Reference Soil Group (der WRB Systematik)
RUE	Regennutzungseffizienz ( <i>rain use efficiency, rain factor</i> )
SOM	tote organische Bodensubstanz ( <i>soil organic matter</i> )
sp., spp.	Art, Arten (species)
ssp.	Unterart (subspecies)
t <sub>a</sub> , t <sub>mon</sub>	Jahresmitteltemperatur, Mittlere Monatstemperatur
TS	Trockensubstanz, (-masse, -gewicht)
UV	ultraviolett(es Licht)
WRB	World Reference Base for Soil Resources
WUE	Wassernutzungskoeffizient ( <i>water use efficiency</i> )

## **Allgemeiner Teil**

**Inhaltliche Behandlung der  
Ökozonen und globale Übersichten  
ausgewählter Merkmale**

**Ökozonen** sind Großräume der Erde, die sich durch jeweils eigenständige Klimagenese, Morphodynamik, Bodenbildungsprozesse, Lebensweisen von Pflanzen und Tieren sowie Ertragsleistungen in der Agrar- und Forstwirtschaft auszeichnen. Entsprechend unterscheiden sie sich in auffälliger Weise nach dem jährlichen und täglichen Klimagang, den exogenen Landformen, den Bodentypen, den Pflanzenformationen und Biomen<sup>1</sup> sowie den agraren und forstlichen Nutzungssystemen. Ihre Verbreitung auf der Erde ist breitenabhängig und gewöhnlich disjunkt (fragmentiert) auf die Kontinente verteilt.

Der Terminus *Ökozone* in der beschriebenen Bedeutung wurde erstmals 1988 eingeführt (SCHULTZ 1988, 1995, 1998, 2000a, 2000b, 2001–02, 2005). Im (hierarchischen) System der *landschaftsökologischen Raumeinheiten*, dessen Grundeinheit der **Ökotoptop**<sup>2</sup> ist, bezeichnet er die oberste Ordnungsstufe, also *die erste* Unterteilung der **Ökosphäre**.<sup>3</sup> Zwischen Ökotoptop und Ökozonen lassen sich bei Bedarf weitere Unterteilungsstufen einfügen, die beispielsweise als **Ökoregionen**, **Ökoprovinsen** und **Ökodistrikte** bezeichnet werden können.

Sowohl nach ihrer Abgrenzung als auch nach dem damit verfolgten Anliegen, nämlich ein naturräumliches (und bis zu einem gewissen Grade auch kulturräumliches) Ordnungsmuster der Erde in der globalen Dimension aufzuzeigen, sind die Ökozonen den von anderen Autoren (zum Beispiel BAILEY 1998 und 2002, BRAMER 1982, CANADELL et. al 2007, CHUVIECO 2008, GRABHERR 1997, HORNETZ und JÄTZOLD 2003, MÜLLER-HOHENSTEIN 1981, RICHTER 2001, WALTER und BRECKLE 1983–94 und 1999) als *Landschaftsgürtel*, *geographische Zonen*, *Geozonen*, *Vegetationszonen*, *Zonobiome* etc. bezeichneten Erdregionen vergleichbar. Sie unterscheiden sich aber nach der inhaltlichen Fassung, indem sie sich weniger als jene auf die zonalen natürlichen Pflanzenformationen gründen, sondern stärker als **geozonale Ökosysteme** erfasst und erklärt werden.

Das heißt, neben der qualitativen Darstellung von einzelnen Merkmalen oder Merkmalkomplexen, wie z.B. Bodeneinheiten, Vegetationsstrukturen und Landformen, tritt die *quantitative und integrative Erfassung von Stoff- und Energievorräten* in den verschiedenen Systemkompartimenten sowie von Stoff- und Energieumsätzen zwischen diesen Kompartimenten. Als ökologisch bedeutsame Stoffvorräte (-mengen) werden zum Beispiel die Biomasse von Pflanzen und

<sup>1</sup> siehe Seite 61.

<sup>2</sup> Kleinste abgrenzbare ökologische Raumeinheit (= Raumdimension eines Ökosystems), die in geographischem (landschaftsökologischem) Sinne als homogen gelten kann.

<sup>3</sup> D. i. die Gesamtheit von Biosphäre (= Lebensbereich der Erde) und der über Wechselwirkungen (Energieflüsse, Stoffkreisläufe etc.) mit ihr verbundenen Teilbereiche von Litho-, Pedo-, Hydro- und Atmosphäre.

