

Jürgen Schultz

# Handbuch der Ökozonen

312 Schwarzweißabbildungen

4 Farbabbildungen

78 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

# 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

<b>2.1 Strahlungsklima</b> . . . . .	31
2.1.1 Globalstrahlung, photosynthetisch nutzbare Strahlung . . . . .	31
2.1.2 Strahlungsbilanz . . . . .	38
<b>2.2 Hygrothermische Wachstumsbedingungen für Pflanzen, Vegetationsperioden</b> . . . . .	41
Literatur zu Kap.2 . . . . .	47

---

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

<b>3.1 Morphodynamik</b> . . . . .	48
<b>3.2 Gewässer und Wasserbilanz</b> . . . . .	51
Literatur zu Kap.3 . . . . .	53

---

### **4 Böden** . . . . . 55

<b>4.1 Bodeneinheiten und Bodenzonen</b> . . . . .	55
<b>4.2 Bodenfruchtbarkeit</b> . . . . .	60
4.2.1 Import und Export von Nährstoffen . . . . .	60
4.2.2 Restmineral- und Humusgehalt . . . . .	60
4.2.3 Austauschkapazität und Basensättigung . . . . .	64
<b>4.3 Bodenwasserhaushalt</b> . . . . .	66
4.3.1 Bodenwasser . . . . .	66
4.3.2 Pflanzenverfügbares Wasser . . . . .	67
<b>4.4 Verlagerungs- und Durchmischungsvorgänge</b> . . . . .	70
Literatur zu Kap.4 . . . . .	71

---

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

<b>5.1 Strukturmerkmale und Vegetationsdynamik</b> . . . . .	73
5.1.1 Arten, Lebensformen, Pflanzenformationen und Biome . . . . .	73
5.1.2 Biodiversität . . . . .	76
5.1.3 Aspektwechsel, Alterungs- und Verjüngungszyklen, Sukzessionen . . . . .	78
<b>5.2 Ökosysteme und ökologische Bilanzierungen</b> . . . . .	80
5.2.1 Ökosysteme . . . . .	81
5.2.2 Ökologische Bilanzierungen . . . . .	81
5.2.3 Ökosystem-Modelle . . . . .	84
<b>5.3 Photosynthese und Primärproduktion</b> . . . . .	86
5.3.1 Photosynthese und Respiration, Nettphotosynthesevermögen . . . . .	86

