



bio
biologie

Thomas M. Smith
Robert L. Smith

Ökologie

6., aktualisierte Auflage

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der amerikanischen 6. Auflage	XIX
Vorwort zur deutschen Ausgabe	XXIV
TEIL I Einführung und Grundlagen	1
Kapitel 1 Was ist Ökologie?	5
1.1 Organismen treten innerhalb von Ökosystemen mit ihrer spezifischen Umwelt in Wechselbeziehungen	7
1.2 Die Bestandteile eines Ökosystems sind hierarchisch geordnet	7
1.3 Die Ökologie hat eine bewegte Vorgeschichte	8
1.4 Die Ökologie hat enge Verbindungen zu anderen Disziplinen	13
1.5 Die Ökologie verwendet wissenschaftliche Methoden	15
1.6 Experimente können zu Vorhersagen führen	20
1.7 Das Fehlen absoluter Erkenntnissicherheit ist eine Grundeigenschaft der ökologischen Wissenschaft	20
1.8 Der elementare Untersuchungsgegenstand der Ökologie ist das Individuum	22
Kapitel 2 Adaptation und Evolution	25
2.1 Das Prinzip der Selektion beruht auf zwei Faktoren	27
2.2 Ein wesentliches Element der Selektion ist die Vererbung	30
2.3 Die Erbfaktoren sind die Gene	33
2.4 Genetische Variabilität ist der entscheidende Faktor für die Selektion	35
2.5 Evolution ist eine Veränderung von Genfrequenzen	36
2.6 Das Artkonzept beruht auf genetischer Isolation	37
2.7 Zum Prozess der Artbildung gehört die reproduktive Isolation	44
2.8 Geographische Verbreitungsmuster von Arten geben Einblick in den Prozess der Artbildung	46
2.9 Adaptationen spiegeln Kompromisse und Einschränkungen wider	51
TEIL II Die abiotische Umwelt	55
Kapitel 3 Klima	59
3.1 Die Erde nimmt die Solarstrahlung auf	61
3.2 Die Solarstrahlung verändert sich mit den Jahreszeiten	63
3.3 Die Lufttemperatur nimmt mit der Höhe ab	68
3.4 Luftmassen zirkulieren rund um die Erde	69
3.5 Sonnenenergie, Wind und Erdrotation erzeugen Meeresströmungen	72
3.6 Die Temperatur beeinflusst den Feuchtigkeitsgehalt der Luft	72
3.7 Niederschläge zeigen ein charakteristisches globales Verteilungsmuster	73
3.8 Das Relief beeinflusst regionale und lokale Niederschlagsverteilungen	76
3.9 Unregelmäßige Klimaschwankungen ereignen sich auf regionaler und globaler Ebene	77
3.10 Die meisten Organismen leben in einem spezifischen Lokal-, Habitat- oder Mikroklima	81

