Zur Theorie der Modellierung von Natur und Umwelt

Ein Ansatz zur Rekonstruktion und Systematisierung der Grundperspektiven ökologischer Modellbildung für planungsbezogene Anwendungen

vorgelegt von

Diplom Ingenieur
Wolfgang Peters

aus Rietberg-Mastholte

Vom Fachbereich 7 - Umwelt und Gesellschaft'
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur
- Dr.-Ing. -

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuß:

Vorsitzender: Prof. Dr. Helmut Scharpf, Institut für Landschaftsentwicklung
Berichter: Prof. Dr. Arnim Bechmann, Institut für Management in der Umweltplanung
Berichter: Prof. Dr. Gerhard Wiegleb, Fakultät Umweltwissenschaften der BTU Cottbus

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 9. Juli 1998

Berlin 1998

D 83

Vorwort

Mit dem Thema der Modellierung von Natur und Umwelt widmet sich die vorliegende Arbeit der Schnittstelle von Naturwissenschaft und Umweltplanung.

Ein Standpunkt, von dem aus beide Bereiche im Blick behalten werden können, um aus der Betrachtung konkrete Hinweise für die Praxis abzuleiten, kann nur ein theoretischer sein.

Die Breite der gestellten Aufgabe – durch eine Person bearbeitet – führt fast zwangsläufig dazu, daß die Ergebnisse in den Details stark vergröbernd und unvollständig bleiben müssen. Den doppelten Spagat zwischen Naturwissenschaft und Planung sowie Theorie und Praxis bereue ich dennoch nicht gewagt zu haben, denn der spezielle Blick, die besondere Perspektive auf einen schier unüberschaubaren Stoff ist es ja gerade, der Wissenschaft ausmacht. In der in dieser Arbeit vorgeführten Sichtweise wurde die Modelltheorie als übergreifendes Moment gewählt und damit die Verschiedenheit des Blicks auf ein und denselben Gegenstandsbereich selbst zu Thema gemacht.

Mit Abschluß der Arbeit gilt mein besonderer Dank den Betreuern und Gutachtern. Herrn Prof. Dr. Arnim Bechmann dafür, daß er mir die Freiheit gelassen hat, meinen eigenen Weg zu finden und mir mit großer Hilfe zur Seite stand, um die Dinge zu einem guten Ende zu bringen. Herrn Prof. Dr. Gerhard Wiegleb für seine Offenheit und seine Bereitschaft, auch mit Nicht-Ökologen über Ökologie zu diskutieren.

Weiter danke ich Jürgen Schulz für die große Mühe, die er sich beim Korrekturlesen gemacht hat, sowie Ulrich Rustler für die sorgfältige Überarbeitung der Literaturliste.

Allen Kollegen am Institut für Management in der Umweltplanung sei gedankt für ihre Diskussionsbereitschaft und kollegiale Unterstützung.

Vor allem aber danke ich meiner Frau Monika und unseren Kindern, die wegen der Arbeit auf einiges verzichten mußten und dieses stets geduldig ertragen haben.

INHALT

1 EINLEITUNG 5

1.1 PROBLEMSTELLUNG 5
1.2 FORSCHUNGSANSATZ 9
1.3 ZIELSTELLUNG 11
1.4 STRUKTUR DER ARBEIT 12

2 ALLGEMEINE MODELLTHEORIE 15

2.1 DIE VIELFALT DES MODELLBEGRIFFS UND SEINER VARIANTEN 15
2.1.1 Geschichte des Modellbegriffs 15
2.1.2 Modelldefinitionen in verschiedenen Wissenschaftsbereichen 17
2.1.3 Der Boom des Modellbegriffs 20
2.2 DEFINITION EINES ALLGEMEINEN MODELLBEGRIFFS 21
2.2.1 Die Allgemeine Modelldefinition Wüstnecks 21
2.2.2 Der Allgemeine Modellbegriff Stachowiaks 23
2.2.2.1 Modellbildung als dreistellige Relation 23
2.2.2.2 Abbildungsmerkmal 23
2.2.2.3 Verkürzungsmerkmal 24
2.2.2.4 Pragmatisches Merkmal oder Subjektivierungsmerkmal 25
2.2.2.5 Attributenlogische Modelldefinition 26
2.3 DAS MODELLKONZEPT DER ERKENNTNIS 26
2.3.1 Erkenntnistheoretische Wurzeln des Denkens und Erkennens in Modellen 26
2.3.1.1 Einführung 26
2.3.1.2 Materialismus und Abbildtheorie 27
2.3.1.3 Idealismus 28
2.3.1.4 Nominalismus 30
2.3.1.5 Konventionalismus 31
2.3.1.6 Die Bedeutung subjektseitiger Entscheidungsanteile am Erkenntnisprozeß 31
2.3.1.7 Ergebnis 33
2.3.2 Erkenntnis als Modellbildungsprozeß 33
2.3.3 Modellkonzept der Erkenntnis und Konstruktivismus 36
2.4 FAZIT 37

3 EXPLIKATION DES ALLGEMEINEN MODELLBEGRIFFS UND IMPLIKATIONEN FÜR DIE MODELLANALYSE 40

3.1 DAS ORIGINAL UND SEIN VERHÄLTNIS ZUR WIRKLICHKEIT 40
3.1.1 Die Modellhaftigkeit des Originals 40
3.1.2 Anforderungen an die Konstruktion und Analyse wissenschaftlicher Modelle 41
3.1.3 Fazit 43
3.2 DAS MODELL UND SEIN BEZUG ZUM ORIGINAL 44
3.2.1 Vorbemerkung 44
3.2.2 Ausdrucks- oder Darstellungsform 44
3.2.2.1 Konkrete Modelle 45
3.2.2.2 Graphische Modelle 46
3.2.2.3 Semantische Modelle 47
3.2.3 Entstehungsart der Modelle 52
3.2.4 Zum Verhältnis von Modell und Original 52
3.2.4.1 Einführung 52
3.2.4.2 Materiale Angleichung 55
3.2.4.3 Strukturelle Angleichung (Strukturadäquation) 56
3.2.4.4 Funktionale Angleichung 59
3.2.4.5 Verhaltensangleichung 60
3.2.5 Fazit: 61
3.3 DAS MODELLSUBJEKT UND DER MODELLZWECK 62
3.3.1 Einführung: Zum Verhältnis von Modellsubjekt und Modellzweck 62
3.3.2 Modellzweck Beschreibung und Klassifikation 64
3.3.2.1 Darstellung des Modellzwecks 64
3.3.2.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften 66

3.3.3 Modellzweck Erklärung ... *67*
3.3.3.1 Darstellung des Modellzwecks ... 67
3.3.3.1.1 Vorbemerkung ... 67
3.3.3.1.2 Deduktiv-nomologische Erklärung (streng kausale Erklärung) ... 68
3.3.3.1.3 Deduktiv-statistische Erklärungen ... 70
3.3.3.1.4 Teleologische Erklärung ... 71
3.3.3.1.5 Funktionsanalyse ... 72
3.3.3.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften ... 72
3.3.4 Modellzweck Prognose ... *73*
3.3.4.1 Darstellung des Modellzwecks ... 73
3.3.4.1.1 Zweck von Prognosen ... 73
3.3.4.1.2 Logische Struktur von Prognosen ... 76
3.3.4.1.3 Exakte und inexakte Prognoseprobleme ... 79
3.3.4.1.4 Formen prognostischer Aussagen ... 81
3.3.4.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften ... 82
3.3.5 Modellzweck Bewertung ... *84*
3.3.5.1 Darstellung des Modellzwecks ... 84
3.3.5.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften ... 86
3.3.6 Fazit: ... *86*

4 DIE MODELLIERUNG VON NATUR UND UMWELT ... 88

4.1 EINFÜHRUNG ... 88
4.2 KATEGORIEN DER ERKENNTNIS VON NATUR UND UMWELT ... 91
4.2.1 Einführung: Kategorien der Erkenntnis - Bausteine der Wirklichkeitskonstruktion ... *91*
4.2.2 Die Substanz und deren Gliederung und Klassifizierung in Kompartimente ... *94*
4.2.2.1 Theoretische Grundvorstellungen zur Ordnung der Dinge ... 95
4.2.2.2 Unterscheidung von natürlichen und künstlichen Systemen ... 96
4.2.2.3 Aufgliederung der realen Welt in Seinsschichten als Ausgangspunkt aller Klassifikationen ... 98
4.2.3 Raum ... *101*
4.2.4 Form (äußere Gestalt) ... *103*
4.2.5 Zeit (Dynamik, Genese) ... *106*
4.2.6 Relation ... *108*
4.2.6.1 Kausale Wirkbeziehungen/ Kausalität und Gesetzlichkeit ... 109
4.2.6.2 Wechselwirkung ... 111
4.2.7 Zweck und Zweckmäßigkeit ... *112*
4.2.8 Organisation ... *118*
4.3 WISSENSCHAFTSAUFFASSUNGEN ... 119
4.3.1 Das idiographische und das nomothetische Erkenntnisideal ... *119*
4.3.2 Bedeutung für die Modellierung von Natur und Umwelt ... *121*
4.4 FORSCHUNGSPERSPEKTIVEN UND -STRATEGIEN ... 123
4.4.1 Einleitung ... *123*
4.4.2 Ganzheitsdenken/Holismus ... *123*
4.4.2.1 Emergenzerscheinungen ... 124
4.4.2.2 Zweck als Erkenntniskategorie mit dem Ganzen als zweckstiftende Einheit ... 125
4.4.2.3 Metaphysischer und pragmatisch-systemtheoretischer Holismus ... 125
4.4.2.4 Organismus als Modell für überindividuelle Organisationsformen von Leben und Natur ... 126
4.4.2.5 Integration statt Summation ... 127
4.4.2.6 Ganzheitsdenken in der Geographie ... 127
4.4.2.7 Ganzheitsdenken in der Biologie ... 128
4.4.2.8 Fazit ... 129
4.4.3 Reduktionismus ... *130*
4.4.3.1 Ontologischer oder konstitutiver Reduktionismus ... 130
4.4.3.2 Methodologischer Reduktionismus (Reduktionismus als bewußtes Modellierungskonzept) ... 130
4.4.4 Systemdenken ... *132*
4.4.4.1 Einführung ... 132
4.4.4.2 Klassifikatorischer und wirkungsbezogener Systembegriff ... 132
4.4.4.3 Methodologisches und ontologisches Systemverständnis ... 133
4.4.4.4 Holistisches und reduktionistischer Systemverständnis ... 135
4.4.4.5 Inhaltliche Aspekte des Systembegriff ... 136
4.4.4.6 Systemdenken in der Biologie und in der Geographie ... 149
4.4.4.7 Fazit ... 150

4.5 DIE ÖKOLOGISCHE MODELLPERSPEKTIVE ... 152
4.5.1 Vorbemerkung ... 152
4.5.1.1 Zur Vielfalt der ökologischen Begriffe und Konzepte ... 152
4.5.1.2 Ursachen der Begriffs- und Konzeptvielfalt ... 154
4.5.1.3 Ökologie zwischen biologischer Teildisziplin und allgemeinem Beziehungskonzept ... 157
4.5.1.4 Ökologie als Modellkonzept ... 159
4.5.2 Interpretationen und modellhafte Abbildung des ökologischen Grundkonzeptes „Organismus in seiner Beziehung zur Umwelt“ ... 159
4.5.2.1 Zur Vorgehensweise ... 159
4.5.2.2 Organismus ... 160
4.5.2.2.1 Tierische Organismen ... 162
4.5.2.2.2 Pflanzliche Organismen ... 162
4.5.2.2.3 Der Mensch als Organismus oder als soziales und politisches Wesen ... 163
4.5.2.2.4 anorganische Elemente ... 163
4.5.2.2.5 Einzelorganismus ... 164
4.5.2.2.6 Vielzahl von Organismen gleicher Art (Population) ... 164
4.5.2.2.7 Organismenansammlung aus verschiedenen Arten (Lebensgemeinschaft, Biozönose, community) 165
4.5.2.2.8 Gefüge aus Organismen und abiotischen Faktoren (Biogeozönose, Ökosystem) ... 166
4.5.2.2.9 Holozön, Welt als Ganzes ... 166
4.5.2.3 Beziehung ... 167
4.5.2.3.1 Beziehungen nach außen: kausale Wirkbeziehungen ... 168
4.5.2.3.2 Beziehungen nach innen: Wechselwirkungen ... 172
4.5.2.3.3 Zweck-Mittel-Beziehungen/teleologische Beziehungen ... 176
4.5.2.3.4 Räumliche Beziehung, Lagebeziehung ... 177
4.5.2.4 Umwelt ... 178
4.5.2.4.1 Zum Verhältnis von Umwelt, Außenwelt und Welt ... 178
4.5.2.4.2 Der subjektivistische Umweltbegriff Uexkülls ... 179
4.5.2.4.3 Interpretationen des Umweltbegriff in der Ökologie ... 179
4.5.2.5 Fazit ... 184

5 DIE ANWENDUNGSBEREICHE FORSCHUNG UND PLANUNG UND IHRE ANFORDERUNGEN AN DIE MODELLBILDUNG ... 185

5.1 VORBEMERKUNG ... 185
5.2 WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG ... 185
5.3 PLANUNG ... 187
5.4 FAZIT ... 190

6 DAS ÖKOSYSTEMKONZEPT ALS BEISPIEL FÜR EIN PLANUNGSRELEVANTES UMWELTMODELL ... 191

6.1 EINFÜHRUNG ... 191
6.2 ZUM MODELLCHARAKTER DES ÖKOSYSTEMKONZEPTES ... 192
6.3 BEWUßTSEIN DER MODELLHAFTIGKEIT VON ÖKOSYSTEMEN ... 196
6.3.1 Vorbemerkung ... 196
6.3.2 Ökosystemverständnisse zwischen realem Objekt und Modellkonzept ... 196
6.3.3 Methodische Ökosystemauffassung: Ökosystem als bewußtes systemanalytisches Modellkonzept 199
6.3.4 Ontologische Ökosystemauffassung: Ökosystem als „realer“ Gegenstand ... 202
6.4 ÖKOSYSTEMKONZEPTE UND DIE EINFLUßFAKTOREN BEI IHRER KONSTRUKTION ... 206
6.4.1 Das Ökosystemkonzept zwischen holistischer und reduktionistischer Forschungsperspektive ... 208
6.4.2 Konstituierende Ökosystemkomponenten und die Einflußfaktoren bei ihrer Konstruktion ... 210
6.4.2.1 Elemente ... 213
6.4.2.2 Beziehungen ... 216
6.4.2.3 Ökosystemabgrenzung ... 217
6.4.3 Ökosystemeigenschaften und die Einflußfaktoren bei ihrer Konstruktion ... 218
6.4.3.1 Beispiel: Hierarchische Struktur ... 220
6.4.3.2 Beispiel: Selbstorganisation ... 221
6.5 DAS ÖKOSYSTEMKONZEPT ZWISCHEN WISSENSCHAFT UND PLANUNG ... 223

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK ... 225

LITERATURVERZEICHNIS ... 230

VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN

Tab. 1:	Begriffe im Zusammenhang mit der Modellierung des Naturhaushaltes	8
Tab. 2:	Erkenntnistheoretische Strömungen im Hintergrund des Modellkonzeptes der Erkenntnis	27
Tab. 3:	System der Ausdrucks- oder Darstellungsformen von Modellen	45
Tab. 4:	Modelle der semantischen Stufen	48
Tab. 5:	Prognosetypen, Prognoseprobleme und Aussageformen von Prognosen	83
Tab. 6:	Ökologiekonzepte	153
Tab. 7:	Gegenüberstellung des organismischen und des individualistischen Ökologiekonzeptes	173
Tab. 8:	Synonyme Ökosystemauffassungen	198
Tab. 9:	Merkmale des holistischen und reduktionistischen Ökosystemkonzeptes	210
Tab. 10:	Beispielhafte Unterscheidung von Ökosystemelementen	214

Abb. 1:	Struktur der Arbeit	14
Abb. 2:	Modellbildung als dreistellige Relation	23
Abb. 3:	Wahrnehmung und Erkenntnis als Prozeß von Modellbildungen	38
Abb. 4:	Attributenklassen der Original-Modell-Abbildung	53
Abb. 5:	Konzept der deduktiv-nomologischen Erklärung	68
Abb. 6:	Dimensionen einer Wertung	85
Abb. 7:	Ebenen und Einflußfaktoren der Modellierung von Natur und Umwelt	90
Abb. 8:	Dreiteilung der Welt in „anorganische Welt“, „vitale Welt“ und „geistbestimmte Welt“	99
Abb. 9:	Prinzip der Stufenleiter und des enkaptischen Prinzips nach dem Modell der „chinesischen Schachteln“	100
Abb. 10:	Ursprünge der idiographischen und nomothetischen Wissenschaftsauffassung	120
Abb. 11:	Grundstruktur der ökologischen Modellperspektive	161
Abb. 12:	Auswahl möglicher Umweltfaktoren	181
Abb. 13:	Bestandteile der Umwelt auf Spezies-Ebene am Beispiel des Weizens	183
Abb. 14:	Methodische und ontologische Ökosystemauffassungen	197
Abb. 15:	Ebenen der Ökosystemmodellierung	199
Abb. 16:	Ökosystemauffassungen ausgehend von den konstituierenden Elementen und Eigenschaften	207

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Jeder, der sich mit Umweltforschung oder Umweltplanung beschäftigt hat, wird die Erfahrung gemacht haben, daß Natur und Umwelt[1] – unter verschiedenen Voraussetzungen und aus verschiedenen Perspektiven betrachtet – etwas völlig Verschiedenes sein kann.

Ein Landwirt beispielsweise wird seine Wiese in aller Regel ganz anders wahrnehmen als ein Naturschützer, obwohl es sich doch scheinbar ganz offensichtlich um das gleiche Objekt oder den gleichen Wirklichkeitsausschnitt handelt. Daß ein Naturnutzer und ein Naturschützer, geleitet von gegensätzlichen Interessen, unterschiedliche Bilder ein und desselben Ausschnittes von Natur und Umwelt entwerfen mag noch wenig verwundern. So beklagen zum Beispiel auch LUTZ/OPPERMANN (1993) eine zwischen den Akteuren der Landschaftsplanung, die verschiedenen Interessen vertreten zum Teil extrem unterschiedliche Wahrnehmung von Umweltproblemen und Landschaftsveränderungen und sehen hierin eine wesentliche Ursache für die Kommunikationsschwierigkeiten in der Landschaftsplanung.

Die Wahrnehmungs- und Auffassungsunterschiede bestehen jedoch nicht nur zwischen Vertretern unterschiedlicher Nutzungsinteressen sondern grundsätzlich auch zwischen Vertretern der auf Erkenntnisgewinn gerichteten Wissenschaft im Forschungsfeld Natur und Umwelt wie der Ökologie und einer auf Entscheidung und Handlung gerichteten Umweltplanung. Deutlich wird dieses nicht zuletzt an den Transformationsproblemen zwischen den Ergebnissen ökologischer Forschung und handlungsbezogener Entscheidung. Vereinfacht ausgedrückt: In der Planung liegen nicht alle Informationen vor, die für die zu treffenden Entscheidungen gebraucht werden und die Ökologie liefert Erkenntnisse, die nicht entscheidungsrelevant sind.

Trotz der inzwischen sehr umfangreichen Ergebnisse ökologischer Forschung, die vor allem Ökosystemforschung ist, haben die hier entwickelten Modelle die erhoffte praktische Bedeutung für den Umweltschutz und die Umweltplanung bisher nicht erlangen können, da die (zum großen Teil sehr komplexen und differenzierten) Modelle den Anforderungen der Umweltplanung nicht gerecht werden. Die mangelnde Planungsrelevanz der Ökosystemforschung wird inzwischen auch von deren Vertretern beklagt.

Nach Auffassung von HAUHS/LANGE (1996: 98) „ wurden die meisten Ökosystemmodelle lange Zeit ohne jede Rücksicht auf die Anforderungen der Praxis und deren typische Abstraktionen und Aggregationen entworfen“. Statt dessen wurde in der Ökosystemforschung „implizit unterstellt, daß ein möglichst realistisches Bild eines untersuchten Öko-

[1] „Natur und Umwelt“ steht hier als Begriff für das gemeinsame Objekt umweltschutzorientierter Wissenschaft und natur- und umweltschutzorientierter Planung (Umweltplanung).

systems erstens ohne prinzipielle Probleme entwickelt werden kann und zweitens auch praxisrelevante Vorhersageprobleme lösen können wird“ (HAUHS/LANGE 1996: 98).

Die wissenschaftliche Wahrnehmung von Natur und Umwelt unterscheidet sich häufig nicht nur grundsätzlich von der planerischen. Ein auf objektive und möglichst vollständige Wirklichkeitserfassung verpflichteter Wissenschaftler nimmt einen Ausschnitt von Natur und Umwelt in der Regel auch anders wahr als sein Kollege aus einer anderen Disziplin oder Teildisziplin, obwohl sich auch dieser der objektiven Erfassung der einen realen Wirklichkeit verpflichtet fühlt.

