

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	5
Abkürzungen und Symbole . . . . .	13
Maßeinheiten und Umrechnungen . . . . .	18

## **Einführung: Zur Methodik einer ökozonalen Gliederung der Erde** 19

Literatur . . . . .	21
---------------------	----

## **Allgemeiner Teil: Die inhaltliche Behandlung der Ökozonen in diesem Buch und globale Übersichten ausgewählter Merkmale** . . . . . 23

### **1 Verbreitung und Flächenanteile der Ökozonen, subzonale Differenzierungen** 25

Literatur zu Kap.1 . . . . .	25
------------------------------	----

### **2 Klima** . . . . . 31

#### **2.1 Strahlungsklima** . . . . . 31

2.1.1 Globalstrahlung, photosynthetisch nutzbare Strahlung . . . . .	31
2.1.2 Strahlungsbilanz . . . . .	38

#### **2.2 Hygrothermische Wachstumsbedingungen für Pflanzen, Vegetationsperioden** . . . . . 41

Literatur zu Kap.2 . . . . .	47
------------------------------	----

### **3 Relief und Gewässer** . . . . . 48

#### **3.1 Morphodynamik** . . . . . 48

#### **3.2 Gewässer und Wasserbilanz** . . . . . 51

Literatur zu Kap.3 . . . . .	53
------------------------------	----

### **4 Böden** . . . . . 55

#### **4.1 Bodeneinheiten und Boden-zonen** . . . . . 55

#### **4.2 Bodenfruchtbarkeit** . . . . . 60

4.2.1 Import und Export von Nährstoffen . . . . .	60
4.2.2 Restmineral- und Humusgehalt . . . . .	60
4.2.3 Austauschkapazität und Basensättigung . . . . .	64

#### **4.3 Bodenwasserhaushalt** . . . . . 66

4.3.1 Bodenwasser . . . . .	66
4.3.2 Pflanzenverfügbares Wasser . . . . .	67

#### **4.4 Verlagerungs- und Durchmischungsvorgänge** . . . . . 70

Literatur zu Kap.4 . . . . .	71
------------------------------	----

### **5 Vegetation und Tierwelt** 73

#### **5.1 Strukturmerkmale und Vegetationsdynamik** . . . . . 73

5.1.1 Arten, Lebensformen, Pflanzenformationen und Biome . . . . .	73
5.1.2 Biodiversität . . . . .	76
5.1.3 Aspektwechsel, Alterungs- und Verjüngungszyklen, Sukzessionen . . . . .	78

#### **5.2 Ökosysteme und ökologische Bilanzierungen** . . . . . 80

5.2.1 Ökosysteme . . . . .	81
5.2.2 Ökologische Bilanzierungen . . . . .	81
5.2.3 Ökosystem-Modelle . . . . .	84