Tieren, die tote organische Bodensubstanz sowie die Mineralstoffe in der Vegetation und im Boden ins Blickfeld gerückt. Von den Stoffumsätzen finden Primärproduktion, Tierfraß und Sekundärproduktion, Streufall und -zersetzung sowie Mineralstoff- und Wasserkreislauf besondere Beachtung. Energetische Aspekte werden bei allen organischen Substanzen und deren Umsätzen berücksichtigt. Die moderne regionale Ökosystemforschung hat derart reichhaltige Untersuchungsergebnisse erbracht, dass dieser neue Weg der ökozonalen Darstellung möglich geworden ist.

*Der Versuch, die Erde in wenige Großräume mit möglichst vielen einheitlichen Zügen zu gliedern, ist aus mehreren Gründen problematisch und wird deshalb von mancher Seite kritisch beurteilt. Zu den **schwer lösbaren Problemen**, die hier nicht verschwiegen werden sollen, gehören:*

- a) Die tatsächlich existierende *kleinräumige Vielfalt der Standortbedingungen*, wie sie überall auf der Erde vorliegt, lässt sich nur unter großen Zwängen und dementsprechend mit beträchtlichen Unschärfen ‚unter einen (ökozonalen) Hut‘ bringen.
- b) *Eine Reihe von Gegebenheiten entzieht sich, da erkennbare Umwelteinwirkungen fehlen, jeglicher Zuordnung*; dazu gehören beispielsweise die Land-See-Verteilung, das Großrelief der Erde, Verbreitung der Gesteinsarten, Vorkommen von Bodenschätzen und viele historisch bedingte Erscheinungen (Gliederung nach Staaten, Sprachen, Kulturgemeinschaften). Diese Merkmale wie auch die von ihnen ausgehenden Einflüsse, z.B. auf das Klima oder die Landnutzung, ‚stören‘ also die ökozonale Ordnung oder fallen als azonale Erscheinungen völlig heraus.
- c) *Die übrigen, mehr oder weniger umweltabhängigen (und damit in die ökozonalen Wirkungsgefüge verflochtenen) Landschaftselemente haben nur selten scharf ausgeprägte Verbreitungsgrenzen*. In der Regel erfolgt ihr Wandel kontinuierlich, entlang von im Einzelfall sehr verschiedenen Parametern über breite Übergangszonen (Ausnahmen z.B. Land-See-Grenzen, Gebirgsränder). Linienhafte Grenzziehungen müssen daher grundsätzlich fragwürdig erscheinen; dies um so mehr, wenn sie, wie im vorliegenden Falle, den Anspruch erheben, zugleich für ganze *Merkmalskombinationen* zu gelten.
- d) *Viele der exogen geprägten Gegebenheiten haben sich im Laufe langer Zeiträume herausgebildet*. Ihre heutige Gestalt ist daher teilweise oder ganz das Ergebnis von andersartigen Umwelteinflüssen, die früher herrschten. Eine Einpassung in die gegenwärtigen Verhältnisse ist nicht oder nur unter großen Zwängen möglich.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Der Anteil solcher Vorzeitformen ist insbesondere bei den Landformen groß. Für sie ist eine morphogenetische Erklärung aus dem heute existierenden Prozessge-  
Fortsetzung nächste Seite →

Aus den genannten Problemen ergeben sich als Konsequenzen, dass

- ökozonale Abgrenzungen bis zu einem gewissen Grade willkürlich (z.B. an klimatischen Schwellenwerten) gezogen werden müssen und allenfalls für einen Teil der Landschaftsmerkmale gelten können und
- die Vielfalt der Bedingungen innerhalb der wie auch immer umgrenzten Zonen naturgemäß groß bleiben muss.

**Eine ökozonale Gliederung der Erde ist trotzdem möglich und sinnvoll**, – so die hier vertretene These – und zwar unter den folgenden Prämissen und Zugeständnissen:

- a) *Die Vielfalt innerhalb der Zonen kann grundsätzlich nicht als Widerspruch zu ihrer Abgrenzung verstanden werden.* Entscheidend sind die verbleibenden Gemeinsamkeiten und deren Gewicht. Letzteres bemisst sich bei Faktoren nach der räumlichen Reichweite und der funktionalen Dominanz, bei Strukturen (Formmerkmalen) nach der Verbreitung und Auffälligkeit. In diesem Sinne ‚gewichtige‘ Faktoren/Formmerkmale sind beispielsweise *gehemmte Zersetzung organischer Abfälle und mächtige Streuauflagen* in der Borealen Zone, oder *Winterregen* und *Hartblättrigkeit der Vegetation* in den Winterfeuchten Subtropen. Zum Erkennen der zonalen Übereinstimmungen bedarf es vor allem eines angemessenen (globalen) Maßstabes der Betrachtung. Dann treten viele Ungereimtheiten von selbst in den Hintergrund. Ein bildlicher Vergleich mag dies verdeutlichen: Eine kleinmaßstäbige Weltkarte ist, vergleicht man einen kleinen Ausschnitt von ihr mit einer großmaßstäbigen Darstellung desselben Gebietes, ungenau, generalisierend falsch und unvollständig; dennoch wird niemand bestreiten, dass diese Weltkarte nützlich ist.
- b) *Ökozonen lassen sich nur durch mittlere Verhältnisse oder typische Klimasequenzen, Bodensequenzen (Catenen) etc. charakterisieren.* Mittlere Verhältnisse finden sich auf solchen Standorten, die
- einen höchstens geringen oberflächlichen Abfluss (Abtragung) haben,
  - weder einen übermäßigen Zufluss (Sedimentation) noch Stau-nässe aufweisen,

---

<sup>4</sup> füge grundsätzlich nur eingeschränkt möglich. Erdgeschichtlich entstandene Merkmale zeigen auch viele Böden (Paläoböden); starke historische Züge finden sich in der Landwirtschaft. Deutlich geringer sind die Vorzeitmerkmale in der Vegetation, da diese ziemlich rasch und umfassend auf Umweltveränderungen reagiert (wofür z.B. die postglaziale Waldgeschichte von Mitteleuropa ein gutes Beispiel liefert). Völlig ohne Vergangenheitseinflüsse ist allein das Klima: Es wird von der heute bestehenden solarbedingten unterschiedlichen Energiezufuhr, der Erdrotation sowie den tellurischen und orographischen Bedingungen bestimmt.

- nicht allzu weit über Meereshöhe liegen (im einzelnen abhängig von der geographischen Breite),
- weder ausgesprochen kontinental noch ausgesprochen ozeanisch beeinflusste Klimate besitzen.

Beispiele für *zonentypische Klimasequenzen* sind die Differenzierung der Polaren/subpolaren Zone in eisbedeckte Gebiete, polare Wüsten sowie hocharktische und niederarktische Tundren, oder der Trockenen Mittelbreiten in Waldsteppen, Langgrassteppen, Kurzgrassteppen, Wüstensteppen, Halbwüsten und Wüsten. Klimasequenzen bieten zugleich die Möglichkeit zur Abgrenzung sub-ökozonaler Raumeinheiten.

Orographisch oder edaphisch bedingte Sonderfälle können dann in die Charakterisierung einbezogen werden, wenn sie zonentypisch sind, wie z.B. Vertisole, Salzböden und Histosole als Endglieder von reliefgebundenen Bodencatänen in den Sommerfeuchten Tropen, den Trockengebieten bzw. der Borealen Zone.

- c) *Die Grenzziehung zwischen den Ökozonen ist von untergeordneter Bedeutung.* Im Vordergrund muss die Erfassung der (mittleren Verhältnisse der) Kernräume stehen.
- d) *Alle quantitativen Angaben können nur Richtgrößen sein* (auch wenn Spannen genannt werden, geben diese nicht unbedingt die tatsächlich vorkommenden Extreme an, sondern eher die Grenzen, zwischen denen die meisten Werte liegen). Die Zahlen sollen die globalen Unterschiede verdeutlichen und können als Maß für lokale Abweichungen innerhalb der Ökozonen dienen.

Die Erfassung von Ökozonen in der beschriebenen Weise soll, so die Hoffnung, die sich mit diesem Buch verbindet, helfen, den Blick für großräumig übergreifende Strukturen und Abläufe zu öffnen (also auch der Gefahr zu begegnen, dass der ‚Wald vor lauter Bäumen‘ übersehen wird) und zugleich eine Art **globales Ordnungsmuster** (*Orientierungswissen*) schaffen, das

- für jeden beliebigen Ort der Erde erlaubt, sofort eine Reihe wesentlicher Merkmale zu nennen und
- als Einstieg für Detailuntersuchungen geeignet ist (ausgehend von der Frage: worin unterscheidet sich ein Standort von den allgemeinen Merkmalen der Ökozone, in der er liegt?).