Betrachtet man nun die Ökologie als die für Fragen des Natur- und Umweltschutzes bedeutendste Wissenschaft, muß man feststellen, daß die unterschiedlichen Auffassungen oder Wahrnehmungen desselben Wirklichkeitsausschnittes nicht nur bezogen auf verschiedene Disziplinen auftreten, sondern auch zwischen Wissenschaftlern, die ein und derselben Disziplin zugerechnet werden. So finden sich unter dem Dach der Ökologie beispielsweise zur Beschreibung des zentralen Forschungsgegenstandes neben dem Ökosystembegriff häufig auch die Begriffe Landschaft, Umwelt, Naturhaushalt oder Naturraumpotentiale. Diese Begriffsvielfalt bereits im Zusammenhang mit dem zentralen Forschungsgegenstand weist deutlich darauf hin, daß der Forschungsgegenstand auch innerhalb der naturwissenschaftlich arbeitenden Ökologie sehr unterschiedlich aufgefaßt wird.

Bezogen auf die Erfassung von Natur und Umwelt ergeben sich damit vier Bereiche, die für die uneinheitliche Wahrnehmung verantwortlich sind:
1) Die unterschiedlichen Nutzungsinteressen und -perspektiven,
2) Die unterschiedlichen Perspektiven von Wissenschaft und Planung,
3) Die unterschiedlichen Perspektiven der verschiedenen Wissenschaften,
4) Die unterschiedlichen Perspektiven innerhalb der Ökologie.

Diese unterschiedlichen Auffassungen oder Wahrnehmungen ein und desselben materiellen Wirklichkeitsausschnittes stellen als solche noch kein Problem dar. Im Bereich z.B. der Politik- oder Gesellschaftswissenschaft oder auch der Lebenswelt ist es selbstverständlich, daß unterschiedliche Wahrnehmungen ein und derselben Erscheinung existieren können.

Das eigentliche Problem im Bereich der umweltschutzbezogenen Wissenschaft und Planung besteht darin, daß diese Uneinheitlichkeit des Objektes Natur und Umwelt kaum einem Vertreter von Ökologie und Planung in seiner alltäglichen Arbeit bewußt ist und damit zu wenig im alltäglichen Handeln von Wissenschaft und Planung Berücksichtigung findet. Schon 1908 hat A. HETTNER bezogen auf die Probleme im Zusammenhang mit der Bestimmung und Abgrenzung des Forschungsgegenstandes der Geographie darauf hingewiesen, daß die dafür maßgebenden Grundsätze meist als viel zu selbstverständlich angesehen werden. Die damit verbundenen Schwierigkeiten werden seiner Auffassung nach als viel zu gering eingeschätzt. Das hat zur Folge, daß grundsätzliche Untersuchungen viel zu selten sind. Betrachtet man die Unsicherheit, die heute im Umgang mit dem Planungs- und Forschungsgegenstand insbesondere in der räumlichen integrierenden Umweltforschung und -

planung besteht, gewinnt man den Eindruck, daß diese Einschätzung bis heute Gültigkeit besitzt.

Statt die Verschiedenheit bewußt anzunehmen und systematisch zu erfassen, um einen angemessenen Umgang damit zu ermöglichen, wird unterschwellig doch von einer Einheit oder Eindeutigkeit des Forschungs- und Planungsobjektes Natur und Umwelt ausgegangen und versucht, dieses eine Objekt *richtig* zu erfassen und *realitätsnah* abzubilden.

Dieses Problem ist nicht neu und wurde zum Beispiel als eines der bedeutendsten Hindernisse einer effektiven interdisziplinären Arbeit in der umweltschutzbezogenen Forschung und Planung beschrieben (vgl. z.B. KÜPPERS et al. 1978, BERNARD/KÖTZLE 1991, EISEL 1992). Es gibt jedoch bisher keine systematische Analyse der Vielfalt der existierenden Auffassungen und Wahrnehmungen von Natur und Umwelt und deren theoretische oder paradigmatische Hintergründe.

Es verwundert deshalb nicht, daß immer noch erhebliche Unsicherheit im Umgang mit den verschiedenen Auffassungen und Wahrnehmungen bestehen und es infolgedessen immer wieder zu langwierigen und häufig ergebnislosen oder mindestens unbefriedigenden Auseinandersetzungen über die angemessene Erfassung und Abbildung von Natur und Umwelt in der Umweltforschung und Umweltplanung kommt.

Beispielsweise wird seit fast 20 Jahren immer wieder die Forderung erhoben, doch endlich den Begriff ‚Naturhaushalt' bzw. ‚Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes' als den zentralen Sachgegenstand des Naturschutzgesetzes und der querschnittsorientierten Umweltplanung, eindeutig zu definieren (vgl. z.B. PLACHTER 1994). Obwohl eine große Anzahl von Ansätzen existiert, die zur Erfassung und Abbildung des Naturhaushaltes bzw. dessen Leistungsfähigkeit herangezogen werden kann, haben sich bisher weder allgemein für die Umweltplanung noch speziell für einzelne umweltplanerische Instrumente befriedigende mehrheitlich akzeptierte Ansätze durchgesetzt. Wie unterschiedlich diese noch immer sind, zeigt eine Auswahl von Begriffen, die in diesem Kontext genannt werden (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Begriffe im Zusammenhang mit der Modellierung des Naturhaushaltes[2]

Begriff:	Quelle:
„Funktionen des Naturhaushaltes“	Thesenpapier
„Naturhaushaltsbereiche“	Thesenpapier
„Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes“	Winkelbrandt, Plachter
„abiotische. und biot. Faktoren des Naturhaushaltes“	Thesenpapier
„Elemente des Naturhaushaltes“	Kiemstedt
„Schutzgüter des Naturhaushaltes“	Thesenpapier
„Objekte des Naturhaushaltes“	Plachter, Valentin
„Werte und Funktionen“	Thesenpapier
„ökosystemare Wechselwirkungen“	Thesenpapier
„Landschaftsökologisches Funktionsgefüge“	Plachter
„Naturhaushaltspotentiale“	Thesenpapier
„abiotische Naturgüter“	Plachter
„Naturhaushaltssystem“	Thesenpapier

Neben den rein semantischen Unterschieden sind diesen Begrifflichkeiten teilweise auch ganz unterschiedliche abstrakte Denkmodelle, theoretische Vorannahmen oder Paradigmen zugrundegelegt, ohne daß diese Vorannahmen jedoch offengelegt werden und für Außenstehende nachvollziehbar sind. Die verschiedenen Betrachtungsschwerpunkte und Perspektiven ergeben sich im wesentlichen aus der Tradition der Wissenschaftsdisziplinen Biologie und Geographie, die der sachlichen Dimension der Umweltplanung zugrunde liegen.

Ein Beispiele dafür wie sich Unsicherheiten bei der Erfassung und Abbildung von Natur und Umwelt im Bereich der Umweltplanung auswirken, sind die Schwierigkeiten, die im Zusammenhang mit der Bildung von Konventionen bezüglich der Methoden und Verfahren zur Durchführung umweltplanerischer Instrumente auftreten.

Die bestehende Unklarheit über die angemessene Erfassung und Bewertung von Natur und Umwelt ist eine entscheidende Ursache dafür, daß es im gesamten Bereich der querschnittsorientierten Umweltplanung inzwischen eine kaum noch überschaubare Vielzahl von

[2] Die Formulierungen entstammen den Thesenpapieren und Protokollen zu den Expertenanhörungen zum Gutachten “Methodik der Eingriffsregelung“, das im Auftrag der LANA unter der Leitung von Prof. Dr. Kiemstedt erarbeitet wurde (vgl. KIEMSTEDT et. al. 1993-1994). Unter der Überschrift ‘Quelle’ sind die in den Protokollen genannten Namen derjenigen Personen vermerkt, die die Begriffe in den Diskussionen verwendet haben. Die Thesenpapiere wurden von den Gutachtern unter der Leitung von Prof. Dr. Kiemstedt zusammengestellt.

Bewertungsverfahren und Methodenkonzepten gibt. Diese Methoden- und Verfahrensvielfalt widerspricht eklatant der aus Gründen der Planungssicherheit immer wieder geforderten Harmonisierung und Standardisierung der fachlichen Anforderungen an die Bearbeitung der einzelnen Planungsinstrumente. Es bereitet jedoch offensichtlich erhebliche Probleme, sich unter Fachleuten auf bestimmte allgemein anerkannte Methoden und Verfahren und die ihnen zugrundeliegende angemessene Abbildung von Natur und Umwelt zu verständigen und entsprechende Konventionen festzulegen.

Besonders deutlich zeigen sich diese grundlegenden Probleme bei der Eingriffsregelung. Je nachdem, wie der Planungsgegenstand Natur und Umwelt bzw. Naturhaushalt wahrgenommen, erfaßt und abgebildet wird (vgl. Tab. 1), ergeben sich damit letztlich auch unterschiedliche Interpretationen des Ausgleichsgedankens in der Eingriffsregelung. Deutlich wird dieses, wenn man die verschiedenen Ansätze zur Definition des Ausgleichsbegriffs gegenüberstellt:

> „Ausgleich ist Wiederherstellung der funktionalen Identität in bezug auf die Leistungen des Naturhaushaltes für den Betroffenen“ (KRAUSE/WINKELBRANDT 1982: 393).

> „Alle anderen Maßnahmen, die die Nachbildung des beeinträchtigten Systems nicht zum Ziel haben, sind keine Ausgleichsmaßnahmen ...“ (MADER 1983: 118).

> „Ausgeglichen im wissenschaftlichen Sinne wäre ein Eingriff, wenn er so durchgeführt würde, daß die Maßnahme in den natürlichen Entwicklungsprozeß des Ökosystems hineinpaßt. Dies ist nur bei zyklischen Prozessen möglich ...“ (KAULE/SCHOBER 1985: 5).

Obwohl gerade in Bezug auf die Eingriffsregelung bereits seit Beginn der 90er Jahre eine besonders intensive Methoden- und Verfahrensdiskussion geführt wird, die das Ziel hat, sich auf bestimmte Konventionen hinsichtlich der erforderlichen methodischen Anforderungen zu verständigen, ist es bislang noch zu keinem befriedigenden Ergebnis gekommen. Ursache dafür ist vor allem der Umstand, daß es bisher nicht gelungen ist, sich auf einen einvernehmlichen Ansatz zur Erfassung und Abbildung des Naturhaushaltes zu verständigen. Um einen derartigen Ansatz zu entwickeln, muß zunächst die Vielfalt der möglichen Wahrnehmungen und Auffassungen erkannt werden.

1.2 Forschungsansatz

Ausgehend von der „Allgemeinen Modelltheorie“ (STACHOWIAK 1973) kann die Erfassung und Abbildung von Natur und Umwelt als Modellbildungsprozeß interpretiert werden. Vor diesem Hintergrund stellen sich die verschiedenen Wahrnehmungen und Auffassungen von Natur und Umwelt als Modelle dar.

Die unterschiedlichen Auffassungen und Wahrnehmungen von Natur und Umwelt mit dem Modellbegriff in Verbindung zu bringen ist nicht besonders ungewöhnlich. „Denkmodelle“, „Modellvorstellungen“ oder „abstraktes Modelle“ sind Begriffe, die im Zusammenhang mit den unterschiedlichen Ansätzen zur Erfassung von Natur und Umwelt sowohl im wissenschaftlichen wie im planerischen Kontext immer wieder auftreten. So weist zum Beispiel

BECHMANN bereits 1978 darauf hin, daß der Sachgegenstand von Planung nicht in einer wie auch immer gearteten realen oder objektiven Wirklichkeit besteht, sondern daß der Planungs- und damit auch Bewertungs- und Entscheidungsgegenstand stets in Form eines konstruierten Sachmodells in den Planungsprozeß eingeht.

Bisher wurde jedoch nicht näher analysiert, was der mit der Begriffsbelegung unterstellte Modellcharakter der Wahrnehmungen und Auffassungen von Natur und Umwelt oder des Planungsgegenstandes Natur und Umwelt für den Umgang mit diesen Modellen bedeutet.

Auf der anderen Seite spielen im Zuge ständig verbesserter EDV-Ausstattung EDV-gestützte Umweltmodelle als Simulationsmodelle oder als raumbezogene GIS-Modelle[3] sowohl in der umweltschutzbezogenen Forschung als auch in der Umweltplanung eine immer wichtigere Rolle. Hier wird jedoch in der Regel keine direkte Verbindung zu den grundlegend verschiedenen Wahrnehmungen und Auffassungen von Natur und Umwelt gesehen, die sich aus den unterschiedlichen nutzungsorientierten und wissenschaftsdisziplinbedingten Perspektiven ergeben.

Trotz der hier deutlich werdenden großen Bedeutung der Frage der Modellierung von Natur und Umwelt für Umweltplanung und Umweltforschung fand bisher kaum eine systematische theoretische Auseinandersetzung mit dem Thema statt. Diese Umstände lassen es erfolgsversprechend erscheinen, das Problem der Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt und damit verbunden die Frage der angemessenen, das heißt aus der Sicht der Umweltplanung vor allem planungs- und entscheidungsrelevanten Abbildung von Natur und Umwelt als Modellbildungsproblem zu behandeln.

Obwohl gerade auch im Bereich der Umweltplanung der Modellbegriff Konjunktur hat und auf unterschiedlichste Weise verwendet wird, besteht wenig Klarheit darüber, wie vielfältig dieser Begriff verstanden wird und was es bedeutet, Modellbildung zu betreiben. Gerade die Ableitung oder Konstruktion von handhabbaren Sachmodellen zur Erfassung von der Natur und Umwelt - sei es zu Forschungs- oder zu Planungszwecken - ist viel stärker als die Beschreibung der Forschungsgegenstände anderer Bereiche der Naturwissenschaft durch unterschiedlichste subjektive Erfahrungen und vielfältige theoretische Hintergründe geprägt. Aus diesem Grund kann man die Forderung von KOEHLER (1986), die im weitesten Sinne ökologischen Modelle viel stärker als bisher in ihren Voraussetzungen und in ihrem Gültigkeitsrahmen systematisch aufzubereiten, auch für die zur Beantwortung planerischer Fragen herangezogenen Sachmodelle nur unterstützen.

Forschungsarbeiten, die sich mit den theoretischen Grundlagen der Modellbildung speziell im Zusammenhang mit der Modellierung von Natur und Umwelt beschäftigt haben, gibt es bisher nicht. Man kann jedoch auf theoretische Arbeiten zurückgreifen, die sich allgemein mit der Frage der Modellbildung als Mittel der Erkenntnisgewinnung beschäftigen.

---

[3] Das sind raumbezogene Modelle in Geographischen Informationssystemen.

Maßgeblich zu nennen sind hier die Arbeiten von WÜSTNECK (1963, 1966) und vor allem von STACHOWIAK (1969, 1973, 1983), der mit seiner „Allgemeinen Modelltheorie“ (STACHOWIAK 1973) wesentliche erkenntnistheoretische Grundlagen der Modellbildung liefert.

Zuerst ist die Frage zu untersuchen ob das allgemeine Modellkonzept und die hierauf aufbauende Allgemeine Modelltheorie ein geeignetes theoretisches Gerüst darstellt, um die im Zusammenhang mit der Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt vorhandenen Probleme – vor allem die Vielfältigkeit der vorliegenden Konzepte oder Perspektiven und das Problem der Auswahl oder Entwicklung angemessener Konzepte – zu strukturieren und zu analysieren. Hierzu ist zunächst der Modellbegriff und die Allgemeine Modelltheorie so aufzuarbeiten, daß sie auf die zu analysierende Situation der Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt bezogen werden kann. Dabei soll zum einen aufgezeigt werden, was es allgemein bedeutet, Modellbildung zu betreiben und nach welchen Prinzipien im besonderen die Modellierung von Natur und Umwelt erfolgt.

Auf der Grundlage allgemeiner Modelltheorie soll dann eine Methodik zur strukturierten Analyse von Auffassungen oder Konzepten der Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt, wie sie im Bereich der Umweltforschung und Umweltplanung relevant sind, entwic??kelt und angewendet werden. Die „Allgemeine Modelltheorie“ dient damit als theoretischer Rahmen und Strukturierungskonzept für die Analyse der Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt im Zusammenhang von Umweltforschung und Umweltplanung. Entsprechend ergibt sich ist das weitere Vorgehen aus der Analyse der Allgemeinen Modelltheorie.

1.3 Zielstellung

Das Ziel der Arbeit besteht in der Verbesserung des Dialogs über die angemessene Erfassung und Abbildung von Natur und Umwelt im Planungs- und Entscheidungsprozeß. Damit soll zugleich dazu beigetragen werden, den Dialog zwischen umweltschutzorientierter und das heißt vor allem ökologischer Forschung und Umweltplanung zu verbessern.

Ein Beitrag hierzu besteht zunächst in der Aufarbeitung der theoretischen Grundlagen der Umweltmodellierung, wodurch ein Bewußtsein und zugleich Verständnis für die Verschiedenartigkeit der Wahrnehmungen und Auffassungen von Natur und Umwelt geschaffen werden soll.

Darüber hinaus soll ausgehend von der Analyse der unterschiedlichen Wahrnehmungen und Auffassungen von Natur und Umwelt eine systematisch aufbereitete Plattform für einen strukturierten Dialog über eine angemessene Abbildung von Natur und Umwelt entwickelt werden. Hierzu werden die Einflußfaktoren, die sich in jeweils spezifischer Weise zu einer Vielzahl ökologischer Modellkonzepte vereinen, systematisch bearbeitet, so daß sie als Gerüst für einen strukturierte Rekonstruktion der in der Ökologie und ökologischen Planung relevanten Modelle und Modellkonzepte zur Verfügung stehen. Durch eine solche systemati-

sche Rekonstruktion und Aufbereitung werden die einzelnen Modelle und Modellkonzepte dialogfähig.

Aufgabe der Arbeit ist es die theoretischen Grundlagen der Wahrnehmung und damit Modellierung von Natur und Umwelt so aufzubereiten und zu systematisieren, daß es möglich wird, vorhandene Modelle und Modellkonzepte hinsichtlich ihrer Vorannahmen zu rekonstruieren und damit einer Beurteilung hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit zugänglich zu machen, um die Verständigung über eine angemessene, das heißt zweckmäßige Erfassung von Natur und Umwelt zu erleichtern.

1.4 Struktur der Arbeit

Die Struktur der gesamten Arbeit verdeutlicht sich im Überblick in Abb. 1, Seite 10.

Da die Verschiedenartigkeit der Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt in der vorliegenden Untersuchung als Modellbildungsproblem behandelt und analysiert werden soll, widmet sich ***Kapitel 2*** dem Modellbegriff und dem Modellkonzept als Erkenntnisinstrument und zeigt damit die theoretischen Grundlagen der weiteren Analyse auf.

Ausgehend von einem groben Abriß der Geschichte des Modellbegriffs und einer Zusammenstellung einer Auswahl von Interpretationen und Definitionen in verschiedenen Wissenschaftsbereichen, wird unter Verweis auf STACHOWIAK (1973) ein übergreifender allgemeiner Modellbegriff eingeführt, der das Modell als dreistellige Relation von Original, Modell und Subjekt beschreibt, die durch das „Abbildungsmerkmal“, das „Verkürzungsmerkmal“ sowie das „pragmatisches Merkmal“ gekennzeichnet ist.

Vor dem Hintergrund verschiedener erkenntnistheoretischer Grundpositionen, die die Unmöglichkeit absoluter Wirklichkeitserkenntnis betonen und den subjektseitigen Entscheidungsanteil am Erkenntnisprozeß hervorheben, wird im zweiten Teil des Kapitels aus diesem allgemeinen Modellbegriff abgeleitet das „Modellkonzept der Erkenntnis“ nachgezeichnet, nach dem alle Wahrnehmung und Erkenntnis als letztlich modellhaft aufzufassen ist. Dieses modellistische Erkenntniskonzept wird abschließend noch ins Verhältnis gesetzt zu der aktuell zunehmend vertretenen erkenntnistheoretischen Position des Konstruktivismus.

In ***Kapitel 3*** werden die drei Elemente des allgemeinen Modellbegriffs und die an sie gebundenen Modellmerkmale weiter ausgeführt und in Bezug auf die Implikationen für die Analyse der Modellierung von Natur und Umwelt untersucht.

Das Original wird vor allem im Hinblick auf sein Verhältnis zur Wirklichkeit und seine Subjektabhängigkeit betrachtet und selbst als modellhafte Konstruktion aufgefaßt und beschrieben. Das Modell wird hinsichtlich möglicher Ausdrucks- und Darstellungsformen, möglicher Entstehungsarten sowie möglicher Formen der Angleichung zum Original analysiert und typisiert. Das Modellsubjekt wird als die den Modellzweck bestimmende Instanz betrachtet. Als für die Modellierung von Natur und Umwelt relevante Modellzwecke werden in diesem

Zusammenhang Beschreibung, Erklärung, Prognose und Bewertung näher beschrieben und hinsichtlich ihrer Anforderungen an die Modellbildung analysiert.