Kapitel 4	Die aquatische Umwelt	87
4.1	Wasser zirkuliert zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre	89
4.2	Wasser hat wichtige physikalische und chemische Eigenschaften	92
4.3	Im Wasser verändert sich die Solarstrahlung mit der Tiefe	95
4.4	Mit der Wassertiefe verändert sich die Temperatur	97
4.5	Wasser als Lösungsmittel	99
4.6	Atmosphärischer Sauerstoff durchmischt sich mit den oberen Wasserschichten	100
4.7	Der pH-Wert hat in aquatischen Lebensräumen weitreichende Auswirkungen	102
4.8	Lebensräume in Süßwasser und Meer sind durch Wasserbewegungen charakterisiert	105
4.9	Küstenlebensräume werden von den Gezeiten geprägt	107
4.10	Umweltbedingungen in der Übergangszone zwischen Süß- und Salzwasser . .	108
Kapitel 5	Die terrestrische Umwelt	113
5.1	Das Leben an Land stellt besondere Herausforderungen	115
5.2	Die Vegetationsstruktur beeinflusst die vertikale Verteilung der Solarstrahlung	116
5.3	Alles Leben auf dem Festland hängt vom Boden ab	121
5.4	Die Bodenbildung beginnt mit der Verwitterung	122
5.5	An der Bodenbildung sind fünf miteinander korrelierende Faktoren beteiligt	122
5.6	Böden haben typische physikalische und chemische Eigenschaften	124
5.7	Böden bestehen aus verschiedenen horizontalen Schichten	125
5.8	Eine entscheidende Eigenschaft von Böden ist das Wasserhaltevermögen	127
5.9	Die Ionenaustauschkapazität ist wichtig für die Produktivität von Böden	128
5.10	Verschiedene Bodenbildungsprozesse lassen unterschiedliche Bodentypen entstehen	129
TEIL III	Die Organismen und ihre Umwelt	139
Kapitel 6	Die Adaptationen der Pflanzen an ihre Umwelt	143
6.1	Photosynthese: Der Aufbau organischer Substanz über Strahlungsenergie	145
6.2	Die Strahlungsenergie beeinflusst die photosynthetische Aktivität von Pflanzen	146
6.3	Photosynthese setzt Austauschvorgänge zwischen Pflanze und Atmosphäre voraus	147
6.4	Wasser strömt vom Boden durch die Pflanze in die Atmosphäre	148
6.5	In der Kohlenstoffaufnahme unterscheiden sich Land- und Wasserpflanzen . .	151
6.6	Die Energiebilanz wird durch die Blattemperatur bestimmt	151
6.7	Kohlenstoff wird gebunden und zum Aufbau von Pflanzengewebe verwendet	152
6.8	Abiotische Umweltzwänge haben zu verschiedenen Adaptationsmechanismen bei Pflanzen geführt	154
6.9	Pflanzenarten sind an Standorte hoher oder niedriger Solarstrahlung angepasst	155
6.10	Wasserbedarf und Temperatur beeinflussen die Adaptationen von Pflanzen . .	159
6.11	Pflanzen zeigen unterschiedliche Reaktionen auf Umwelttemperaturen	167
6.12	Pflanzen passen sich den variierenden Nährstoffverhältnissen an	168

Kapitel 7 Die Adaptationen der Tiere an ihre Umwelt 177

7.1	Tierarten können auf unterschiedliche Weise Energie und Nährstoffe aufnehmen	179
7.2	Tierarten haben verschiedene Nahrungsansprüche	185
7.3	Mineralstoffmangel kann das Wachstum und die Reproduktion von Tieren beeinträchtigen	186
7.4	Tiere benötigen Sauerstoff, um die in der Nahrung enthaltene Energie freizusetzen	187
7.5	Gleichgewichtszustände und Rückkopplungsprozesse	189
7.6	Tiere tauschen Wärmeenergie mit ihrer Umgebung aus	191
7.7	Tiere lassen sich nach Art ihrer Temperaturregulation einteilen	191
7.8	Poikilotherme sind von der Umgebungstemperatur abhängig	192
7.9	Homoiotherme lösen sich von den Temperaturbedingungen der Umgebung . .	194
7.10	Endothermie und Ektothermie erfordern Kompromisslösungen	196
7.11	Heterotherme Tierarten zeigen Eigenschaften von Ektothermen und Endothermen	200
7.12	Torpor und Winterschlaf helfen einigen Tierarten, Energie zu sparen	200
7.13	Besondere physiologische Mechanismen zur Regulierung der Körpertemperatur	201
7.14	Gleichgewicht zwischen Aufnahme und Abgabe von Wasser bei Landtieren . .	203
7.15	Probleme bei der Aufrechterhaltung der Wasserbilanz in aquatischen Lebensräumen	205
7.16	Auftrieb hilft Wasserorganismen beim Schweben	206
7.17	Tages- und jahreszeitliche Hell-Dunkel-Wechsel beeinflussen die Aktivität von Tieren	207
7.18	Bestimmte Tageslängen lösen jahreszeitabhängige Reaktionen aus	209
7.19	Aktivitätsrhythmen von Wattorganismen folgen den Gezeiten	211

Kapitel 8 Überlebens- und Reproduktionsmuster im Lebenszyklus eines Organismus (*life history patterns*) 217

