



Willfried Nobel

Ökologie

Eine Einführung mit Handlungs-
anleitungen für eine nachhaltige
Kommunalentwicklung

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	11
--------------------------	----

Teil 1: Einführung in die Ökologie

1.1	Entwicklung und Aufgabe der Ökologie	15
1.2	Lebewesen und abiotische Umweltfaktoren	28
1.2.1	Der Umweltfaktor Licht	30
1.2.1.1	Die Sonne als Energiequelle	30
1.2.1.2	Licht- und Schattenpflanzen	31
1.2.1.3	Licht als Zeitgeber für Tiere	35
1.2.1.4	Innere Uhr des Menschen	37
1.2.2	Temperatur als Umweltfaktor	38
1.2.2.1	Die Wärmezonen der Erde	38
1.2.2.2	Wärme- und Temperaturverhältnisse am Standort	41
1.2.2.3	Anpassungen an unterschiedliche Temperaturen	43
1.2.2.4	Leben im Treibhaus	46
1.2.3	Wasser als Umweltfaktor	49
1.2.3.1	Allgemeines und Wasserkreislauf	49
1.2.3.2	Humide und aride Gebiete	51
1.2.3.3	Einfluss des Reliefs und der Pflanzenbedeckung auf die Verteilung der Niederschläge	54
1.2.3.4	Anpassungen der Pflanzen an die Wasserverfügbarkeit am Standort	55
1.2.3.5	Anpassungen bei Tieren	59
1.2.4	Umweltfaktoren des Bodens	61
1.2.4.1	Wie entsteht Boden	62
1.2.4.2	Ökologische Bedeutung der Bodenstruktur	63
1.2.4.3	Bodenwasserhaushalt	66
1.2.4.4	Organismen des Bodens	70

1.2.4.5	Böden als Pflanzenstandorte	72
1.2.4.6	Bodenprofile und Bodentypen	74
1.2.4.7	Gefährdung von Böden	83
1.2.5	Umweltfaktoren der Luft	84
1.2.5.1	Luftzusammensetzung und Luftverunreinigungen	86
1.2.5.2	Dynamik von Luftverunreinigungen und Wirkungen	87
1.2.6	Mechanische und physikalische Umweltfaktoren	90
1.2.7	Der Biotop	91
1.3	Wechselwirkungen zwischen Organismen	94
1.3.1	Die Biozönose	94
1.3.2	Grundformen der Beziehungen zwischen Organismen	97
1.3.3	Beziehungen innerhalb derselben Art	97
1.3.3.1	Innerartliche Konkurrenz und Populationswachstum	98
1.3.3.2	Schwankungen der Populationsdichte	100
1.3.3.3	Strategien zur Konkurrenzvermeidung innerhalb der Population	102
1.3.4	Beziehungen zwischen den Arten	103
1.3.4.1	Räuber-Beute-Beziehung	104
1.3.4.2	Schmarotzertum (Parasitismus)	112
1.3.4.3	Symbiose	119
1.3.4.4	Allelopathie	129
1.3.4.5	Kommensalismus	131
1.4	Die ökologische Nische	133
1.4.1	Wechselwirkungen zwischen Organismen und Umweltfaktoren	133
1.4.2	Ökologische Potenz der Lebewesen	138
1.4.3	Konkurrenz und ökologische Nische	148
1.4.3.1	Ökologische Nische bei Tieren	149
1.4.3.2	Ökologische Nische bei Pflanzen	152
1.4.4	Ökologische Planstelle und ökologische Lizenz	155
1.4.5	Biozönotische Grundprinzipien	158

1.5	Das Ökosystem	160
1.5.1	Definition, Abgrenzung und Ausstattung von Ökosystemen	160
1.5.1.1	Räumliche Abgrenzung von Ökosystemen	160
1.5.1.2	Die wesentlichen Bestandteile eines Ökosystems	161
1.5.2	Entwicklung und Dynamik von Ökosystemen	169
1.5.3	Nahrungsketten und Nahrungsnetze	177
1.5.3.1	Trophische Stufen	177
1.5.3.2	Grundtypen von Nahrungsketten	180
1.5.3.3	Nahrungsnetze	181
1.5.4	Ökologische Pyramiden und Energiefluss	183
1.5.4.1	Nahrungspyramiden	183
1.5.4.2	Bioakkumulation	189
1.5.5	Stoffkreisläufe	193
1.5.5.1	Kurzgeschlossene Mineralstoffkreisläufe (enge Kreisläufe)	193
1.5.5.2	Globale Kreisläufe (weite Kreisläufe)	197
1.5.6	Stabilität, Belastung und Belastbarkeit	208
1.6	Spezielle Ökologie – Ausgewählte Ökosysteme und ihre Belastungen	211
1.6.1	Typen von Ökosystemen	211
1.6.2	Aquatische Ökosysteme: Fließgewässer, Stillgewässer, Moore	213
1.6.2.1	Fließgewässer	213
1.6.2.2	Stillgewässer	219
1.6.2.3	Moore	229
1.6.3	Terrestrische Ökosysteme: Wälder	236
1.7	Zusammenfassung und Ausblick	248
1.8	Literaturverzeichnis zu Teil 1	250