Aus der vertiefenden Betrachtung der drei Komponenten des allgemeinen Modellbegriffs werden abschließend die Anforderungen an die Analyse der Modellierung von Natur und Umwelt abgeleitet und daraus das weitere Untersuchungsprogramm entwickelt.

Abgeleitet aus der festgestellten Modellhaftigkeit des Originals widmet ***Kapitel 4*** sich der Analyse der Einflüsse, die die modellhafte Konstruktion der Erscheinungen bestimmen und die im Zusammenhang mit der Modellierung von Natur und Umwelt in der Regel als das Original der Modellbildung aufgefaßt werden. Diese Einflußfaktoren werden als die möglichen Bausteine der modellhaften Konstruktion von Natur und Umwelt aufgefaßt und aufgeteilt in die vier Ebenen „Kategorien der Erkenntnis von Natur und Umwelt“, „Wissenschaftsauffassungen“, „Forschungsstrategien“ und „Ökologische Modellperspektive“ analysiert.

In ***Kapitel 5*** wird ausgehend von der erkannten Relevanz des Einflusses des Modellzwecks auf die Modellkonstruktion, auf die beiden Hauptanwendungsbereiche von Umweltmodellen nämlich Forschung und Planung, eingegangen und es werden die jeweils relevanten Modellzwecke herausgestellt.

Im abschließenden ***Kapitel 6*** wird das Ökosystemkonzept als Beispiel für ein planungsrelevantes Modellkonzept analysiert und die verschiedenen Auffassungen hinsichtlich der relevanten Einflußfaktoren und Modellzwecke rekonstruiert.

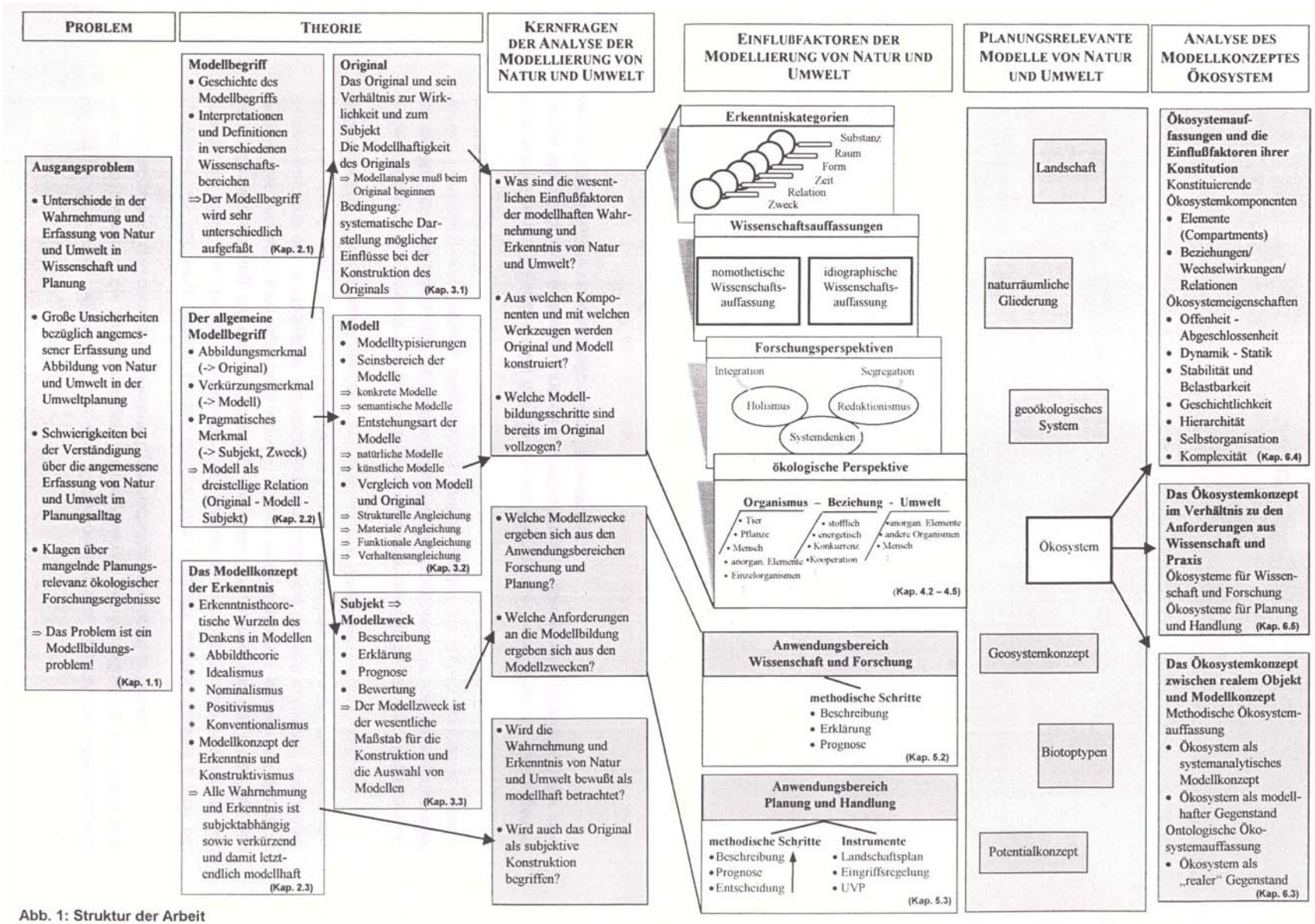


Abb. 1: Struktur der Arbeit

2 Allgemeine Modelltheorie

2.1 Die Vielfalt des Modellbegriffs und seiner Varianten

2.1.1 Geschichte des Modellbegriffs

Bis heute haben sich in den verschiedenen Lebens- und Wissenschaftsbereichen sehr unterschiedliche Modellbegriffe und -definitionen entwickelt. Diese führt nicht selten zu erheblichen Kommunikations- und Verständnisproblemen bei der Verwendung des Begriffs „Modell“. Die historischen Entwicklung des Modellbegriffs ist eine wesentliche Ursache dieser Schwierigkeiten.

Wie STACHOWIAK (1973:129) deutlich macht, ist „Modell“ ein Lehnwort aus dem Lateinischen, welches über eine indogermanische Wurzel verfügt. Bei den Römern herrschte bereits im Altertum ein reger Gebrauch sowohl des Begriffes „modus“ als auch „modulus“ sowie verwandter Wörter, die im Sinne von „Art“, „Weise“, „Form“ bzw. „Maß“, „Größe“, „Menge“ verwendet wurden.

Die Verwendung des Begriffs „modulus“ findet man zu dieser Zeit insbesondere als architektonisches Grundmaß. In diesem Zusammenhang wurde „modulus“ durch römische Werkleute - als Begriff für „ein Maß für die Anlegung der Säulen und des Verhältnisses der einzelnen Teile derselben zueinander“ (Grimms „Deutsches Wörterbuch“ von 1885, zitiert nach MÜLLER 1983: 23) - vermutlich auch ins Deutsche getragen, wo es zum frühhochdeutschen Lehnwort „Model“ wurde. In diesem Wortsinn haben sich sowohl Modul als auch Model bis in die Neuzeit gehalten.

Seit dem 10. Jahrhundert ist Model gleichzeitig aber auch in einem freierem Gebrauch üblich: allgemein als **Muster, Form, Vorbild** und speziell als gewerbliche Musterform eines Gegenstandes, die vielfach bei der Obrigkeit hinterlegt war. Dabei kann es sich sowohl um Hohlformen handeln (z.B. Guß- oder Backmodel) oder um figürliche Vorlagen (vgl. MÜLLER 1983: 24). Im Bereich der Technik und des Handwerks hat sich dieser Modellbegriff bis heute erhalten (vgl. Kap. 2.1.2).

Mit der Entdeckung von Person, Perspektive und Plastik in der Kunst der Renaissance ist das **Vorbild für den Künstler** nicht mehr die „Platonische Idee“[4], sonder das „modello“. Zugleich sind „modelli“ aber auch die **künstlerischen Nachbildungen des Menschen** aus Ton oder Wachs, die ihrerseits wieder Vorbilder für die endgültigen Skulpturen aus Stein oder Holz darstellen. Daneben wurde modello stets auch in allgemeiner Bedeutung als Vorbild, Maßstab und Muster verwendet. „Modello“ ist also gleichzeitig Begriff für **Abbild** und **Vorbild**. Auch in einer der frühesten deutschsprachigen Lexikondefinitionen von J. Hübner,

[4] Zur Rolle der "Platonischen Idee im Zusammenhang mit Modellbildung vgl. Kap. 2.3.1.3

(1717, Sp. 1078) wird bereits auf die doppelte Funktion von Modell als Abbild und Vorbild hingewiesen (vgl. MÜLLER 1983: 27-28).

Spätestens seit der Mitte des 15. Jh. werden im Florentinischen auch kleinmaßstäbliche **architektonische Entwürfe** als „modelli" bezeichnet (vgl. MÜLLER 1980: 206). Seit dem 16. Jh. steht „modello" außerdem für „vertiefte Form", z.B. eine **Musterform** in Blei oder Gips für Goldschmiedearbeiten. Von dieser Bedeutung wurde „Modell" zu Beginn der Neuzeit zum zweitenmal entlehnt.

Die Modellverwendung zum Zwecke des Erkenntnisgewinns wird, wie BERNAL (1970: 390) beschreibt, erstmals 1612 sytematisch aufgezeigt von dem Engländer Simon Sturtevant, der in Bezug auf die Größe von Erfindungen eine Dreiteilung in „modle" (Konstruktion, die Teile und Umrisse einer Erfindung repräsentiert), „protoplast" (verbesserungsbedürftiger Prototyp) und „grand Mechanik" (vollendete Erfindung) vornimmt.

Mit Beginn des 19. Jh. erhält der Begriff „Modell" als Terminus technicus auch Eingang in die Wissenschaft. Vor dem Hintergrund, daß zu dieser Zeit in der Physik die Tendenz bestand, das Substanzdenken mehr und mehr durch Denken in Strukturen und Funktionen zu ersetzen, wurden die beiden Methodenbereiche Zählen-Messen-Wiegen und Berechnen, d.h. Ausdrücken in mathematischen Formeln, durch den Bereich Theoriebildung und ihre Veranschaulichung ergänzt (vgl. KAULBACH1965). In dem Maße, wie die physikalische Wirklichkeitserfassung abstrakter wird, gewinnt ihre Veranschaulichungen in hypothetischen Konstruktionen in Form von graphischen Darstellungen und in Bildern sowie schließlich auch in dreidimensionalen Modellen zunehmend an Bedeutung.

In diesem Zusammenhang kommt es, zusätzlich unterstützt durch Rezeptions- und Übersetzungsprobleme, vor allem aus dem Englischen, zu erheblichen Begriffsverwirrungen, die sich bis heute aus dem wechselnden Gebrauch der Wörter „Analogie", „Ähnlichkeit", „Bild", „Illustration", „Darstellung", „Konstruktion", „Vorstellung", „Veranschaulichung" und „Versinnlichung" ergeben hat.[5]

Zum Ende des 19. Jh. wird der Begriff „Modell" vorrangig für mechanisch geformte Abbildungen eines physikalischen, chemischen oder mathematischen Zustandes, einer Eigenschaft oder eines Verhaltens verwendet. Dagegen gebraucht jedoch Ernst MACH (1883) den Begriff „Modell" bereits im Sinne einer abstrakten Abbildung: „Die Atomtheorie hat in der Physik eine ähnliche Funktion wie gewisse mathematische Hülfsvorstellungen, sie ist ein Mathematisches Modell zur Darstellung der Thatsachen" (zitiert nach MÜLLER 1983: 55). In diesen beiden Bedeutungen wird der aus dem angelsächsischen stammende doppelte Sprachgebrauch des Wortes Modell deutlich: „Modell" wird sowohl als reale, stofflich konstruierte Abbildung als auch als rein ideale, gedankliche Abbildung verstanden.

---

[5] Auf die Entwicklung dieser Begriffe wird z.T. im Zusammenhang mit den Ausführungen zum Original-Modell-Bezug eingegangen (vgl. Kap. 3.2) Eine chronologische Betrachtung zu den Begriffen findet sich bei MÜLLER (1983: 47-50).

Für beide Modellbegriffe bereits grundlegend ist die Repräsentationsfunktion. In beiden Fällen verweist das Modell - als bloße Fiktion oder als konkreter Entwurf - auf Ausschnitte der Welt und hier insbesondere auf physikalische Erscheinungen.

Von Ursprung des Wortes her besitzt der Begriff „Modell“ also eine zweifache Doppelbedeutung:

1. Modell als Abbild von etwas und als Vorbild für etwas,
2. Modell als reale, stoffliche Konstruktion und als Gedankenkonstruktion.

Diese unterschiedlichen Modellauffassungen spiegeln sich auch in den Verwendungen des Begriffs in den verschiedenen Wissenschaftsbreichen.

2.1.2 Modelldefinitionen in verschiedenen Wissenschaftsbereichen

Die Darstellung der historischen Entwicklung des Begriffs „Modell“ hat gezeigt, daß der Terminus „Modell“ ein über weite Verwendungsbereiche ausgedehntes Bedeutungsspektrum besitzt. Folglich wird der Begriff „Modell“ auch in den verschiedenen Wissenschaftsbereichen in sehr vielfäligen inhaltlichen Bedeutungen und Bezügen gebraucht.

Hierbei bezeichnet der Begriff eine Vielzahl sowohl unterschiedlicher konkret-materieller Gebilde (v.a. in den Bereichen Naturwissenschaft und Technik) als auch abstrakt-gedankliche Konstruktionen (besonders in den Bereichen Gesellschaftswissenschaften und Mathematik bzw. Logik). Ähnlich wie das Begriffsverständnis und die Erscheinungsform unterscheidet sich auch der Verwendungszweck von Modellen in den verschiedenen Wissenschaftszweigen. So kommt STOFF (1969: 17) zu dem Schluß: „Würde man nun aber verschiedenen Wissenschaftlern die Frage stellen, was eigentlich ein Modell ist, so würde man kaum übereinstimmende Antworten erhalten.“

Sogar innerhalb der einzelnen Wissenschaftsdiziplinen hat der Begriff sehr häufig eine teilweise differierende Bedeutung. Die folgende Darstellung ist daher allenfalls als grobe Richtschnur zu verstehen und kann keinesfalls alle Facetten der Begriffsverständnisse in den verschiedenen Wissenschaftsbereichen wiedergeben.

In den **Naturwissenschaften** wird der Modellbegriff seit Heinrich HERTZ, der ihn 1894, unter Bezug auf MAXWELL in die deutsche Fachsprache der Naturwissenschaften einführte, zunächst vor allem als dreidimensionale Darstellung materieller Systeme verstanden (vgl. MÜLLER 1983: 97). Dabei wird nur vorausgesetzt, „daß es dem materiellen System in der Form gleiche, es ist nicht notwendig, daß es sonst noch etwas mit ihm gemeinsam habe“ (HERTZ 1894: 197; zitiert nach MÜLLER 1983: 97).

Es gibt immer eine Vielzahl von Darstellungsmöglichkeiten bzw. Modelle ein und derselben Erscheinung. Sowohl Hertz als auch Maxwell hatten dieses bereits erkannt. So heißt es bei HERTZ (1894: 197): „Unendlich viele, physikalisch gänzlich verschiedene Systeme können

Modelle eines und desselben Systems sein. Ein System ist Modell unendlich vieler, gänzlich verschiedener Systeme."

Seit dieser Zeit dienen die dreidimensionalen Modelle in den Naturwissenschaften sowohl zur Veranschaulichung z.B. von physikalischen Effekten als auch als experimenteller Untersuchungsgegenstand mit den Ziel, die am Modell gewonnenen Untersuchungsergebnisse auf die realen Systeme zu übertragen (vgl. z.B. JOHANNESSON 1942: 249). „Modellstruktur hat ein Modell dann, wenn vor einer nach außen wirksamen Maßnahme in einem internen Modell der Außenwelt die voraussichtlichen Reaktionen der Außenwelt auf verschiedene mögliche Maßnahmen geprüft werden, und nur diejenige nach außen wirksam gemacht werden, welche die gewünschte Reaktion der Außenwelt ergibt" (STEINBRUCH 1965, zit. nach WENDLER 1965: 287). Wie hier deutlich wird, wird das Modellkonzept als Erkenntnismethode eingesetzt (Modellmethode). Modelle in diesem Sinne verstanden als Mittel, z.T. sogar Technik zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (vgl. HÖRZ 1976).

Aus der Grundstruktur des methodischen Vorgehens in den Naturwissenschaften, wie sie z.B. von DAMPIER (1952: 161ff) dargestellt wird, mit den Schritten

- Problemausgrenzung,
- Experimentalanordnung,
- induktive Verallgemeinerung der Versuchsergebnisse (gemäß einer zuvor getroffenen Outline-Hypothese),
- Konstruktion eines mathematisch-funktionalen Modells des (meist beliebig oft reproduzierbaren) dynamischen Originalgeschehens,
- Ableitung von Ereignisaussagen (Prognosen) aus dem Modell,
- im Idealfall zuletzt schrittweise Vereinigung „aneinandergrenzender" Modelle zu größeren Einheiten,

wird eine weitere Bedeutung des Modellbegriffs in den Naturwissenschaften deutlich.

Dieses Verständnis von naturwissenschaftlicher Modellbildung, das auch für weite Bereiche der Umweltanalyse Gültigkeit hat, hebt insbesondere die Funktion von Modellen, empirische Beobachtungen zu formalisieren und dadurch zu vereinfachen bzw. zu akzentuieren hervor. Dieses Modellverständnis ist sehr häufig verknüpft mit einer systemtheoretischen Betrachtungsweise und einer „Formalisierung der Zusammenhänge in mathematischer Form" (METZLER 1987: 26), die eine computergestützte Realisierung der Modelle ermöglicht.

Die Formalisierung der Darstellung wird auch in den Sozialwissenschaften eng mit dem Modellbegriff verknüpft.

In den **Gesellschaftswissenschaften** wird der Begriff Modell häufig synonym zum Theoriebegriff verwendet oder als spezifische Theorieform verstanden. So ist ein Modell nach BRODBECK (1959; zitiert nach MAYNTZ 1964) eine empirische Theorie, die einer anderen

empirischen Theorie isomorph ist - beispielsweise die Formalisierung einer bisher allgemeinsprachlich gefaßten Theorie.

Der Formalisierungsaspekt von Modellen wird von MAYNTZ (1964) besonders stark betont. Das Ziel der Modellkonstruktion in der Soziologie besteht nach ihrer Auffassung darin, „empirische Beobachtungen oder verbale Theorie in symbolischer Sprache zu formulieren“ (MAYNTZ 1964: 11). Unter „symbolischer Sprache“ versteht Mayntz in diesem Zusammenhang formalisierende Symbolsprachen wie logisch-mathematische Zeichen oder Programmsprachen.

Auch im naturwissenschaftlich-technischen Kontext wird mit dem Modellbegriff häufig ein bestimmter Grad an Formalisierung verbunden, sei es in Form mathematischer Ausdrücke oder auch nur in Form graphischer Darstellungen.

In den **technischen Disziplinen** wird unter Modell in der Regel entweder die dreidimensionale Nachbildung eines realen, im Gegensatz zu den Naturwissenschaften meist menschlich geschaffenen Objektes verstanden, wie z.B. ein Schiffsmodell im Strömungskanal oder die räumliche Darstellung eines technischen Entwurfs (z.B. ein Architekturmodell), welche dann als Vorbild und zur Veranschaulichung bei der Realisierung des Entwurfs dient. In eine ähnliche Richtung geht die Verwendung des Begriffs Modell für Muster oder Formen, wie z.B. Schablonen oder Formen für das Gießen von Metallteilen, die direkt bei der handwerklichen oder industriellen Produktion Anwendung finden.

Im technischen Bereich hat sich damit die ursprüngliche Bedeutung des Modellbegriffs (vgl. Kap. 2.1.1) weitgehend erhalten. Technische Modelle sind einerseits Abbilder realer Gegenstände oder konzeptueller Vorstellungen, andererseits häufig gleichzeitig Vorbilder oder Muster für reale Gegenstände.

In der **Mathematik und formalen Logik** bezieht sich der Terminus „Modell“ auf die inhaltliche Deutung und Anwendung von formal-axiomatischen Theorien und bezeichnet das Ergebnis einer Theorieinterpretation. Die dazugehörige spezifische „Logisch-mathematische Modelltheorie“ versteht unter einem Modell einer formal-axiomatischen Theorie eine diese Theorie erfüllende semantische oder empirische Interpretation (vgl. z.B. SCHRÖTER 1961: 381)[6]. Mit anderen Worten: „Ist ð ein Axiomensystem, so versteht man unter einem Modell von ð bekanntlich eine mathematische Struktur in der die Axiome (Elemente von ð) gelten“ (SCHWABHÄUSER 1971: 3).