#### **5.3 Photosynthese und Primärproduktion** . . . . . 86

5.3.1 Photosynthese und Respiration, Nettophotosynthesevermögen . . . . .	86
---	----

5.3.2	Primärproduktion von Pflanzenbeständen . . . . .	90	8.2.2	Jährlicher Temperaturgang im Boden und in der bodennahen Luftschicht, Vegetationsperiode . . . . .	133
<b>5.4</b>	<b>Produktionsleistungen der Pflanzendecke auf der Erde . . . . .</b>	<b>90</b>	8.2.3	Strahlungs- und Wärmehaushalt . . . . .	134
5.4.1	Primärproduktion in Abhängigkeit von Phytomasse, Assimilationsfläche und Strahlungsabsorption . . . . .	91	<b>8.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>137</b>
5.4.2	Primärproduktion in Abhängigkeit von Sonneneinstrahlung und Temperatur . . . . .	93	8.3.1	Frostsprengung und andere Verwitterungsarten . . . . .	139
5.4.3	Primärproduktion in Abhängigkeit von Wasser und Nährstoffen . . . . .	99	8.3.2	Strukturböden . . . . .	140
<b>5.5</b>	<b>Tierfraß und Sekundärproduktion . . . . .</b>	<b>101</b>	8.3.3	Eiskeilpolygone, Thufure, Feinerdekreise und nichtsortierte Polygonböden . . . . .	140
<b>5.6</b>	<b>Bestandesabfälle und Zersetzung . . . . .</b>	<b>103</b>	8.3.4	Palsas . . . . .	143
<b>5.7</b>	<b>Mineralstoffumsätze und Mineralstoffvorräte . . . . .</b>	<b>107</b>	8.3.5	Pingos . . . . .	143
Literatur zu Kap.5 . . . . .		111	8.3.6	Thermokarst . . . . .	144
			8.3.7	Gelifluktion . . . . .	145
<b>6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>117</b>	8.3.8	Morphodynamische Unterschiede zwischen Frostschutt- und Tundrenzone . . . . .	147
Literatur zu Kap.6 . . . . .		120	8.3.9	Abflussregime, Flussarbeit und Spüldenudation . . . . .	147
<b>7</b>	<b>Die Ökozonen im Vergleich . . . . .</b>	<b>123</b>	<b>8.4</b>	<b>Böden . . . . .</b>	<b>149</b>
			<b>8.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt der Tundren und polaren Wüsten . . . . .</b>	<b>153</b>
<b>Regionaler Teil:</b>			8.5.1	Floristische Merkmale . . . . .	153
<b>Die einzelnen Ökozonen . . . . .</b>		<b>125</b>	8.5.2	Wuchs- und Lebensformen . . . . .	154
<b>8</b>	<b>Polare/subpolare Zone . . . . .</b>	<b>127</b>	8.5.3	Zonale Gliederung der Vegetation . . . . .	156
8.1	Verbreitung und subzonale Differenzierung . . . . .	127	8.5.4	Intrazonale Gliederung der Vegetation . . . . .	157
8.2	Klima . . . . .	128	8.5.5	Tierwelt . . . . .	158
8.2.1	Lufttemperaturen, Tageslängen, Niederschläge . . . . .	130	8.5.6	Phytomasse und Primärproduktion . . . . .	161
			8.5.7	Zoomasse und Tierfraß . . . . .	164
			8.5.8	Zersetzung und Mineralstoffumsätze . . . . .	168
			8.5.8.1	Organische Bodensubstanz und Zersetzung . . . . .	168
			8.5.8.2	Mineralstoffvorräte und -umsätze . . . . .	170
			8.5.9	Modell eines Tundrenökosystems . . . . .	172
			<b>8.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>174</b>
			8.6.1	Traditionelle Nutzungsformen: Fischfang und Jagd, Rentiernomadismus . . . . .	174
			8.6.2	Neue Nutzungsformen und ihre Probleme . . . . .	175

Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 8 . . . . .	177	10.3.1	Verwitterung . . . . .	235
<b>9 Boreale Zone . . . . .</b>	<b>183</b>	10.3.2	Gewässer . . . . .	236
9.1 <b>Verbreitung . . . . .</b>	183	10.3.3	Abtragung . . . . .	236
9.2 <b>Klima . . . . .</b>	184	10.3.4	Vorzeitformen . . . . .	237
9.3 <b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	187	<b>10.4 Böden . . . . .</b>	<b>237</b>	
9.3.1 Frostdynamische Prozesse und ihre Formen . . . . .	188	<b>10.5 Vegetation und Tierwelt . . . . .</b>	<b>240</b>	
9.3.2 Fließende und stehende Gewässer . . . . .	190	10.5.1 Sommergrüne Laub- und Mischwälder . . . . .	243	
<b>9.4 Böden . . . . .</b>	<b>191</b>	10.5.2 Temperate Regenwälder . . . . .	245	
<b>9.5 Vegetation und Tierwelt . . . . .</b>	<b>195</b>	10.5.2.1 Immergrüne Laub- und Misch- wälder . . . . .	245	
9.5.1 Boreale Nadelwälder . . . . .	195	10.5.2.2 Temperate Nadelwälder . . . . .	246	
9.5.2 Torfmoore . . . . .	198	10.5.3 Saisonalität sommergrüner Wälder . . . . .	246	
9.5.3 Waldtundra, Polare Wald- und Baumgrenze . . . . .	201	10.5.4 Wasserbilanz von Wäldern . . . . .	250	
9.5.4 Tierwelt . . . . .	204	10.5.5 Phytomasse und Primärpro- duktion, Zuwachs und Streu- fall . . . . .	250	
9.5.5 Phytomasse und Primärpro- duktion . . . . .	205	10.5.6 Mineralstoffhaushalt – im Ver- gleich mit borealen Nadel- wäldern . . . . .	252	
9.5.6 Zersetzung, organische Boden- substanz und Mineralstoff- vorräte . . . . .	207	10.5.6.1 Mineralstoffvorräte in der Phytomasse . . . . .	256	
9.5.7 Waldbrände und Vegetations- dynamik . . . . .	210	10.5.6.2 Mineralstoffaufnahme und Mineralstoffbedarf für die Primärproduktion . . . . .	257	
9.5.8 Boreale Nadelwaldökosysteme	213	10.5.6.3 Mineralstoffrückführung . . . . .	258	
<b>9.6 Landnutzung . . . . .</b>	<b>218</b>	10.5.6.4 Streuzersetzung und Freiset- zung von Mineralstoffen . . . . .	259	
9.6.1 Holzeinschlag und Torfabbau . . . . .	218	10.5.6.5 Zusammenfassung . . . . .	261	
9.6.2 Agrare Nutzung, Wildbewirt- schaftung, Pelztierjagd etc. . . . .	219	10.5.7 Energieumsätze eines mittel- europäischen Buchenwaldes . . . . .	262	
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 9 . . . . .	220	10.5.8 Ökosystem-Modell eines sommergrünen Laubwaldes . . . . .	262	
<b>10 Feuchte Mittelbreiten . . . . .</b>	<b>226</b>	<b>10.6 Landnutzung . . . . .</b>	<b>264</b>	
10.1 <b>Verbreitung . . . . .</b>	226	10.6.1 Bevölkerungsdichte und Entwicklungsstand . . . . .	264	
10.2 <b>Klima . . . . .</b>	227	10.6.2 Landwirtschaft . . . . .	266	
10.2.1 Lage in der planetarischen Luftzirkulation . . . . .	227	Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 10 . . . . .	267	
10.2.2 Lufttemperaturen, Sonnenein- strahlung, Niederschläge, bestandsklimatische Besonder- heiten . . . . .	230	<b>11 Trockene Mittelbreiten . . . . .</b>	<b>273</b>	
<b>10.3 Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>234</b>	11.1 <b>Verbreitung und subzonale Differenzierung . . . . .</b>	<b>273</b>	
		11.2 <b>Klima . . . . .</b>	<b>275</b>	
		11.2.1 Strahlungs- und Wärme- haushalt . . . . .	276	