8.1	Reproduktion kann sexuell oder asexuell erfolgen	219
8.2	Die sexuelle Fortpflanzung zeigt eine große Vielfalt	220
8.3	Paarungssysteme beschreiben die Paarbildung von Männchen und Weibchen	223
8.4	Die Partnerwahl ist mit sexueller Selektion verbunden	225
8.5	Weibchen können Männchen nach der Ressourcenverfügbarkeit auswählen . .	227
8.6	Organismen investieren Zeit und Energie in die Reproduktion	228
8.7	Der Zeitpunkt der Reproduktion variiert von Art zu Art	229
8.8	Die elterliche Investition hängt von Anzahl und Körpergröße der Nachkommen ab	230
8.9	Die Anzahl der Nachkommen hängt vom Alter und der Körpergröße ab	231
8.10	Die Nahrungsverfügbarkeit beeinflusst die Anzahl der Nachkommen	232
8.11	Der Reproduktionsaufwand kann von der geographischen Breite abhängen . .	233
8.12	Die Habitatwahl beeinflusst den Reproduktionserfolg	235
8.13	Ökologische Strategien werden durch Umweltbedingungen beeinflusst	237

TEIL IV	Populationen	243
Kapitel 9	Eigenschaften von Populationen	247
9.1	Organismen können unitar oder modular sein	249
9.2	Die räumliche Verbreitung von Populationen	251
9.3	Populationen werden durch ihre Individuendichte und Individuenverteilung charakterisiert	254
9.4	Zur Bestimmung der Individuendichte sind Bestandserfassungen notwendig	256
9.5	Populationen haben eine Altersstruktur	259
9.6	Das Geschlechterverhältnis in Populationen kann altersabhängig sein	261
9.7	Individuen bewegen sich zwischen Populationen	262
9.8	Verbreitung von Populationen und Individuendichte variieren zeitlich und räumlich	266
Kapitel 10	Populationswachstum	269
10.1	Populationswachstum spiegelt die Differenz zwischen Geburten- und Sterberate wider	271
10.2	Lebensstafeln geben Auskunft über altersspezifische Überlebens- und Sterberaten	275
10.3	Unterschiedliche Typen von Lebensstafeln unterstützen die Entschlüsselung der Kohorten- und Altersstruktur	276
10.4	Lebensstafeln liefern Daten für Überlebens- und Mortalitätsdiagramme	278
10.5	Geburtenraten sind altersabhängig	280
10.6	Geburten- und Überlebensrate bestimmen die Nettoerproduktionsrate	280
10.7	Altersspezifische Mortalitäts- und Geburtenraten können zur Vorhersage des Populationswachstums dienen	281
10.8	Stochastische Prozesse können die Populationsdynamik beeinflussen	284
10.9	Zahlreiche Faktoren können zum Auslöschen einer Population führen	285
10.10	Kleine Populationen sind vom Aussterben bedroht	287
Kapitel 11	Intraspezifische Regulation von Populationen	291
11.1	Umweltfaktoren, die das Populationswachstum begrenzen	293
11.2	Eine Populationsregulation kann von der Individuendichte abhängen	296
11.3	Konkurrenz ist das Ergebnis limitierter Ressourcen	298
11.4	Intraspezifische Konkurrenz beeinträchtigt Wachstum und Entwicklung	299
11.5	Intraspezifische Konkurrenz kann die Reproduktion verringern	301
11.6	Eine zu hohe Individuendichte setzt Individuen unter Stress	302
11.7	Emigration kann von der Individuendichte abhängig sein	303
11.8	Sozialverhalten kann die Populationsgröße begrenzen	303
11.9	Revierbildung kann das Populationswachstum regulieren	304
11.10	Auch Pflanzen beanspruchen Raum und andere Ressourcen	306
11.11	Auch von der Individuendichte unabhängige Faktoren können das Populationswachstum beeinflussen	307
Kapitel 12	Metapopulationen	311
12.1	Metapopulationen definieren sich über vier Bedingungen	313
12.2	Die Dynamik von Metapopulationen – ein Gleichgewicht zwischen Aussterben und Kolonisation von Subpopulationen	315

