

Inhalt

Teil 1 Einführung

1	Ökologie – wie macht man das?	3
1.1	Einleitung	4
1.2	Ebenen, Vielfalt und Exaktheit	8
1.2.1	Die Frage der Ebene	9
1.2.2	Die Vielfalt ökologischer Beweisführung	11
1.2.3	Statistik und wissenschaftliche Exaktheit	13
1.3	Ökologie in der Praxis	20
1.3.1	Die Europäische Forelle in Neuseeland – Einflüsse auf Individuen, Populationen, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme	20
1.3.2	Sukzessionen auf aufgelassenen Äckern in Minnesota – eine Studie über Zeit und Raum	27
1.3.3	Hubbard Brook – ein langfristiges Engagement von hochgradiger Bedeutung	31
1.3.4	Eine Untersuchung mithilfe mathematischer Modelle: um herauszufinden, warum Asiatische Geier auf ihr Aussterben zusteueren	35
	Kontrollfragen	41
2	Der evolutionäre Hintergrund der Ökologie	43
2.1	Einleitung	44
2.2	Evolution durch natürliche Selektion	45
2.3	Evolution innerhalb von Arten	49
2.3.1	Geographische Variationen innerhalb einer Art	50
2.3.2	Variation innerhalb einer Art durch anthropogen erzeugten Selektionsdruck	58
2.3.3	Evolution und Koevolution	61
2.4	Die Ökologie der Artbildung	61
2.4.1	Was verstehen wir unter einer „Art“?	62
2.4.2	Inseln und Artbildung	65
2.5	Die Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Evolution und Verbreitung von Arten	69

2.6	Die Auswirkungen der Kontinentaldrift auf die Ökologie der Evolution	72
2.7	Die Interpretation der Ergebnisse von Evolution: Konvergenzen und Parallelen	75
	Kontrollfragen	79

Teil 2 Umweltfaktoren und Ressourcen

3	Abiotische Umweltbedingungen und die Verfügbarkeit von Ressourcen	83
3.1	Einleitung	84
3.2	Umweltbedingungen	85
3.2.1	Was meinen wir mit „rau“, „günstig“ und „extrem“?	85
3.2.2	Auswirkungen von Umweltbedingungen	85
3.2.3	Umweltbedingungen als Stimuli	90
3.2.4	Auswirkungen von Umweltbedingungen auf Wechselwirkungen zwischen Lebewesen	93
3.2.5	Reaktionen sesshafter Organismen	95
3.2.6	Reaktionen von Tieren auf die Umgebungstemperatur	97
3.2.7	Mikroorganismen in extremen Lebensräumen	100
3.3	Ressourcen der Pflanzen	101
3.3.1	Sonneneinstrahlung	101
3.3.2	Wasser	105
3.3.3	Mineralische Nährstoffe	109
3.3.4	Kohlenstoffdioxid	110
3.4	Tiere und ihre Ressourcen	114
3.4.1	Bedarf und Bereitstellung von Nahrung	115
3.4.2	Abwehr	119
3.5	Auswirkungen intraspezifischer Konkurrenz um Ressourcen ...	123
3.6	Umweltbedingungen, Ressourcen und ökologische Nische ...	127
	Kontrollfragen	130
4	Umweltbedingungen, Ressourcen und die Lebensgemeinschaften der Erde	133
4.1	Einleitung	134
4.2	Großräumige und kleinräumige geografische Muster	134
4.2.1	Großräumige Klimamuster	134
4.2.2	Kleinräumige Muster von Umweltbedingungen und Ressourcen	138
4.2.3	Muster von Umweltbedingungen und Ressourcen in aquatischen Lebensräumen	141
4.3	Zeitliche Muster in Umweltbedingungen und Ressourcenverfügbarkeit	141
4.4	Terrestrische Biome	144
4.4.1	Beschreibung und Einteilung der Biome	144
4.4.2	Tropischer Regenwald	145
4.4.3	Savanne	151

4.4.4	Grasland der gemäßigten Breiten	151
4.4.5	Wüste	152
4.4.6	Wälder der gemäßigten Breiten	153
4.4.7	Borealer Nadelwald (Taiga) und sein Übergang zur Tundra	154
4.4.8	Die zukünftige Verbreitung der Biome	155
4.5	Aquatische Lebensräume	155
4.5.1	Ökologie von Wasserläufen	158
4.5.2	Ökologie der Seen	163
4.5.3	Ozeane	165
4.5.4	Küsten	166
4.5.5	Mündungsbereiche (Ästuar)	168
	Kontrollfragen	170

