

# Inhaltsverzeichnis

Zu diesem Buch .....	XV
<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1 Der Ökologie-Begriff .....	1
2 Ökologie und Unterricht .....	1
2.1 Die Lernziele .....	1
2.2 Probleme in der Praxis .....	2
2.3 Empfehlungen für die Unterrichtspraxis .....	3
2.4 Fachübergreifende Projekte .....	4
3 Wichtige Grundbegriffe der Ökologie .....	4
3.1 Ökosystem .....	4
3.2 Biotop .....	5
3.3 Biozönose .....	5
3.4 Nahrungskette/Nahrungsnetz .....	5
3.5 Ökologische Nische .....	5
3.6 Sukzession .....	6
3.7 Stoff- und Energiekreisläufe .....	6
3.8 Produktion .....	10
3.9 Biomasse .....	10
3.10 Populationsökologie und Synökologie .....	11
3.11 Ökologisches Gleichgewicht .....	12
3.12 Die Ökosphäre .....	12
4 Die Methoden der Ökologie .....	15
4.1 Charakterisierung eines Biotops .....	16
4.2 Untersuchung einer Biozönose .....	16
4.3 Techniken der Probenentnahme .....	16
4.3.1 Sammeltechniken für oberirdische wirbellose Tiere .....	17
4.3.2 Fallen für wirbellose Tiere .....	20
4.3.3 Die Schätzung der Populationsgrößen .....	21
4.3.4 Die Einrichtung eines Transekts .....	22
4.4 Methoden, die im Rahmen dieses Buches beschrieben werden .....	23
4.4.1 Charakterisierung eines Biotops .....	23
4.4.2 Untersuchung von Biozönosen .....	24
4.4.3 Bestimmung der Produktivität eines Ökosystems .....	24
4.5 Einfache statistische Auswertungsmethoden .....	25
4.5.1 Chi-Quadrat-Test: Vergleich von Häufigkeiten .....	25
4.5.2 Rangkorrelationskoeffizient nach Kendall: Vergleich unterschiedlicher Meßgrößen .....	27
5 Grundlagen des natürlichen Systems der Lebewesen .....	29
Bestimmungsschlüssel der Landwirbellosen .....	31

A	ÖKOSYSTEM WIESE	37
	<b>Theoretischer Teil</b>	38
1	Charakterisierung des Lebensraums	38
1.1	Wiesentypen (Wiesen im weiteren Sinne)	38
1.1.1	Natürliche Wiesen	38
1.1.2	Durch menschliche Eingriffe entstandene und erhaltene Wiesen	38
2	Das Mikroklima der Wiesen	40
3	Die Biozönosen der Wiese	42
3.1	Die Vegetation	42
3.2	Die Primärproduktivität	44
3.3	Die Wiesenfauna	44
3.3.1	Allgemeines	44
3.3.2	Synusie der Blüten: die Nektarsammler	45
3.3.3	Synusie der vegetativen Pflanzenorgane	51
3.3.4	Synusie des Pflanzensaftes	52
3.3.5	Vorstellung einer räuberischen Gruppe: Die Spinnen	55
3.3.5.1	Spinnen, die keinen Netzfang betreiben	56
3.3.5.2	Netzspinnen	56
3.3.6	Jahreszeitlicher Wechsel der Fauna des Hypergaion	58
3.3.7	Fauna der Bodenoberfläche (Epigaion)	58
3.3.8	Die Wirbeltiere der Wiesen	60
	Bestimmungsschlüssel Laufkäfergattungen	61
4	Auswirkungen eines menschlichen Eingriffs: Die Heuernte	64
5	Spezielle Biotope innerhalb des Ökosystems Wiese	67
5.1	Die Kuhfladen	67
5.2	Die Hecken	68
	<b>Praktischer Teil</b>	73
1	Klimamessungen	73
2	Botanische Untersuchungen	73
2.1	Floristik	73
2.2	Phänologische Beobachtungen	73
2.3	Pflanzenproduktion	74
3	Verschiedene Fangmethoden	75
3.1	Fang von blütenbesuchenden oder in der Grasschicht sitzenden Insekten	75
3.1.1	Die Streifnetz-Methode	75
3.1.2	Gelbschalen	77
3.1.3	Barber-Fallen	78
3.2	Vergleich der Fangmethoden	79
3.3	Beispiel: Studien an Blütenbesuchern	80