12.3	Habitatgröße und Isolationsgrad beeinflussen die Dynamik von Metapopulationen	317
12.4	Habitatheterogenität beeinflusst die Beständigkeit lokaler Populationen	321
12.5	Einzelne Habitatinseln bilden die Hauptquelle von Kolonisatoren	322
12.6	Bestimmte Faktoren können zu gleichen Prozessen in lokalen Populationen führen	323
12.7	Arten unterscheiden sich in ihrer Kolonisations- und Aussterberate	325
12.8	Der Begriff „Population“ lässt sich unter hierarchischen Gesichtspunkten genauer fassen	326
TEIL V Interaktionen zwischen Arten		331
Kapitel 13 Konkurrenz zwischen Arten		335
13.1	An der interspezifischen Konkurrenz sind zwei oder mehrere Arten beteiligt	337
13.2	Interspezifische Konkurrenz kann zu vier möglichen Ergebnissen führen	338
13.3	Laborexperimente zu den Lotka-Volterra-Gleichungen	341
13.4	Experimente zum Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip	342
13.5	Konkurrenz wird nicht nur von der Ressourcensituation beeinflusst	343
13.6	Zeitlich variierende Umweltfaktoren beeinflussen Konkurrenzbeziehungen ..	344
13.7	Konkurrenz findet um mehrere verschiedene Ressourcen zugleich statt	345
13.8	Die relative Konkurrenzstärke verändert sich entlang von Umweltgradienten ..	348
13.9	Interspezifische Konkurrenz hat Auswirkungen auf die realisierte Nische einer Art	352
13.10	Koexistenz von Arten bedeutet häufig gemeinsame Ressourcennutzung	355
13.11	Konkurrenz kann auf die natürliche Selektion Einfluss nehmen	357
13.12	Konkurrenz ist eine komplexe Interaktionsform, an der biotische und abiotische Faktoren beteiligt sind	360
Kapitel 14 Prädation – Räubertum		365
14.1	Räuber-Beute-Beziehungen zeigen eine große Vielfalt	367
14.2	Ein mathematisches Modell beschreibt Räuber-Beute-Beziehungen	367
14.3	Das Modell geht von einer gegenseitigen Populationsregulation aus	369
14.4	Funktionelle Reaktionen stellen den Zusammenhang zwischen Konsumptionsrate und Beutedichte her	371
14.5	Die Anzahl der Räuber ist von der Beutedichte abhängig	374
14.6	Die Nahrungssuche erfordert eine Abwägung zwischen investierter Zeit und Energie	376
14.7	Auf der Suche nach Nahrung werden nahrungsreiche Gebiete bevorzugt	378
14.8	Das Risiko, zur Beute zu werden, kann das Verhalten beim Nahrungserwerb beeinflussen	380
14.9	Zwischen Räuber und Beute kann es zu einer Koevolution kommen	381
14.10	Beutetiere haben Schutzmechanismen gegenüber Räubern entwickelt	382
14.11	Räuber haben wirkungsvolle Jagdstrategien entwickelt	388
14.12	Räuber profitieren von guten Nahrungsbedingungen der Herbivoren	389
14.13	Räuber beeinflussen die Populationsdynamik ihrer Beute durch letale und nichtletale Effekte	390

Kapitel 15 Parasitismus, Herbivorie, Mutualismus, Para- und Metabiosen 395

15.1	Parasiten entziehen dem Wirt Ressourcen	397
15.2	Parasiten besiedeln unterschiedliche Bereiche ihres Wirts	400
15.3	Parasiten können direkt zwischen Wirtsorganismen übertragen werden	400
15.4	Parasiten können über Transporteure von Wirt zu Wirt übertragen werden	401
15.5	Die Übertragung eines Parasiten kann in mehreren Etappen und Stadien erfolgen	402
15.6	Wirte reagieren auf Parasitenbefall	403
15.7	Parasiten können die Reproduktion und Überlebenschancen ihrer Wirte beeinträchtigen	404
15.8	Parasiten können die Dichte von Wirtspopulationen regulieren	406
15.9	Herbivorie, die Nutzung pflanzlicher Substanz	409
15.10	Pflanzen verteidigen sich gegen Herbivorie	411
15.11	Herbivoren manipulieren ihre Wirtspflanze	413
15.12	Mutualistische Beziehungen zeigen eine große Vielfalt	413
15.13	Mutualistische Beziehungen spielen eine Rolle beim Nährstofftransfer	416
15.14	Mutualistische Beziehungen, die der Verteidigung des einen Partners und der Ernährung des anderen dienen	418
15.15	Mutualistische Beziehungen sind für die Bestäubung von Pflanzenarten wichtig	420
15.16	Mutualismus spielt eine Rolle bei der Samenausbreitung	423
15.17	Mutualismus kann sich auf die Populationsdynamik auswirken	425
15.18	Formen eines einseitigen Nutzens – Parabiose, Metabiose	426