In diesem Buch wird der **Festlandsbereich in neun Ökozonen gegliedert**. Vertretbar erscheint auch eine größere Zahl von Zonen. Beispielsweise könnten Unterteilungen, die für einige Ökozonen vorgenommen wurden (Anhang A, Tab. 1.1), in den Rang von Ökozonen angehoben werden.

Die ökozonale Gliederung folgt vorrangig *naturräumlichen* Kriterien (Klima, Böden, Vegetation etc.). Kulturräumlichen Aspekten

wird nur insoweit nachgegangen, als Bezüge zur natürlichen Ausstattung erkennbar sind. Solche Bezüge sind beispielsweise bei der *Landnutzung* (Landwirtschaft, Besiedlung etc.) durchweg vorhanden, sonst aber eher die Ausnahme oder von minderer Bedeutung.

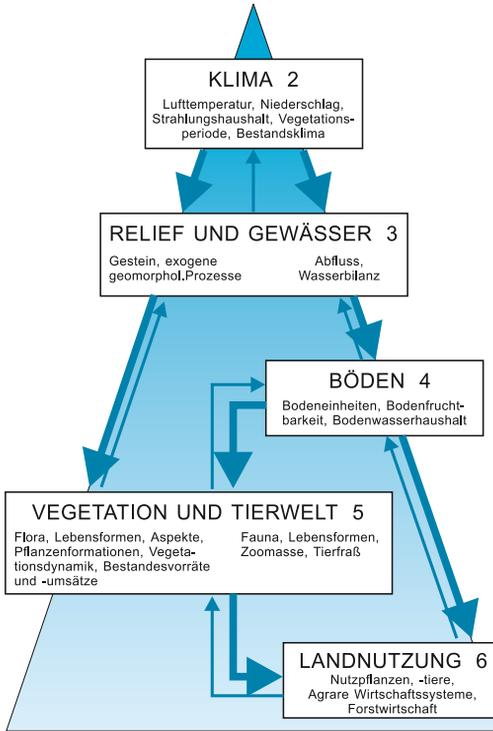
Jede der neun (terrestrischen) Ökozonen wird in einem eigenen Kapitel (Kap. 7 bis 15) beschrieben. Die **Reihenfolge** entspricht in etwa ihrer räumlichen Abfolge auf der Erde von den Polen bis zum Äquator. Sie hat aber nicht nur räumlichen Ordnungscharakter. Vielmehr spiegelt sie auch die unterschiedlichen ‚Verwandtschaftsgrade‘ zwischen den einzelnen Ökozonen wider: Unmittelbar benachbart abgehandelte Ökozonen weisen mehr (und bedeutsamere) zonenübergreifende, also gemeinsame Struktur- und Prozessmerkmale auf als im Text weiter auseinander stehende.

**Alle regionalen Kapitel sind nach einem durchgängigen Schema in gleich oder ähnlich lautende Unterkapitel gegliedert.** Das erste widmet sich der Verbreitung und ggf. regionalen Differenzierung der jeweils behandelten Ökozone. Die folgenden informieren dann über deren Klima, Relief, Gewässer, Böden, Vegetation, Tierwelt und Landnutzung. Diese Reihenfolge entspricht in etwa der Hierarchie der Abhängigkeiten (Abb. 0.1). Beispielsweise ist die Vegetation in stärkerem Maße von den Böden abhängig als umgekehrt, übt aber ihrerseits einen größeren Einfluss auf die Tierwelt aus als von dort auf sie zurückwirkt; die Böden sind im Wesentlichen Produkte von Material (Gestein) und Gestalt (Relief) der Landoberfläche sowie vom (Groß-)Klima. Letzteres ist von den übrigen Komponenten weitgehend unabhängig, dominiert sie aber alle mehr oder weniger deutlich; als *primärer Faktor* steht das Klima entsprechend jeweils am Anfang der Darstellungen.