Handelt es sich bei der Modellbildung in den zuvor dargestellten Wissenschaftsbereichen allgemein um eine interpretierende Abbildung empirisch erfaßbarer Ausschnitte der realen

[6] Der Modellbegriff der Mathematik ist nicht identisch mit dem was in anderen Wissenschaftsdisziplinen unter mathematischen Modellen verstanden wird. In den Erfahrungswissenschaften wird ein Modell häufig dann als mathematisch bezeichnet, wenn die Symbole Quantitäten vertreten und die Relationen zwischen den Elementen des Systems in Form von Gleichungen und Ungleichungen ausgedrückt werden (vgl. z.B. MAYNTZ 1965).

Welt, so wird der Modellbegriff in der Mathematik und formalen Logik nahezu im entgegengesetzten Sinne verwendet, nämlich als Interpretation eines formalen Systems mit empirischen Mitteln. Der Modellbegriff der Mathematik und formalen Logik weicht damit grundlegend von dem der Erfahrungswissenschaften ab. Wenn in den Erfahrungswissenschaften also von einem „mathematischen Modell" gesprochen wird, so ist damit in der Regel nicht ein Modell im Sinne der logisch-mathematischen Modelltheorie gemeint, sondern ein mittels mathematischer Zeichen formalisiertes Modell einer empirischen Gegebenheit.

Die grundlegenden Unterschiede zwischen erfahrungswissenschaftlichen Auffassungen des Modellbegriffs auf der einen Seite und dem logisch-mathematischen Modellbegriff auf der andern Seite lassen sich mit zwei entgegengesetzten Blickrichtungen im Erkenntnisprozeß erklären.

In der erfahrungswissenschaftlichen Blickrichtung, die von der empirischen Beobachtung der Wirklichkeit ausgeht und zur erklärenden Theorie führt, ist das Modell Verbindungsglied zu den sich aus den empirischen Fakten ergebenden Hypothesen. Das Modell enthält dabei eine Interpretation der als Protokollaussagen fixierten Beobachtungen, die es ermöglicht, diese Beobachtungen mit Hilfe der für den betreffenden Wissensbereich vorhandenen Theorien bzw. Gesetzesaussagen zu erklären.

In der logisch-mathematischen Blickrichtung, die von formalen Theorien ausgeht und zu empirisch beobachtbaren Bestätigungen führt, dient die Modellkonstruktion der inhaltlichen Ausfüllung der Theorie (vgl. STOFF 1966: 237).

Modelle liefern danach aus Sicht der Erfahrungswissenschaften eine Abstraktion der empirischen Daten und aus Sicht der Logik und Mathematik eine Konkretisierung der Theorie, so daß sich ihre inhaltlichen Aspekte zum Teil überschneiden.[7]

2.1.3 Der Boom des Modellbegriffs

Die sich aus der Geschichte und der Verwendung des Begriffs ergebenden Varianten der Inhalte und Bedeutungen des Modellbegriffs ermöglichen eine vielfältige Verwendung des Begriffs sowohl in der naturwissenschaftlichen Forschung als auch im Bereich der Planung. In der Ökologie als der bedeutendsten Disziplin bei der Erforschung von Natur und Umwelt geht - sicher beflügelt durch die rasante Entwicklung der Leistungsfähigkeit der EDV-Technik - kaum noch etwas ohne den Einsatz hochkomplexer computergestützter Modelle.

Und auch im Bereich der Planung, zumindest der Landschafts- und Umweltplanung, scheint der Begriff sich zunehmender Beliebtheit zu erfreuen und zwar in zweifacher Hinsicht: einerseits in Form von Modellplanungen, Modellstudien und Modellkonzepten jeglicher Art; zum

---

[7] In Stachowiaks Modellkonzept der Erkenntnis finden sich beide Modellbegriffe wieder, indem die Realität durch Beobachtung und Denken modelliert wird, und die Art dieser Modellierung gleichzeitig gesteuert ist durch vorhandene Begriffe, die zugleich wieder als ein Modell der Theorien aufgefaßt werden.

anderen spielt auch hier der Einsatz von EDV-gestützten Simulations- und Prognosemodellen sowie räumlichen Landschaftsmodellen als methodischen Instrumenten eine immer größere Rolle.

Aus den z.T. sehr unterschiedlichen Modelldefinitionen wird deutlich, daß drei Merkmale bei der Modellbildung eine zentrale Rolle spielen.

1) Ein Modell bildet stets etwas ab und soll etwas ersetzen: Es gibt also ein Original als Vorlage für das Modell.
2) Es handelt sich bei dem Abbildungsvorgang Original/Modell um eine Abstraktion bzw. Vereinfachung des Originals und das Modell besitzt davon ausgehend eine spezifische äußere Form oder Sprache.
3) Die Modellierung erfüllt eine bestimmte Funktion bzw. mit der Modellbildung wird ein gewisses Ziel verfolgt, für das das Modell eine eingeschränkte Gültigkeit besitzt.

Diese drei Aspekte bilden dann auch den Ansatzpunkt für die Formulierung eines allgemeinen Modellbegriffs.

2.2 Definition eines allgemeinen Modellbegriffs

Ausgelöst durch die auf der Verschiedenartigkeit der verwendeten Modellbegriffe beruhenden Verständnisprobleme ist immer wieder versucht worden, losgelöst von den verschiedenen Modellbegriffen der wissenschaftlich-technischen Fachrichtungen, übergreifende Modelldefinitionen zu geben. Hierbei stehen zwei Autoren im Vordergrund auf deren Begriffsdefinitionen sich alle anderen übergreifenden Ansätze zur Kennzeichnung des Modellbegriffs (z.B. LENK/ROPOHL 1978, VOGT 1983, HÖFFKEN et al. 1976) direkt oder indirekt beziehen.

Zum einen ist das Klaus Dieter Wüstneck (WÜSTNECK 1963, 1966, 1976), der die Modellbildung aus der erkenntnistheoretischen Position des Dialektischen Materialismus heraus betrachtet und analysiert hat und zum anderen Herbert Stachowiak (STACHOWIAK 1969, 1973, 1983) der seinen Modellbegriff und seine „Allgemeine Modelltheorie“ auf der Grundlage eines modellistischen Erkenntniskonzeptes (vgl. Kap. 2.3) entwickelte.

2.2.1 Die Allgemeine Modelldefinition Wüstnecks

Auf der Grundlage einer philosophisch-erkenntnistheoretischen Analyse zur Verwendung des Modellbegriffs in den verschiedenen Wissenschaftsbereichen kommt WÜSTNECK (1963: 1522f) zu folgender übergreifender Modelldefinition:

„Ein Modell ist ein System, das als Repräsentant eines komplizierten Originals aufgrund mit diesem gemeinsamer, für eine bestimmte Aufgabe wesentlicher Eigenschaften von einem dritten System benutzt, ausgewählt oder geschaffen wird, um letzteren die Erfassung oder

Beherrschung des Originals zu ermöglichen oder zu erleichtern bzw. um es zu ersetzen. Alle diese Systeme können entweder ideeller oder materieller Natur sein."

Mit dieser Definition bezieht sich Wüstneck nur auf das erfahrungswissenschaftliche Modellverständnis und klammert den logisch-mathematischen Modellbegriff ausdrücklich aus seiner Betrachtung aus (vgl. WÜSTNECK 1963: 1505f.).

Wichtiger Kernpunkt der Definition Wüstnecks ist der dreistellige Charakter der Modellrelation. Mit Verweis auf die russischen Autoren Sinowjew/Rewsin stellt er fest:

„Der Modellzusammenhang besteht nur dann, wenn nicht nur Original und Modell existieren, nicht nur zwischen ihnen eine bestimmte Analogie besteht (die ihrer Natur nach eine zweistellige Relation ist und unabhängig von einem dritten System existieren könnte), sondern wenn darüber hinaus ein bestimmtes Subjekt über Modell und Analogie ‚urteilt', um zu Ergebnissen zu kommen, die in Richtung auf das Original wirksam gemacht werden [...]. Folglich gehört es zum Wesen des Modellbegriffs, daß eine Relation zwischen drei Komponenten vorliegt, daß das Modell als solches nur in bezug auf ein bestimmtes Original und ein bestimmtes ‚Subjekt' definiert werden kann" (WÜSTNECK 1963: 151471515).

Wüstneck rückt hiermit das Modellsubjekt in den Mittelpunkt der Modellbildung und betont damit - genau wie auch Stachowiak - die notwendige Zweckbestimmtheit jeglichen Modellierens.

Die Zweckbestimmung von Modellen besteht für Wüstneck vor allem darin, die modellierten Originale zweckgerichtet zu ersetzen, um durch die Untersuchung oder Handhabung des Modells Erkenntnisse oder Beeinflussungsmöglichkeiten zu erlangen. Dafür kommen sowohl bewußt zu diesem Zweck geschaffene als auch bereits bestehende zu diesem Zweck ausgewählte Gebilde in Frage (vgl. WÜSTNECK 1966: 1457).

Voraussetzung für die Übertragbarkeit von „Modellerkenntnissen" auf das Original ist für Wüstneck eine zwischen Modell und Original bestehende Analogierelation, die wie folgt definiert ist:

„Zwei Systeme sind als Ganzes einander analog, wenn sie eine Gruppe qualitativ verschiedener und gleichzeitig eine andere Gruppe qualitativ identischer, gemeinsamer wesentlicher Merkmale (Elemente, Eigenschaften, Gesetzmäßigkeiten usw.) besitzen und zwischen beiden Gruppen innerhalb jedes der beiden Systeme gesetzmäßige Wechselbeziehungen bestehen, die für beide gleich sind" (WÜSTNECK 1966: 1457).

Diese Analogierelation kann nach WÜSTNECK (1976: 807) bezüglich der Struktur, der Funktion oder des Verhaltens des Originals bestehen. Diese eindimensionale Analogierelation unterscheidet letztlich die Original-Modell-Relation von einer allgemeinen Abbildungsrelation im Sinne der Abbildungs- bzw. Wiederspiegelungstheorie. In der materialistischen Abbildungs- bzw. Wiederspiegelungstheorie hat die Modellbildung und die Modelltheorie eine ihrer Wurzeln (vgl. Kap. 2.1.1).

2.2.2 Der Allgemeine Modellbegriff Stachowiaks

2.2.2.1 Modellbildung als dreistellige Relation

Ähnlich wie WÜSTNECK (1966, 1976) oder KLAUS (1968) beschreibt auch Stachowiak die Modellbildung in seiner „Allgemeinen Modelltheorie“ (STACHOWIAK 1973) - der bisher umfassendsten und grundlegendsten theoretischen Arbeit zum Thema Modellbildung - formal-logisch als dreistellige Relation von Original ‘O’, Modell ‘M’ und modellbildendem Subjekt ‘S’.

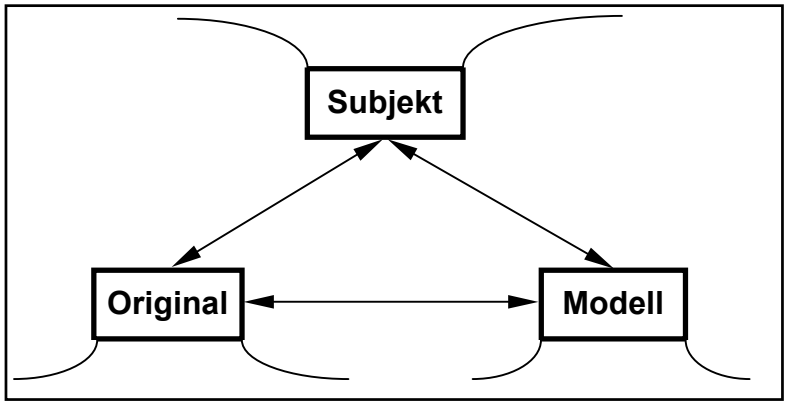


Abb. 2: Modellbildung als dreistellige Relation

Ausgehend von dieser Relation benennt Stachowiak 3 Hauptmerkmale, zur Kennzeichnung seines allgemeinen Modellbegriffs, die sich direkt auf die drei Elemente dieser Relation beziehen lassen:

1. Das Abbildungsmerkmal (mit Bezug auf das Original),
2. Das Verkürzungsmerkmal (mit Bezug auf das Modell bzw. auf den Original-Modell-Bezug)
3. Das Subjektivierungs- bzw. pragmatische Merkmal (mit Bezug auf das modellierende Subjekt).[8]

2.2.2.2 Abbildungsmerkmal

„Modelle sind stets Modelle **von etwas**, nämlich Abbildungen, Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können“ (STACHOWIAK 1973:131).

---

[8] Ähnlich wie Stachowiak nennt auch KLAUS (1969) in seinem „Wörterbuch der Kybernetik“, in dem er sich ausdrücklich auf die Modelldefinition Wüstnecks bezieht, drei wesentliche Modellmerkmale:
1. Das Abbildungsmerkmal: Modelle sind immer Abbilder von etwas.
2. Das Finalitätsmerkmal: Modelle sind immer Abbilder für etwas und für jemanden.
3. Das Reduktionsmerkmal: Modelle erfassen immer nur einen Teil aller Eigenschaften des Originals.

Originale können nach STACHOWIAK (1973: 131) auf natürliche Weise entstanden sein oder künstlich, d.h. technisch, handwerklich oder künstlerisch geschaffen worden sein. Sie können sowohl rein gedankliche Konstruktionen sein und rein aus Begriffen und Symbolen bestehen als auch physisch-materielle bzw. energetische Gestalt haben. Als Original, d.h. als Abbildungsgegenstand, kommen raum-zeitliche Vorgänge und räumliche Konfigurationen in Frage.

Im Falle der Modellierung von Natur und Umwelt oder einzelner natürlicher Prozesse wird das Original – mit Ausnahme vielleicht des Landschaftsbildes allgemein der physischen Wirklichkeit zugerechnet.

Begreift man das Original und das Modell als Menge von Eigenschaften oder Merkmalen, läßt sich die Abbildung im mengentheoretisch-algebraischen Sinn als Zuordnung von Originaleigenschaften zu Modelleigenschaften beschreiben (vgl. SCHMIDT 1985: 28).

2.2.2.3 Verkürzungsmerkmal

„Modelle erfassen im allgemeinen **nicht alle** Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die den jeweiligen Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern relevant scheinen“ (STACHOWIAK 1973: 132).

Um die Art und den Umfang der Verkürzung des Originals im Modell bestimmen zu können, ist ein systematischer Vergleich notwendig. Dieser Vergleich setzt voraus, daß alle Eigenschaften bzw. Merkmale des Originals sowie des Modells bekannt sind. Mit Ausnahme der Fälle, in denen Original und Modell von ein und derselben Person geschaffen worden sind, ist diese Kenntnis jedoch nur selten vorhanden. Das bedeutet, daß ein eindeutiger Original-Modell-Vergleich, der eine eindeutige Nachvollziehbarkeit der Auswahl der im Modell abgebildeten Originaleigenschaften bzw. -merkmale aus der Gesamtheit der Originaleigenschaften voraussetzt, nur selten möglich ist.

Als Original- und Modelleigenschaften werden in dem Zusammenhang sowohl die statisch-deskriptiven Aspekte (Struktur und Material) als auch die dynamisch-prozessualen Aspekte (Verhalten und Funktion) von Original und Modell verstanden. Dieses macht die große Bedeutung der Darstellungsform der Modelle deutlich, denn dadurch werden die grundlegende Vorentscheidungen über die Art und den Umfang der Verkürzung getroffen. Die Modellsprache oder –form stellt damit einen wesentlichen Filter der Wirklichkeitsabbildung dar.

Modelle beschreiben im Idealfall nur solche Originaleigenschaften, die den Modellerschaffern und/oder Modellbenutzern als für ihre Zwecke wesentlich erscheinen[9]. Daraus folgt, daß ein

[9] Eine zielorientierte, pragmatische Auswahl der sinnvollerweise abzubildenden Originaleigenschaften stößt im Zusammenhang mit der Modellierung der natürlichen Umwelt auf die Einschränkung, daß die Originaleigenschaften nie eindeutig, objektiv und vollständig bestimmbar sind.

und dasselbe Original durch mehrere Modelle abgebildet werden kann, da ein bestimmter Ausschnitt der Realität stets unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden kann. Genauso kann ein und dasselbe Modell mehrere Originale repräsentieren.

2.2.2.4 Pragmatisches Merkmal oder Subjektivierungsmerkmal

„Modelle sind ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet. Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion

a) für **bestimmte** - erkennende und/oder handelnde, modellbenutzende - **Subjekte**,

b) innerhalb **bestimmter Zeitintervalle**,

c) unter Einschränkung auf **bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen**“ (STACHOWIAK 1973:132).[10]

Modelle sind immer Abbildungen nicht nur von etwas, sondern auch für etwas und für jemanden. Das heißt, Modelle existieren nicht per se, sondern sie werden immer von Personen für bestimmte Zwecke – also zielorientiert und damit auch für eine bestimmte Zeit oder Zeitspanne – konstruiert und verwendet.

Dies dreifache pragmatische Relativierung des Abbildungsgedankens führt dazu, daß eine Modellanalyse nicht nur die Frage beantworten müßte, **wovon**, sondern auch **für wen** (Erkenntnis- und/oder Aktionssubjekt), **wann** (Zeitintervall für die Gültigkeit der Originalrepräsentation) und **wozu** (Zweck und Ziel der Modellbildung) etwas Modell ist (vgl. STACHOWIAK 1973: 133).

Durch diese Differenzierung der hinter den Modellsubjekt stehenden Aspekte wird aus der anfänglich als dreistellig beschriebenen Modellrelation (Original-Modell-modellierendes Subjekt) die Realisierung eines letztlich mindestens fünfstelligen Prädikates. Danach ist M ein Modell des Originals O für den Verwender V für die Zeitspanne t bezüglich der Intention Z (vgl. STACHOWIAK 1983: 119).

Aus der pragmatischen Relativierung des Modellbegriffs folgt, daß für die Original-Modell-Abbildung **keine totale Intersubjektivität, keine unbeschränkte Geltungsdauer** und **keine absolute Zweckfreiheit** beansprucht werden kann.[11]

---

[10] Nicht jede zufällige Abbildung ist danach als solche schon ein Modell.

[11] Die drei Hauptmerkmale Stachowiaks werden durch andere Autoren (z.B. POPP 1970 oder SALZMANN 1974) noch durch folgende Merkmale erweitert bzw. aus besonderen Blickrichtungen oder im Hinblick auf besondere Verwendungszwecke spezifiziert: Akzentuierung, Transparenz, Perspektivität, Intension, Produktivität, Instrumentalität.

2.2.2.5 Attributenlogische Modelldefinition

Um die drei Hauptmerkmale des allgemeinen Modellbegriffs formal-logisch zu präzisieren, greift die Allgemeine Modelltheorie Stachowiaks auf das Instrumentarium der Attributen- bzw. Prädikatenlogik zurück, nach der Modelle und Originale als Attributenklassen aufgefaßt werden können.

Attribute werden dabei als im Einzelfall zugeteilte Beschaffenheiten definiert. Jedem erkennenden Subjekt (das können sowohl Menschen als auch künstliche Apparate sein) steht ein Repertoire möglicher Attribute - im Sinne von zuteilbaren Beschaffenheiten - zur Verfügung, dem die im Einzelfall geeignet erscheinenden Elemente entnommen werden (vgl. STACHOWIAK 1973: 136). Dies gilt sowohl für die Konstruktion von Modellen als auch für die Konstruktion bzw. Erfassung der diesen zugrundeliegenden Originale. Die Attribute werden dabei durch Prädikate sprachlich/symbolisch repräsentiert.

Die Attribute werden unterschieden in:

Attribute 0. Stufe (Individuen): Teileinheiten von Originalen bzw. Modellen (Dinge, Gegenstände, Objekte usw.), die als Eigenschaftsträger fungieren;

Attribute 1. Stufe: Merkmale und Eigenschaften von Individuen oder Relationen zwischen Individuen;

Attribute 2. Stufe: Eigenschaften von Eigenschaften oder Eigenschaften von Relationen;

Attribute 3. u. höherer Stufen.

Nach oben hin ist die Stufenzahl lediglich durch kognitive Verarbeitungsgrenzen beschränkt.

Begreift man Originale und Modelle als Attributen- bzw. Prädikatenklassen, ergibt sich die Abbildung des Originals im Modell aus der Zuordnung von Modellattributen zu Originalattributen.

2.3 Das Modellkonzept der Erkenntnis

2.3.1 Erkenntnistheoretische Wurzeln des Denkens und Erkennens in Modellen

2.3.1.1 Einführung

Betrachtet man vor dem Hintergrund des zuvor ausgeführten allgemeinen Modellbegriffs die Geschichte der Wissenschaftstheorie, also die Geschichte der Reflexion über den Prozeß der Erkenntnisgewinnung - insbesondere im Hinblick auf erfahrungswissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, wie sie im Zusammenhang mit der Analyse von Umwelt stattfindet -, gewinnen zwei Aspekte für die weitere Beschäftigung mit dem Thema Modellbildung besondere Bedeutung (vgl. Tab. 2):

Zum einen ist das die Abkehr von einem naiven Realismus und das wachsende Bewußtsein über die Unmöglichkeit vollständiger Wirklichkeitserkenntnis und zum anderen - dadurch bedingt – die zunehmende Bedeutung und der sich stetig vergrößernde Entscheidungsanteil des erkennenden Subjekts am empirischen Erkenntnisprozeß und damit verbunden die Abkehr vom Ideal der Zweckfreiheit wissenschaftlicher Erkenntnis.