4	Laborarbeit . . . . .	81
4.1	Untersuchung der Mundwerkzeuge blütenbesuchender Insekten . . . . .	81
4.2	Untersuchung der Beine der blütenbesuchenden Insekten . . . . .	84
4.3	Verhaltensbeobachtungen an Hymenopteren . . . . .	85
4.4	Studium der Kuhfladen-Biozönose . . . . .	86
4.5	Studien an Hecken . . . . .	87
B	ÖKOSYSTEM WALD . . . . .	89
	<b>Theoretischer Teil</b> . . . . .	90
1	Charakterisierung des Lebensraums . . . . .	90
1.1	Das Kleinklima . . . . .	90
1.1.1	Licht . . . . .	90
1.1.2	Temperatur . . . . .	91
1.1.3	Niederschläge . . . . .	91
1.1.4	Luftbewegung . . . . .	91
1.2	Waldboden und Bodenschutz . . . . .	92
1.2.1	Die Bodenart . . . . .	92
1.2.2	Bodenschutz . . . . .	93
1.3	Der Stockwerksaufbau des Waldes . . . . .	94
1.4	Die Bodenstreu . . . . .	94
1.4.1	Zusammensetzung der Streu . . . . .	94
1.4.2	Der Stickstoffzyklus . . . . .	96
2	Die Biozönose des Waldes . . . . .	97
2.1	Die Waldgesellschaften Mitteleuropas . . . . .	97
2.1.1	Der Buchenwald . . . . .	98
2.1.2	Der Eichenwald . . . . .	99
2.1.3	Der Fichtenwald . . . . .	99
2.1.4	Der Kiefernwald . . . . .	99
2.1.5	Die Lärchen- und Zirbelkiefernwälder der Alpen . . . . .	100
2.1.6	Hartholzauwälder . . . . .	100
2.1.7	Weichholzauwälder . . . . .	100
2.2	Die Waldfauna . . . . .	100
2.2.1	Die phytophagen Insekten . . . . .	100
2.2.2	Schadinsekten der Holzwirtschaft . . . . .	102
2.2.3	Räuberische Insekten . . . . .	102
2.2.4	Raubarthropoden als biologische Schädlingsbekämpfer . . . . .	104
2.2.4.1	Ameisen . . . . .	104
2.2.4.2	Laufkäfer . . . . .	105
2.2.4.3	Parasiten und Parasitoiden der Schadinsekten . . . . .	105
2.2.4.4	Weitere räuberische Arthropoden . . . . .	106
2.2.5	Die räuberischen Wirbeltiere des Waldes . . . . .	107
2.2.5.1	Amphibien . . . . .	107
2.2.5.2	Waldvögel . . . . .	107
2.2.5.3	Räuberische Säugetiere . . . . .	108
2.2.6	Nahrungsketten im Ökosystem Wald . . . . .	108