Teil 3 Individuen, Populationen, Gemeinschaften und Ökosysteme

5	Geburt, Tod und Wanderbewegungen	173
5.1	Einleitung	174
5.1.1	Was ist ein Individuum?	175
5.1.2	Das Zählen von Individuen, Geburten und Todesfällen	178
5.2	Lebenszyklen	180
5.2.1	Lebenszyklen und Fortpflanzung	180
5.2.2	Annuelle Lebenszyklen	181
5.2.3	Längere Lebenszyklen	183
5.3	Quantifizierung von Geburt und Tod: Lebenstafeln und Fruchtbarkeitstabellen	186
5.3.1	Kohortenlebenstafeln	188
5.3.2	Lebenstafeln für Populationen mit überlappenden Generationen	192
5.3.3	Eine Klassifikation von Überlebenskurven	193
5.4	Dispersion und Wanderbewegungen	194
5.4.1	Die Dispersion bestimmt die Abundanz	197
5.4.2	Die Rolle von Wanderbewegungen	200
5.5	Die Wirkung von intraspezifischer Konkurrenz auf Populationen	200
5.5.1	Muster des Populationswachstums	202
5.6	Life-History-Strategien	207
	Kontrollfragen	213
6	Interspezifische Konkurrenz	215
6.1	Einleitung	216
6.2	Ökologische Auswirkungen interspezifischer Konkurrenz	217
6.2.1	Konkurrenz zwischen Diatomeen um Silikat	217
6.2.2	Koexistenz und Ausschluss bei konkurrierenden Lachsfischen	218
6.2.3	Einige generell zu beobachtende Phänomene	219
6.2.4	Koexistenz konkurrierender Diatomeen	220
6.2.5	Koexistenz konkurrierender Vogelarten	221
6.2.6	Koexistenz konkurrierender Nager und Ameisen	222

6.2.7	Das Konkurrenzausschlussprinzip	223
6.2.8	Heterogenität der Umwelt	227
6.3	Evolutionäre Auswirkungen interspezifischer Konkurrenz	232
6.3.1	Merkmalsverschiebung und Konkurrenzentlastung beim Indischen Mungo	233
6.3.2	Merkmalsverschiebung bei Kanadischen Stichlingen	234
6.3.3	Evolution in Aktion: Nischendifferenzierte Bakterien	234
6.4	Interspezifische Konkurrenz und die Struktur von Lebensgemeinschaften	236
6.4.1	Limitierende Ressourcen und die Regulation der Diversität in Phytoplankton-Lebensgemeinschaften	236
6.4.2	Nischenkomplementarität bei Anemonenfischen in Papua Neu-Guinea	238
6.4.3	Arten, die durch Raum oder Zeit getrennt sind	240
6.4.4	Räumliche Abgrenzung bei Bäumen und Mycorrhizapilzen	241
6.4.5	Zeitliche Abgrenzung bei Fangschrecken und Pflanzen der Tundra	243
6.5	Wie bedeutsam ist interspezifische Konkurrenz tatsächlich?	245
6.5.1	Die Häufigkeit gegenwärtig stattfindender Konkurrenz	247
6.5.2	Konkurrenz oder reiner Zufall?	249
	Kontrollfragen	255
7	Prädation, Beweidung und Krankheiten	257
7.1	Einleitung	258
7.2	Fitness und Abundanz der Beute	260
7.3	Die Feinheiten der Prädation	262
7.3.1	Interaktionen mit anderen Faktoren	262
7.3.2	Das Beuteindividuum: Kompensation und Verteidigung	264
7.3.3	Vom Beuteindividuum zur Beutepopulationen	266
7.4	Verhalten von Prädatoren – Suchverhalten und Übertragung	270
7.4.1	Suchverhalten	271
7.5	Die Populationsdynamik der Prädation	276
7.5.1	Die grundlegende Dynamik im Räuber–Beute–Verhältnis: eine Tendenz zum Kreislauf	276
7.5.2	Räuber-Beute-Kreisläufe in der Praxis	279
7.5.3	Zyklen und Dynamik von Krankheiten	280
7.5.4	Übervölkerung	285
7.5.5	Räuber und Beute in Patches	287
7.6	Prädation und Struktur von Lebensgemeinschaften	290
	Kontrollfragen	295
8	Evolutionsökologie	297
8.1	Einleitung	298
8.2	Molekulare Ökologie: Differenzierung innerhalb von Arten und zwischen Arten	299
8.2.1	Unterschiede innerhalb einer Art	303
8.2.2	Unterschiede zwischen Arten	307