Diese beiden epistemologischen Strömungen sowie den allgemeinen Modellbegriff vor Augen wird deutlich, daß letztlich alle Wahrnehmung und Erkenntnis als Modellbildung interpretiert werden kann.

Ohne an dieser Stelle die gesamte Entwicklungsgeschichte der Erkenntnistheorie nachzeichnen zu können und zu wollen, sollen im Folgenden doch schlaglichtartig die für diese beiden Entwicklungslinien wesentlichen philosophischen und erkenntnistheoretischen Strömungen beschrieben werden. Für das in der Allgemeinen Modelltheorie Stachowiaks vertretene modellistische Erkenntniskonzept sind diese Stationen allgemeiner erkenntnistheoretischer Hintergrund und Beleg zugleich.

Tab. 2: Erkenntnistheoretische Strömungen im Hintergrund des Modellkonzeptes der Erkenntnis

Zunehmendes Bewußtsein der Begrenztheit absoluter Wirklichkeitserfassung:	**Zunehmende Bedeutung subjektseitiger Entscheidungsanteile am Prozeß der Erkenntnis:**
♦ Materialismus und Abbildtheorie	♦ passivischer Empirismus
♦ Idealismus	♦ Aktivismus
♦ Nominalismus	♦ Pragmatismus
♦ Konventionalismus	
⇨**Modellkonzept der Erkenntnis**	
⇨*Konstruktivismus*	

2.3.1.2 Materialismus und Abbildtheorie

Durch die Überwindung eines heute in der Philosophie häufig als naiv bezeichneten strengen **Realismus** (RENSCH 1968), in dem die Wahrnehmungs- bzw. Abbildungsinhalte mit der äußeren Wirklichkeit gleichgesetzt werden, beginnt die kritische Auseinandersetzung mit den prinzipiellen Grenzen von Wahrnehmung und Erkenntnis.

Die erkenntnistheoretische Ausgangsbasis sowohl der Allgemeinen Modelltheorie Stachowiaks als auch der modelltheoretischen Überlegungen Wüstenecks ist die Abbildtheorie. Diese erkenntnistheoretische Lehre geht zurück bis auf Demokrit und in ihr wird die Auffassung vertreten, daß „das Erkannte ein Spiegel dessen ist, das erkannt werden soll“ (SCHMIDT 1978: 1). Nach der materialistischen Auffassung Demokrits werden alle Dinge der realen Welt durch Vereinigungen von Atomen gebildet, die sich durch Gestalt, Lage, Größe, Ordnung und Gewicht unterscheiden. Alle Gegenstände senden permanent Atomgruppen aus, die feine unsichtbare Abbilder der Gegenstände sind. Wenn diese Atomgruppen menschliche Sinnesorgane berühren, kommt es zu Sinneswahrnehmung und Erkenntnis.

Wie KLAUS/BUHR (1976) aufzeigen, erfährt die Abbildtheorie im englischen und französischen Materialismus des 18. Jh. insbesondere durch Locke, Holbach und Diderot eine Weiterentwicklung, die in den Empfindungen, Wahrnehmungen und Ideen Abbilder der Gegenstände und ihrer Eigenschaften sieht. Holbach, ein wichtiger Vertreter des französischen Materialismus, geht davon aus, daß außerhalb des menschlichen Bewußtseins materielle Gegenstände existieren, die durch ihre Eindrücke auf die Sinne wirken. Hierdurch entstehen Empfindungen, die als Wahrnehmungen im menschlichen Gehirn bewußt werden und gebündelt als Idee auf die Gegenstände, welche die Empfindungen hervorrufen, bezogen werden,.

Der Gegenstand der Erkenntnis selbst wird also als von einer vom erkennenden Subjekt unabhängigen und freien Natur hervorgebracht angenommen. Diese Voraussetzung wirkt als eine Art unerkannte Ontologie in aller exakten empirischen Erkenntnis (KAULBACH 1965).

Noch bis weit ins letzte Jahrhundert operierten die Naturwissenschaften unter der Maxime, die wissenschaftlichen Begriffe und Theorien sollten die Realität möglichst naturgetreu widerspiegeln. Für etwaige Unstimmigkeiten zwischen Modell und Wirklichkeit wurden einzig technische oder mathematische Schwierigkeiten verantwortlich gemacht (JAMMER 1965: 169).

2.3.1.3 Idealismus

Lange vor den Materialisten hat sich bereits Platon mit dem Wesen der vom Menschen wahrnehmbaren Dinge beschäftigt. Nach der **Ideenlehre Platons** sind alle - also auch die als materiell bezeichneten - menschlich wahrnehmbaren Erscheinungen nur Schattenbilder oder Abbilder („Welt des bloßen Scheins“) einer „wahrhaft seienden“ und in jedem Fall göttlichen Idee - der wahren Wirklichkeit. „Die Körper, die sinnlichen Gegenstände sind ihm Abbilder (eidola) oder Nachbilder (mimemata, ektypomata) der unkörperlichen Ideen (als Urbilder, paradeigmata, oder Erstgeprägte, Prototypen). Die physikalische Welt ist ein Bild (eikon) der Welt der Ideen (to on)“ (MÜLLER 1983: 62). Das bedeutet, nicht die materielle Welt ist der zentrale Gegenstand der Erkenntnis, sondern die hinter den wandelbaren und vergänglichen Sinndingen stehenden Ideen. Für POPPER (1974: 173) bildeten Platons „Ideen

als Urbilder“ „eine objektive, selbständige dritte Welt, die neben der physikalischen Welt und der Welt des Bewußtseins existiert“.

Die Ideen sind - gewissermaßen als Baupläne - sowohl Vorbild für die künstliche Welt und bestimmen das diese Welt erschaffende menschliche Handeln, aber auch Vorbild für die natürliche Welt, die nach Platon durch den Weltschöpfer realisiert wird. Es ergibt sich danach ein Kette von Abbildungen (Vorbild-Abbild-Beziehungen), die am Beispiel des Kreises wie folgt dargestellt werden kann:

Aus der Idee des Kreises, als Urbild oder Uroriginal, kann als menschliches Denkgebilde der mathematische Kreisbegriff abgeleitet werden. Dieser Kreisbegriff ist seinerseits wieder Original oder Vorbild für sinnlich wahrnehmbare, in der Regel gestaltete Kreiskonfigurationen. Die Kreiskonfigurationen wiederum sind Originale der Vorbilder von gebauten kreisförmigen Körpern wie z.B. hölzernen Rädern.

Auf diese Ideenlehre Plantons geht der **Idealismus** zurück, der sich von demjenigen erkenntnistheoretischen Dogma abwendet, das allem Erkennen eine zugrundeliegende materielle Substanz voraussetzt. Als einer der führenden Vertreter eines strengen Idealismus betrachtet Berkley im Unterschied zu den Materialisten die den Sinnen eingeprägten Ideen bzw. Vorstellungen als die wirklichen Dinge und damit als die eigentlichen Objekte der Erkenntnis, während irgendwelchen realen, d.h. subjektunabhängig existierenden Dinge kein Wirklichkeitsstatus zuerkannt wird.

Die Gedanken des erkennenden Subjekts sind damit nicht Abbilder einer realen oder materiellen Welt, sondern Abbilder dieser wahrgenommenen „Ideen“ oder Vorstellungen. Die „realen“ Gegenstände sind nicht mehr als Aggregate der durch die Sinne im Geiste hervorgerufenen Empfindungen (KUHLENKAMPF 1983: 321).

Ähnlich wie Berkley sieht auch Hume in den „ideas“ (bei KLAUS/BUHR 1976 als Vorstellungen/Gedanken übersetzt) Abbilder der „impressions“ (bei KLAUS/BUHR 1976 als Eindrücke/Wahrnehmungen übersetzt). Das Schema des Abbildungsprozesses liest sich danach bei Hume etwa folgendermaßen: „Empfinden und Gefühl liefern *Eindrücke* (als lebhaftere Auffassungen); die Einbildungskraft arbeitet mit *Gedanken und Vorstellungen* (d.h. schwächeren Auffassungen als Abbilder, „copies“, der Eindrücke). Die ganze schöpferische Kraft des Geistes besteht in nichts anderem als der „Fähigkeit zur Verbindung, Umstellung, Vermehrung oder Verminderung des Stoffes, den uns Sinne und Erfahrung liefern“ (HUME 1907, zitiert nach MÜLLER 1980: 64). Der gesamte zur Erkenntnis führende Abbildungsprozeß findet danach innerhalb des Bewußtseins statt und ist damit ganz und gar subjektabhängig.[12]

[12] An die unterschiedlichen Auffassungen des Materialismus und des Idealismus knüpft mit Blick auf die Modellbildung direkt die Frage nach dem Wesen des "Originals" an (vgl. hierzu Kap. 3.1).

Im Unterschied zum absoluten Idealismus, nach dem alles Sein lediglich geistiger Natur ist, leugnet **Kant** - der Begründer des **kritischen Idealismus** - nicht, daß es Dinge außerhalb unseres Bewußtseins gibt oder geben kann. Er stellt jedoch klar, daß wir Qualitäten, d.h. räumliche und zeitliche Eigenschaften oder Attribute, eben nur als Erscheinungen dieser Dinge wahrnehmen; die Ding selbst liegen außerhalb unseres Ichs, so daß wir über die „Dinge an sich" keine wirklich nachprüfbaren Behauptungen aufstellen können. Die „Dinge an sich" sind unerkennbar. Wir kennen „nur ihre Erscheinungen, d.i. die Vorstellungen, die sie in uns wirken, indem sie unsere Sinne affizieren. Unsere Erfahrung ist bestimmt durch die Formen unseres Erkenntnisvermögens" (KANT, zit. nach HOFFMEISTER 1955: 316).

2.3.1.4 Nominalismus

In der Auseinandersetzung mit der platonischen Vorstellung von der Realität der Begriffe[13], der Frage also, ob den Allgemeinbegriffen (Universalien) außerhalb des Denkens etwas Wirkliches entspricht oder ob die Begriffe nur subjektive Bewußtseinsgebilde sind („Universalienstreit"[14]), entwickelt sich im Mittelalter als eine Hauptströmung der erfahrungswissenschaftlichen Erkenntnistheorie der **Nominalismus**. Der strenge Nominalismus vertritt die Auffassung, die Universalien seien nur Worte bzw. Namen, die als Zeichen für Dinge und ihre Eigenschaften dienen und die außerhalb des Denkens nichts zu besagen haben, nichts objektiv Wirkliches bezeichnen (SCHMIDT 1978: 480/481). Wie KÜNG (1980) deutlich macht, dreht sich der Universalienstreit darum wie die Tatsache zu deuten ist, daß wir allgemeine Namen wie z.B. „Pferd" verwenden. Ein Platonist kann sagen, daß wir Pferde als „Pferd" bezeichnen, weil allen Pferden die universale Pferdheit zukommt, eine allen Pferden zugrundeliegende gemeinsame Idee, ein Konstruktionsplan, von der die einzelnen Individuen nur Abbilder sind. Ein Nominalist wird diese Erklärung nicht anerkennen, weil er nicht versteht, was diese Idee „Pferdheit" sein soll. Er versteht nur, daß es die individuellen Pferde und den gemeinsamen Namen „Pferd" gibt, der sich als konkrete Inschrift darstellen läßt. Damit sind die Namen die einzigen konkreten Gegenstände, von denen man sagen kann, daß sie allen Pferden zukommen.

Der von Ockham Mitte des 14. Jh. ausgehende jüngere Nominalismus (auch als Konzeptualismus bezeichnet) vertritt jedoch die Auffassung, daß die Namen - im Sinne von Konzepten, Zeichen oder Bedeutungsinhalten - die im Denken an die Stelle der konkreten Dinge treten und mit denen das menschliche Denken die konkreten Dinge bezeichnet und charakterisiert, zwar nicht etwas vom erkennenden Subjekt unabhängigem Wirklichem entsprechen, aber dennoch selbständige Denkgebilde darstellen (KLAUS/BUHR 1976: 874). Ockham weist damit erstmals darauf hin, daß wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn untrennbar an Sprache

---

[13] Der Idealismus wurde im Mittelalter daher auch als Begriffsrealismus bezeichnet.

[14] Der Universalienstreit beruht letztlich auf der Umdeutung der Ideenlehre Platons durch Aristoteles, der die "Ideen" nicht als das wahrhaft Wirkliche sondern als unnötige Verdopplung der Dinge ansieht (vgl. KLAUS/BUHR 1976).

gebunden ist. Wirklichkeitserfassung und insbesondere Wissenschaft als etwas, das auf Kommunikation ausgerichtet ist, kann sich nur relativ zum sprachlichen Medium vollziehen.

2.3.1.5 Konventionalismus

Im Bewußtsein der Unmöglichkeit absoluter Wirklichkeitserkenntnis und -erklärung und damit in bewußter Abkehr von jeglicher realistischer Theorie der Erkenntnis stellt die wissenschaftstheoretische Position des **Konventionalismus** gegenüber der Berufung auf Tatsachen und Wahrheit die Bedeutung von Festsetzung, Übereinkünften oder Konventionen als Voraussetzung wissenschaftlicher Erkenntnis in den Vordergrund (vgl. z.B. DINGLER 1969, SCHÄFER 1974): „Die Naturwissenschaft ist für den Konventionalisten kein Bild der Natur, sondern eine rein begriffliche Konstruktion; nicht die Eigenschaften der Welt bestimmen die Konstruktion, sondern diese bestimmt die Eigenschaften einer künstlichen von uns geschaffenen Begriffswelt, implizit definiert durch die von uns festgesetzten Naturgesetze“ (POPPER 1976: 48).

H. POINCARÉ (1904), einer der Hauptvertreter des Konventionalismus, hat gezeigt, daß dieselben beobachtbaren Erscheinungen in verschiedenen mathematischen Systemen widerspruchsfrei interpretiert werden können und daß es somit außerlogischer und außerempirischer Selektionskriterien für das jeweils zu verwendende System bedarf. Diese Kriterien aber können nach POINCARÉ nur auf konventionellen Festsetzungen beruhen und aus Zweckmäßigkeitsgründen ausgewählt werden (vgl. Pragmatismus).

Das, was erkannt wird, hängt also nicht davon ab, was real gegeben ist, sondern davon wie, d.h. mit welchen Verfahren und Methoden der Erkenntnisgegenstand erfaßt wird und mit welcher „Sprache“ er beschrieben wird. Um diese Methoden bzw. Sprachen festzulegen, gibt es keine „natürlichen“ Kriterien, ein Beschluß kann nur durch Konventionsbildung geschehen. „Die Grundthese des Konventionalismus besteht in der Behauptung, daß die Grundlagen der exakten Wissenschaften auf Festsetzungen beruhen“ (SCHÄFER 1980: 348). So gewinnen Übereinkünfte in der Gemeinschaft der Wissenschaftler, die nach sinnvollen Zielen und Zwecken getroffen werden, an Bedeutung.

2.3.1.6 Die Bedeutung subjektseitiger Entscheidungsanteile am Erkenntnisprozeß

Bei Aristoteles, mit dem der Aufstieg einer kontrollierten empirisch-theoretischen Wirklichkeitserfassung beginnt, wird Erkenntnis zunächst rein passivisch gesehen. Das erkennende Subjekt wird nicht beachtet, da es als Werkzeug göttlichen Willens keine eigene Entscheidungsmöglichkeit hat. So sind Theorien für Aristoteles lediglich Abbildungen „von etwas“. Die Frage etwa nach einem „für wen“ oder „wozu“ wird nicht gestellt. Alle Erkenntnis wird als ausschließlich vom Erkenntnisobjekt her bestimmt aufgefaßt. Aristoteles charakterisierte Erkenntnis so, als gäbe es überhaupt kein Subjekt, welche erkennt. POPPER (1957) bezeichnet diese Erkenntnisstufe des beginnenden Empirismus daher als „**passivischen Empirismus**“.

Mit **Kant**, der genau wie Hume und Berkley die idealistische Position vertritt, daß die äußere Welt den Menschen immer nur in Wahrnehmungsphänomen entgegentreten kann, rückt der Menschen als Erkenntnissubjekt ins Blickfeld erkenntnistheoretischen Interesses. Wie LAKATOS (1974: 102) schreibt, gehe Kant davon aus, daß „wir mit unseren grundlegenden Erwartungen geboren werden; mit ihrer Hilfe verwandeln wir die Welt in ‚unsere Welt', aber wir müssen für immer im Gefängnis unserer Welt leben." Dieses Gefängnis besteht aus den fest vorgegebenen begrifflichen Rahmenwerken - inneren Ordnungsschemata (Anschauungsformen und Begriffe a priori), die dem Menschen rein aus der Vernunft gegeben sind und bereits vor jeder Erfahrung existieren und damit jegliche Wahrnehmung und Erkenntnis steuern. Kants Kritik unseres Erkenntnisvermögens hat die nach ihm einsetzende Pragmatisierung der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung theoretisch erst ermöglicht und dadurch entscheidend beeinflußt.

Mit der schon bei Kant anklingenden Grundposition des Aktivismus, wonach das Wesen des Menschen nicht allein auf das Betrachten, sondern auf das tätige Gestalten seiner Umwelt gerichtet ist, tritt ein subjektabhängiges Erkenntnisziel hinzu. Erfahrung ist nicht mehr nur passive Bestandsaufnahme, sondern auswählende, konstruierende und deutende Tätigkeit von Erkenntnissubjekten, die zielorientiert handeln.

Im Gegensatz zur Auffassung Kants, für den die begrifflichen Rahmenbedingungen zur Erkenntnis der Welt a priori vorgegeben waren, geht der Aktivismus jedoch davon aus, daß der Mensch die begrifflichen Rahmenwerke zum Wissensgewinn über die empirische Welt selbst entwickelt. POPPER (1976) vergleicht die Rahmenwerke mit Netzen, mit deren Hilfe wir die Wirklichkeit einfangen, die wir aber auch aus eigener Entscheidung verwerfen, ändern oder durch neue ersetzen können. „Wir sind es", bemerkt LAKATOS (1974: 102) bezogen auf Kant, „die unsere Gefängnisse bauen, und wir können sie auch durch Kritik zerstören."

Ganz deutlich wird das aufkommende Bewußtsein des subjektseitigen Entscheidungsanteils im Prozeß empirischer Erkenntnis dann bei dem Wiener Physiker und Erkenntnistheoretiker Ernst Mach. Mach erkennt die naturwissenschaftlichen Theorien (wobei er sich insbesondere auf physikalische Theorien bezieht) als etwas von uns auf der Basis unserer Empfindungen - als der einzigen von ihm anerkannten Realität - Konstruiertes, als ein Modell dieser Realität. Mit dieser Subjektivierung der Erkenntnis geht die Aufgabe des Abbildgedankens als wissenschaftliche Maxime einher, der Gedanke also, die reale Welt durch wissenschaftliche Begriffe möglichst getreu widerspiegeln zu wollen.

Mach setzt diesem Anspruch eine maximale Denkökonomie und Zweckmäßigkeit entgegen: „Wenn wir Thatsachen in Gedanken nachbilden, so bilden wir niemals die Thatsachen überhaupt nach, sondern nur nach jener Seite, welche für uns wichtig ist, wir haben hierbei ein Ziel, welches unmittelbar oder mittelbar aus einem praktischen Interesse hervorgewachsen ist. Unsere Nachbildungen sind immer Abstraktionen. (MACH 1883: 454; zitiert in MÜLLER 1983: 67).

2.3.1.7 Ergebnis

Wie der kurze Abriß der Geschichte der Erkenntnistheorie zeigt, steht als zentrales Thema erfahrungswissenschaftlicher Erkenntnistheorie zunächst die Frage nach den Verhältnis von objektiven Gegebenheiten und subjektiven Erkenntnismöglichkeiten dieser Objektwelt im Vordergrund: Bildet die Wirklichkeit ein vom erkennenden Subjekt in jeder Hinsicht unabhängiges Sein, das sich im Bewußtsein des erkennenden Subjektes entweder ganz (Realismus) oder doch zum Teil (Abbildtheorie des Materialismus) so darstellt, wie es unabhängig vom erkennenden Subjekt existiert; ist die materielle Welt nur eine Erscheinung einer anderen uns unzugänglichen, dahinterliegenden absolut realen Welt von „Dingen oder Ideen an sich" (Idealismus); sind letztlich die uns unmittelbar gegebenen empirischen Erfahrungen das einzige; von dem wir ausgehen dürfen (Nominalismus, Positivismus).