Teil 2: Nachhaltige Kommunalentwicklung

2.1	Grundlagen für eine nachhaltige Kommunalentwicklung	257
2.1.1	Basiswissen zur nachhaltigen Entwicklung	258
2.1.1.1	Was ist nun eigentlich die Agenda 21?	259
2.1.1.2	Ist Nachhaltigkeit ein alter Hut oder etwas ganz Neues?	260
2.1.2	Begriffserklärungen zur Nachhaltigkeit	261
2.1.3	Das Drei- (Vier-, Mehr-)Bereiche-Modell der Agenda 21	264
2.1.4	Die Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg	267
2.1.4.1	Berichterstattung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg	271
2.1.4.2	Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg	272
2.1.5	Das Integrative Modell der Nachhaltigkeit und die Agenda 2030	273
2.1.5.1	Die neue Nachhaltigkeitsstrategie Agenda 2030 der Vereinten Nationen	275
2.1.5.2	Dürfen die 17 SDGs gleichrangig nebeneinander gelistet werden?	276
2.1.5.3	Musterresolution des Deutschen Städtetags zur Agenda 2030	279
2.1.5.4	SDG-Indikatoren für Kommunen	279
2.1.5.5	Vorschlag einer kommunalen Organisationsstruktur	280
2.1.6	Regionale Motivation für eine nachhaltige Entwicklung am Beispiel der Region Stuttgart	282
2.1.6.1	Flächenverbrauch versus Bodenschutz	282
2.1.6.2	Wir müssen regionale Grenzen definieren!	284
2.1.6.3	Zusammenfassendes Fazit und Forderungen	286
2.1.7	Zu guter Letzt: Zitate können immer hilfreich sein	287

2.2	Nachhaltigkeitsberichterstattung in kleinen und mittleren Gemeinden	289
2.2.1	Hintergrund	290
2.2.2	Projektziele	291
2.2.3	Ergebnisse der Nachhaltigkeitsberichterstattung in kleinen und mittleren Gemeinden	291
2.2.3.1	Fortschreibung der Nachhaltigkeitsberichte	291
2.2.3.2	Anmerkungen zu Leitfaden, Mustervorlage und Indikatoren	292
2.2.3.3	Hemmnisse und Erfolgskriterien für eine selbstständige Umsetzung und Weiterführung kommunaler Nachhaltigkeitsberichte	300
2.2.3.4	Vertikale Verknüpfung der kommunalen Nachhaltigkeitsindikatoren zu den Indikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie Baden-Württemberg	303
2.2.4	Empfehlungen und Fazit	305
2.2.4.1	Leitfaden und Musterbericht	305
2.2.4.2	Selbstständige Erstellung eines Nachhaltigkeitsberichts durch Kommunen	305
2.2.4.3	Landesweite Übertragung der Ergebnisse	306
2.2.5	Zusammenfassung	307
2.2.6	Anhang	308
2.3	Verstetigung kommunaler Nachhaltigkeitsprozesse auf der Basis von Nachhaltigkeitsberichten – Entwicklung eines Konvoi-Verfahrens	319
2.3.1	Hintergrund	320
2.3.2	Projektziele	321
2.3.3	Ergebnisse des Pilotprojekts »Konvoi-Verfahren«	324
2.3.3.1	Gesamtkonzept des Konvoi-Verfahrens und der Akquise der Konvoi-Kommunen	324
2.3.3.2	Nachhaltigkeitszyklus und Nachhaltigkeitswerkstatt	327
2.3.3.3	Leitfaden und Musterbericht	331
2.3.3.4	Zusammenführung vom Nachhaltigkeitsbericht mit bestehenden kommunalen Planungsinstrumenten	333

2.3.4	Empfehlungen und Fazit	335
2.3.4.1	Personelle Ressourcen – finanzielle und fachliche Unterstützung durch Personalförderung	335
2.3.4.2	Das Konzept der Nachhaltigkeitswerkstatt	336
2.3.4.3	Der Nachhaltigkeitsbericht als Steuerungsinstrument	337
2.3.4.4	Integration eines Nachhaltigkeitsberichts in andere Planungsinstrumente	338
2.3.4.5	Zentrale Anlaufstelle für Kommunen im Bereich Nachhaltigkeit	339
2.3.5	Anhang	340
2.4	Die Nachhaltigkeitsregion FÜNF G	349
2.4.1	Was verbirgt sich hinter der Nachhaltigkeitsregion FÜNF G?	350
2.4.2	Nachhaltigkeit: Begriffliche Klärung – Notwendigkeit	350
2.4.3	Die erste Nachhaltigkeitsregion Baden-Württembergs: die N!-Region FÜNF G	351
2.4.4	Warum eine Nachhaltigkeitsberichterstattung? – N!-Berichte als Steuerungsinstrument einer nachhaltigen Entwicklung	353
2.4.4.1	Wie ist nun so ein Nachhaltigkeitsbericht aufgebaut?	354
2.4.5	Der Nachhaltigkeitsbericht der N!-Region FÜNF G	356
2.4.6	Erfolge der N!-Region FÜNF G und Ausblick	358
2.4.7	Anhang	360
2.5	Zusammenfassung und Ausblick	363
2.6	Literaturverzeichnis zu Teil 2	368

Anhang

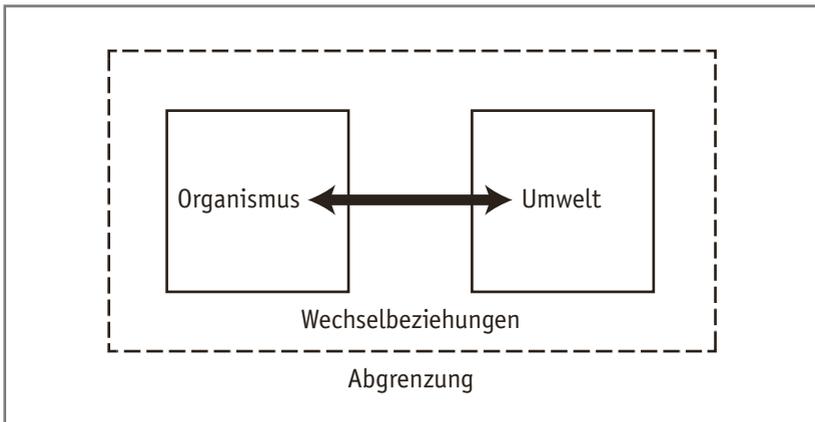
<i>Adressen zu Ökologie, Naturschutz, Umweltschutz, nachhaltiger Entwicklung</i>	375
<i>Danksagung</i>	384

1.1

Entwicklung und Aufgabe der Ökologie

Die Ökologie hat eine mehr als 100-jährige Geschichte hinter sich. Ihr Inhalt hat sich in dieser Zeit selbstverständlich gewandelt. In dieser Einführung will ich in groben Zügen einen Abriss der Entwicklung dieser biologischen Wissenschaft geben. Das kann an dieser Stelle natürlich nur in dem Umfang geschehen, wie es notwendig ist für das Verständnis der modernen Ökologie und die Situation der Ökologie als Wissenschaft. Als biologischer Wissenschaftszweig wurde Ökologie von dem deutschen Naturforscher und Zoologen Ernst Haeckel (1834–1919) begründet. Er beschrieb 1866 die von ihm so benannte »Oecologie« als die »Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt« (siehe Abbildung 1.1-1).