8.3	Koevolutionäres Wettrüsten	310
8.3.1	Koevolution	310
8.3.2	Wettrüsten zwischen Pflanzen und Insekten	311
8.3.3	Wettrüsten zwischen Parasiten und ihren Wirten	311
8.4	Mutualistische Interaktionen	316
8.4.1	Mutualistische Leibwächter	317
8.4.2	Haltung von Nutztieren und Nutzpflanzen	320
8.4.3	Die Verbreitung von Samen und Pollen	320
8.4.4	Mutualistische Darmbewohner	323
8.4.5	Mykorrhizen	324
8.4.6	Stickstofffixierung durch Mutualisten	327
	Kontrollfragen	331
9	Von Populationen zu Artengemeinschaften	333
9.1	Einleitung	334
9.2	Vielfältige Einflussfaktoren auf die Dynamik von Populationen ..	335
9.2.1	Fluktuation oder Stabilität	336
9.2.2	Determination und Regulation der Abundanz	337
9.2.3	Schlüsselfaktorenanalyse	340
9.3	Ausbreitung, Patches und Metapopulationsdynamik	348
9.4	Zeitliche Muster in der Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften	354
9.4.1	Gründer-kontrollierte und Dominanz-kontrollierte Lebensgemeinschaften	354
9.4.2	Sukzession von Lebensgemeinschaften	357
9.5	Nahrungsnetze	365
9.5.1	Indirekte und direkte Effekte	365
9.5.2	Stabilität von Lebensgemeinschaften und die Struktur von Nahrungsnetzen	371
	Kontrollfragen	381
10	Muster des Artenreichtums	383
10.1	Einleitung	384
10.2	Ein einfaches Modell des Artenreichtums	385
10.3	Räumlich variierende Faktoren und ihr Einfluss auf den Artenreichtum	388
10.3.1	Produktivität und der Reichtum an Ressourcen	388
10.3.2	Prädationsintensität	393
10.3.3	Räumliche Heterogenität	394
10.3.4	Extreme Lebensbedingungen	396
10.4	Zeitlich variierende Faktoren und ihr Einfluss auf den Artenreichtum	399
10.4.1	Klimavariationen	399
10.4.2	Störung	400
10.4.3	Alter des Lebensraums: evolutionsgeschichtliche Zeiträume	402
10.5	Gradienten des Artenreichtums	403
10.5.1	Areal und Abgelegenheit des Habitats – Biogeografie von Inseln ..	403

10.5.2	Gradienten über die Breitengrade	409
10.5.3	Gradienten über Höhe und Tiefe	411
10.5.4	Gradienten im Verlauf der Sukzession von Lebensgemeinschaften	412
10.6	Muster des Reichtums an Taxa in Fossilfunden	414
10.7	Bewertung der Muster im Artenreichtum	417
	Kontrollfragen	422