Die Inhalte der Unterkapitel und ihrer Abschnitte folgen einer vorgegebenen **Merkmalsauswahl**, soweit dies mit der Sonderstellung einer jeden Ökozone vereinbar ist. Die Kapitel 1 bis 6 des vorausgehenden **Allgemeinen Teils** zeigen, um welche Merkmale es sich dabei handelt, bringen für einige von ihnen ökozonen-vergleichende Übersichten, erklären Abkürzungen und erläutern speziellere Fachbegriffe, insbesondere aus der Biologie und der Bodenkunde. Die begrifflichen Erklärungen sind nicht nur als Hilfe für das Verständnis der regionalen Kapitel gedacht, sondern sollen auch beim Einstieg in die umfangreiche biologisch-ökologische und bodenkundlich-ökologische Fachliteratur helfen.

Jedes Kapitel endet mit einem eigenen **Literaturverzeichnis**. Die Titelauswahl beschränkt sich auf Quellennachweise und nennt einige der neueren Hauptwerke. Weiterführende Literaturhinweise gibt das *Handbuch der Ökozonen* (SCHULTZ 2000a).

Die regionalen Kapitel zu den einzelnen Ökozonen enthalten außerdem **zusammenfassende Schaubilder**, die jeweils in einer ähnlichen Anordnung die wichtigsten zonalen Merkmalskomplexe und

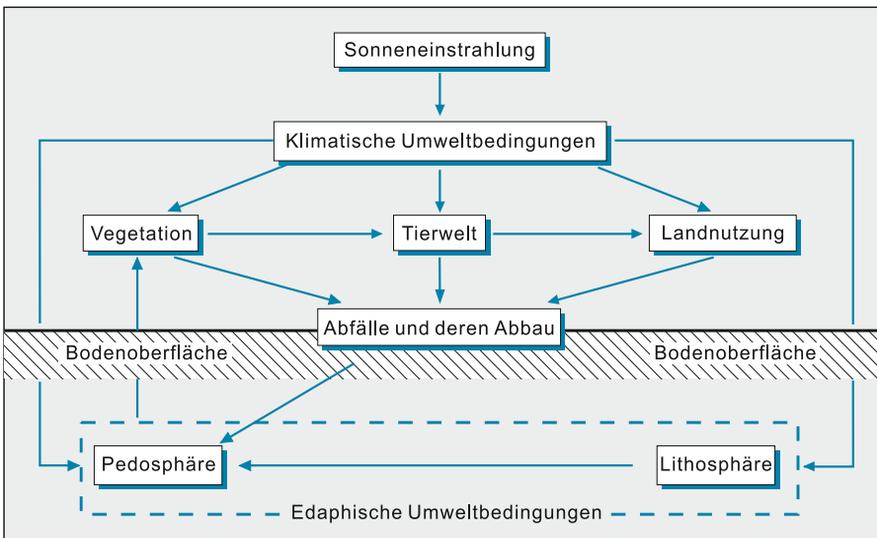


**Abb. 0.1**

Hierarchie der Hauptkomponenten von geozonalen Ökosystemen, zur Veranschaulichung der Inhaltsgliederung der Inhaltsgliederung im vorliegenden Buch: Die Reihenfolge der Kapitel folgt dem hierarchisch ausgerichteten Beziehungsgeflecht zwischen diesen Komponenten. Die Ziffern (z.B. KLIMA 2) verweisen auf die zugehörigen Kapitel im Allgemeinen Teil bzw. Unterkapitel im Regionalen Teil (dort jeweils erste Dezimalstelle; beim Klima-Beispiel also die Unterkapitel 8.2, 9.2, 10.2 etc.). In den Kästen für die Hauptkomponenten ist jeweils eine Auswahl von Einzelkomponenten angeführt, zu denen Informationen gegeben werden.

**Abb. 0.2**

Schema für zusammenfassende Schaubilder der einzelnen Ökozonen.