Abbildung 1.1-1: Ökologisches System nach der Definition von Ernst Haeckel (1866) (aus *Altenkirch 1977, S. 9*).



Der Begriff »Oecologie« leitet sich von den griechischen Wörtern *oikos* = Haus, Wohnung, Wohnort und *logos* = Lehre, Wissenschaft ab. Später (1879) gab Haeckel noch eine etwas andere Definition der Ökologie, nämlich als »Lehre vom Haushalt der Natur«. Diese Definition würde heute eher einen Teilaspekt der Gesamtökologie charakterisieren im Vergleich zur ursprünglichen Definition, denken wir an Synökologie oder an Ökosystemforschung. Darüber hinaus dürfen Bestrebungen nicht außer Acht gelassen werden, die über die »Lehre« oder »Wissenschaft« (*-logie*) hinaus »Regeln« oder »Gesetzmäßigkeiten« (*-nomie*) ableiten wollen. Auch Haeckel befasste sich mit solchen Überlegungen. Schließlich kam er zu der Formulierung »Ökologie ist die Ökonomie der Natur«.

Heute orientieren wir uns an der Definition von Hartmut Bick (1998): Ökologie ist die Wissenschaft von den wechselseitigen Beziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt. Mit dem Dachverband wissenschaftlicher Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung (ANL 1991, S. 76) können wir heute folgende Definition zugrunde legen: »Ökologie (engl. *ecology*): Wissenschaft von den Wechselwirkungen der Lebewesen untereinander und mit ihrer abiotischen Umwelt.« So gesehen, können wir die Ökologie auch als Umweltbiologie verstehen.

Anfangs war die Ökologie eine qualitativ-beschreibende Wissenschaft, die sich in erster Linie um das Sammeln und Registrieren von Phänomen im Freiland bemühte. Über nennenswerte eigene Methoden und Techniken verfügte diese Wissenschaft nicht. So wurden im Labor Untersuchungen und Experimente mit den Methoden der Physiologie durchgeführt (*Ökophysiologie* oder *Autökologie*). Die Möglichkeiten des Freilandexperiments wurden allgemein erst spät entdeckt. Immer zeichnete sich jedoch die Ökologie durch ihre eigenen Fragestellungen aus, die notwendigerweise in die Breite zielen und damit häufig das Missfallen der Spezialisten herausfordern. Wenn wir den Komplex »Ein Lebewesen und seine Umwelt« betrachten, wird jedoch schnell deutlich, dass die Ökologie sich nicht nur auf sehr spezialisierte Fragestellungen konzentrieren darf. Sie muss vielmehr immer versuchen, das gesamte System des Naturhaushalts zu betrachten, also ganzheitlich zu denken und zu arbeiten. Ökologie verfolgt also immer einen gesamthaften, einen holistischen Ansatz. Der Zweig der Ökologie, der sich mit den Beziehungen einzelner Organismen zu ihrer Umwelt beschäftigt, wird als *Autökologie* (oder *Ökophysiologie*) beschrieben.

Autökologie

Die Autökologie untersucht die Beziehungen eines einzelnen Organismus zu seiner Umwelt. Die Beobachtungen werden an einem einzelnen Lebewesen, dem Individuum, durchgeführt. Ziel hierbei ist die Erforschung der Ansprüche einer Art an ihre Umwelt. Als Beispiel soll dies an den Umweltbeziehungen der Weißstörche aufgezeigt werden (siehe Abbildung 1.1-2). Bereits hier ist eine Vielzahl von Techniken und Methoden zur Beantwortung ökologischer Fragen notwendig, wie sie nur von einem Team von Spezialisten, kaum von einem einzelnen Bearbeiter beherrscht werden. Sollen zum Beispiel die Umweltbeziehungen einer bestimmten Schmetterlingsart untersucht werden, stellt sich dem Ökologen sogleich eine Fülle von Fragen, die in ganz verschiedene Bereiche der Physiologie führen (Physiologie [griech. *physis*]: Lehre von den Lebensvorgängen der Organismen, also dem Stoffwechselgeschehen). Hierzu zählen Fragen nach der Nahrungsmenge und Qualität der Raupen und ihrem Einfluss auf Größe von Puppe und Falter (*Imago*), auf Lebensdauer und Eizahl (Stoffwechselphysiologie) oder Fragen nach der Orientierung der Raupen zur Fraßpflanze, der Falter zum Geschlechtspartner und zum Eiablageplatz (Sinnesphysiologie). So legt zum Beispiel der *Hochmoorgebling*, ein Schmetterling in den Übergangs- und Hochmooren, seine Eier an der Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum*) ab. Die Raupe ernährt sich ausschließlich von dieser Pflanze.