TEIL VI Ökologie der Lebensgemeinschaften 431

Kapitel 16 Die Struktur von Lebensgemeinschaften 435

16.1	Pflanzengesellschaften sind die Grundbausteine der Vegetation	437
16.2	Tiergemeinschaften weisen eine große Vielfalt auf	444
16.3	Arten- und Individuenzahl kennzeichnen die Biozönose	445
16.4	Schlüsselarten haben oft auch bei geringer Individuenzahl großen Einfluss auf die Lebensgemeinschaft	447
16.5	Nahrungsnetze beschreiben die Wechselwirkungen zwischen Arten	450
16.6	Die Arten einer Lebensgemeinschaft kann man in ökologische Gilden und funktionelle Gruppen einteilen	452
16.7	Lebensgemeinschaften haben eine bestimmte Struktur	453
16.8	Höhenstufen und Zonation: Der räumliche Wechsel verschiedener Biozönosen entlang von Umweltgradienten	456
16.9	Grenzen zwischen Lebensgemeinschaften zu definieren, ist oftmals schwierig	461
16.10	Zwei gegensätzliche Sichtweisen für Lebensgemeinschaften	461

Kapitel 17 Faktoren mit Wirkung auf die Struktur der Lebensgemeinschaften 469

17.1	Die Fundamentalnische beeinflusst die Struktur einer Lebensgemeinschaft	471
17.2	In einer Lebensgemeinschaft interagieren immer viele Arten miteinander	473
17.3	An Nahrungsnetzen werden indirekte Beziehungen deutlich	476
17.4	Nahrungsnetze kontrollieren die Struktur einer Lebensgemeinschaft	479
17.5	Zu den interspezifischen Wechselbeziehungen entlang von Umweltgradienten gehören Stresstoleranz und Konkurrenz	482

17.6	Die Heterogenität der Umwelt beeinflusst die Artenvielfalt der Lebensgemeinschaften	486
17.7	Die Ressourcenverfügbarkeit kann sich auf die Pflanzendiversität einer Pflanzengesellschaft auswirken	489
Kapitel 18 Dynamik von Lebensgemeinschaften		493
18.1	Die Struktur von Pflanzengesellschaften ändert sich im Laufe der Zeit	495
18.2	Eine Primärsukzession findet auf bisher unbesiedeltem Substrat statt	501
18.3	Nach Eingriffen und Störungen kommt es zu einer Sekundärsukzession	504
18.4	Die Erforschung der Sukzession hat eine lange Tradition	507
18.5	Sukzession ist mit autogenen Umweltveränderungen korreliert	508
18.6	Im Verlauf des Sukzessionsgeschehens verändert sich die Artenvielfalt	513
18.7	An der Sukzession sind auch heterotrophe Organismenarten beteiligt	515
18.8	Veränderungen in der Gemeinschaftsstruktur beruhen auch auf allogenen Umweltveränderungen	518
18.9	Die Struktur der Lebensgemeinschaften ändert sich in geologischen Zeiträumen	519
18.10	Die mitteleuropäische Grundfolge der Vegetationsentwicklung im Spät- und Postglazial	522
Kapitel 19 Landschaftsökologie		527
19.1	Faktoren, die das Mosaik einer Landschaft bestimmen	529
19.2	Rand- und Übergangsbereiche zwischen verschiedenen Lebensräumen bieten Organismen vielfältige Lebensbedingungen	531
19.3	Größe und Form von Habitatsinseln sind für die Artenvielfalt entscheidend ...	537
19.4	Die Theorie der Insel-Biogeographie gilt auch für Habitatsinseln	542
19.5	In fragmentierten Landschaften ermöglichen Korridore den Arten- und Individuenaustausch zwischen Habitatsinseln	544
19.6	Ein zentraler Begriff landschaftsdynamischer Prozesse: Die Metapopulation ..	546
19.7	Häufigkeit, Intensität und Umfang bestimmen die Wirkung von Störungen ...	547
19.8	Störungen entstehen auf unterschiedlichste Weise	549
19.9	Störungen durch den Menschen können zu Langzeiteffekten führen	554
19.10	Landschaften haben eine Mosaikstruktur mit verschiedenen Lebensgemeinschaften	556
TEIL VII Ökologie der Ökosysteme		561
Kapitel 20 Energiehaushalt in Ökosystemen		565
20.1	Über den Energiefluss bestimmen die Gesetze der Thermodynamik	567
20.2	Primärproduktion: Fixierung von Energie durch Photosynthese	568
20.3	In terrestrischen Ökosystemen bestimmen Temperatur, Wasser und Nährstoffe die Primärproduktion	571
20.4	In aquatischen Ökosystemen bestimmen Temperatur, Licht und Nährstoffmenge die Primärproduktion	576
20.5	Energieallokation und pflanzlicher Lebensformtyp haben Einfluss auf die Primärproduktion	578
20.6	Die Primärproduktion schwankt im Laufe der Zeit	579
20.7	Die Primärproduktion begrenzt die Sekundärproduktion	581
20.8	Konsumenten haben eine unterschiedliche Produktionseffizienz	583
20.9	In Ökosystemen gibt es zwei Hauptnahrungsketten	584