Merkmal <sup>1)</sup>	Ökozone								
	Polare/ subpolare Zone <small>Eiswüsten Tundren und Frostschutzgebiete</small>	Boreale Zone	Feuchte Mittelbreiten	Trockene Mittelbreiten <small>Grassteppen Wüsten und Halbwüsten</small>	Winterfeuchte Subtropen	Immerfeuchte Subtropen	Tropisch/ subtrop. Trockengebiete <small>Dornsavannen und Dornsteppen Wüsten und Halbwüsten</small>	Sommerfeuchte Tropen	Immerfeuchte Tropen
Jahresniederschläge [P]	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒	◑	●
Jahrestemperatur	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒	◑	●
Potentielle jährliche Evapotranspiration	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒	◑	◐
Abfluss	-höhe [R]	◐	◑	◒	○	◐	◑	○	◑
	-koeffizient [R/P]	●	◐	◑	○	◐	◑	○	◑
Jährliche Globalstrahlung	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒	◑	◐
Länge der Vegetations- periode	◐	◑	◒	◒	◑	◑	◒	◑	◑
Globalstrahlung während der Vegetationsperiode	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒	◑	◑
Temperatur während der Vegetationsperiode	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒ <sup>2)</sup>	◑	◑
Phyto- masse	gesamt	◐	◑	◒	◒	◑	◒	◑	◑
	Wurzel/Spross- verhältnis	◑	◑	◑	◑	◑	○	◑	○
Blattflächenindex	◐	◑	◑	◒	◐	◑	◒	◑	◑
Nettoprimärproduktion	○	◐	◑	◒	◑	◑	◒	◑	◑
Streuverrat	◑	◑	◑	◒	◑	◑	◒	◑	◐
Tote organ. Bodensubstanz	●	◐	◑	◒	◑	◑	○	◑	◐
Zersetzungsdauer von Bestandesabfällen	●	◑	◑	◒	◑	◑	◒	◑	○

1) ● = sehr hoher Wert    ◑ = mittlerer Wert    ○ = sehr kleiner Wert oder Null  
 ◒ = hoher Wert    ◐ = kleiner Wert

2) nur für Dornsavannen      für absolute Werte vgl. die entsprechenden Kapitel im Allgemeinen Teil (Kap.2 bis 6) sowie die regionalen Darstellungen (Kap.7 bis 15)

Abb. 0.3 Vergleich der Ökozonen nach ausgewählten quantifizierbaren Merkmalen.

einige der bedeutenderen Wirkungszusammenhänge nach Art eines stark vereinfachten Ökosystem-Schemas zeigen und damit einen raschen Vergleich zwischen den Ökozonen erlauben. Das Grundmuster für diese Anordnung ist in der Abb. 0.2 dargestellt.

Der raschen Erfassung wichtiger Merkmale und Besonderheiten der Ökozonen dient auch die Übersicht in der Abb. 0.3. Zur besseren Anschaulichkeit werden die zonentypischen Mengen bzw. Leistungen durch relative Werte (sehr hoch, hoch, mittel etc.) in Form von Kreissymbolen angegeben.

Die Verbreitungsgebiete und Flächengrößen der Ökozonen lassen sich aus den Übersichten im Anhang A und der Tab. 1.1 sowie aus den Einzelkarten jeweils zu Anfang der regionalen Kapitel ablesen. Weitere Übersichten (zu diversen räumlichen Bezügen der ökozonalen Gliederung) bieten die Tab. 2.1 und Abb. 4.2 (Klimaparameter), Anhang B und Tab. 4.2 (Bodenzonen), Tab. 5.1 (Pflanzenformationen), Tab. 5.2 (Energiefixierung und Primärproduktion) sowie Anhang C und Tab. 6.1 (Agrarregionen).

## Literatur

- ARCHIBOLD, O. W. (1995): Ecology of world vegetation. Chapman and Hall, London, 510 S.
- BAILEY, R. G. (1998): Ecoregions. The ecosystem geography of oceans and continents. Springer, Berlin, 176 S.
- (2002): Ecoregion-based design for sustainability. Springer, Berlin, 222 S.
- (2009): Ecosystem Geography. From Ecoregions to sites. (2. Aufl.). Springer, New York, 251 S.
- BRAMER, H. (1982): Geographische Zonen der Erde. Haake, Gotha (2. Aufl.), 128 S.
- CANADELL, J. G., PATAKI, D. E. und PITELKA, L. F. (ed.) (2007): Terrestrial ecosystems in a changing world. *Global Change - The IGBP Series* 24. Springer, Berlin, 336 S.
- CHUVIECO, E. (ed.) (2008): Earth observation of global change. The role of satellite remote sensing in monitoring the global environment. Springer, Berlin, 222 S.
- GRABHERR, G. (1997): Farbatlas Ökosysteme der Erde. Natürliche, naturnahe und künstliche Land-Ökosysteme aus geobotanischer Sicht. Ulmer, Stuttgart, 364 S.
- HORNETZ, B. und JÄTZOLD, R. (2003): Savannen-, Steppen- und Wüstenzonen. *Das Geographische Seminar*. Westermann, Braunschweig, 312 S.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (1981): Die Landschaftsgürtel der Erde. Teubner, Stuttgart (2. Aufl.), 204 S.
- OLSON, D. M., DINERSTEIN, E., WIKRAMANAYAKE, E. D., BURGESS, N. D., POWELL, G. V. N., UNDERWOOD, E. C., D'AMICO, J. A., ITOUA, I., STRAND,