Teil 4 Angewandte Aspekte in der Ökologie

11	Energie- und Stoffflüsse durch Ökosysteme	427
11.1	Einleitung	428
11.2	Primärproduktivität	430
11.2.1	Geografische Muster der Primärproduktivität	430
11.2.2	Limitierende Faktoren für die Primärproduktivität	431
11.3	Verwertung der Primärproduktivität	435
11.3.1	Beziehung zwischen Primär- und Sekundärproduktivität	435
11.3.2	Die grundlegende Bedeutung der Effizienz des Energietransfers ..	437
11.3.3	Die relative Bedeutung des Konsumenten- und Zersetzersystems ..	439
11.4	Zersetzungsprozesse	440
11.4.1	Die Mineralisierer: Bakterien und Pilze	442
11.4.2	Detritivoren und spezialisierte Mikrobivoren	442
11.4.3	Konsumption von pflanzlichem Detritus	444
11.4.4	Konsumption von Fäzes und Aas	445
11.5	Stoffflüsse durch Ökosysteme	448
11.5.1	Nährstoffbilanz terrestrischer Ökosysteme	449
11.5.2	Nährstoffbilanz in aquatischen Lebensgemeinschaften	452
11.6	Globale biogeochemische Kreisläufe	453
11.6.1	Der hydrologische Kreislauf	454
11.6.2	Der Phosphorkreislauf	456
11.6.3	Der Stickstoffkreislauf	456
11.6.4	Der Schwefelkreislauf	458
11.6.5	Der Kohlenstoffkreislauf	458
11.6.6	Einflussnahme der Menschen auf biogeochemische Kreisläufe ..	459
	Kontrollfragen	460
12	Nachhaltigkeit	463
12.1	Einleitung	464
12.2	Das „Bevölkerungsproblem“	465
12.2.1	Einleitung	465
12.2.2	Das Bevölkerungswachstum bis heute	467
12.2.3	Vorhersagen	469
12.2.4	Zwei unvermeidbare Entwicklungen	471
12.2.5	Wie groß ist die globale Umweltkapazität?	473
12.3	Die Nutzung natürlich vorkommender, lebender Ressourcen	474
12.3.1	Fischerei – maximaler Dauerertrag	475

12.3.2	Maximaler Dauerertrag durch feste Quoten	477
12.3.3	Maximaler Dauerertrag durch gleichbleibenden Aufwand	478
12.3.4	Jenseits des maximalen Dauerertrages	479
12.4	Der Anbau von Monokulturen	481
12.4.1	Degradation und Erosion des Bodens	483
12.4.2	Die Nachhaltigkeit von Wasser als Ressource	488
12.5	Schädlingsbekämpfung	490
12.5.1	Ziele der Schädlingsbekämpfung: ökonomische Schadensschwelle und Bekämpfungsschwelle	490
12.5.2	Die Probleme mit chemischen Pestiziden – und ihre Vorzüge	491
12.5.3	Biologische Schädlingsbekämpfung	494
12.6	Integrierte Anbausysteme	496
12.7	Die Vorhersage landwirtschaftlich verursachter globaler Umweltveränderungen	499
	Kontrollfragen	501
13	Umweltschäden	503
13.1	Einleitung	504
13.1.1	Physische und chemische Auswirkungen menschlicher Aktivitäten	504
13.1.2	Ökonomische Kosten menschlicher Einflussnahme: der Verlust von „Ökosystem-Dienstleistungen“	508
13.2	Schäden durch Landwirtschaft	509
13.2.1	Intensivtierhaltung	510
13.2.2	Intensiver Ackerbau	510
13.2.3	Der Umgang mit Eutrophierung	512
13.2.4	Belastung durch Pestizide	514
13.2.5	Physische Umweltschäden durch landwirtschaftliche Nutzung	516
13.3	Energiegewinnung und ihre Auswirkungen	518
13.3.1	Fossile Brennstoffe und Luftverschmutzung	518
13.3.2	Kernkraft	522
13.3.3	Windkraft	524
13.4	Schäden in Städten und Industrieregionen	526
13.4.1	Entsorgung von Ausscheidungen	526
13.4.2	Fluorchlorkohlenwasserstoffe und die Abnahme der Ozonschicht	529
13.4.3	Bergbau	531
13.5	Erhaltung und Wiederherstellung von Ökosystem- Dienstleistungen	534
13.5.1	Bewirtschaftung einer Agrarlandschaft	534
13.5.2	Ergebnisse verschiedener sozialpolitischer Szenarien für die Umwelt auf globaler Ebene	537
	Kontrollfragen	542
14	Naturschutz	543
14.1	Einführung	544
14.2	Bedrohungen der Biodiversität	545
14.2.1	Übernutzung	548

14.2.2	Habitatzerstörung	549
14.2.3	Eingeführte Arten	550
14.2.4	Demographische Risiken kleiner Populationen	552
14.2.5	Mögliche genetische Probleme in kleinen Populationen	555
14.2.6	Welche Risiken gibt es?	556
14.3	Angewandter Naturschutz	559
14.3.1	Die Analyse der Überlebensfähigkeit von Populationen	559
14.3.2	Der Umgang mit genetischen Problemen	564
14.3.3	Die Auswahl von Schutzgebieten	565
14.4	Naturschutz in einer Welt des Wandels	568
14.5	Schlusswort	572
	Kontrollfragen	575
	Literatur	577
	Personen- und Sachwortverzeichnis	599