11.2.2	Wasserhaushalt . . . . .	277	12.5.4	Tierwelt . . . . .	329
<b>11.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>278</b>	12.5.5	Feuer . . . . .	330
<b>11.4</b>	<b>Böden der Steppen . . . . .</b>	<b>278</b>	12.5.6	Phytomasse und Primär- produktion . . . . .	332
11.4.1	Zonale Böden . . . . .	279	12.5.7	Ökosysteme von Steineichen- wäldern und Garrigues . . . . .	334
11.4.2	Halomorphe Böden . . . . .	281	<b>12.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>339</b>
<b>11.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt der Steppen . . . . .</b>	<b>283</b>	12.6.1	Wirtschaftsräumliche Merkmale . . . . .	339
11.5.1	Steppentypen . . . . .	283	12.6.2	Feldbau und Sonderkulturen . . . . .	340
11.5.2	Lebensformen: Anpassungen an Winterkälte und Sommer- dürre . . . . .	287	12.6.3	Stationäre Viehhaltung und Transhumanz . . . . .	342
11.5.3	Tierwelt und Tierfraß . . . . .	289	Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 12 . . . . .	343	
11.5.4	Phytomasse und Primär- produktion . . . . .	290	<b>13</b>	<b>Immerfeuchte Subtropen 349</b>	
11.5.5	Streuanlieferung und -zersetzung . . . . .	294	<b>13.1</b>	<b>Verbreitung . . . . .</b>	<b>349</b>
11.5.6	Mineralstoffvorräte und -umsätze . . . . .	295	<b>13.2</b>	<b>Klima . . . . .</b>	<b>351</b>
11.5.7	Steppen-Ökosysteme . . . . .	298	<b>13.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>351</b>
<b>11.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>302</b>	<b>13.4</b>	<b>Böden . . . . .</b>	<b>353</b>
11.6.1	Großbetriebliche Getreide- wirtschaft . . . . .	302	<b>13.5</b>	<b>Vegetation . . . . .</b>	<b>353</b>
11.6.2	Extensive stationäre Weide- wirtschaft und Wildbewirt- schaftung . . . . .	305	13.5.1	Strukturmerkmale . . . . .	353
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 11 . . . . .	308	13.5.2	Bestandesvorräte und -umsätze eines halbmimmergrünen Eichenwaldes in den süd- östlichen USA . . . . .	357	
<b>12</b>	<b>Winterfeuchte Subtropen 313</b>		<b>13.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>360</b>
<b>12.1</b>	<b>Verbreitung und regionale Differenzierung . . . . .</b>	<b>313</b>	Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 13 . . . . .	361	
12.1.1	Verbreitung und äußere Abgrenzung . . . . .	313	<b>14</b>	<b>Tropisch/subtropische Trockengebiete . . . . .</b>	<b>364</b>
12.1.2	Affinität zwischen den einzel- nen Teilgebieten . . . . .	315	<b>14.1</b>	<b>Verbreitung und subzonale Differenzierung . . . . .</b>	<b>364</b>
<b>12.2</b>	<b>Klima . . . . .</b>	<b>316</b>	<b>14.2</b>	<b>Klima . . . . .</b>	<b>365</b>
<b>12.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>318</b>	<b>14.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>368</b>
<b>12.4</b>	<b>Böden . . . . .</b>	<b>320</b>	14.3.1	Verwitterungsprozesse, Hart- krusten und Verwitterungs- rinden . . . . .	368
<b>12.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt . . . . .</b>	<b>321</b>	14.3.2	Biogene Krusten . . . . .	370
12.5.1	Artenvielfalt . . . . .	321	14.3.3	Äolische Prozesse . . . . .	370
12.5.2	Hartlaubwälder und -strauch- formationen . . . . .	322	14.3.4	Flussarbeit und Spül- denudation . . . . .	373
12.5.3	Lebensformen, Anpassungen an Sommerdürre . . . . .	326			