Eng mit der Frage der Abhängigkeit oder Unabhängigkeit des Seins vom erkennenden Subjekt verflochten ist die Frage der Abhängigkeit der empirischen Erfahrungen vom erkennenden Subjekt und seinen individuellen Erkenntnismöglichkeiten und Grenzen. Die Überzeugung, daß alle Wirklichkeit subjektive Erscheinung sei, wie sie z.B. auch v. UEXKÜLL vertreten hat (vgl. LASSEN 1935: 480), führt im Laufe der Geschichte der Epistemologie dazu, daß die Bedeutung des Erkenntnisobjektes mehr und mehr zugunsten eines Bedeutungszuwachses des erkennenden Subjektes und – damit verbunden – der Erkenntnismethoden zurücktritt (Konventionalismus, Konstruktivismus). Das heißt, die traditionelle epistemologische Frage nach dem substantiellen Gegenstand von Wahrnehmung und Erkenntnis wird immer weiter zurückgedrängt zugunsten der Frage nach dem Erkenntnisvorgang und seiner Abhängigkeit vom erkennenden Subjekt.

Erfahrungswissenschaftliche Wirklichkeitserkenntnis ist also immer verkürzend und subjektabhängig, so daß Wirklichkeit nicht als objektiv bestimmbare, feste Größe angesehen werden kann. Zugleich ist es aber durchaus Zweckmäßig und sogar Voraussetzung für jegliches erfahrungswissenschaftliche Arbeiten, eine festgefügte Wirklichkeit anzunehmen und die Methoden und Verfahren ihrer Erfahrung als Konventionen festzulegen.[15]

Die beiden beschriebenen zentralen Aspekte der Entwicklung der Erkenntnistheorie bilden die erkenntnistheoretische Grundlage für das von Herbert Stachowiak 1973 in seiner „Allgemeinen Modelltheorie (AMT)" ausformulierte Modellkonzept der Erkenntnis.

2.3.2 Erkenntnis als Modellbildungsprozeß

Die beiden Eigenschaften der Erkenntnis, nämlich perspektivisch-verkürzend und subjektabhängig zu sein, sind gerade auch die zentralen konstituierenden Eigenschaften des Allgemeinen Modellbegriffs, wie er von Klaus, Wüstneck und vor allem von Stachowiak formuliert wurde. Es ist daher nicht verwunderlich, daß der Erkenntnisprozeß bereits ab Mitte der 60er

[15] Zum Umgang mit der Wirklichkeit in den Erfahrungswissenschaften vgl. POPPER (1976: 13f.).

Jahre von verschiedenen Autoren in Zusammenhang mit dem Modellbegriff gebracht wurde (vgl. z.B. KAULBACH 1965, v. BERTALANFFY 1965 oder STACHOWIAK 1965). So schreibt beispielsweise von BERTALANFFY (1965: 297/298): „Belehrt durch die Biologie, die in diesem Zusammenhang nicht zu scheiden ist von der Psychologie und der Geschichte des menschlichen Geistes, erkennt dieses Weltbild zugleich seine Relativität und Grenzen. Wir sind uns bewußt, daß alle Erkenntnis nicht die letzte Realität erfaßt, sondern nur gewisse Aspekte der Wirklichkeit in mehr oder weniger zutreffenden Modellen abspiegelt." Alle Wissenschaft bedeutet für v. Bertalanffy demzufolge nur Reflexion gewisser Wirklichkeitszüge in notwendigerweise begrenzten Symbolen und Modellen. „Im Gegensatz zum Dogmatismus früherer Zeiten können wir dieses Weltbild ‚perspektivisch' nennen, und in diesem Sinne bedeutet das Modell das Wesen jeder Erkenntnis überhaupt" (BERTALANFFY 1965: 298).

Systematisch entwickelt wird das Modellkonzept der Erkenntnis dann im Rahmen der von Herbert Stachowiak 1973 veröffentlichten „Allgemeinen Modelltheorie" (STACHOWIAK 1973). Er macht hier deutlich, daß - legt man seinen Allgemeinen Modellbegriff zugrunde - letztlich alle Wahrnehmung und Erkenntnis modellhaft ist, also nach inneren oder internen Perzeptionsmodellen erfolgt, da die drei Hauptmerkmale des Allgemeinen Modellbegriffs hier erfüllt sind (STACHOWIAK 1973: 56):

Die Außenweltinformationen werden:

1. im Inneren (im Geist) des Menschen abgebildet (=> Abbildungsmerkmal).
2. Sie werden dabei selektiv verkürzt (=>Verkürzungsmerkmal).
3. Dieses geschieht immer in Abhängigkeit von erkennenden Subjekt und seinen Interessen (Subjektmerkmal).

Auf das Wahrnehmungsmodell bauen kognitive oder gedankliche Modelle, wie Begriffe, Abstraktionen oder Gedanken anderer Art, als weitere interne Modelle auf.

„Alle Erkenntnis ist Erkenntnis in Modellen und durch Modelle und jegliche menschliche Weltbegegung überhaupt bedarf des Mediums ‚Modell': indem sie auf das – passive oder aktive – Erfassen von etwas aus ist, vollzieht sie sich relativ zu bestimmten Subjekten, ferner selektiv – intentional selektierend und zentrierend – und in je zeitlicher Begrenzung ihres Original-Bezuges" (STACHOWIAK 1973: 56).

Bezieht man dieses modellistische Erkenntniskonzept auf Kant, bedeutet das laut STACHOWIAK (1980: 58): „Wir bauen uns aus *unseren* Konstruktionsmitteln Modelle der uns in ihrem An-sich-sein ewig unzugänglichen Welt, aber die Konstruktionsbedingungen (Anschauungsformen, Begriffe a priori) stehen uns nicht frei zur Verfügung." Auch die Originale sind also als solche ausnahmslos schon konstruiert. „Niemand könnte auch nur im geringsten irgend etwas Unzweifelhaftes über ihr subjektfreies An-sich-sein aussagen, während jedes modellierend Subjekt sich seines aktuellen Tuns und Denkens unmittelbar gewiß ist: jedenfalls als reflektierendes Subjekt steht es dem Erleben näher als dem Erlebten. Wir sind es, die die Originale nachfolgender Modellbildung gestalten" (STACHOWIAK 1973: 285/286).

Der Begriff Modell umfaßt bei Stachowiak danach in jenem zu relativierenden Sinne ebenso die „elementarste Wahrnehmungs‚gegebenheit' wie die komplizierteste, umfassendste Theorie" (STACHOWIAK 1973: 56).

Ein ähnlich modellistisches Wahrnehmungs- und Erkenntniskonzept vertritt auch der Kybernetiker Pestel: „Man darf wohl ganz allgemein feststellen, daß das geistige Bild, das jeder einzelne sich von seiner Welt macht, stets ein Modell ist; denn man hat weder eine Familie noch ein Geschäft, keine Stadt, keine Regierung und kein Land im Kopf, sondern nur Gedanken, ausgewählte Vorstellungen von der Umwelt und den in ihr wirkenden Beziehungen, welche die Wirklichkeit abbilden. Unser Handeln beruht in der Tat auf Modellvorstellungen; es steht nicht zur Debatte, ob man Modelle gebrauchen will oder nicht. Man hat lediglich die Wahl zwischen verschiedenartigen Modellen" (PESTEL 1977: 3).

Mit dem dargestellten „Modellkonzept der Erkenntnis" verbindet Stachowiak die aus der Sprachwissenschaft stammende Theorie der semantischen Stufen (vgl. STACHOWIAK 1973: 196ff). Danach sind die Außenweltinformationen, die „Realität", Inhalt der nullten semantischen Stufe. Wahrnehmungsmodelle und gedankliche Modelle als Zeichen oder Abbildung jeder Realität sind die Inhalte der 1. semantischen Stufe. Werden die Wahrnehmungsmodelle oder kognitiven Modelle durch Sprache ausgedrückt, entspricht dieses der 2. semantischen Stufe. Ab dieser Stufe werden Modelle sprachlich mitteilbar.[16] Wird das gesprochene Wort wiederum durch Schrift- oder Bildzeichen abgebildet, entspricht dies der 3. semantischen Stufe. Von hier aus sind beliebig viele weitere Abbildungsschritte möglich, die zu weiteren semantischen Stufen führen. Dabei verhält sich die jeweils höhere semantische Stufe zur niedrigeren wie das Modell zum Original.[17]

Das Konzept der semantischen Stufen bildet auch die Grundlage der „semantischen Modelltheorie" Wittgensteins, wie sie im Tractatus Logico-Philosophicus (1918/1922, zit. nach STENIUS 1960) zum Ausdruck kommt:

1.2 „Die Welt ist die Gesamtheit der Tatsachen, nicht der Dinge."

2.1 „Wir machen uns Bilder der Tatsachen."

2.12 „Das Bild ist ein Modell der Wirklichkeit."

3. „Das logische Bild der Tatsachen ist der Gedanke."

3.1 „Im Satz drückt sich der Gedanke sinnlich wahrnehmbar aus."

4.01 „... Der Satz ist ein Modell der Wirklichkeit, so wie wir sie uns denken."

5.6 „Die Grenzen meiner Sprache bedeuten die Grenzen meiner Welt."

---

[16] Ab dieser Stufe können Modelle damit erst beschreibbare Originale für weitere Modellierungsstufen darstellen, so daß ab dieser Stufe erst ein Original-Modell-Vergleich möglich ist, der für Außenstehende nachvollziehbar und damit überprüfbar wird - eine wichtige Voraussetzung für wissenschaftliche Modellbildung und Modellbildung im Planungsprozeß.

[17] Auf die semantischen Modelle wird im Zusammenhang mit der Klassifikation von Modellen im Kap. 3.2.2.3 noch näher eingegangen.

Die Struktur der Wirklichkeit wird nach Wittgenstein durch die Sprachstruktur modelliert. Sprache wird zum Werkzeug der Wirklichkeitserkenntnis oder Wirklichkeitskonstruktion.

Genau wie Stachowiak betont also auch Wittgenstein das konstruktivistische Element der Wirklichkeitserkenntnis. Wirklichkeit als Konstrukt des wahrnehmenden Subjekts zu begreifen ist auch die zentrale Aussage der vor allem seit Mitte der 80er Jahre immer stärker werdenden erkenntnistheoretischen Position des Konstruktivismus.

2.3.3 Modellkonzept der Erkenntnis und Konstruktivismus

Genau wie das Modellkonzept der Erkenntnis macht der (radikale) **Konstruktivismus** die Begrenztheit und Subjektabhängigkeit der Wirklichkeitserkenntnis zur Grundlage seiner Erkenntnistheorie und begreift die Wirklichkeit als subjektives Konstrukt (vgl. MATURANA/VARELA 1979, MATURANA 1982, GUMIN/MOHLER 1985, SCHMIDT 1994).

Anklänge eines konstruktivistischen Erkenntniskonzeptes finden sich bereits bei Kant, der darauf hinweist, daß Denken immer ein beschreibendes Denken ist und daß Beschreiben immer zugleich Konstruieren bedeutet: „Wir können uns keine Linie denken, ohne sie in Gedanken zu ziehen, keinen Zirkel denken, ohne ihn zu beschreiben“ (KANT, Kritik der reinen Vernunft, 154, zit. nach KAULBACH 1965: 464). Die uns für diese Konstruktionen zur Verfügung stehenden Werkzeuge oder Methoden sind uns nach Kant unabhängig von aller Erfahrung als „Begriffe a priori“ vorgegeben. Der Mensch erkennt die Welt nicht, wie sie „an sich“ ist, sondern nur wie sie unter den formenden Bedingungen der Begriffe a priori erscheint.

Wissenschaft ist daher für Maturana, der als der Begründer der konstruktivistischen Erkenntnistheorie gilt, kein Bereich objektiver Erkenntnis, sondern ein Bereich subjektabhängiger Erkenntnis. Dieser Bereich wird durch eine Methodologie definiert, die die Eigenschaften des Erkennenden festlegt. Die Gültigkeit wissenschaftlicher Erkenntnis ist folglich davon abhängig, wie allgemein anerkannt diese Methodologie ist und hängt nicht davon ab, ob sie eine wie immer geartete objektive Realität widerspiegelt.

„Wir erzeugen buchstäblich die Welt, in der wir leben, indem wir sie leben“ (MATURANA, zit. nach SCHMIDT 1994). Die Erscheinung der Welt ist demnach in erster Linie abhängig von der Art und Weise, von der Methode – z.B. den Sinnesorganen, Meßgeräten oder sonstigen Wahrnehmungsfiltern – mit der man der Welt begegnet. Unabhängig davon, ob man die Existenz einer vom Betrachter unabhängigen Welt voraussetzt oder nicht, werden die Wahrnehmungen immer konstruiert und zwar mit Hilfe der Methoden und Techniken, die dem erkennenden Subjekt zur Verfügung stehen.

Die Erkenntnistheorie des radikalen Konstruktivismus stellt daher nicht die Frage nach den Inhalten oder Gegenständen der Erkenntnis in den Vordergrund, sondern die Frage nach dem Wie der Erkenntnis, also den Erkenntnisvorgang.

Ausgangspunkt für die Analyse des Erkenntnisvorgangs bilden die biologischen Voraussetzungen menschlicher Erkenntnis, wobei die erkennenden Subjekte ähnlich wie bei Stachowiak als kybernetische Systeme aufgefaßt werden. „Man könnte sagen, daß diese Wie-Fragen auf eine Methodologie menschlicher Kognition abzielen und daß die Antworten in der spezifischen Organisation, Struktur und Funktionsweise gesucht werden, wie sie in menschlichen Organismen verkörpert ist“ (RUSCH 1985: 56, zit. nach SCHMIDT 1987: 77). Dieser biowissenschaftliche Ansatz zur Erklärung der Subjektivität und Beschränktheit menschlichen Erkenntnisvermögens findet sich auch bereits bei Konrad Lorenz (LORENZ 1942), der die Einschränkung der Erkenntnisfähigkeit mit der stammesgeschichtlichen Entwicklung der menschlichen Organfunktionen begründet, die bestimmend für die Art unserer selektierenden und schematisierenden Wahrnehmung auf allen Ebenen der Wirklichkeitserkenntnis sind.

2.4 Fazit

Wie der kurze Abriß der geschichtlichen Entwicklung des Modellbegriffs und seine sehr unterschiedlichen Verwendungen in verschiedenen Wissenschaftsbereichen deutlich macht, wird der Modellbegriff traditionell sehr vielfältig verwendet und interpretiert. Diese hat zu einer weiten Verbreitung des Begriffs sowohl im wissenschaftlichen, als auch im lebensweltlichen Bereich geführt. Eine bedeutende Unterscheidung im Begriffsverständnis, die sich schon sehr früh herausgebildet hat und bis heute relevant ist, ist die zweifache Doppelbedeutung von:

1. Modell als Abbild von etwas und als Vorbild für etwas,
2. Modell als reale, stoffliche Konstruktion und als Gedankenkonstruktion.

Ein Modell wird einerseits als Vorbild – z.B. als konkrete Form oder abstraktes Ordnungsschema – und damit als Werkzeug aufgefaßt und andererseits als Abbild und damit als Ergebnis eines Konstruktionsprozesses.

In der allgemeinen Modelldefinition Stachowiaks wird Modellbildung übergreifend als dreistellige Relation aufgefaßt aus Original, Subjekt und Modell. Diese Relation zeichnet sich aus durch die drei Hauptmerkmalen Abbildung, Verkürzung und Pragmatik.

Für die vertiefende Analyse der Modellbildung von Natur und Umwelt ergeben sich aus diesem allgemeinen Modellbegriff drei zentrale Aspekte, die in Kap. 3 weiter analysiert werden:

1) Die Bestimmtheit des Originals;

2) Die Darstellungsform des Modells und sein Bezug zum Original;

3) Das modellierende Subjekt und der Zweck der Modellbildung.

Aus dem kurzen Abriß eines Ausschnitts der Geschichte der Epistemologie und insbesondere der erkenntnistheoretischen Wurzeln der Modelltheorie STACHOWIAKs wird deutlich, daß Wahrnehmen und Erkennen immer ein sehr subjektbezogener und subjektabhängiger Pro-

zeß ist, der stets einhergeht mit einer perspektivischen Verkürzung des Wahrnehmungs- und Erkenntnisgegenstandes.

Der Prozeß wissenschaftlicher Erkenntnis läßt sich damit als Kette von Modellbildungsschritten beschreiben, die von der primären Außenweltperzeption bis zum Simulationsmodell oder zur erklärenden Theorie reicht (vgl. Abb. 3)

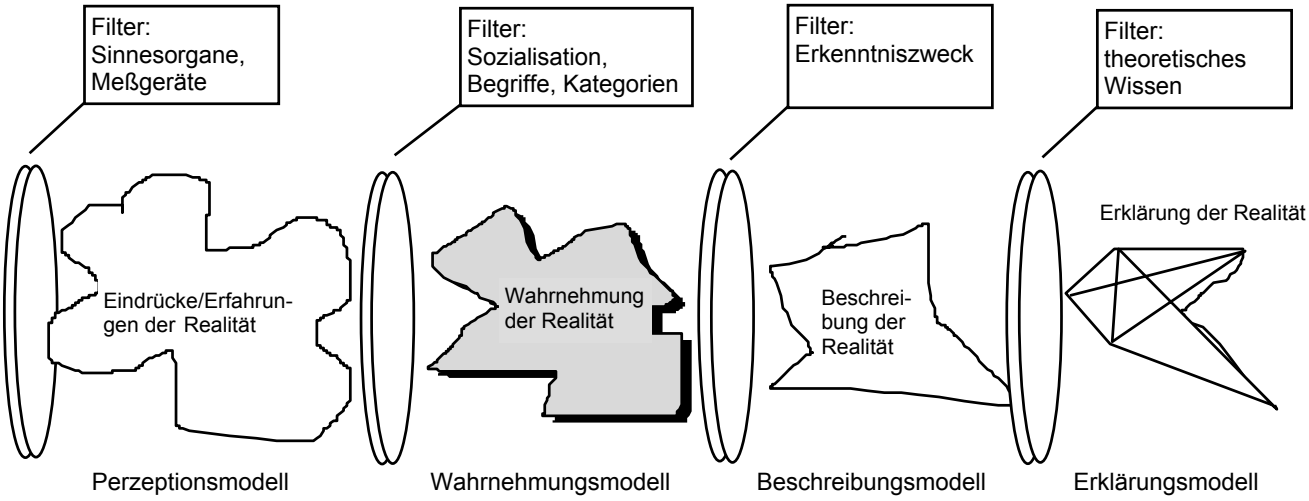


Abb. 3: Wahrnehmung und Erkenntnis als Prozeß von Modellbildungen

Der Ansatz Stachowiaks, die im Wahrnehmungs- und Erkenntnisprozeß gewonnenen Wirklichkeitsauffassungen bewußt als Modelle zu begreifen, macht in überzeugender Weise deutlich, daß die Diskussion um die richtigen Modelle, wie sie mit größter Energie nicht zuletzt in der Ökologie geführt wird, viel zu kurz greift, wenn sie allein die mathematischen und EDV-gestützten Modelle im Blick hat. Vielmehr sind die dem EDV-Modell vorgeschalteten Wahrnehmungsgebilde mit in die Betrachtung einzubeziehen und – indem sie ebenfalls als Modelle aufgefaßt werden – auch einbeziehbar. Der Umstand, daß es keinen prinzipiellen Unterschied zwischen formalisierten Modellen und Wahrnehmungserscheinungen gibt, läßt es dann auch unsinnig erscheinen, daß nur die formalisierten Modelle betrachtet werden sollen, wenn es um die Analyse von Modellen oder Modellbildung geht.

Auch im Bereich der Landschafts- und Umweltplanung zeichnet sich derzeit ein Boom der ökologischen Modellbildung bzw. Umweltmodellierung ab. Dabei wird allzuleicht stillschweigend unterstellt, es gäbe die eine für jeden gleichermaßen zugängliche, festgefügte Wirklichkeit, die im Modell in vereinfachter Form nachgebildet wird. Es ist deshalb mehr als notwendig, deutlich zu machen, daß der gesamte Erkenntnisprozeß als Kette von Modellbildungsschritten aufgefaßt werden kann und daß mit dem allgemeinen Modellkonzept eine Struktur gegeben ist, die es erleichtert, den Blick auf die Subjektivität und die prinzipielle Verkürzung der Erkenntnis zu lenken. Diese erkenntnistheoretischen Hintergründe müssen gerade dann berücksichtigt werden, wenn es um die Diskussion über Modelle geht. Anderenfalls erscheint

die „gefährliche Wahnidee ...; daß die eigene Sicht der Wirklichkeit die Wirklichkeit schlechthin bedeute“ (WATZLAWICK 1976: 9) unausweichlich.

Damit kann eine der Ursachen für die großen Schwierigkeiten, die bestehen, wenn es um die Verständigung über angemessene Modelle von Natur und Umwelt geht, aktiv in die Diskussion einbezogen werden, so daß die Kommunikationsprobleme gemildert werden.