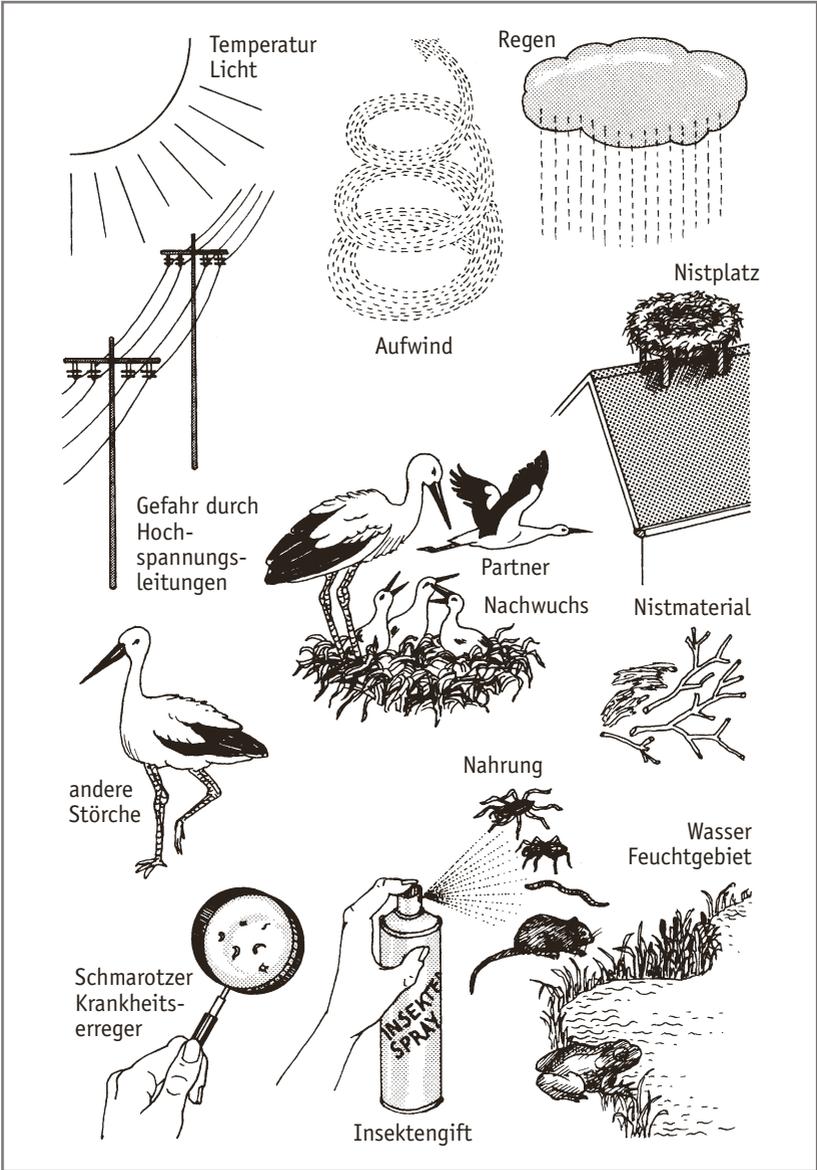
Demökologie (Populationsökologie)

Die Demökologie oder Populationsökologie betrachtet die Ausbildung sowie die Entwicklung von Populationen und welche Faktoren dafür maßgeblich sind. Unter Population verstehen wir alle Individuen einer Art, die zu einer bestimmten Zeit in einem bestimmten Lebensraum vorkommen. Beispielsweise hat sich in Schleswig-Holstein der Bestand an nistenden Storchpaaren seit 1900 von etwa 3.500 auf rund 500 Paare verringert. Als Rückgangursachen gelten Flussbegradigungen, Entwässerung von Feuchtgebieten (Acker, Bauland), Hochspannungsleitungen (bis ein Viertel der Jungstörche verunglücken tödlich).

Synökologie

Die Synökologie ist das dritte Standbein der Ökologie und stellt die Untersuchung vielfältiger Lebensgemeinschaften in ihrer Umwelt dar. Ausgangs-

Abbildung 1.1-2: Umweltbeziehungen der Weißstörche (aus Wagner 1989, S. 12).



punkt ist hierbei das ökologische System in der Gesamtheit seiner Wechselbeziehungen (abiotischer und biotischer Bereich). Wir verstehen hierunter die Ökologie der Biozöosen und Ökosysteme. Bei einer synökologischen Betrachtungsweise muss also der ganze Lebensraum berücksichtigt werden, dessen Bewohner in mannigfacher Weise direkt oder indirekt verknüpft sind, voneinander abhängen, sich gegenseitig hemmen oder fördern, auf ihre Umgebung wirken und umgekehrt von dieser wieder beeinflusst werden. Zur *Synökologie* gehören die *Biozöologie* im engeren Sinne, die *Ökosystemforschung*, die *Produktionsbiologie* und *Geoökologie*. Im weiteren Sinne wird zur Synökologie auch die *Populationsökologie* gezählt, im Gegensatz zur Autökologie. Die Synökologie erforscht also Lebensräume mit allen Tieren, Pflanzen, Mikroorganismen und führt so hin zur Ökosystemforschung, wobei vor allem Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufe und Energieflüsse untersucht werden. Im Idealfall erfolgt eine Zusammenarbeit von Botanikern, Zoologen, Mikrobiologen, Bodenkundlern, Klimatologen, Limnologen, Meereskundlern und anderen. Als Beispiele seien das Solling-Projekt in Südniedersachsen und das Schönbuch-Projekt in Baden-Württemberg genannt, alles mehrjährige Forschungs großprojekte der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in den 1970er-Jahren, sowie die Projekte im UNESCO-Programm der Vereinten Nationen »Man and the Biosphere« (MAB).

Die drei Begriffe im Zusammenhang veranschaulicht die Tabelle 1.1-1, gewissermaßen die »klassische Großeinteilung«. Eine andere Möglichkeit wäre zum Beispiel die Einteilung in eine Ökologie der Pflanzen, der Tiere, des Menschen. In der modernen Ökologie steht die ökosystemare Betrachtungsweise im Mittelpunkt. Seit den 1950er-Jahren hat in der Ökologie das Ökosystemkonzept weite Verbreitung gefunden. Es geht davon aus, dass es auf dem Planeten Erde abgrenzbare funktionelle Einheiten gibt, die als Wirkungsgefüge aus verschiedenen Organismenarten und unbelebten Bestandteilen aufzufassen sind. Vielmehr stehen die Organismen untereinander und mit den unbelebten Bedingungen des Lebensraums in so engen Beziehungen, dass ein übergeordnetes Ganzes entsteht, das Ökosystem.