20.10	Der Energiefluss durch die trophischen Ebenen ist quantitativ fassbar	587
20.11	Die Konsumptionseffizienz bestimmt den Weg des Energieflusses durch das Ökosystem	588
20.12	Die Energie nimmt in aufeinanderfolgenden trophischen Ebenen ab	590

Kapitel 21 Zersetzung und Stoffkreislauf 595

21.1	Die meisten lebenswichtigen Stoffe werden im Ökosystem wiederverwertet . .	597
21.2	Die Zersetzung ist ein komplizierter Vorgang, an dem verschiedene Organismenarten beteiligt sind	598
21.3	Zur Untersuchung der Zersetzung verfolgt man den Abbauvorgang des organischen Materials	601
21.4	Die Zersetzungsrate wird durch mehrere Faktoren beeinflusst	604
21.5	Die Stoffe im toten organischen Material werden während der Zersetzung mineralisiert	607
21.6	Zersetzung in aquatischen Lebensräumen	610
21.7	Schlüsselprozesse in Ökosystemen beeinflussen die Geschwindigkeit des Stoffkreislaufs	611
21.8	Der Stoffkreislauf läuft in terrestrischen Ökosystemen anders ab als in stehenden aquatischen Ökosystemen	615
21.9	In Fließgewässern wirkt sich die Wasserströmung auf den Stoffkreislauf aus . .	618
21.10	Der Stoffkreislauf in küstennahen Ökosystemen wird durch aquatische und terrestrische Umweltfaktoren beeinflusst	619
21.11	Im Meer sorgen Oberflächenströmungen für den vertikalen Stofftransport	621

Kapitel 22 Biogeochemische Kreisläufe 625

22.1	Es gibt zwei Haupttypen biogeochemischer Kreisläufe	627
22.2	Stoffe gelangen als Input ins Ökosystem	628
22.3	Output bedeutet für das Ökosystem einen Stoffverlust	628
22.4	Biogeochemische Kreisläufe unter globalen Gesichtspunkten	631
22.5	Kohlenstoffkreislauf und Energiefluss sind eng gekoppelt	631
22.6	Der Kohlenstoffkreislauf läuft je nach Tages- und Jahreszeit unterschiedlich schnell ab	633
22.7	Der globale Kohlenstoffkreislauf umfasst den Austausch zwischen Atmosphäre, Ozeanen und Festland	634
22.8	Der Stickstoffkreislauf beginnt mit der Fixierung des atmosphärischen Stickstoffs	635
22.9	Der Phosphorkreislauf hat kein Reservoir in der Atmosphäre	639
22.10	Der Schwefelkreislauf ist ein kombinierter Stoffkreislauf	645
22.11	Der globale Schwefelkreislauf ist nur unzureichend verstanden	646
22.12	Der Sauerstoffkreislauf ist vorwiegend durch Organismen beeinflusst.	648
22.13	Die verschiedenen biogeochemischen Kreisläufe sind miteinander gekoppelt	650