5.3.2 Primärproduktion von Pflanzenbeständen . . . . . 90

**5.4 Produktionsleistungen der Pflanzendecke auf der Erde . . . . . 90**

5.4.1 Primärproduktion in Abhängigkeit von Phytomasse, Assimilationsfläche und Strahlungsabsorption . . . . . 91

5.4.2 Primärproduktion in Abhängigkeit von Sonneneinstrahlung und Temperatur . . . . . 93

5.4.3 Primärproduktion in Abhängigkeit von Wasser und Nährstoffen . . . . . 99

**5.5 Tierfraß und Sekundärproduktion . . . . . 101**

**5.6 Bestandesabfälle und Zersetzung . . . . . 103**

**5.7 Mineralstoffumsätze und Mineralstoffvorräte . . . . . 107**

Literatur zu Kap.5 . . . . . 111

---

**6 Landnutzung . . . . . 117**

Literatur zu Kap.6 . . . . . 120

---

**7 Die Ökozonen im Vergleich . . . . . 123**

---

**Regionaler Teil:  
Die einzelnen Ökozonen . . . . . 125**

---

**8 Polare/subpolare Zone 127**

8.1 Verbreitung und subzonale Differenzierung . . . . . 127

8.2 Klima . . . . . 128

8.2.1 Lufttemperaturen, Tageslängen, Niederschläge . . . . . 130

8.2.2 Jährlicher Temperaturgang im Boden und in der bodennahen Luftschicht, Vegetationsperiode . . . . . 133

8.2.3 Strahlungs- und Wärmehaushalt . . . . . 134

**8.3 Relief und Gewässer . . . . . 137**

8.3.1 Frostsprengung und andere Verwitterungsarten . . . . . 139

8.3.2 Strukturböden . . . . . 140

8.3.3 Eiskeilpolygone, Thufure, Feinerdekreise und nichtsortierte Polygonböden . . . . . 140

8.3.4 Palsas . . . . . 143

8.3.5 Pingos . . . . . 143

8.3.6 Thermokarst . . . . . 144

8.3.7 Gelifluktion . . . . . 145

8.3.8 Morphodynamische Unterschiede zwischen Frostschutt- und Tundrenzone . . . . . 147

8.3.9 Abflussregime, Flussarbeit und Spüldenudation . . . . . 147

**8.4 Böden . . . . . 149**

**8.5 Vegetation und Tierwelt der Tundren und polaren Wüsten . . . . . 153**

8.5.1 Floristische Merkmale . . . . . 153

8.5.2 Wuchs- und Lebensformen . . . . . 154

8.5.3 Zonale Gliederung der Vegetation . . . . . 156

8.5.4 Intrazonale Gliederung der Vegetation . . . . . 157

8.5.5 Tierwelt . . . . . 158

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

**8.6 Landnutzung . . . . . 174**

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

---

**9 Boreale Zone . . . . . 183**

9.1 **Verbreitung . . . . . 183**

9.2 **Klima . . . . . 184**

9.3 **Relief und Gewässer . . . . . 187**

9.3.1 Frostdynamische Prozesse und  
ihre Formen . . . . . 188

9.3.2 Fließende und stehende  
Gewässer . . . . . 190

9.4 **Böden . . . . . 191**

9.5 **Vegetation und Tierwelt . . . . . 195**

9.5.1 Boreale Nadelwälder . . . . . 195

9.5.2 Torfmoore . . . . . 198

9.5.3 Waldtundra, Polare Wald- und  
Baumgrenze . . . . . 201

9.5.4 Tierwelt . . . . . 204

9.5.5 Phytomasse und Primärpro-  
duktion . . . . . 205

9.5.6 Zersetzung, organische Boden-  
substanz und Mineralstoff-  
vorräte . . . . . 207

9.5.7 Waldbrände und Vegetations-  
dynamik . . . . . 210

9.5.8 Boreale Nadelwaldökosysteme 213

9.6 **Landnutzung . . . . . 218**

9.6.1 Holzeinschlag und Torfabbau . 218

9.6.2 Agrare Nutzung, Wildbewirt-  
schaftung, Pelztierjagd etc. . . 219

Zusammenfassendes Schaubild und  
Literatur zu Kap. 9 . . . . . 220

---

**10 Feuchte Mittelbreiten . . . . . 226**

10.1 **Verbreitung . . . . . 226**

10.2 **Klima . . . . . 227**

10.2.1 Lage in der planetarischen  
Luftzirkulation . . . . . 227

10.2.2 Lufttemperaturen, Sonnenein-  
strahlung, Niederschläge,  
bestandsklimatische Besonder-  
heiten . . . . . 230

10.3 **Relief und Gewässer . . . . . 234**

10.3.1 Verwitterung . . . . . 235

10.3.2 Gewässer . . . . . 236

10.3.3 Abtragung . . . . . 236

10.3.4 Vorzeitformen . . . . . 237

**10.4 Böden . . . . . 237**

**10.5 Vegetation und Tierwelt . . . . . 240**

10.5.1 Sommergrüne Laub- und  
Mischwälder . . . . . 243

10.5.2 Temperate Regenwälder . . . . . 245

10.5.2.1 Immergrüne Laub- und Misch-  
wälder . . . . . 245

10.5.2.2 Temperate Nadelwälder . . . . . 246

10.5.3 Saisonalität sommergrüner  
Wälder . . . . . 246

10.5.4 Wasserbilanz von Wäldern . . . 250

10.5.5 Phytomasse und Primärpro-  
duktion, Zuwachs und Streu-  
fall . . . . . 250

10.5.6 Mineralstoffhaushalt – im Ver-  