<b>Praktischer Teil</b> . . . . .	111
1     Geländeaufnahmeprotokoll zum Kleinklima im Wald . . . . .	111
2     Bodenuntersuchung . . . . .	112
2.1   Bestimmung des Fasergehalts im Boden . . . . .	112
2.2   Messung des Gehalts an Wasser, organischen und anorganischen Bestandteilen . . . . .	112
2.3   Messung der Bodenazidität . . . . .	113
3     Die Primärproduktion . . . . .	113
3.1   Bestimmung der Biomasse der Bäume . . . . .	113
3.2   Bestimmung der Strauch-Biomasse . . . . .	113
3.3   Bestimmung der Biomasse der Krautschicht . . . . .	114
3.4   Bestimmung der Streu-Biomasse . . . . .	114
3.5   Auswertung . . . . .	115
4     Die Sekundärproduktion . . . . .	116
4.1   Aufsammlung der Wirbellosen der Baum- und Strauchschichten . . . . .	116
4.2   Erfassung der Wirbellosen der Streuschicht . . . . .	116
4.3   Auswertung . . . . .	117
4.4   Ökophysiologische Untersuchungen mit einem Stoffwechsellkäfig . . . . .	119
5     Untersuchungen zur Biologie der Ameisen . . . . .	120
5.1   Nahrungsspektrum der Roten Waldameise . . . . .	120
5.2   Beobachtungen an Ameisen im Labor . . . . .	122
6     Beobachtungen an baumsaftleckenden Insekten . . . . .	124
7     Untersuchung des Holzabbaus und der Biozönose von Baumstubben . . . . .	125
8     Einige Versuche zur Ökologie der Mikroorganismen des Waldbodens . . . . .	127
8.1   Cellulose-Aufschluß . . . . .	127
8.2   Eiweißzersetzung . . . . .	128
8.3   Bindung des Luftstickstoffs . . . . .	128
<b>C ÖKOSYSTEM BODEN</b> . . . . .	129
<b>Theoretischer Teil</b> . . . . .	130
1     Die festen Bestandteile des Bodens . . . . .	130
1.1   Die mineralischen Bestandteile . . . . .	130
1.2   Die organischen Bestandteile . . . . .	131
2     Die Zersetzung der organischen Materie . . . . .	131
2.1   Die Mineralisation . . . . .	131
2.2   Die Humusbildung . . . . .	131

3	Das Bodenklima . . . . .	133
3.1	Der Wärmehaushalt des Bodens . . . . .	133
3.2	Das Wasser im Boden . . . . .	135
4	Fauna und Flora . . . . .	136
4.1	Einführung . . . . .	136
4.2	Einnischung der Makrowirbellosen im Boden-Ökosystem . . . . .	138
4.3	Verteilung der Arten im Boden: Beispiel Regenwürmer . . . . .	139
4.4	Die Rolle der Bodenfauna bei der Zersetzung der Streuschicht . . . . .	140
4.5	Einnischung der Bodenmikroarthropoden . . . . .	142
4.6	Die Mikroflora des Bodens . . . . .	143
4.6.1	Die Bodenpilze . . . . .	143
4.6.2	Mykorrhizen . . . . .	143
4.6.3	Die Bodenbakterien . . . . .	144
<b>Praktischer Teil . . . . .</b>		<b>146</b>
1	Bodenuntersuchung . . . . .	146
1.1	Beschreibung des Bodenprofils . . . . .	146
1.2	Bestimmung der Textur und Struktur des Bodens . . . . .	148
1.2.1	Texturbestimmung . . . . .	149
1.2.2	Berechnung der Porosität . . . . .	149
1.3	Messung des Boden-pH . . . . .	149
1.4	Untersuchung der Bodentemperatur . . . . .	150
1.5	Erstellen eines Feuchtigkeitsprofils . . . . .	151
2	Quantitative Probennahmen . . . . .	151
2.1	Gewinnung von Bodenproben . . . . .	151
2.2	Entnahme von Proben der Streuschicht . . . . .	152
2.3	Sammeln von Regenwürmern . . . . .	152
2.4	Das Sammeln weiterer Makrowirbellosen . . . . .	153
3	Faunistische Untersuchungen im Labor . . . . .	153
3.1	Extraktion der Mikroarthropoden . . . . .	153
3.2	Aussortieren der Mikroarthropoden . . . . .	155
3.3	Auswertung der Ergebnisse . . . . .	156
3.4	Beobachtung der Aktivität von Regenwürmern . . . . .	157
3.4.1	Versuchsaufbau . . . . .	157
3.4.2	Versuchsvorschläge . . . . .	157
3.5	Ernährungsstudien an einigen Bodenmakroarthropoden . . . . .	158
3.5.1	Bestimmung der Nahrung . . . . .	159
3.5.2	Schätzung der aufgenommenen Nahrungsmenge . . . . .	159
Bestimmungsschlüssel C/1: Regenwürmer . . . . .		160
Bestimmungsschlüssel C/2: Nacktschnecken . . . . .		161
Bestimmungsschlüssel C/3: Landasseln . . . . .		164
Bestimmungsschlüssel C/4: Tausendfüßler . . . . .		166
Bestimmungsschlüssel C/5: Insektenlarven mit gegliederten Beinen . . . . .		168
Bestimmungsschlüssel C/6: Insektenlarven ohne gegliederte Beine . . . . .		169
Bestimmungsschlüssel C/7: Mikroarthropoden . . . . .		170

