

Frank A. Klötzli

# Ökosysteme

Aufbau, Funktionen, Störungen

3., durchgesehene und ergänzte Auflage

182 Abbildungen und 96 Tabellen

Gustav Fischer Verlag \* Stuttgart-•• Jena

# Inhalt

## 1 Die Struktur

Prinzipien des Aufbaus, der Stabilität  
und der Grenzen von Ökosystemen

1.1	Was ist Ökologie? . . . . .	1
1.2	Evolution: Das Werden unserer Umwelt . . . . .	9
1.3	Chaos und Ordnung . . . . .	25
1.3.1	Konsequenzen des Chaos für Evolution. . . . .	26
1.3.2	Synergetik . . . . .	27
1.4	Koevolution: Gemeinsame Entwicklung . . . . .	27
• 1.5,	Die regulierenden Kräfte . . . . .	34
1.5.1	Regelkreis und Rückkopplung. . . . .	48
1.6	Das Gefüge der Ökosysteme. . . . .	50
1.6.1	Offene..tjind geschlossene Ökosysteme. . . . .	52
1.6.2	Gestörte und ungestörte Ökosysteme. . . . .	53
1.6.3	Verhalten eines belasteten Ökosystems. . . . .	58
1.7	Ansprüche und Grenzmarken des Lebens: Physikalische Umweltfaktoren. . . . .	59
1.8	Sukzession: Natürliche Veränderung der Umwelt ....	66
1.8.1	Allgemeines Schema der Sukzession. . . . .	78
1.9	Stabilität: Konstanz und Elastizität . . . . .	82
1.9.1	Führt Vielfalt zu Stabilität?. . . . .	86
1.10	Monokulturen: Abbruch der Stabilität. . . . .	89

## 2 Der Kreislauf

Prinzipien der Stoffkreisläufe  
und des Energieflusses

2.1	Was ist ein Kreislauf?. . . . .	95
2.2	Gasstoffkreisläufe. . . . .	96
2.2.1	Wasser: Transport und Reaktionsmedium des Lebens. . . . .	98
2.2.2	Sauerstoff: Brücke des Lebens. . . . .	103
2.2.3	Kohlenstoff: Baustein des Lebens. . . . .	106
2.2.4	Stickstoff: Düngungsstoffe der Ökosysteme. . . . .	117
2.2.5	Schwefel: Weltweite Belastung der Ökosysteme. . . . .	131
2.3	Feststoffkreisläufe und Bodenbildung. . . . .	149
2.3.1	Vom Fels zum humusreichen Boden. . . . .	150
2.3.2	Die wichtigsten Bodentypen. . . . .	• 160

## VIII • Inhalt

2.3.3	Nährstofftransport in die Pflanze . . . . .	165
2.3.4	Mineralstoffkreisläufe . . . . .	169
2.4	Energiefluß . . . . .	174
2.4.1	Energiekonsum in natürlichen und künstlichen Ökosystemen . . . . .	179
2.4.2	Einige Grundlagen der Thermodynamik . . . . .	198
2.5	Wasser- und Luftversorgung . . . . .	200
2.5.1	Die Krise der Wasserversorgung . . . . .	200
2.5.2	Die Überdüngung der Gewässer . . . . .	203
2.5.3	Die Entstehung von Smog . . . . .	210
2.5.4	Sauerstoffvorrat und Ozonschild . . . . .	218
2.6	Störungen der Kreisläufe . . . . .	226
3	<b>Die organismische Beziehung</b>	
	Prinzipien der Aufnahme und Abwehr von jffremdstoffen und Fremdorganismen	
3.1	Ordnung und Stabilität . . . . .	228
3.1.1	Konkurrenz bei Tier und Pflanze . . . . .	228
3.1.2	Allelopathie . . . . .	235
3.1.3	Die ökologische Nische . . . . .	237
3.1.4	Stabilität durch Wechselbeziehungen . . . . .	240
3.2	Die Nahrungsbeziehung . . . . .	243
3.2.1	Nahrungskette und Nahrungspyramide . . . . .	244
3.2.2	Räuber-Beute-Beziehungen . . . . .	249
3.2.3	Energiefluß im Ökosystem . . . . .	253
3.3	Die Grenze der Vermehrung . . . . .	255
3.3.1	Die Lemminge: Ein klassischer Fall . . . . .	258
3.3.2	Inseltheorie . . . . .	261
3.3.3	Vermehrung von Räuber und Beute . . . . .	266
3.4	Reduktion oder Destruktion . . . . .	270
3.4.1	Reduzenten im Zentrum der Erneuerungsprozesse . . . . .	272
3.4.2	Stoffumsatz im Ökosystem . . . . .	277
3.4.3	Das Abfallproblem . . . . .	278
3.5	Veränderungen durch Anreicherung von Schadstoffen . . . . .	284
3.5.1	Pestizide als Auslöser von Umweltveränderungen . . . . .	291
3.5.2	Herbizide als Vermittler von Umweltveränderungen für den Produzenten . . . . .	293
3.5.2.1	Derivate der chlorierten Phenoxiessigsäure . . . . .	295
3.5.2.2	Triazine und substituierte Harnstoffderivate . . . . .	298