3 Explikation des Allgemeinen Modellbegriffs und Implikationen für die Modellanalyse

3.1 Das Original und sein Verhältnis zur Wirklichkeit

3.1.1 Die Modellhaftigkeit des Originals

Wie im Zusammenhang mit der Darstellung des Modellkonzeptes der Erkenntnis (vgl. Kap. 2.3) deutlich wurde, ist die „Wirklichkeit" immer eine subjektive, verkürzte und damit modellhafte Erscheinung. Wie sich die „Wirklichkeit" im Einzelfall darstellt, ist abhängig von der jeweiligen Perspektive des wahrnehmenden bzw. erkennenden Subjekts und den damit verbundenen individuellen Wahrnehmungsmöglichkeiten, das heißt beispielsweise den angewendeten Beobachtungs- oder Untersuchungsmethoden sowie nicht zuletzt von der Sprache durch die sie vermittelbar wird. Auch die Beschreibung des Mondes in der Physik enthält nicht den Mond als konkreten Gegenstand, sondern eine mehr oder weniger große Zahl von Werten für Parameter, die ihn beschreiben, sowie Gleichungen, die seine Bewegung charakterisieren (FONTANA/BUSS1996).

„Wirklichkeit" ist keine objektiv bestimmbare und feste Größe, sondern es gibt immer nur subjektabhängige Wirklichkeitsauffassungen oder Bilder der Wirklichkeit, die so verschieden sind wie die wahrnehmenden Subjekte selbst (WATZLAWICK 1976: 7).[18]

Auch das Original als Ausgangspunkt wissenschaftlicher Modellbildung kann danach niemals mit der Wirklichkeit gleichgesetzt werden, sondern beruht immer auf subjektiven und verkürzenden Wahrnehmungen und Erkenntnissen. „Jedes Original basiert auf Wahrnehmungen und Erkenntnissen des Modellkonstrukteurs und kann daher immer nur einen bestimmten Wirklichkeitsausschnitt unter einer bestimmten Wirklichkeitsauffassung repräsentieren, die näherer Rechtfertigung bedarf" (BUDDENSIEK et al. 1980: 97).

Das bedeutet, daß Originale immer als solche bereits produziert sind und damit niemals subjektfrei, selbständig für sich existieren. „Wir sind es, die die Originale nachfolgender Modellbildung gestalten" (STACHOWIAK 1973: 288). Die Originale sind damit selbst bereits modellhafte Konstruktionen, „gleichsam Vor-Modelle, die wir uns in den Modellen selbst erst, zurechtmachen'" (STACHOWIAK 1990: 1). Modellbildung bedeutet also zuerst immer auch

[18] Damit ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß eine Gruppe – wie zum Beispiel eine Gesellschaft oder eine Gemeinschaft von Wissenschaftlern, mit identischen Interessen und gleichen Sozialisationserfahrungen eine gemeinsame Vorstellung von der Wirklichkeit entwickeln kann und sich damit eine intersubjektiv gültige Wirklichkeitsauffassung ergibt. Diese gemeinsame Wirklichkeitsauffassung ist gerade Voraussetzung für jede wissenschaftliche Arbeit. Das bedeutet aber zugleich, daß die immer wieder betonte Objektivität wissenschaftlicher Arbeit immer nur relativ zu der innerhalb der Gruppe (Sientific community) geteilten Wirklichkeitsauffassung besteht und daher eher eine Intersubjektivität darstellt, die sich auf die hier als Konvention herausgebildeten Selektionsprinzipien der Wirklichkeitserfassung stützt.

‚Originalbildung'. Das Original eines Modells kann eine Theorie, eine Alltagserfahrung, eine wahrgenommene Wirklichkeit, ein Plan, eine Idee und anderes mehr sein.

Indem STACHOWIAK (1973: 287) sowohl das Original als auch das Modell als bloße Menge von Attributen bzw. Eigenschaften auffaßt, stellt er Original und Modell formal gleich. In beiden Fällen sind die Eigenschaften ausschließlich von der Perspektive (Absichten, Zwec??ken und Zielen) des Betrachters abhängig und damit immer nur „pragmatisch existent". Folglich ist auch die Frage, ob eine Attributenmenge als Original oder Modell anzusehen ist, ausschließlich von pragmatischen Gesichtspunkten, das heißt vor allem vom Zweck der Betrachtung abhängig.

Der Originalbegriff bezieht sich immer auf ein Modell und steht in einer eindeutigen Relation zum Modellbegriff. Der Originalbegriff signalisiert, wie im Zusammenhang mit dem Abbildungsmerkmal deutlich wurde, im Grunde nur, daß das Modell Repräsentation von „etwas" ist. Dieses „etwas" ist nicht ein Original an sich, sondern es wird erst dadurch zum Original, daß ihm ein Modell zugeordnet wird. So kann die gleiche Wahrnehmungsgegebenheit, die in der einen Modellrelation als Original aufgefaßt wird, in einem anderen Abbildungszusammenhang durchaus als Modell fungieren und natürlich auch umgekehrt.

3.1.2 Anforderungen an die Konstruktion und Analyse wissenschaftlicher Modelle

Aus dieser Wirklichkeits- und Originalauffassung ergibt sich die Notwendigkeit, daß vor jeder Modellkonstruktion und vor jeder Analyse vorliegender Modelle zuerst zu klären ist, welche Wirklichkeitsauffassung im Modell wiedergegeben werden soll oder wird bzw. welches Original oder genauer welche Originaleigenschaften dem Modellbildungsprozeß zugrunde liegen. Erst wenn alle Originaleigenschaften bekannt sind, lassen sich in einem systematischen Original-Modell-Vergleich Aussagen darüber treffen, welche dieser Eigenschaften durch das Modell repräsentiert werden und welche nicht.

Nur wenn die bei der Modellbildung - bewußt oder unbewußt - eingegangenen Entscheidungen von den Modellbenutzern nachvollzogen werden können und damit auch deutlich wird, mit welcher Perspektive schon das Original „geformt" ist, lassen sich Fehler bei der Rückübertragung von Modellerkenntnissen auf das Original oder gar auf die eigene perspektivische Wirklichkeitsauffassung vermeiden.

Alle erfahrungswissenschaftlichen Modelle (und das gleiche gilt für die ihnen zugrundeliegenden Originale) sind immer Glieder einer Kette von Modellkonstruktionen, deren Ausgangspunkt in von vielfältigen Aspekten geprägten und vielfach unbewußt konstruierten, häufig ‚vorwissenschaftlichen' Vorstellungsgebilden verborgen liegt.

Mit dem hier ausgeführten Wirklichkeits- und Originalverständnis wird dem modellhaften Erkenntnisprozeß jegliche ontologische Basis entzogen und die Kette der Modellbildungsschritte verliert sich letztlich in einem unendlichen Regreß: Jedes Modell ist bereits die Abbil-

dung eines Modells von einem Modell von einem Modell usw., ohne daß irgendwo ein objektives Ende dieser Kette auszumachen wäre. Spätestens hier stellt sich die Frage, wie denn dann das Original der Modellbildung bestimmt werden kann.

Das Fehlen jeglicher substanzieller Ausgangsbasis dieser Kette von Modell- bzw. auch Originalkonstruktionen bedingt, daß das Original letztlich nicht vom ‚Objekt' her objektiv bestimmbar ist. Einem konventionalistischen und pragmatischen Wissenschaftsverständnis folgend sind hierzu letztlich Festsetzungen notwendig, die an pragmatischen Erfordernissen also dem Erkenntniszweck auszurichten sind, und die die Eigenschaften des Originals bestimmen. Dabei ist nicht das Erkenntnisobjekt Ausgangspunkt für die Festlegung des Originals, sondern die Rahmenbedingungen der Konstruktion des Originals, durch die sich das Erkenntnisobjekt und damit auch das Original erst konstituiert. Diese theoretischen oder methodischen Rahmenbedingungen stellen – als paradigmatische Schemata der Wirklichkeitswahrnehmung und -erfassung – die Werkzeuge dar, mit deren Hilfe die Originale konstruiert werden.

Durch ihre innerwissenschaftliche und pragmatische Bewährung und die damit verbundene allgemeine Anerkennung ergeben sich aus bestimmten Kombinationen von Selektionsperspektiven bzw. Modellkonzepten bestätigte Abbilder, die damit – zunächst zumindest – eine größere Realitätstüchtigkeit besitzen als andere. Damit verbunden ist der Effekt, daß die verschiedenen methodischen Filter der Wirklichkeitserkenntnis – bedingt durch die jeweilige Wissenschaftstradition und die damit verbundene Sozialisation der Wissenschaftler – immer mehr aus dem Bewußtsein verdrängt werden.

Für die diese Rahmenbedingungen der wissenschaftlichen Wirklichkeitserkenntnis bestimmenden Einflüsse hat Kuhn den Begriff des Paradigmas geprägt (KUHN 1973, MASTERMAN 1974). „In seinem herkömmlichen Gebrauch ist ein Paradigma ein anerkanntes Modell oder Schema, und dieser Aspekt seiner Bedeutung macht es mir möglich, hier die Bezeichnung Paradigma zu gebrauchen, da ein besseres Wort fehlt" (KUHN 1973: 44). Die Paradigmen, nach denen wissenschaftliche Disziplinen arbeiten, sind bestimmend für die Wahl der spezifischen Fragestellung und Problemlösungsstrategie und damit immer auch für die Rahmenbedingungen ihrer Wirklichkeitskonstruktion und letztlich für die Original- und Modellkonstruktion.

Sowohl bei der Konstruktion neuer Modelle als auch bei der Analyse bereits vorliegender Modelle hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für bestimmte Zwecke, müssen zunächst die Bedingungen der Originalkonstruktion festgelegt bzw. nachvollzogen werden.

Will man die Modelle zum Gegenstand eines rationalen Diskurses machen, muß zuerst eine Verständigung über die Bedingungen der Originalkonstruktion erzielt werden. Diese Festsetzungen müssen also rational nachvollziehbar sein. Das ist insbesondere dann erforderlich, wenn die wissenschaftliche Modellbildung als Grundlage für Umweltplanung und damit im Hinblick auf politische Entscheidungen betrieben werden soll und sich die beteiligten Planer und Wissenschaftler als Gruppe auf Festsetzungen zu verständigen haben. Es ist somit

notwendig, die Entscheidungen für oder gegen bestimmte Methoden oder Filter der modellistischen Wirklichkeits- bzw. Originalkonstruktion aus dem Reich der unbewußten, vorweggenommenen Entscheidungen ans Licht zu holen und systematisch zur Diskussion zu stellen.

3.1.3 Fazit

Die Modelle der Erfahrungswissenschaften bilden nie die Wirklichkeit selbst ab, sondern nur Vorstellungen darüber. Diese Vorstellungen sind immer bereits perspektivisch verkürzt und subjektabhängige Konstruktionen der Wirklichkeit, das heißt bezogen auf die Erfahrungswissenschaft, geprägt durch die Traditionen und die spezifischen Forschungsperspektiven und -methoden der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin.

Auch die Originale ökologischer Modellbildung sind daher immer bereits modellhafte Konstruktionen der Wirklichkeit und keine objektiven, das heißt subjektunabhängigen Gegebenheiten. Wenn es wie in der Umweltforschung und Umweltplanung darum geht, natürliche Erscheinungen im Modell abzubilden, muß daher klar sein, daß letztlich nicht eine subjektunabhängige „Natur an sich“ das Original bildet, sondern daß das Original immer aus subjektiven Wahrnehmungserscheinungen konstruiert ist. Eine Analyse vorliegender Modelle von Natur und Umwelt muß daher bereits bei den Konstruktionsbedingungen des Originals ansetzen. Nur wenn es gelingt, die zum Teil unbewußt in der Originalkonstruktion vorgenommenen perspektivischen Verkürzungen und paradigmatischen Vorentscheidungen in ihrer Berechtigung aufzuzeigen und in den Diskurs um die angemessene Modellierung von Natur und Umwelt einzubeziehen, besteht die Möglichkeit, die häufig äußerst fundamentalistisch geführten Diskussionen zu versachlichen.

Voraussetzung hierfür ist es, daß der in der Landschafts- und Umweltplanung und den ihr zugrundeliegenden Wissenschaftsbereichen immer noch verbreitete Hang zur Ontologisierung der eigenen Wirklichkeitserfahrung überwunden wird. Nicht selten hält jede ökologische Disziplin oder Schule und genauso der einzelne Planer ihre/seine Sicht und Abbildung der Wirklichkeit für die einzig sinnvolle und richtige oder in der Regel sogar für die Wirklichkeit an sich. „Das Bewußtsein, durch eine Brille und auf eine brillenspezifisch strukturierte Welt zu blicken, ist ersetzt durch das Bewußtsein, bei der Welt, bei den Strukturen der Wirklichkeit zu sein“ (HARD 1973: 36). Wird die eigene Sicht der Wirklichkeit als die Wirklichkeit schlechthin betrachtet, wird ein konstruktiver Dialog über eine angemessene Sichtweise nahezu unmöglich, weil es für alle Beteiligten nur jeweils eine mögliche und richtige Sichtweise gibt und das ist natürlich ihre eigene.

Daher steht nicht der Originalgegenstand im Zentrum der weiteren Betrachtung sondern die Verfahren bzw. Methoden seiner Konstruktion sowie die ihnen zugrundeliegenden Theoriegebäude und Paradigmen. Hierzu sind die verschiedenen Einflüsse der wissenschaftlichen Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt zunächst möglichst systematisch zu erfassen und aufzubereiten, so daß sie als Plattform für die Modellanalyse und gegebenenfalls den Diskurs über das jeweils angemessenen Modell zur Verfügung stehen.

Grundlage der Modelle von Natur und Umwelt, die der querschnittsorientierten und raumbezogenen Umweltplanung zugrunde liegen, sind im wesentlichen die Theoriegebäude und Paradigmen der Ökologie und der Geographie. Beides sind Wissenschaften oder Wissenschaftsbereiche, die nicht über ein geschlossenes und gefestigtes Theoriegebäude verfügen (vgl. BERNARD/KÖTZLE 1991). Daher kann man nicht eindeutig von *dem* ökologischen oder geographischen Ansatz zur Modellierung von Natur und Umwelt sprechen.

Will man die verschiedenen verwendeten Modelle und Modellierungsansätze zur Abbildung von Natur und Umwelt verstehen und ihre spezifische Perspektive nachvollziehen, muß man zunächst die Vielfalt der vor allem innerhalb dieser beiden Wissenschaftsbereiche eingenommenen Grundperspektiven und praktizierten Verfahren und Methoden der Wirklichkeits- und damit zugleich der Originalkonstruktion deutlich zu machen versuchen.

3.2 Das Modell und sein Bezug zum Original

3.2.1 Vorbemerkung

Wie bereits im Zusammenhang mit der Darstellung des allgemeinen angedeutet (vgl. Kap. 2.2.2), lassen sich Modelle insbesondere hinsichtlich dreier Aspekte näher charakterisieren und unterscheiden:

a) Ihre Ausdrucks- und Darstellungsform (Modellsubstrat),

b) Ihre Herstellungs- oder Entstehungsart

c) Die Art oder Form der Angleichung an das Original

Da die Originale einer Modellrelation, wie im vorangegangenen Kap. 3.1 dargestellt wurde, genauso als Träger von Eigenschaften oder Merkmalen aufzufassen sind wie die Modelle, gelten die aufgeführten Charakteristika auch für die den Modellen zugeordneten (immer modellhaften) Originale.

3.2.2 Ausdrucks- oder Darstellungsform

Eines der wesentlichen Charakterisierungsmerkmale für Modelle betrifft den Seinsbereich, also die Darstellungsform bzw. das Abbildungsmedium. Ähnlich wie bei der Klassifikation von Systemen werden auch konkrete und abstrakte bzw. materielle und ideelle Modelle unterschieden (vgl. z.B. NIEMEYER 1977: 58, PESCHEL 1978: 21)[19].

Konkrete bzw. materielle Modelle bilden ihre Originale mit Hilfe materieller Zustände und Strukturen ab. Der Abbildungsgegenstand, also das Original, kann dabei physisch-materiel-

[19] Synonym hierzu werden - sowohl in Bezug auf Systeme als auch auf Modelle - die Gegensatzpaare "physisch - konzeptuell", "real - ideal", "materiell - formal" verwendet.

ler Natur sein, aber auch abstrakt. Abstrakt-symbolische bzw. semantische Modelle bilden einen realen oder abstrakten Originalgegenstand mit Hilfe logischer Anordnungen von Symbolen, Begriffen oder Zeichen ab.

Tab. 3: System der Ausdrucks- oder Darstellungsformen von Modellen
(nach EICHHORN 1972, STACHOWIAK 1973, SALZMANN 1974)

Konkret gegenständliche Modelle
- technische Modelle
- natürliche Modelle

Graphische Modelle
- Bildmodelle
- schematisierte graphische Modelle

Semantische Modelle
- interne semantische Modelle
  - Perzeptionsmodelle
  - Denkmodelle
- externe semantische Modelle
  - sprachliche Modelle
    - allgemeinsprachliche Modelle
    - wissenschaftliche Modelle
      - formal-logische Modelle
      - mathematische Modelle
      - fachsprachliche Modelle mit def. Begriffen
      - schematisierte graphische Modelle

3.2.2.1 Konkrete Modelle

Konkrete, technische Modelle [20] sind in der Regel anschauliche, überwiegend dreidimensionale Gebilde. „Bei diesen Modellen handelt es sich um raum-zeitliche und materiell-energetische Repräsentationen von Originalen, die von beliebiger Natur sein können“ (STACHOWIAK 1973: 174).

[20] Der auf die technischen Modelle angewandte Technikbegriff ist bei STACHOWIAK (1973) so weit gefaßt, daß er alle Möglichkeiten der Erweiterung und Verstärkung natürlicher Wahrnehmungs- und Aktionsmöglichkeiten umfaßt.

STACHOWIAK (1973: 175ff) unterteilt die konkreten Modelle nach der Art der materiellen Modellattribute in:

- physikalische Modelle (anorganische Modellindividuen),
- biologische Modelle (organische/organismische Modellindividuen),
- psycho-soziale Modelle (psychische und soziale Modellindividuen).

Die physikalischen Modelle umfassen einerseits statische und dynamische mechanische Modelle, wie zum Beispiel Fahrzeugmodelle im Windkanal oder Laboraufbauten zur Analyse des Verhaltens von Schadstoffen im Boden und andererseits elektronische Modelle, wie zum Beispiel Schaltungen zur Simulation von Produktionsabläufen. Im Gegensatz zu den mechanischen Modellen steht bei den elektronischen Modellen nicht die Abbildung der physischen oder strukturellen Eigenschaften des Originals im Vordergrund, sondern vor allem die Modellierung der Funktion des Originals, wie zum Beispiel der In- und Output-Beziehungen. Bei elektronischen Funktionsmodellen geschieht dieses durch die Verknüpfung elektronischer Schaltelemente. Von wesentlich größerer Bedeutung als die analogen elektronischen Funktionsmodelle sind heute jedoch die (Digital-)Computermodelle, die eine spezifische Form der semantischen Zeichenmodelle darstellen (vgl. 3.2.2.3).

3.2.2.2 Graphische Modelle

Graphische Modelle sind zweidimensionale Darstellungen ihrer Originale, die entweder als Bildmodelle direkt verständlich sind oder als schematisierte Darstellungen einer vorherigen Erläuterung bedürfen.

Bildmodelle

Unter die Gruppe der Bildmodelle fallen sowohl ‚naturgetreue' Abbildungen, wie zum Beispiel Fotografien, als auch rein schematische Abbildungen, wie zum Beispiel Karten und Pläne. Die Bildmodelle sind so allgemeinverständlich, daß sie dem Betrachter in der Regel auch ohne Zeichenerklärung verständlich sind (Kodeadäquation).

Schematisierte graphische Modelle

Von den Bildmodelle zu unterscheiden sind die schematisierten graphischen Modelle, wobei auch hier die Übergänge fließend sind. Ein schematisiertes graphisches Modell ist eine zweidimensionale, räumliche Originalabbildung. Die notwendige physische Komponente dieser Abbildung, also zum Beispiel die stoffliche Qualität des Papiers, auf dem die graphische Darstellung zu finden ist, wird hier vernachlässigt. Graphische Darstellungen oder Darstellungsmodelle sind in der Regel so weit schematisiert, daß sie ohne eine Zeichenerklärung nicht verständlich sind. Beispiele für Darstellungsmodelle sind Diagramme zur

Visualisierung statistischer Verteilungen oder Ablauf- oder Organisationsschemata von ökosystemaren Prozessen.[21]

3.2.2.3 Semantische Modelle

Der dargestellten Klasse der anschaulichen Modellarten steht als bedeutende zweite Hauptgruppe die Klasse der semantischen Modelle gegenüber. Folgt man dem modellistischen Erkenntniskonzept, umfassen die semantischen Modelle einerseits die am Anfang des Erkenntnis- und Modellbildungsprozesses stehenden Perzeptions- und Denkmodelle – als die beiden Formen der internen semantischen Modelle – sowie andererseits die aus festgelegten (semantisch konventionalisierten) Zeichen und Zeichenkombinationen aufgebauten externen semantischen Modelle. Bezogen auf den Erkenntnisprozeß liegen die internen semantischen Modelle zwischen der materiellen Information bzw. der physischen Reize einerseits und der Kommunikation, die auf den Gebrauch von Zeichen beruht und sich in Form von externen semantischen Modellen vollzieht, andererseits. Vom externen semantischen Modell ist dann der Übergang zu den anschaulichen Modellen, insbesondere den graphischen Modellen, fließend.