gleich mit borealen Nadel-  
wäldern . . . . . 252

10.5.6.1 Mineralstoffvorräte in der  
Phytomasse . . . . . 256

10.5.6.2 Mineralstoffaufnahme und  
Mineralstoffbedarf für die  
Primärproduktion . . . . . 257

10.5.6.3 Mineralstoffrückführung . . . 258

10.5.6.4 Streuzersetzung und Freiset-  
zung von Mineralstoffen . . . . 259

10.5.6.5 Zusammenfassung . . . . . 261

10.5.7 Energieumsätze eines mittel-  
europäischen Buchenwaldes . . 262

10.5.8 Ökosystem-Modell eines  
sommergrünen Laubwaldes . . 262

**10.6 Landnutzung . . . . . 264**

10.6.1 Bevölkerungsdichte und  
Entwicklungsstand . . . . . 264

10.6.2 Landwirtschaft . . . . . 266

Zusammenfassendes Schaubild und  
Literatur zu Kap. 10 . . . . . 267

---

**11 Trockene Mittelbreiten . . . . . 273**

11.1 **Verbreitung und subzonale  
Differenzierung . . . . . 273**

11.2 **Klima . . . . . 275**

11.2.1 Strahlungs- und Wärme-  
haushalt . . . . . 276

11.2.2	Wasserhaushalt . . . . .	277
<b>11.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>278</b>
<b>11.4</b>	<b>Böden der Steppen . . . . .</b>	<b>278</b>
11.4.1	Zonale Böden . . . . .	279
11.4.2	Halomorphe Böden . . . . .	281
<b>11.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt der Steppen . . . . .</b>	<b>283</b>
11.5.1	Steppentypen . . . . .	283
11.5.2	Lebensformen; Anpassungen an Winterkälte und Sommerdürre . . . . .	287
11.5.3	Tierwelt und Tierfraß . . . . .	289
11.5.4	Phytomasse und Primärproduktion . . . . .	290
11.5.5	Streuanlieferung und -zersetzung . . . . .	294
11.5.6	Mineralstoffvorräte und -umsätze . . . . .	295
11.5.7	Steppen-Ökosysteme . . . . .	298
<b>11.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>302</b>
11.6.1	Großbetriebliche Getreidewirtschaft . . . . .	302
11.6.2	Extensive stationäre Weidewirtschaft und Wildbewirtschaftung . . . . .	305
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 11 . . . . .		308

---

## **12 Winterfeuchte Subtropen 313**

<b>12.1</b>	<b>Verbreitung und regionale Differenzierung . . . . .</b>	<b>313</b>
12.1.1	Verbreitung und äußere Abgrenzung . . . . .	313
12.1.2	Affinität zwischen den einzelnen Teilgebieten . . . . .	315
<b>12.2</b>	<b>Klima . . . . .</b>	<b>316</b>
<b>12.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>318</b>
<b>12.4</b>	<b>Böden . . . . .</b>	<b>320</b>
<b>12.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt . . . . .</b>	<b>321</b>
12.5.1	Artenvielfalt . . . . .	321
12.5.2	Hartlaubwälder und -strauchformationen . . . . .	322
12.5.3	Lebensformen, Anpassungen an Sommerdürre . . . . .	326

12.5.4	Tierwelt . . . . .	329
12.5.5	Feuer . . . . .	330
12.5.6	Phytomasse und Primärproduktion . . . . .	332
12.5.7	Ökosysteme von Steineichenwäldern und Garrigues . . . . .	334
<b>12.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>339</b>
12.6.1	Wirtschaftsräumliche Merkmale . . . . .	339
12.6.2	Feldbau und Sonderkulturen . . . . .	340
12.6.3	Stationäre Viehhaltung und Transhumanz . . . . .	342
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 12 . . . . .		343

---

## **13 Immerfeuchte Subtropen 349**

<b>13.1</b>	<b>Verbreitung . . . . .</b>	<b>349</b>
<b>13.2</b>	<b>Klima . . . . .</b>	<b>351</b>
<b>13.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>351</b>
<b>13.4</b>	<b>Böden . . . . .</b>	<b>353</b>
<b>13.5</b>	<b>Vegetation . . . . .</b>	<b>353</b>
13.5.1	Strukturmerkmale . . . . .	353
13.5.2	Bestandsvorräte und -umsätze eines halbimmergrünen Eichenwaldes in den südöstlichen USA . . . . .	357
<b>13.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	<b>360</b>
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 13 . . . . .		361

---

## **14 Tropisch/subtropische Trockengebiete . . . . . 364**

<b>14.1</b>	<b>Verbreitung und subzonale Differenzierung . . . . .</b>	<b>364</b>
<b>14.2</b>	<b>Klima . . . . .</b>	<b>365</b>
<b>14.3</b>	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	<b>368</b>
14.3.1	Verwitterungsprozesse, Hartkrusten und Verwitterungsrinden . . . . .	368
14.3.2	Biogene Krusten . . . . .	370
14.3.3	Äolische Prozesse . . . . .	370
14.3.4	Flussarbeit und Spüldenudation . . . . .	373