Bestimmungsschlüssel C/8: Urinsekten . . . . .	170
Bestimmungsschlüssel C/9: Milben . . . . .	171
<b>D ÖKOSYSTEM MAUER . . . . .</b>	<b>173</b>
<b>Theoretischer Teil . . . . .</b>	<b>174</b>
1 Physische Eigenschaften . . . . .	174
1.1 Gliederung des Lebensraums Mauer . . . . .	174
1.2 Das Mikroklima . . . . .	175
2 Die Mauerflora . . . . .	176
2.1 Algen . . . . .	176
2.2 Flechten . . . . .	176
2.3 Moose . . . . .	176
2.4 Höhere Pflanzen . . . . .	177
3 Die Mauerfauna . . . . .	182
3.1 Terrestrische Wirbellose . . . . .	182
3.1.1 Mauern als Verpuppungsort für Schmetterlinge . . . . .	183
3.1.2 Nahrungsbeziehungen . . . . .	184
3.1.3 Arthropoden, die vom Mikroklima der Mauer angezogen werden . . . . .	184
3.1.4 Mauern als Ort des Nestbaus für Hymenopteren (Hautflügler) . . . . .	187
3.1.5 Schnecken, Insekten und Milben, die ständig dem Mauermilieu verbunden sind . . . . .	188
3.1.6 Fauna der Mooskissen . . . . .	192
3.1.7 Fauna in Büscheln höherer Pflanzen . . . . .	192
3.1.8 Im Wasserfilm lebende Wirbellose . . . . .	192
<b>Praktischer Teil . . . . .</b>	<b>195</b>
1 Charakterisierung des Lebensraums . . . . .	195
1.1 Beispiel eines Biotopaufnahmeprotokolls . . . . .	195
1.2 Temperaturmessung . . . . .	195
1.3 Feuchtigkeitsmessung . . . . .	196
1.4 Messung der Besonnungsdauer . . . . .	197
2 Botanische Untersuchungen . . . . .	201
2.1 Höhere Pflanzen . . . . .	201
2.2 Moose und Flechten . . . . .	201
2.2.1 Kartierung . . . . .	201
2.2.2 Laboruntersuchungen zur Ökologie der Moose . . . . .	203
3 Zoologische Untersuchungen . . . . .	203
3.1 Sammelmethoden . . . . .	203
3.1.1 Auf und an der Mauer . . . . .	203
3.1.2 Auf den Krustenflechten . . . . .	204
3.1.3 Sammeln der Wirbellosen aus Pflanzenbüscheln . . . . .	205

3.1.4	Wirbellose der Moose	206
3.2	Wasserfauna	206
3.3	Untersuchungsvorschläge	207
	Bestimmungsschlüssel für Moose	208
E	ÖKOSYSTEM STADT	211
	<b>Theoretischer Teil</b>	212
1	Charakterisierung des Lebensraums	212
1.1	Das Stadtklima	212
1.2	Lebensbedingungen in den Häusern	212
1.2.1	Keller und Waschküche	213
1.2.2	Wohn- und Büroräume	213
1.2.3	Dachböden	213
2	Fauna und Flora	213
2.1	Die „Auß fauna“	214
2.1.1	Faunistische Zonierung des Stadtgebiets	214
2.1.2	Die Wirbeltiere der Stadt	214
2.1.3	Arthropoden der Stadt	215
2.2	Die Hausfauna	216
2.2.1	Fauna der Keller und Waschküchen	216
2.2.2	Fauna der Wohnräume	217
2.2.2.1	Nahrungsmittelschädlinge	218
2.2.2.2	Zerstörer von Textilien, Büchern, Sammlungen usw.	219
2.2.2.3	Totholzbewohner	220
2.2.2.4	Die Staubfauna	220
2.2.2.5	Dachboden- und Speicherfauna	221
	<b>Praktischer Teil</b>	222
1	Bau einer meteorologischen Station	222
1.1	Windfahne und Windsack	222
1.2	Haarhygrometer	222
1.3	Psychrometer	222
1.4	Pluviometer (Niederschlagsmesser)	223
1.5	Anemometer (Windmesser)	224
1.6	Weitere Instrumente	225
1.7	Hinweise zur Auswertung	225
2	Einfluß des Stadtklimas auf Pflanzen	226
2.1	Vergleichende Untersuchungen an Straßenbäumen	226
2.2	Verteilung von Grünalgen ( <i>Pleurococcus</i> ) auf Baumrinden	227
2.3	Flechten als Bioindikatoren für Luftverunreinigungen	229
2.3.1	Verteilung der Flechten auf Baumstämmen	229
2.3.2	Ein Immissionstest mit Flechten	230