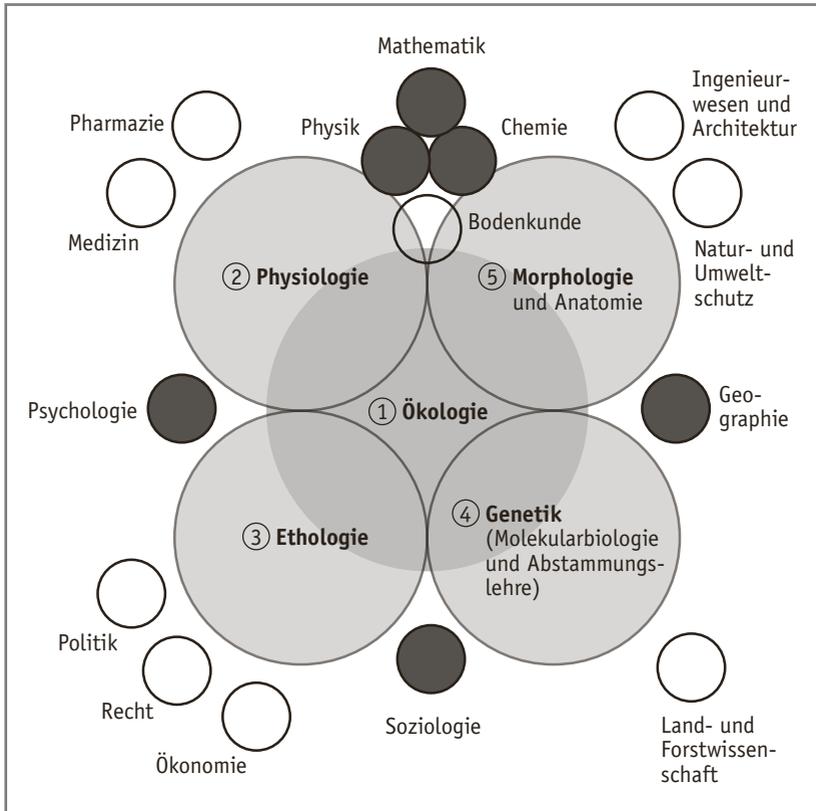
Tabelle 1.1-1: Klassische Großeinteilung der Generellen Ökologie
(nach Altenkirch 1977, S. 13).

	Ausgangspunkt der Betrachtung	Methodik	Verknüpfung
(1) Autökologie	das einzelne Lebewesen (Individuum)	Laboruntersuchung, Überprüfung im Freiland	mit der Physiologie: physiologische Ökologie, Ökophysiologie
(2) Demökologie/ Populations-ökologie	das Organismenkollektiv, die Bevölkerung einer Art an einem Ort (Population)	Freilanduntersuchungen, Statistik, mathematische Modelle	mit angewandter Wissenschaft (zunächst), mit Populationsgenetik: Populationsbiologie
(3) Synökologie	das gesamte komplexe System	zunächst methodisch nicht angreifbar (Vereinfachung, reine Beschreibung), modern: Systemanalyse	als Systemökologie umfassender Bereich mit zahlreichen Verknüpfungen, vor allem in der Humanökologie

Der Begriff *Ökosystem*, das ist die Kurzform von ökologisches System, geht auf den britischen Ökologen A. G. Tansley (1935) zurück. Er prägte für Systeme mit Wechselbeziehungen zwischen den Organismen und Organismenarten sowie unbelebten Umweltfaktoren den Begriff *Ökosystem* (im englischen Original: *ecosystem*).

Die Einbürgerung und Verbreitung des Begriffs wurde erst zwei Jahrzehnte später durch den amerikanischen Ökologen Eugene P. Odum nachhaltig gefördert. Dessen Buch *Fundamentals of ecology* im Jahr 1953 rückte das Ökosystemkonzept in den Vordergrund der Betrachtungen. Nach 1960 begann eine intensive Forschung auf der Grundlage des Ökosystemkonzepts. Dabei kam es zwangsläufig zur Zusammenarbeit von Pflanzen- und Tierökologen. Nicht nur das: Die Ökologie entwickelte sich zu einer interdisziplinären Wissenschaft (*interscience*), denn die umfassende Ökosystemanalyse bedurfte weiterer früher mehr oder weniger unabhängiger »ökologischer Teilfächer« oder anderer Naturwissenschaften. Hierbei handelt es sich vor allem um Populationsbiologie, Mikrobiologie, Klimatologie, Geowissenschaften,

Abbildung 1.1-3: Stellung der Ökologie innerhalb der Wissenschaften (im Gesamtbereich der Biologie und ihrer Hilfswissenschaften) (aus Klötzli 1993, S. 4).



insbesondere Bodenkunde, Physik und Chemie (Mess- und Analyseverfahren), Statistik (Biometrie), Datenverarbeitung/Umweltinformatik.

Diese Disziplinen können in ihren Abhängigkeiten wie folgt dargestellt werden (siehe Abbildung 1.1-3): Die Abbildung zeigt die Stellung der Ökologie innerhalb der Wissenschaften im Gesamtbereich der Biologie und ihrer Hilfswissenschaften (Klötzli 1993). Die Ökologie befasst sich generell mit Umweltbeziehungen. So untersucht die *Morphologie* die Gestalt und Struktur, *Genetik* den Formwandel. Ökologisch betrachtet, sind Form und Formwandel umweltbezogen. Eine Form passt sich bestmöglich an ihre Umwelt an.

Die *Physiologie* untersucht Steuerung und Regelung des Stoffwechsels und anderer Lebensvorgänge, *Ethologie* die Beziehungen zwischen Lebewesen. Ökologisch betrachtet, beeinflusst die Umwelt Stoffwechselprozesse und Verhalten. Geographie im weitesten Sinne sind die Erdwissenschaften, also Geologie, Meteorologie, Klimatologie und andere.