3.5.3	Schwermetalle als Festiger von Umweltveränderungen. . . . .	299
3.5.4	Radioaktive Stoffe in Organismen und Ökosystemen. . . . .	310
3.6	Überlegungen zur Wirkung der Radioaktivität in Mitteleuropa. . . . .	320
3.6.1	Grundbelastung und Zusatzbelastungen für den ds Mitteleuropäer. . . . .	320
3.6.2	Kritische Wertung der Wirkung zusätzlicher niederer radioaktiver Dosen. . . . .	323
3.6.3	Die Form der Dosis-Wirkungs-Kurve im niederradioaktiven Bereich. . . . .	324
3.6.4	Schlußfolgerungen. . . . .	325
3.6.5	Aktueller Stand der Kenntnisse zu den Auswirkungen der Katastrophe von Tschernobyl. . . . .	325
3.7	Alternative Nutzung von Ökosystemen. . . . .	327
3.7.1	Biologi/che Schädlingsbekämpfung. . . . .	327
3.7.1.1	Bekämpfung von Insekten mit ihren natürlichen Feinden. . . . .	328
3.7.1.2	Autozidverfahren: Insektenmännchen werden mit Röntgenstrahlen sterilisiert und ausgesetzt. . . . .	328
3.7.1.3	Verwendung von Insektenhormonen (Insekten-Wachstumsregulatoren). . . . .	329
3.7.1.4	Biologische Insektizide. . . . .	330
3.7.1.5	Biologische Unkrautbekämpfung. . . . .	330
3.7.2	Biologischer Landbau. . . . .	331
3.8	Der Mensch als Außenseiter ökologischer Gesetzmäßigkeiten. . . . .	334

## **4 Die Nutzung und Erhaltung von Ökosystemen**

<b>4.1</b>	Nutzung von Ökosystemen. . . . .	348
4.1.1	Meere: An den Grenzen der Nutzung. . . . .	351
4.1.2	Wälder: Vergehende Stabilisatoren unserer Umwelt . . . . .	355
4.1.2.1	Die Regenwaldzone: Kurzcharakteristik des trop. Regenwaldes. . . . .	362
4.1.3	Wüsten: In alarmierender Ausbreitung. . . . .	364
4.1.4	Grasländer: Reste der Ur-Umwelt des Menschen. . . . .	371
4.1.5	Äcker: Breschen in den Kreisläufen. . . . .	376
4.1.6	Städte: Kunstprodukte und ihre Wirkung. . . . .	394
4.2	Umweltveränderung und weltweite Probleme. . . . .	394

X • Inhalt

4.2.1	Industrie- und Entwicklungsländer als geteilte Welt . .	400
4.2.2	Eiweißmangel als Ausdruck fehlgeleiteter Ökosysteme. . . . .	404
4.3	Lösungsversuche. . . . .	407
4.3.1	Lebensqualität auf der Grundlage stabiler Umweltbedingungen. . . . .	409
4.3.2	Schlußgedanken. . . . .	412
	Mathematische Ableitungen von Wachstum und Populationsschwankungen. . . . .	415
	Literatur. . . . .	420
	Sachwortverzeichnis. . . . .	437