3	Zoologische Untersuchungen . . . . .	231
3.1	Verteilung der Vögel in der Stadt . . . . .	231
3.2	Untersuchung der Fauna im häuslichen Staub . . . . .	234
3.3	Haltung und Beobachtung von Spinnen . . . . .	234
3.3.1	Vergleichende Untersuchung der Spinnennetze . . . . .	236
3.3.2	Netzreparatur und Neubau . . . . .	236
3.3.3	Der Einfluß von Drogen auf die Geometrie des Radnetzes . . . . .	236
3.3.4	Verhalten von Beutetieren im Spinnennetz . . . . .	238
3.3.5	Das Beutefangverhalten der Spinnen . . . . .	238
F	ÖKOSYSTEM BACH . . . . .	239
	<b>Theoretischer Teil</b> . . . . .	240
1	Charakterisierung des Lebensraums . . . . .	240
1.1	Strömung und Durchfluß . . . . .	240
1.2	Temperatur . . . . .	241
1.3	Sauerstoff . . . . .	241
1.4	Licht . . . . .	242
2	Die Fauna . . . . .	242
2.1	Anpassung der Tiere an die Strömung . . . . .	242
2.2	Strömung und Abdrift . . . . .	244
3	Zonierung der Fließgewässer . . . . .	245
3.1	Zonierung mit Hilfe der Fischarten . . . . .	245
3.2	Zonierung nach benthischen Arthropoden . . . . .	246
	<b>Praktischer Teil</b> . . . . .	249
1	Charakterisierung eines Fließgewässers . . . . .	249
1.1	Protokollblatt . . . . .	249
1.2	Bestimmung des Sauerstoffgehalts des Wassers mit der Winkler-Methode . . . . .	250
1.3	Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB <sub>5</sub> ) . . . . .	251
2	Probenentnahme . . . . .	251
2.1	Nicht quantitative Probenentnahmen . . . . .	252
2.2	Quantitative Probenentnahme auf steinigem oder kiesigem Grund . . . . .	252
2.3	Messung der Abdrift . . . . .	253
2.4	Quantitative Probenentnahme auf sandigem oder schlammigem Grund . . . . .	254
2.5	Andere Sammeltechniken . . . . .	254
3	Untersuchung der gesammelten Proben . . . . .	255
3.1	Waschen . . . . .	255
3.2	Aufschwimmen (Flotationsmethode) . . . . .	255
3.3	Sortieren des Materials . . . . .	258
3.4	Konservierung . . . . .	258