Ein Ökosystem »funktioniert« nach folgendem Modell: Ein vollständiges Ökosystem besteht aus (1) den funktionellen Gruppen (Produzenten, Konsumenten, Destruenten), (2) dem Energiefluss, (3) den Materialkreisläufen und (4) dem Materialaustausch über die Grenzen des Systems hinweg, denn das System ist offen. Hierauf wird dann in den Kapiteln 1.5 und 1.6 intensiver eingegangen. Spricht man von Ökosystem, so ist damit nicht die Vorstellung einer bestimmten Größenordnung oder Dimension verbunden. Ein Dorfteich kann ebenso wie die ganze Erde als Ökosystem angesehen werden. Geht man jedoch von dem Problem aus, die Landnutzung in einer Landschaft »ökologisch« regeln zu wollen, so ergibt sich Folgendes: Zunächst sind einzelne Landschaftsteile, also Wälder, Gewässer oder Äcker, als Ökosysteme zu beschreiben. Diese Landschaftsteile stehen aber selbst wieder in Wechselbeziehungen zueinander. Es ist also ebenso notwendig, mehrere Landschaftsteile insgesamt als Ökosystem darzustellen, als einen Ökosystemkomplex. Es liegt auf der Hand, dass gerade die Ergebnisse landschaftsökologischer Untersuchungen für Fragen des Landschafts- und Naturschutzes eine hohe Bedeutung besitzen. Landschaftsökologie stellt in vielen Bereichen die wissenschaftlichen Grundlagen für die Landschaftspflege und Landschaftsplanung bis hin zur ökologischen Raumplanung insgesamt bereit.

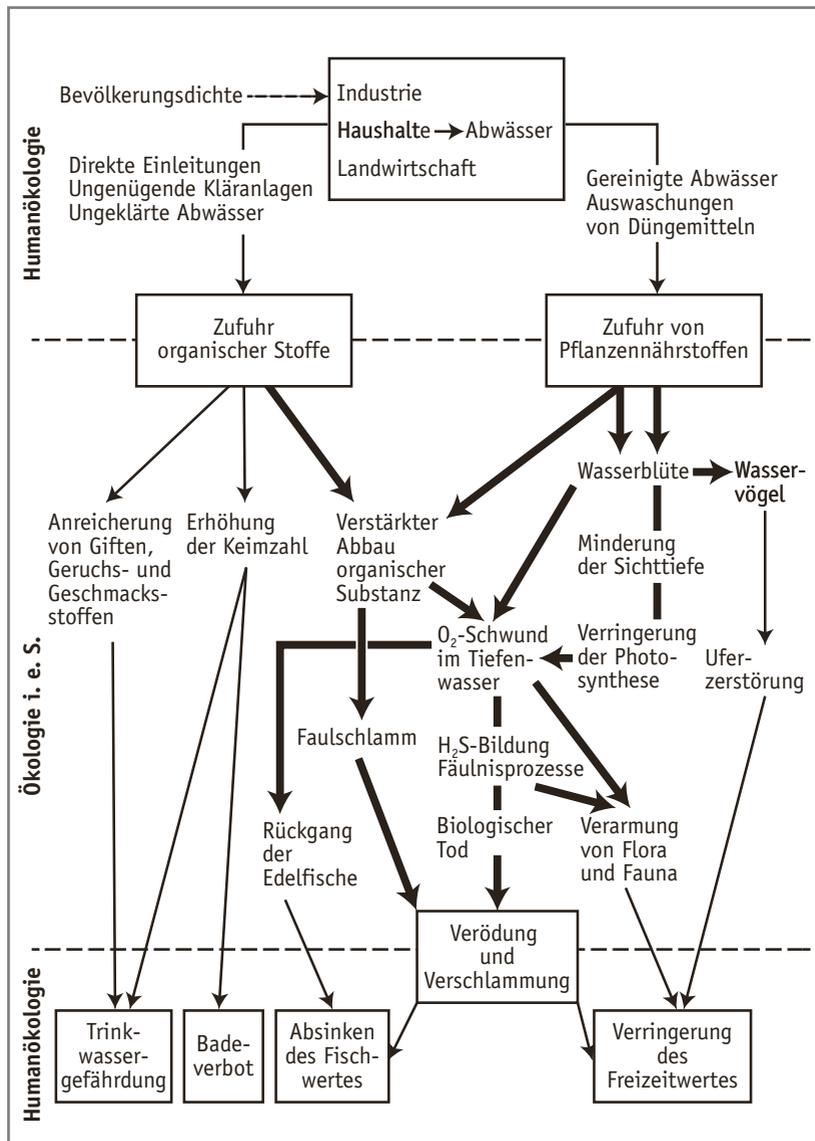
Während bei diesem Beispiel die Bedeutung der ökologischen Forschung für die Erhaltung der Existenzbedingungen des Menschen nicht unmittelbar erkennbar wird – zumindest bei vordergründiger Betrachtung –, wird dies beim Beispiel der sogenannten neuartigen Waldschäden – bis hin zum Waldsterben – sofort deutlich: Bei der Entstehung wirken mehrere Faktoren zusammen. Luftverunreinigende Stoffe (Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Photooxidantien) werden ebenso zu den Ursachen gerechnet wie Nährstoffverarmung der Waldböden aufgrund früherer Wirtschaftsweisen (Waldweide, Streugewinnung und andere), extreme Witterungserscheinungen oder mikrobielle Schadformen. Dabei muss man sich vergegenwärtigen, dass allein der Komplex Luftverunreinigung ein ganzes Bündel von direkten und indirekten Wirkungen umfasst, etwa direkte Schadefekte durch Luftschadstoffe, Boden-

versauerung, Lösung schädlicher Stoffe im Bodenwasser (Aluminium) oder die Düngewirkung von Stickstoffverbindungen. Wir erkennen im Waldsterben folglich eine sogenannte Komplexkrankheit.