<b>14.4</b>	<b>Böden</b> . . . . .	376	<b>15</b>	<b>Sommerfeuchte Tropen</b>	422
<b>14.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt</b> . . .	379	<b>15.1</b>	<b>Verbreitung und subzonale Differenzierung</b> . . . . .	422
14.5.1	Wüsten und Halbwüsten . . .	380	15.1.1	Thermische und hygrische Abgrenzungskriterien . . . . .	423
14.5.2	Winterfeuchte Gras- und Strauchsteppen . . . . .	381	15.1.2	Trockensavannen- und Feuchtsavannenzonen . . . . .	425
14.5.3	Sommerfeuchte Dornsteppen und Dornsavannen . . . . .	381	<b>15.2</b>	<b>Klima</b> . . . . .	426
14.5.4	Vegetation und Bodenwasserhaushalt . . . . .	384	<b>15.3</b>	<b>Relief und Gewässer</b> . . . . .	430
14.5.4.1	Wasserverfügbarkeit in Abhängigkeit von Oberflächenabfluss/-zufluss . . . . .	384	15.3.1	Rumpfflächen, Inselberge und Pedimente . . . . .	430
14.5.4.2	Wasserverfügbarkeit in Abhängigkeit von Bodentextur und Bodentiefe . . . . .	387	15.3.1.1	Rumpfflächen . . . . .	430
14.5.4.3	Wasserverfügbarkeit in Abhängigkeit vom Salzgehalt der Böden, Salzstress . . . . .	388	15.3.1.2	Infiltrationsraten und Starkregenfluten . . . . .	430
14.5.4.4	Wasserverfügbarkeit in Abhängigkeit vom Pflanzenabstand, kontrahierte Vegetation . . . . .	389	15.3.1.3	Spüldenudation . . . . .	432
14.5.5	Lebensformen: Anpassungen an Dürre- und Salzstress . . .	390	15.3.1.4	Doppelte Einebnung . . . . .	433
14.5.5.1	Austrocknungsertragende Xerophyten . . . . .	391	15.3.1.5	Inselberge . . . . .	434
14.5.5.2	Sukkulente Xerophyten (Dürre-Sukkulente) . . . . .	391	15.3.1.6	Pedimente und Pedimentation . . . . .	435
14.5.5.3	Austrocknungsverzögernde Xerophyten . . . . .	393	15.3.1.7	Rumpfstufen . . . . .	435
14.5.5.4	Dürremeidende Xerophyten . . .	396	15.3.2	Fließgewässer und Dambos . . .	436
14.5.5.5	Dürre-Halophyten . . . . .	397	15.3.3	Stone Lines und Laterite . . . .	437
14.5.6	Tierwelt der Wüsten . . . . .	397	<b>15.4</b>	<b>Böden</b> . . . . .	438
14.5.7	Phytomasse und Primärproduktion . . . . .	400	15.4.1	Die Böden der Sommer- und Immerfeuchten Tropen und Subtropen – allgemein . . . . .	438
14.5.8	Zersetzung und Mineralstoffe . .	402	15.4.2	Die wichtigsten Bodentypen der Sommerfeuchten Tropen . . . . .	440
<b>14.6</b>	<b>Landnutzung</b> . . . . .	403	15.4.3	Kleinräumige Bodendifferenzierung, Bioturbation . . . . .	443
14.6.1	Extensive Wanderweidewirtschaft . . . . .	405	<b>15.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt</b> . . .	444
14.6.2	Ranching und Wildbewirtschaftung . . . . .	408	15.5.1	Physiognomisch-ökologische Merkmale und Differenzierungen, Savanntentypen . . . . .	444
14.6.3	Oasen-Bewässerungswirtschaft . . . . .	409	15.5.2	Lebensformen, Wechselbeziehungen zwischen Baum- und Grasschicht . . . . .	447
14.6.4	Landdegradation und Rehabilitation . . . . .	412	15.5.3	Saisonalität des Pflanzenwachstums . . . . .	450
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 14 . . . . .		414	15.5.4	Tierwelt . . . . .	452
			15.5.5	Savannenbrände . . . . .	453
			15.5.5.1	Intensität der Feuer . . . . .	455
			15.5.5.2	Feuer-Auswirkungen auf die Vegetation . . . . .	456
			15.5.5.3	Feuer-Auswirkungen auf den Boden, Mineralisierung . . . . .	457
			15.5.5.4	Einsatz des Feuers für die Savannen-Nutzung . . . . .	458