TEIL VIII Biogeographische Ökologie 655

Kapitel 23 Terrestrische Ökosysteme 659

23.1	In den terrestrischen Ökosystemen spiegelt sich die Anpassung der dominanten pflanzlichen Lebensformen wider	663
23.2	Die Äquatorialzone ist durch tropische Regenwälder charakterisiert	665

23.3	Savannen kommen in halbtrockenen tropischen Regionen mit Regenzeiten vor	673
23.4	Halbwüsten und Wüsten zeigen eine große Ökosystemvielfalt	676
23.5	Mediterranes warmtemperates Klima begünstigt Hartlaubwälder und Gebüschformationen	680
23.6	In den kühlintemperaten Bereichen der gemäßigten Klimazone dominieren Laub abwerfende Waldökosysteme	683
23.7	Die Steppen der gemäßigten Breiten unterscheiden sich nach klimatischer und geomorphologischer Ausgangssituation	687
23.8	In den borealen Regionen dominieren Nadelwälder	690
23.9	Die arktische Tundra ist durch geringe Niederschläge und niedrige Temperaturen gekennzeichnet	693

Kapitel 24 Aquatische Ökosysteme **701**

24.1	Stillgewässer können auf vielerlei Weise entstehen	703
24.2	Stillgewässer haben definierte abiotische Eigenschaften	705
24.3	Die Organismengemeinschaften der verschiedenen Zonen unterscheiden sich voneinander	706
24.4	Die Trophieverhältnisse haben entscheidenden Einfluss auf die Organismengemeinschaft	710
24.5	Viele limnische Organismen sind an das fließende Wasser angepasst	718
24.6	Das Fließwasserökosystem ist in seinem Verlauf durch sich ständig verändernde Umweltbedingungen charakterisiert	721
24.7	Wo Flüsse ins Meer fließen, entstehen Ästuare mit Gezeitenfluss	723
24.8	Meere gliedern sich in verschiedene Lebensbereiche	725
24.9	Je nach Meerestiefe bilden sich unterschiedliche pelagische Lebensgemeinschaften aus	726
24.10	Der Meeresboden ist ein besonderer Lebensraum	729
24.11	Korallenriffe sind hochkomplexe Ökosysteme aus Kolonien von Korallentieren	730
24.12	Über die Produktivität der Ozeane bestimmen Licht und Nährstoffe	732

Kapitel 25 Grenzbereiche zwischen Wasser und Land **737**

25.1	Die Gezeitenzone bildet den Übergang zwischen marinen und terrestrischen Ökosystemen	739
25.2	Felsküsten zeigen eine charakteristische Zonation	739
25.3	Sandstrände und Wattlandschaften sind durch eine hohe Dynamik charakterisiert	742
25.4	Über die Struktur der Salzmarschen bestimmen Gezeiten und Salzgehalt	744
25.5	In tropischen Gebieten treten Mangrovenwälder an die Stelle der Salzmarschen	747
25.6	Süßwasserfeuchtgebiete sind artenreiche und vielgestaltige Ökosysteme	749
25.7	Über die Struktur von Süßwasserfeuchtgebieten bestimmen hydrologische Faktoren	754

Kapitel 26 Großräumige Muster der biologischen Vielfalt **761**

26.1	Die Artenvielfalt hat sich im Laufe der Erdgeschichte verändert	763
26.2	Frühere Aussterbeereignisse traten zeitlich gehäuft auf	764
26.3	Die regionale und globale Artenvielfalt zeigt ein geographisch variierendes Muster	765

26.4	Der Artenreichtum terrestrischer Ökosysteme steht im Zusammenhang mit Klima und Produktivität	766
26.5	In marinen Lebensräumen besteht eine negative Korrelation zwischen Produktivität und Artenvielfalt	769
26.6	Die Artenvielfalt ist eine Folge von Prozessen, die sich in verschiedenen Dimensionen abspielen	770