Diese beiden Beispiele verdeutlichen, dass die Ökologie sich mit überaus komplexen Strukturen zu beschäftigen hat. Schon ein einzelner Organismus ist so kompliziert aufgebaut, dass die Biologie weit davon entfernt ist, alle Zusammenhänge in Bau, Funktion und Verhalten aufzeigen zu können. Um ein Vielfaches schwieriger sind die Verhältnisse in einem Ökosystem, in dem Hunderte verschiedener Tiere und Pflanzen sowie Zigtausende Mikroorganismen zusammenleben. Trotz dieser Probleme konnte die Ökologie viele prinzipielle Abläufe in solch einem System herausarbeiten und mithilfe von Modellen verständlich darstellen, wie beispielsweise bei der Gewässerverschmutzung. Festzustellen ist, dass die ökologische Forschung – neben der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung – in hohem Maße einen Praxisbezug aufweisen muss. Karlheinz Kreeb (1979) spricht folglich auch von einer *Angewandten Ökologie*. Folgende Beispiele sollen das untermauern: Angewandte Limnologie, Agrarökologie, Forstökologie, Fischerei, Abwasserbiologie, Trinkwasserbiologie, Gewässergüteuntersuchungen, Sanierung geschädigter Gewässer, Bioindikation, Arten- und Biotopschutz. Und schließlich: Die Ökologie liefert das Fundament für den Umwelt- und Naturschutz. Darauf wird ausführlich am Ende dieses 1. Teils des Buches eingegangen, siehe Kapitel 1.6, »Spezielle Ökologie – Ausgewählte Ökosysteme und ihre Belastungen« mit aquatischen Ökosystemen (Kapitel 1.6.2) und terrestrischen Ökosystemen (Kapitel 1.6.3).

Da stellt sich ergänzend die Frage: Und wo bleibt bei alledem der Mensch? Lisa Nestmann bezieht in ihre ökologische Teildisziplin »Humanökologie« explizit den Menschen ein und widmet sich den Beziehungen von Mensch und Umwelt (vergleiche Nentwig et al. 2009). Dagegen befasste sich die klassische Ökologie lediglich mit dem Organismus in seiner natürlichen, ungestörten Umwelt. Der Mensch spielte die Rolle des unbeteiligten Zuschauers, des Betrachters intakter Systeme in einer heilen Welt. In jüngerer Zeit fand hier ein deutliches Umdenken statt. Der Mensch begreift sich jetzt nicht mehr als Zuschauer, sondern als Akteur. Der Mensch hat erkannt, dass er einerseits die ökologischen Systeme in erheblichem Maße verändert hat, dass er andererseits aber auch selbst Bestandteil dieser Systeme und von seinen Eingriffen ebenso betroffen ist. Wir befinden uns also am Übergang eines

Abbildung 1.1-4: Ursachen und Folgen der Eutrophierung eines Gewässers (See)
 (nach Altenkirch 1977, S. 19).

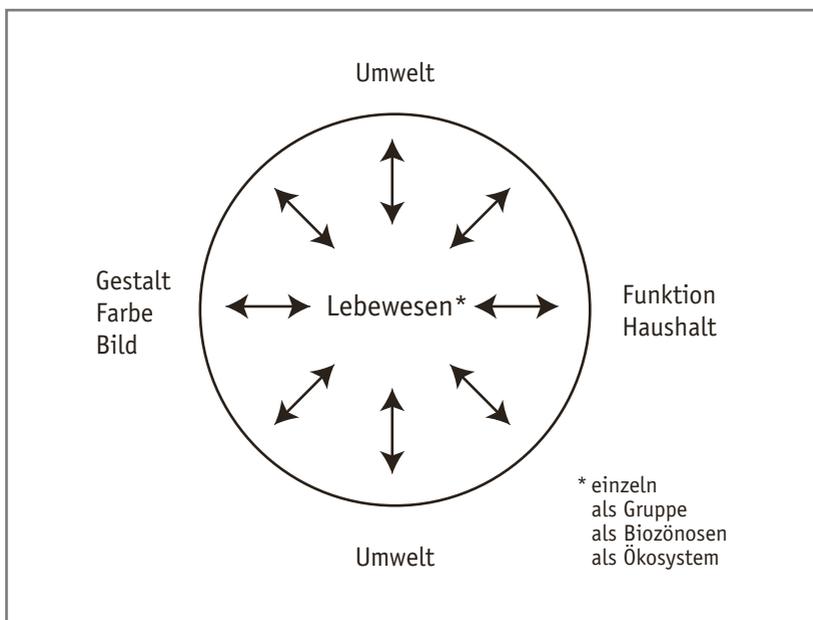


anthropozentrischen Weltbildes (»Der Mensch ist das Maß aller Dinge«) hin zu einem biozentrischen und weiter zu einem ökozentrischen Weltbild (»Der Mensch ist Teil des Ökosystems Erde«). Heute ist es selbstverständlich, durch menschliche Tätigkeit geschaffene oder aufrechterhaltene Ökosysteme in den Arbeitsbereich der Ökologie einzubeziehen, so zum Beispiel in land- und forstwirtschaftlichen Ökosystemen oder bei den Verunreinigungen von Gewässerökosystemen.

In Abbildung 1.1-4 wird versucht, die Bereiche der Ökologie im engeren Sinne und der Humanökologie am Beispiel der Verschmutzung (Eutrophierung) eines Gewässers, ihrer Ursachen und Folgen abzustecken (Altenkirch 1977). Wir erkennen hier eine typisch ökologische, systemare Betrachtung. Im Bereich der Ökologie im engeren Sinne wird erkennbar, wie mit naturwissenschaftlichen Methoden die Folgen der Eutrophierung sowie die Verflechtungen zahlreicher Einzelvorgänge aufgedeckt werden können. Hingegen spielen im Bereich der Ursachen wie der Folgen und ihrer Beseitigung zahlreiche nicht naturwissenschaftliche Faktoren eine Rolle. Es seien lediglich Verwaltungswege, Zuständigkeiten oder politische Rücksichtnahmen erwähnt. Auf großräumige Zusammenhänge übertragen, stellt sich das Beispiel der Verschmutzung der Weltmeere dar, die besonders aktuell und bedrohlich ist. Ebenso soll in diesem Zusammenhang auf den Treibhauseffekt, die Klimakatastrophe, das Ozonloch und die damit einhergehenden Klimakonferenzen der Vereinten Nationen von Kyoto (Japan) 1996 bis Paris 2017 wenigstens hingewiesen werden.