15.5.6	Phytomasse und Primärproduktion . . . . .	458	<b>16.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt . . . . .</b>	<b>493</b>
15.5.7	Zoomasse und Tierfraß . . . . .	460	16.5.1	Floristische und physiognomisch-ökologische Differenzierungen, Regenwaldtypen . . . . .	494
15.5.8	Streuzersetzung, Bedeutung der Makrobodenfauna (insbesondere Termiten) . . . . .	464	16.5.2	Strukturmerkmale und Vegetationsdynamik tropischer Regenwälder . . . . .	496
15.5.9	Mineralstoffvorräte und -umsätze . . . . .	466	16.5.2.1	Artenreichtum und Artendiversität . . . . .	496
15.5.10	Savannen-Ökosysteme . . . . .	467	16.5.2.2	Kronendach und Stammraum, vertikale Bestandesgliederung . . . . .	498
15.5.10.1	Lamto-Savanne . . . . .	467	16.5.2.3	Lebensformen . . . . .	500
15.5.10.2	Serengeti . . . . .	469	16.5.2.4	Blätter und Blüten . . . . .	503
<b>15.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>469</b>	16.5.2.5	Wurzeln und Mykorrhiza . . . . .	505
15.6.1	Natürliches Agrarpotential . . . . .	469	16.5.2.6	Phänologie . . . . .	508
15.6.2	Traditionelle Landwirtschaft . . . . .	471	16.5.2.7	Vegetationsdynamik, Gap-Phase-Dynamik . . . . .	508
15.6.3	Bewässerungswirtschaft mit Nassreis . . . . .	474	16.5.3	Tierwelt . . . . .	512
15.6.4	Moderne agrare Nutzungsformen . . . . .	475	16.5.4	Phytomasse und Primärproduktion . . . . .	515
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 15 . . . . .		475	16.5.5	Zoomasse und Tierfraß . . . . .	516
			16.5.6	Streufall und Streuschicht, Zersetzung und Humus . . . . .	517
			16.5.7	Mineralstoffvorräte und -umsätze . . . . .	519
<b>16</b>	<b>Immerfeuchte Tropen . . . . .</b>	<b>483</b>	16.5.8	Regenwald-Ökosysteme . . . . .	527
16.1	Verbreitung . . . . .	483	<b>16.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>527</b>
16.2	Klima . . . . .	484	16.6.1	Natürliches Agrarpotential . . . . .	527
16.2.1	Zonales Klima . . . . .	484	16.6.2	Brandrodungs-Wanderfeldbau . . . . .	530
16.2.2	Bestandsklima . . . . .	486	16.6.3	Risiken und Chancen moderner Nutzungsformen . . . . .	535
16.3	Relief und Gewässer . . . . .	488	16.6.3.1	Natürliche Probleme und Gefahren . . . . .	535
16.3.1	Verwitterung und Lösungsabtrag . . . . .	488	16.6.3.2	Gegenmaßnahmen . . . . .	536
16.3.2	Fluviale Zerschneidung und Flächenbildung . . . . .	489	16.6.3.3	Moderne Nutzungsformen . . . . .	538
16.3.3	Denudationsprozesse . . . . .	489	Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 16 . . . . .		541
16.4	Böden . . . . .	490	<b>Sachregister . . . . .</b>	<b>551</b>	