- H. E., MORRISON, J. C., LOUCKS, C. J., ALLNUTT, T. F., RICKITTS, T. H., KURA, Y., LAMOREUX, J. F., WETTENGEL, W. W., HEDEO, P., KASSEM, K. R. (2001): Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience* 51, S. 933–938.
- RICHTER, M. (2001): Vegetationszonen der Erde. Perthes, Gotha, 448 S.
- ROY et al. (2001) siehe Kap. 5
- SCHULTZ, J. (1988): Die Ökozonen der Erde. Ulmer, Stuttgart, 488 S. (3. Aufl. 2002, 320 S.).
- (1995): Ökozonen. In: KUTTLER, W. (ed.): Handbuch zur Ökologie. Analytica, Berlin (2. Aufl.), 308–315.
  - (1998): Ecozones, global. In: MEYERS, R. A. (ed.): Encyclopedia of environmental analysis and remediation. John Wiley and Sons, Chichester, 1497–1518.
  - (2000a): Handbuch der Ökozonen. Ulmer, Stuttgart, 577 S.
  - (2000b): Konzept einer ökozonalen Gliederung der Erde. *Geogr. Rdschau* 52, 5–11 und Kartenbeilage.
  - (2001–02): Ökozonen der Erde. *Peterm. Geogr. Mitt.* 145/1–146/3, Rubrik Bild.
  - (2005): The ecozones of the world. Springer, Berlin (2. Aufl.), 252 S.
- WALTER, H. UND BRECKLE, S.-W. (1983–1994): Ökologie der Erde. Bd. 1–4. (1999–2004)
- Bd 1 (1999), Spektrum Akademische Verlag, 2. Aufl.
  - Bd 2 (2004), Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag, 3. Aufl.
  - Bd 3 (1999), UTB für Wissenschaft, 3. Aufl.
  - Bd 4 (1999), UTB für Wissenschaft, 2. Aufl.
- (1999): Vegetation und Klimazonen. Grundriss der globalen Ökologie. Ulmer, Stuttgart (7. Aufl.), 544 S.,

**Seriendarstellungen zu den Ökozonen (zonalen Pflanzenformationen, zonalen Ökosystemen, Landschaftsgürteln)**

- Ecological Studies. Springer, Berlin ab 1970.
- Ecosystems of the World. Elsevier, Amsterdam ab 1977.
- Geographisches Seminar Zonal. Westermann, Braunschweig ab 1984.
- International Biological Program (IBP) – 1964–1974. Cambridge Univ Press, Cambridge ab 1979.

# 1 Verbreitung und Flächenanteile der Ökozonen

**Lage auf der Erde.** Die Abbildung im Anhang A (S. 314) zeigt die ökozonale Gliederung der Erde im Überblick (zur Lage in Bezug auf Staatsgrenzen siehe SCHULTZ 2000a). Zusätzlich wird jede Ökozone durch eine eigene Verbreitungskarte belegt (siehe jeweils erste Abbildung in den Regionalkapiteln 7 bis 15). Diese enthält auch eine Auswahl von Klimadiagrammen (zum Schema siehe Abb. 2.3), mit denen sowohl die zonentypischen Verhältnisse wie auch die Unterschiede in Teilräumen veranschaulicht werden sollen. Extreme Abweichungen, die nur kleinräumig vorkommen, bleiben aber unbeachtet.

**Grenzen.** Die auf den Verbreitungskarten eingetragenen ökozonalen Grenzen folgen der klimazonalen Gliederung der Erde von TROLL u. PAFFEN (1964), die der erdräumlichen/zonalen Differenzierung von Vegetation, Böden und weiteren natürlichen Gegebenheiten besser als andere effektive Klimaklassifikationen gerecht wird.

Trotzdem bleibt ihre Verwendung für die ökozonalen Grenzbeziehungen ein Notbehelf, was allerdings in Anbetracht der Tatsache, dass dieses Buch vorrangig die mittleren Qualitäten der Ökozonen darstellen will, die äußere Abgrenzung demzufolge von untergeordneter Bedeutung ist, vorläufig auch vertretbar erscheint. Größere Gebiete unklarer Zuordnung (z.B. Dornsavannen) werden auf den regionalen Ökozonenkarten als **Übergangsräume** besonders gekennzeichnet (vgl. Abb. 13.1 und 14.1).