4	Arbeit im Labor	258
4.1	Haltung von Bachtieren im Labor	258
4.1.1	Künstlicher Bach	259
4.1.2	Künstlicher Bach II	259
4.1.3	Kleinaquarium für Fließgewässerorganismen	259
4.2	Beispiele für autökologische Untersuchungen im Labor	260
4.2.1	Struktur und Funktion von Tracheenkiemen	260
4.2.1.1	Versuche mit lebenden Larven	260
4.2.1.2	Untersuchungen an konserviertem Material	261
4.2.2	Die Atmung bei den Dipterenlarven ( <i>Culicidae</i> , <i>Eristalidae</i> )	261
4.2.2.1	Die Atemröhre der <i>Culex</i> -Larve	261
4.2.2.2	Der Siphon der Schwebfliegen-Larven	262
	Bestimmungsschlüssel F/1: Wirbellose der Fließgewässer	263
	Bestimmungsschlüssel F/2: Weichtiere der Fließgewässer	264
	Bestimmungsschlüssel F/3: Larven der Dipterenfamilien der Fließgewässer	265
	Bestimmungsschlüssel F/4: Wasserinsekten	270
	Bestimmungsschlüssel F/5: Turbellaria (Strudelwürmer)	276
G	ÖKOSYSTEM SEE	277
	<b>Theoretischer Teil</b>	278
1	Charakterisierung des Lebensraums	278
1.1	Temperatur	278
1.2	Licht	279
1.3	Sauerstoff	280
2	Die Biozönosen eines Sees	282
2.1	Supralitoralzone (Zone oberhalb der Mittelwasserlinie)	283
2.1.1	Naßwiesen und Sumpfwiesen	283
2.1.2	Die natürlichen Auwälder der Seeränder	286
2.1.3	Vegetationsabfolge vom Seeufer bis zum Erlenwald	286
2.2	Die Litoralzone	286
2.2.1	Der Röhrichtgürtel: Schilf- und Binsengesellschaften ( <i>Phragmition</i> )	287
2.2.2	Der Schwimblattgürtel: Die Seerosen-Gesellschaft ( <i>Nymphaeion</i> )	287
2.2.3	Der Gürtel der submersen Wasserpflanzen ( <i>Potamion</i> )	289
2.3	Die Pelagialzone	289
2.3.1	Langzeitentwicklung des Planktons	289
2.4	Die Benthazone	292
2.4.1	Benthos der Litoralzone	292
2.4.2	Tiefenzone des Benthals (Profundalzone)	293
2.4.3	Die biologischen Wechselwirkungen zwischen den Benthos-Organismen	293
2.5	Ufertümpel	295
2.6	Die Wirbeltiere im Ökosystem See	296
2.6.1	Vögel	296
2.6.2	Amphibien	298
2.6.3	Fische	298
3	Die Evolution der Seen	303

<b>Praktischer Teil</b> . . . . .	306
1 Charakterisierung des Lebensraums See in der Praxis . . . . .	306
1.1 Ein einfaches künstliches Seemodell (nach Valentine) . . . . .	306
1.2 Protokollblatt zur Aufnahme der „Personalien“ eines Sees . . . . .	307
1.3 Temperaturmessungen . . . . .	308
1.4 Lichtdurchlässigkeit . . . . .	308
1.5 Sauerstoffgehalt . . . . .	309
2 Biologisch-ökologische Untersuchungen . . . . .	310
2.1 Probennahme im Gelände . . . . .	310
2.1.1 Quantitative Planktonfänge in der Pelagialzone . . . . .	310
2.1.2 Quantitative Probennahme in der Benthalthalzone . . . . .	310
2.2 Untersuchungen an konserviertem Material . . . . .	312
2.3 Laborexperimente an lebenden Organismen des Ökosystems See . . . . .	312
2.3.1 Bedeutung des Lichts für die Photosynthese . . . . .	312
2.3.2 Schätzung des Sauerstoffbedarfs beim Guppy . . . . .	313
2.3.3 Atemrhythmus von Libellenlarven . . . . .	313
2.3.4 Phototaxis bei Stechmückenlarven und -puppen . . . . .	314
2.3.5 Wirkung toxischer Substanzen auf Wasserorganismen . . . . .	314
2.3.6 Zwischenartliche Konkurrenz bei Wasserflöhen . . . . .	316
2.3.7 Ein einfaches Räuber-Beute-System . . . . .	316
Bestimmungsschlüssel G/1: Phytoplankton . . . . .	317
Bestimmungsschlüssel G/2: Zooplankton . . . . .	319
Bestimmungsschlüssel G/3: Benthische Wirbellose . . . . .	321
Erklärung der Fachausdrücke . . . . .	325
Literatur . . . . .	328
Sachregister . . . . .	332