TEIL IX Humanökologie 777

Kapitel 27 Bevölkerungswachstum, Ressourcennutzung und Nachhaltigkeit 783

27.1	Nachhaltige Ressourcennutzung sorgt für ein Gleichgewicht zwischen Angebot und Nutzung	785
27.2	Durch negative Folgen bei der Ressourcennutzung kann die Nachhaltigkeit indirekt eingeschränkt sein	788
27.3	Das Prinzip der Nachhaltigkeit orientiert sich an natürlichen Ökosystemen . .	789
27.4	Landwirtschaftliche Methoden unterscheiden sich durch den Umfang der Energiezufuhr	790
27.5	Wanderfeldbau ist in den feuchten Tropen eine bevorzugte Landnutzungsform	790
27.6	In gemäßigten Breiten dominiert die Intensivlandwirtschaft	792
27.7	Verschiedene landwirtschaftliche Methoden stellen einen Kompromiss zwischen Nachhaltigkeit und Produktivität dar	794
27.8	Nachhaltige Landwirtschaft ist auf ein vielfältiges Methodenspektrum angewiesen	797
27.9	Nachhaltige Forstwirtschaft verfolgt das Ziel, ein Gleichgewicht zwischen Wachstum und Holzernte zu erreichen	800
27.10	Der Ausbeutung der Fischbestände muss durch Kontrolle und gezielte Maßnahmen Einhalt geboten werden	804
27.11	Die Nutzung der Fischbestände erfordert einen ökosystemaren Ansatz	806
27.12	Ökonomische Gesichtspunkte sind ein entscheidender Faktor für die Ressourcenplanung	811

Kapitel 28 Habitatverlust, Artenvielfalt und Schutz der Natur 817

28.1	Habitaterstörung ist die Hauptursache für das gegenwärtige Artensterben . . .	819
28.2	Vom Menschen eingeschleppte invasive Arten bedrohen viele einheimische Arten	822
28.3	Arten sind in unterschiedlichem Ausmaß vom Aussterben bedroht	826
28.4	Entscheidend für Schutzbestrebungen ist die Feststellung des Gefährdungsgrades einer Art	828
28.5	Regionen mit großer Artenvielfalt haben für den Naturschutz besondere Bedeutung	830
28.6	Entscheidendes Element aller Schutzbestrebungen ist der Artenschutz	834
28.7	Einige Arten können nur noch durch gezielte Wiederansiedlung erhalten werden	836
28.8	Die Erhaltung von Lebensräumen schützt ganze Lebensgemeinschaften	838
28.9	Zur Erhaltung von Lebensräumen gehört die Einrichtung von Schutzgebieten	839
28.10	Zum Schutz von gefährdeten Arten und Lebensgemeinschaften ist oft eine Renaturierung erforderlich	847
28.11	Biologische Sanierung	850
28.12	Im Zentrum des Schutzgedankens steht eine Umweltethik	850

Kapitel 29 Globaler Klimawandel	855
29.1 Treibhausgase beeinflussen die Energiebilanz und das Klima der Erde	857
29.2 Die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre steigt	857
29.3 Was geschieht mit dem freigesetzten CO ₂ ?	859
29.4 Die CO ₂ -Konzentration der Atmosphäre beeinflusst die CO ₂ -Aufnahme durch die Ozeane	860
29.5 Pflanzen reagieren auf erhöhte CO ₂ -Konzentrationen	861
29.6 Treibhausgase verändern das Erdklima	863
29.7 Klimaveränderungen beeinflussen Ökosysteme in unterschiedlicher Weise . . .	867
29.8 Klimaveränderungen beeinflussen die globale Verbreitung der Ökosysteme . .	874
29.9 Die globale Erwärmung kann zum Anstieg des Meeresspiegels führen und gefährdet küstennahe Ökosysteme	875
29.10 Der Klimawandel bedroht die Landwirtschaft	877
29.11 Der Klimawandel beeinträchtigt direkt und indirekt die menschliche Gesundheit	879
29.12 Zum Verständnis der globalen Veränderungen ist ökologische Forschung im globalen Maßstab erforderlich	881
 Anhang	 885
Anhang A: Literaturverzeichnis	886
Anhang B: Quellen	912
Anhang C: Index	918