Zur **Flächengröße** der Ökozonen und einiger ihrer Unterteilungen siehe Tab. 1.1.

## Literatur zu Kap. 1

SCHULTZ, J. (2000a), s. Lit. zu Allgemeiner Teil

TROLL, C. und PAFFEN, K. H. (1964): Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. *Erdkunde* 18, 5–28.

<b>Tab. 1.1. Flächengrößen der Ökozonen.</b>		
<b>Ökozonen</b> – Unterteilungen (Sub-Ökozonen)	<b>Fläche</b> <b>Mio. km<sup>2</sup></b>	<b>Festlands-</b> <b>anteil</b> <b>(%)</b>
Polare/subpolare Zone	22,0	14,8
– <i>Eiswüsten</i>	16,0	
– <i>Tundren und Frostschuttgebiete</i>	6,0	
Boreale Zone	19,5	13,1
Feuchte Mittelbreiten	14,5	9,7
Trockene Mittelbreiten	16,5	11,1
– <i>Grassteppen</i>	12,0	
– <i>Wüsten und Halbwüsten</i>	4,5	
Winterfeuchte Subtropen	2,5	1,7
Immerfeuchte Subtropen	6,0	4,0
Tropisch/subtropische Trockengebiete	31,0	20,8
– <i>Wüsten und Halbwüsten</i>	18,0	
– <i>Winterfeuchte Gras- und Strauch-</i> <i>steppen (Subtropen)</i>	3,5	
– <i>Sommerfeuchte Dornsavannen (Tro-</i> <i>pen) und Dornsteppen (Subtropen)</i>	9,5	
Sommerfeuchte Tropen	24,5	16,4
– <i>Trockensavannen</i>	10,5	
– <i>Feuchtsavannen</i>	14,0	
Immerfeuchte Tropen	12,5	8,4
Gesamtfläche	149,0	100,0

## 2 Klima

Das Klima setzt großräumig die Rahmenbedingungen für die exogenen geomorphologischen Prozesse, Bodengenese, Vegetationsentwicklung und Landnutzungspotentiale. In den ökozonalen Ursachen-Wirkungs-Gefügen rangiert es dementsprechend an der Spitze. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Elemente *Sonneneinstrahlung* (als Energiequelle für die Photosynthese) und *Vegetationsperiode* (als jährliche Zeitspanne für die Primärproduktion). Ihnen widmen sich die beiden folgenden Unterkapitel. Die Tab. 2.1 und Abb. 4.2 geben Informationen zu weiteren Klimafaktoren, beispielsweise den (ökozonalen Bezügen von) Lufttemperaturen, Niederschlägen und Verdunstung.

Zu beachten ist grundsätzlich zweierlei:

1. Die klimatischen Einwirkungen sind nur mit Einschränkung über Mittelwerte der einzelnen Klimatelemente zu erfassen; mindestens ebenso nötig sind Kenntnisse über *extreme Ereignisse und deren Häufigkeit*, wie z.B. die Häufigkeit hoher Niederschlagsintensitäten, langer Trockenperioden, starker Windgeschwindigkeiten, tiefer Fröste oder des Frostwechsels (siehe z.B. die Seiten 211, 231, 257).
2. Die zonal gültigen Klimamerkmale können innerhalb von Pflanzenbeständen erheblich abgewandelt sein (siehe z.B. die Abbildungen 7.4, 9.3, 9.4, 9.5, 10.4, 15.2).

### 2.1 Strahlungsklima

Die im vorliegenden Buch genannten Werte zur Sonneneinstrahlung beziehen sich ausschließlich auf denjenigen Strahlungsanteil, der *nach* Durchgang durch die Atmosphäre als direkte Einstrahlung  $Q$ , oder als diffuse Einstrahlung (auch Himmelsstrahlung),  $q$ , auf die Erdoberfläche trifft. Diese Einstrahlung wird auch die **Globalstrahlung** oder engl. *insolation* (**incoming solar radiation**, Abb. 2.1) genannt und reicht spektral vom ultravioletten (UV) über den sichtbaren bis in den nahen infraroten Bereich (etwa 290 nm–3000 nm). Der davon **für die Photosynthese der Pflanzen nutzbare Spektralbereich** (PHAR oder PAR, von engl. *photosynthetic active radiation*) liegt