Eine Ökologie des Menschen oder eine Humanökologie muss somit notwendigerweise die Grenzen überschreiten, die einer Ökologie als biologischem Wissenschaftszweig gesteckt sind. Die Humanökologie ist nicht die Ökologie einer Organismenart schlechthin. Sie ist mehr als eine biologische, auch mehr als eine naturwissenschaftliche Disziplin. Erforderlich wird es folglich, die Soziologie, Psychologie und andere nicht naturwissenschaftliche Fächer mit zu berücksichtigen. Dies hat zu zahlreichen Missverständnissen und Unklarheiten, ja sogar zu einer sehr problematischen Ausuferung des Ökologiebegriffs geführt. Die Humanökologie überschreitet schließlich auch die Grenzen der Wissenschaft überhaupt, wenn sie zum Beispiel Glaubensfragen oder politische Ideologien einbezieht, wie es in der Frage »Was ist eine ökonomisch-ökologische Erneuerung?« zum Ausdruck kommt.

Abbildung 1.1-5: Das Lebewesen-Umwelt-System von Wolfgang Haber (1993, S. 2).



Umwelt ist stets auf Lebewesen bezogen, die von ihr abhängig sind und sie zugleich beeinflussen. Daraus ergibt sich das – hier in starker Abstraktion dargestellte – »Lebewesen-Umwelt-System«. Die Ökologie als »Lehre von der Umwelt« befasst sich vor allem mit den durch Doppelpfeile symbolisierten Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Umwelt. Die durch einen einfachen Kreis wiedergegebene Umwelt wird von Haber detailliert in Umweltschalen, Umweltsphären, Lebensräume (Biome) und Funktionen aufgeteilt. Das Lebewesen-Umwelt-System wird ausdifferenziert in das eigentliche Ökosystem, den Ökotyp sowie in das System der kultürlichen Umwelt.

In dieser Einführung in die Ökologie beschränken wir uns auf den naturwissenschaftlichen Bereich. Betrachtet wird die Ökologie im hergebrachten Sinn als Teildisziplin der Biologie. Wolfgang Haber (1993) hat dies in seinem »Lebewesen-Umwelt-System« abstrahiert (siehe Abbildung 1.1-5). Dieses ergibt sich aus der Festsetzung, dass Umwelt stets auf Lebewesen bezogen ist, die von ihr abhängig sind und sie zugleich beeinflussen. Die Ökologie als der »Lehre von der Umwelt« befasst sich vor allem mit den Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Umwelt.

Die wesentlichen Aussagen zur Entwicklung und Aufgabe der Ökologie können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Ökologie ist von ihrem Ausgangspunkt her ein Teilbereich der biologischen Wissenschaften (Umweltbiologie).
2. Aufgrund der sehr komplexen Fragestellungen ist die Zusammenarbeit unterschiedlicher Teildisziplinen zwingend notwendig. Ökologie gelingt nur interdisziplinär (interscience).
3. Klassisch wird die Ökologie in die drei Großeinheiten Autökologie, Demökologie/Populationsökologie und Synökologie eingeteilt.
4. In der modernen Ökologie hat insbesondere die Erforschung von Ökosystemen (einschließlich menschlicher Einwirkungen sowie deren Rückwirkungen auf den Menschen) einen hohen Stellenwert, wie zum Beispiel das Solling-Projekt, das Schönbuch-Projekt, die MAB-Projekte.
5. Die Ökologie liefert die Grundlagen und die Motivation für eine Landschaftsökologie mit Landschaftspflege und Landschaftsplanung, für eine Siedlungsökologie/Stadtökologie mit ökologischer Siedlungsentwicklung und Stadtplanung und letztendlich für den Umweltschutz und die Umweltpolitik.
6. Die Ökologie weist insgesamt einen hohen Anwendungsbezug auf (Angewandte Ökologie) bis hin zum Menschen (Humanökologie).

Nachhaltigkeit ist das wichtigste Thema des 21. Jahrhunderts. Mit ihrer Agenda 21 auf der Konferenz in Rio de Janeiro haben die Vereinten Nationen dies bereits 1992 formuliert. Grundlage ist das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung mit einem harmonischen Ausgleich der drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales. Tatsächlich kommt die Ökologie-Dimension dabei viel zu oft zu kurz – mit verheerenden Folgen für uns alle.

Was aber tun? Wenn wir der nachhaltigen Entwicklung überhaupt eine Chance geben wollen, dann müssen wir den Bereich Ökologie massiv stärken. Hier kommt den Kommunen eine herausragende Rolle zu. Der Agrarbiologe Willfried Nobel führt umfassend in die Ökologie ein und liefert so die Basis für ein tief greifendes Verständnis von Nachhaltigkeit. Aufbauend darauf, stellt er konkrete, in der kommunalen Praxis erprobte Empfehlungen und Handlungsanleitungen vor für eine zukunftstaugliche Entwicklung von Städten, Gemeinden, Landkreisen und Regionalverbänden.

Willfried Nobel studierte Agrarbiologie an der Universität Hohenheim und promovierte dort. Er leitete zehn Jahre beim TÜV die Abteilung Umweltwirkungen. Von 1993 bis 2016 war er Professor für Ökologie, insbesondere Siedlungsökologie, an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Politisch engagierte er sich als Gemeinderat, Kreisrat, Regionalrat und war Mitglied im Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung. Seit 2019 ist er für den Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg als Referent für Flächen- und Bodenschutz tätig.