<b>14.4</b>	<b>Böden</b> . . . . .	376
<b>14.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt</b> . . .	379
14.5.1	Wüsten und Halbwüsten . . .	380
14.5.2	Winterfeuchte Gras- und Strauchsteppen . . . . .	381
14.5.3	Sommerfeuchte Dornsteppen und Dornsavannen . . . . .	381
14.5.4	Vegetation und Bodenwasser- haushalt . . . . .	384
14.5.4.1	Wasserverfügbarkeit in Abhän- gigkeit von Oberflächenab- fluss/-zufluss . . . . .	384
14.5.4.2	Wasserverfügbarkeit in Abhän- gigkeit von Bodentextur und Bodentiefe . . . . .	387
14.5.4.3	Wasserverfügbarkeit in Abhän- gigkeit vom Salzgehalt der Böden, Salzstress . . . . .	388
14.5.4.4	Wasserverfügbarkeit in Abhän- gigkeit vom Pflanzenabstand, kontrahierte Vegetation . . . .	389
14.5.5	Lebensformen: Anpassungen an Dürre- und Salzstress . . .	390
14.5.5.1	Austrocknungsertragende Xerophyten . . . . .	391
14.5.5.2	Sukkulente Xerophyten (Dürre-Sukkulenten) . . . . .	391
14.5.5.3	Austrocknungsverzögernde Xerophyten . . . . .	393
14.5.5.4	Dürremeidende Xerophyten . .	396
14.5.5.5	Dürre-Halophyten . . . . .	397
14.5.6	Tierwelt der Wüsten . . . . .	397
14.5.7	Phytomasse und Primär- produktion . . . . .	400
14.5.8	Zersetzung und Mineralstoffe .	402
<b>14.6</b>	<b>Landnutzung</b> . . . . .	403
14.6.1	Extensive Wanderweidewirt- schaft . . . . .	405
14.6.2	Ranching und Wildbewirt- schaftung . . . . .	408
14.6.3	Oasen-Bewässerungswirtschaft . . . . .	409
14.6.4	Landdegradation und Rehabili- tation . . . . .	412
Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 14 . . . . .		414

<b>15</b>	<b>Sommerfeuchte Tropen</b>	422
<b>15.1</b>	<b>Verbreitung und subzonale Differenzierung</b> . . . . .	422
15.1.1	Thermische und hygriische Abgrenzungskriterien . . . . .	423
15.1.2	Trockensavannen- und Feucht- savannenzonen . . . . .	425
<b>15.2</b>	<b>Klima</b> . . . . .	426
<b>15.3</b>	<b>Relief und Gewässer</b> . . . . .	430
15.3.1	Rumpfflächen, Inselberge und Pedimente . . . . .	430
15.3.1.1	Rumpfflächen . . . . .	430
15.3.1.2	Infiltrationsraten und Stark- regenfluten . . . . .	430
15.3.1.3	Spüldenudation . . . . .	432
15.3.1.4	Doppelte Einebnung . . . . .	433
15.3.1.5	Inselberge . . . . .	434
15.3.1.6	Pedimente und Pedimentation .	435
15.3.1.7	Rumpfstufen . . . . .	435
15.3.2	Fließgewässer und Dambos . .	436
15.3.3	Stone Lines und Laterite . . .	437
<b>15.4</b>	<b>Böden</b> . . . . .	438
15.4.1	Die Böden der Sommer- und Immerfeuchten Tropen und Subtropen – allgemein . . . . .	438
15.4.2	Die wichtigsten Bodentypen der Sommerfeuchten Tropen . . . . .	440
15.4.3	Kleinräumige Bodendifferen- zierung, Bioturbation . . . . .	443
<b>15.5</b>	<b>Vegetation und Tierwelt</b> . . .	444
15.5.1	Physiognomisch-ökologische Merkmale und Differenzierun- gen, Savanntentypen . . . . .	444
15.5.2	Lebensformen, Wechsel- beziehungen zwischen Baum- und Grasschicht . . . . .	447
15.5.3	Saisonalität des Pflanzen- wachstums . . . . .	450
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	16.5	<b>Vegetation und Tierwelt . . .</b>	493
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
15.6	<b>Landnutzung . . . . .</b>	469	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
<hr/>			16.5.6	Streufall und Streuschicht, Zersetzung und Humus . . . . .	517
<b>16</b>	<b>Immerfeuchte Tropen . .</b>	<b>483</b>	16.5.7	Mineralstoffvorräte und -umsätze . . . . .	519
16.1	<b>Verbreitung . . . . .</b>	483	16.5.8	Regenwald-Ökosysteme . . . . .	527
16.2	<b>Klima . . . . .</b>	484	<b>16.6</b>	<b>Landnutzung . . . . .</b>	527
16.2.1	Zonales Klima . . . . .	484	16.6.1	Natürliches Agrarpotential . .	527
16.2.2	Bestandsklima . . . . .	486	16.6.2	Brandrodungs-Wanderfeldbau .	530
16.3	<b>Relief und Gewässer . . . . .</b>	488	16.6.3	Risiken und Chancen moderner Nutzungsformen . .	535
16.3.1	Verwitterung und Lösungsabtrag . . . . .	488	16.6.3.1	Natürliche Probleme und Gefahren . . . . .	535
16.3.2	Fluviale Zerschneidung und Flächenbildung . . . . .	489	16.6.3.2	Gegenmaßnahmen . . . . .	536
16.3.3	Denudationsprozesse . . . . .	489	16.6.3.3	Moderne Nutzungsformen . .	538
16.4	<b>Böden . . . . .</b>	490	Zusammenfassendes Schaubild und Literatur zu Kap. 16 . . . . .		541
			<b>Sachregister . . . . .</b>		551