Zur Klassifikation der semantischen Modelle lassen sich zwei Ordnungsprinzipien unterscheiden: die Unterteilung nach „semantischen Stufen“ sowie die Unterteilung nach semologischen, das heißt funktional-satzsemantischen Hauptarten.

Unterteilung nach semantischen Stufen

Ausgehend von der „Theorie der semantischen Stufen“ faßt STACHOWIAK (1973: 196ff) die verschiedenen Formen semantischer Modelle als Ausdruck der jeweiligen semantischen Stufe auf (vg. Tab. 4). Die direkten Erfahrungen der Außenwelt, die „realen“ Erscheinungen der Wirklichkeit sind Inhalt der nullten semantischen Stufe. Wahrnehmungsmodelle und gedankliche Modelle als Zeichen oder Abbildungen dieser „Realität“ sind die Inhalte der ersten semantischen Stufe. Werden Wahrnehmungsmodelle oder kognitive Modelle durch Sprache abgebildet und damit sprachlich mitteilbar, bilden diese den Inhalt der zweiten semantischen Stufe. Wird das gesprochene Wort, zum Beispiel durch schriftliche oder graphische Darstellungen abgebildet, ist dieses der Inhalt der dritten semantischen Stufe. Durch eine weitere Formalisierung der Darstellung, zum Beispiel durch mathematische oder formal-logische Zeichen, läßt sich die dritte semantische Stufe erreichen usw. Jede höhere semantische Stufe bildet dabei ein Modell der niedrigeren.

[21] Ein konkretes Beispiel für ein graphisches Modell ist die schematische Darstellung eines Ökosystems wie z.B. bei ELLENBERG (1986: 70)

Tab. 4: Modelle der semantischen Stufen

nullte (uneigentliche) semantische Stufe ⇒
materielle Informationen der Außenwelt, wahrnehmbare Reize

erste semantische Stufe ⇒
interne Modelle (Perzeptions- und Denkmodelle)

zweite semantische Stufe ⇒
Zeichenmodelle (z.B. allgemeinsprachliches Wortmodell) der internen Modelle

dritte semantische.. Stufe ⇒
andere Zeichenmodelle des Modells der ersten semantischen Stufe
(z.B. schriftsprachliches Modell)

vierte, fünfte usw. semantische Stufe ⇒
jeweils stärker formalisierte Zeichenmodelle der Modelle
der vorangegangenen Stufe.

Interne semantische Modelle

In der Gruppe der internen semantischen Modelle werden Perzeptionsmodelle und Denkmodelle unterschieden.

Als erster Schritt der internen Modellbildung werden aus der Vielfalt der auf ein wahrnehmendes Subjekt einströmenden Signale bzw. Reize Partialmodelle der Außenwelt gebildet, die jeweils bestimmten Klassen von sinnlichen Wahrnehmungsereignissen entsprechen:[22] Diese Partialmodelle bilden das erlernte und sich durch Lernprozesse ständig wandelnde Repertoire der gespeicherten Wahrnehmungsraster, durch die der Kontakt zwischen Mensch und individueller Außenwelt hergestellt wird. Die in der sinnlichen Wahrnehmung aufgebauten internen Außenweltmodelle bilden die Grundlage für alle weiteren internen und externen semantischen Modellkonstruktionen. Auch die internen Modelle die nicht direkt auf sinnlichen Wahrnehmungen beruhen, wie zum Beispiel Gedanken oder Vorstellungen, bauen letztlich auf den erlernten und gespeicherten Perzeptionsmodellen auf.

Alle Denkoperationen bauen notwendigerweise direkt oder indirekt auf den Perzeptionsmodellen auf. Dieses geschieht beispielsweise durch die Kombination verschiedener Perzeptionsmodelle oder dadurch, daß Vorstellungen oder Ideen aus Wahrnehmungselementen abgeleitet werden. Auch dieser Schritt kann als ein interner Modellbildungsprozeß interpretiert werden. Die so entstehenden Denkmodelle können unter Umständen sehr stark von den ursprünglichen Perzeptionsmodellen abweichen, so daß es zu starken Verfremdungen der anschaulichen Realität kommt. Durch die unauflösbare Verbindung von Wahrnehmung und Denken findet eine permanente Umwandlung von Wahrnehmungen in Vorstellungs- und

[22] Problematisch ist in diesem Zusammenhang jedoch der Umstand, daß der Zugang zur Originalseite, der vorliegenden Original-Modell-Konstellation immer nur über die Bildung interner Außenweltmodelle möglich ist und damit ein Original-Modell-Vergleich nur eingeschränkt durch einen externen Beobachter erreicht werden kann.

Denkgebilde statt, die wiederum in andere Denkgebilde umgewandelt werden usw. Die lediglich aus Perzeptionsmodellen kombinierten Denkmodelle bezeichnet STACHOWIAK (1973: 213) als „innere Kombinationsmodelle“ und die aus Perzeptionsmodellen durch Abstraktion, Analogieschlüsse oder Deduktion gewonnene Denkmodelle als „interne Derivationsmodelle“.

Externe semantische Modelle

Die angesprochenen internen Modellarten der ersten semantischen Stufe, also die Wahrnehmungs- und Vorstellungsgebilde, bilden die Originale für die Modelle der zweiten semantischen Stufe, durch die diese bisher noch internen Denkgebilde in Form von Zeichen abgebildet werden. Dadurch, daß über die Art der Zeichen Konventionen bestehen, können diese Zeichenmodelle als externe semantische Modelle an die Umwelt mitgeteilt werden.[23] Entsprechend wird die Gesamtheit der Zeichenmodelle der zweiten semantischen Stufe als Kommununikationssystem 1. Ordnung bezeichnet (vgl. STACHOWIAK 1973: 218). Bezogen auf den Menschen entspricht das Kommunikationssystem 1. Ordnung der gesprochenen Sprache.

Ein Modell der zweiten semantischen Stufe ist demnach die allgemeinsprachliche Beschreibung eines Gedankengebildes. Bezogen auf den realen Gegenstand (Gebilde der nullten semantischen Stufe) ist das Modell der zweiten semantischen Stufe ein Modell 3. Grades.

Entsprechend handelt es sich bei Modellen der dritten semantischen Stufe um Zeichen für die Zeichen der zweiten semantischen Stufe. In ihrer Gesamtheit bilden die Modelle entsprechend das Kommunikationssystem 2. Ordnung. Das Hauptsystem menschlicher Kommunikation auf dieser Stufe ist die Schriftsprache. Ein Modell der dritten semantischen Stufe ist demnach in der Regel die schriftliche bzw. textliche Beschreibung eines Sachverhaltes.

Für die Modelle der verschiedenen Kommunikationssysteme ist charakteristisch, daß mit wachsender semantischer Stufe jeweils eine Verkürzung der Inhalte einhergeht. So stellen auch die Modelle der 4., 5., 6. usw. semantischen Stufe jeweils verkürzte Abbildungen der Modelle der vorangehenden semantischen Stufe dar. Damit geht eine semologische Ausdifferenzierung, mit einer in der Regel auf jeder Stufe stärker formalisierten Darstellung der Sachverhalte einher. Je nach Kommunikationssystem erfolgt dieses in Form von allgemeinsprachlichen Darstellungen, formal-logischen Beschreibungen, mathematischen Formulierungen oder programmsprachlichen Beschreibungen in Computerprogrammen. Mit wachsender semantischer Stufe werden die Übergänge zu den formalisierten Darstellungsmodellen erreicht.

[23] Diese kommunikative Eigenschaft gilt auch für die Modelle aller höheren semantischen Stufen.

Semologische Einteilung der semantischen Modelle

Die semantischen Modelle insgesamt umfassen zum einen emotional-semantische Modellen, die auf der Gefühlsebene liegen und nur zum geringen Teil auf Mitteilung angelegt sind und zum anderen die kognitiv-semantischen Modelle. Die emotional-semantischen Modelle haben für die Modellbildung im Umweltbereich vordergründig nur eine untergeordnete Bedeutung. Im Zusammenhang mit umweltplanerischen Entscheidungen[24] und zum teil sicher auch im Zusammenhang mit wissenschaftlichen Betrachtungen spielen diese emotionalen Modelle hintergründig eine nicht zu unterschätzende Rolle. Wesentlich für die weitere Arbeit sind jedoch die auf Erkenntnis und Kommunikation ausgerichteten kognitiv-semantischen Modelle. Diese lassen sich entsprechend der verschiedenen möglichen Satz- und Aussageformen weiter differenzieren (vgl. STACHOWIAK 1973: 232f).

Wichtig sind hier insbesondere die narrativen Modelle. Diese Klasse umfaßt beispielsweise behauptende, referierende oder unterstellende Aussagen bzw. Aussageformen einschließlich der diesen Aussagen zugrundeliegenden internen Denkmodelle. Die Klasse der narrativen Aussageformen kann noch einmal aufgegliedert werden in weitere Unterklassen:

- vorwissenschaftlich-erklärende Aussageformen,
- poetische Aussageformen,
- metaphysische Aussageformen,
- wissenschaftliche Aussageformen.

Den verschiedenen narrativen Aussageformen lassen sich entsprechende Modellarten zuordnen, wobei im Hinblick auf die Bedeutung für die weitere Arbeit hier besonderes Augenmerk auf die wissenschaftlichen semantischen Modelle gerichtet werden soll.

Wissenschaftliche semantische Modelle

Bei der Weite des gängigen Wissenschaftsbegriffs kann eine exakte Trennung zwischen „wissenschaftlichen“ und „nicht-wissenschaftlichen“ Aussageformen sicherlich nicht vorgenommen werden, dennoch lassen sich für wissenschaftliche Aussagen bestimmte Charakteristika angeben. So muß ein allgemeines, das heißt von de Vertretern der Disziplin anerkanntes Entscheidungsverfahren vorliegen, mit dem über die Wahrheit von wissenschaftlichen Aussagen entschieden werden kann, und es muß ferner ein einheitliches Verständnis von zentralen Fachbegriffen vorliegen.

Entsprechend der verschiedenen Wissenschaftsbereiche lassen sich die wissenschaftlichen Modelle zunächst in zwei Gruppen aufteilen:

[24] Bedeutung haben die emotionalen Modelle hier vor allem für den Bereich des Landschafts- oder Naturerlebens und in Verbindung damit evtl. für die Landschaftsbildanalyse.

a) Formal-logische Modelle der Logik und Mathematik[25]

Formale Modelle sind konstruiert als Repräsentationen von reinen Gedankengebilden der Mathematik oder mathematischen Logik, denen keine Erscheinungen der äußeren wahrnehmbaren Welt zugeordnet werden können, das heißt formale Modelle haben keine Abbildungsfunktion bezogen auf die Außenwelt bzw. interne Außenweltmodelle. Formale semantische Modelle sind vielmehr logische Konstruktionen oder Verknüpfungsgebilde, die entweder aus gesetzten Axiomensystemen selbst bestehen (formal-linguistische Darstellungsmodelle) oder auf der Grundlage dieser Axiomensysteme aufgebaut sind und ihre innere Widerspruchsfreiheit belegen (formale Belegungsmodelle) (vgl. STACHOWIAK 1973: 243ff).

Eine besondere Form der formalisierten Zeichenmodelle oder auch formalsprachlichen Modelle sind die in EDV-Programmen durch Verknüpfung von Programmbefehlen formulierten Computerprogramme. Ähnlich wie bei den analogen elektronischen Modellen steht bei den Computermodellen die Abbildung der Funktionen des Originals im Vordergrund. Sie sind dabei in der Lage, die Funktionsmodellierung von ablaufenden Prozessen auch noch bei sehr komplexen Originalen zu bewältigen. Die vor allem zur Simulation komplexer Prozesse entwickelten Computermodelle haben den Vorteil, universell, das heißt auf alle denkbare Originale, anwendbar und leicht veränderbar zu sein. Weitere Vorteile sind eine gute Nachvollziehbarkeit der einzelnen Operationsfolgen, das Entfallen technischer Beschränkungen der Modellkonstruktion und der Zeitgewinn bei der Simulation.

b) Fachsprachliche Modelle der Erfahrungswissenschaften

Im Gegensatz zu den formalwissenschaftlichen Modellen haben die empirischen Modelle der verschiedenen Erfahrungswissenschaften, wie zum Beispiel auch der Ökologie oder der Umweltwissenschaften einen Bezug zu realen Wirklichkeitserfahrungen. Mit Ausnahme von wenigen formal-axiomatisierten physikalischen Theorien sind die Aussagensysteme der Erfahrungswissenschaften inhaltlich-anschaulich und in der Regel verbal, unter Zuhilfenahme wissenschaftsspezifischer Fachbegriffe formuliert. Auch von den Modellen, die der Umweltplanung zugrunde liegen, ist also zu erwarten, daß sie vor allem inhaltlich-anschaulich und allgemein- bzw. fachsprachlich formuliert sind. Dieses bedeutet jedoch nicht, daß die Darstellungsform nicht auch stark formalisiert werden kann.

[25] In dem in dieser Arbeit gebrauchten umfassenden Verständnis des Modellbegriffs sind die hier gemeinten formalen Modelle nicht identisch mit den logisch-mathematischen Modellen der mathematischen Modelltheorie, wie sie in Kap. 2.1.2 beschrieben wurden.

3.2.3 Entstehungsart der Modelle

Bezogen auf die Entstehungs- oder Herstellungsart lassen sich „natürliche“ und „künstliche“ Modelle unterscheiden.

Natürliche Modelle

Als „natürlich“ kann man nach SPRUNG (1971: 17) Modelle dann bezeichnen, wenn sie in der objektiven Realität bereits vorhanden sind und vom Modellsubjekt nicht eigens gedanklich oder physisch geschaffen worden sind, sondern lediglich aufgrund der „natürlichen“ vorhandenen Übereinstimmung mit dem Original als Modelle ausgewählt wurden. Ein natürliches Modell ist damit „ein überwiegend vorgefundenes Objekt einer (erklärten) Originalrepräsentation“ (STACHOWIAK 1973: 174). Hierfür kommen nicht nur durch die „Natur“ geschaffene Gegenstände oder Sachverhalte in Betracht, wie zum Beispiel Versuchstiere, Indikatorarten oder konkrete Teile des Naturhaushaltes (z.B. Untersuchungsflächen), die als „Modellökosysteme“ untersucht werden, sondern auch künstliche, das heißt von Menschen konstruierte Gegenstände, die nicht von vornherein als Modell gedacht war, wie zum Beispiel eine elektrische Wasserpumpe als Modell des Herzens.

Künstliche Modelle

Künstliche Modelle sind vom Modellsubjekt einzig mit dem Ziel der Originalrepräsentation konstruiert bzw. entwickelt worden. Dabei kann es sich sowohl um konkrete als auch um abstrakte Modelle handeln.

3.2.4 Zum Verhältnis von Modell und Original

3.2.4.1 Einführung

Wie schon dem „Verkürzungsmerkmal“ des allgemeinen Modellbegriffs zu entnehmen ist, besteht ein zentraler Aspekt der Modellbildung darin, daß nicht alle Attribute der Originale auf die ihnen zugeordneten Modelle abgebildet werden, sondern nach Möglichkeit nur diejenigen, die für den jeweiligen Modellzweck erforderlich und damit pragmatisch relevant sind. Modelle sind daher in der Regel vereinfachte Abbildungen ihrer Originale. Genauso jedoch wie das Modell nicht alle Attribute des Originals aufweist, enthält es fast immer auch zusätzliche Merkmale, die dem Original nicht zukommen.

STACHOWIAK (1973: 155ff) unterscheidet dementsprechend zwei Klassen von Attributen (vgl. Abb. 4):

- Eine Klasse von Attributen des Abbildungsvorbereichs bzw. Originalbereichs, denen keine modellseitigen Attribute entsprechen. Diese Attribute werden als präterierte oder ausgelassene Attribute bezeichnet, die entsprechende Klasse als Präteritionsklasse des Originals.

- Des weiteren eine Klasse von Attributen des Abbildugsnachbereichs bzw. Modellbereichs, denen keine originalseitigen Attribute zugeordnet sind. Solche Attribute werden als abundante oder überschüssige Attribute bezeichnet, die entsprechende Klasse als Abundanzklasse des Modells. Die abundanten Attribute erfüllen damit keine unmittelbar originalrepräsentierende Funktion, sondern haben in den meisten Fällen nur eine darstellungsmethodische Bedeutung.

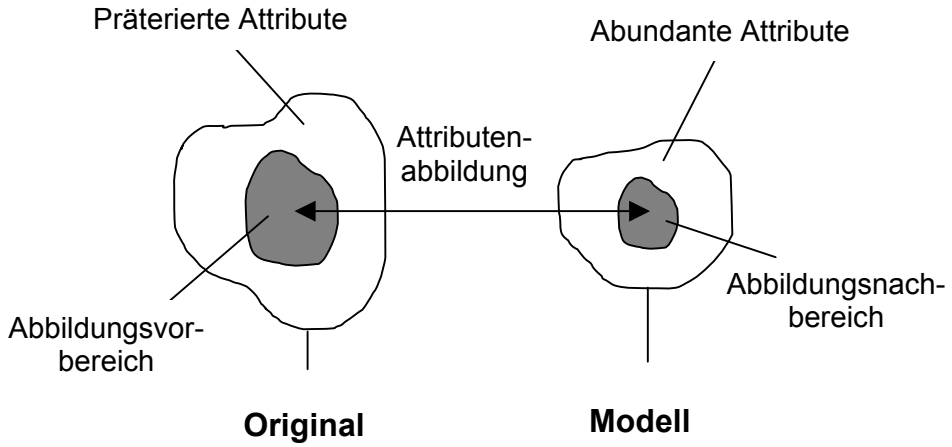


Abb. 4: Attributenklassen der Original-Modell-Abbildung (nach STACHOWIAK 1973)

Bei der Frage, welche Originalattribute im Modellbildungsprozeß vernachlässigt werden und welche Modellattribute hinzugefügt werden, handelt es sich um eine Entscheidungssituation, die folglich auch mit Hilfe der Entscheidungstheorie analysiert werden kann. Zentraler Aspekt der Entscheidungstheorie ist die Unterscheidung von Sach- und Wertebene (vgl. KRAFT 1951, BECHMANN 1981). Der Sachebene entsprechen hier die Originalattribute; die Wertebene, das heißt der Maßstab für die Entscheidung, welche der Eigenschaften des Originals im Modell abgebildet werden, ergibt sich aus dem Zweck der Modellbildung. Geht man davon aus, daß es nicht der Zweck von Modellen sein kann, wie von vielen Naturwissenschaftlern angestrebt (vgl. z.B. Wissel 1989: 3), das Original oder gar die „Realität“ möglichst

realistisch und vollständig abzubilden[26], sondern der Zweck von Modellen vor allem ist, nützlich zu sein, sind die Entscheidungsmaßstäbe in erster Linie aus dem Verwendungszweck der Modelle, das heißt dem Ziel der Modellbildung abzuleiten. „Das Ziel hat Einfluß darauf, wie die Schnittstelle in der Dialektik von Wesentlichem zu Unwesentlichem gelegt wird, das heißt welche Züge der objektiven Erscheinung als wesentlich in das Modell Eingang finden“ (PESCHEL 1978: 17).

Voraussetzung dafür, diesen Entscheidungsprozeß, wie zum Beispiel von FRIEDLAND (1977) gefordert, möglichst rational zu gestalten, ist eine möglichst vollständige und systematische Information über die möglichen Entscheidungsalternativen, das heißt über die grundsätzlichen Möglichkeiten der Angleichung von Modell und Original. Da von dem Ideal einer vollständigen Informiertheit der modellbildenden oder modellbenutzenden Subjekte nur in seltenen Fällen auszugehen ist, sind die der Modellbildung oder der Modellauswahl zugrundeliegenden Entscheidungen – genau wie auch die Originalkonstruktion – geprägt durch die individuellen Erfahrungen des Modellsubjekts, das heißt bezogen auf die wissenschaftliche Modellbildung durch seine wissenschaftliche Sozialisation in bestimmten Paradigmen und Theoriegebäuden.

Beim Vergleich des Modells mit seinem Original fällt dementsprechend besonderes Interesse auf das Mehr oder Weniger der Angleichung des Modells an sein Original. Dabei wird in der Literatur zwischen verschiedenen grundsätzlichen Angleichungsarten unterschieden. So unterscheidet zum Beispiel SPRUNG (1971: 21) in seiner Klassifizierung ausdrücklich nur Strukturmodelle und Funktionsmodelle. STACHOWIAK (1973) dagegen unterscheidet nur strukturelle und materielle Angleichung und führt funktionale und Verhaltensangleichung als direkt strukturabhängig nicht gesondert auf. KLAUS/BUHR (1972) wiederum unterscheiden ausdrücklich strukturelle, funktionale und Verhaltensangleichung zwischen Modell und Original und vernachlässigen die materiellen Aspekte. Dagegen unterscheidet WALTERS (1983) nur Strukturanalogie und Verhaltensanalogie, versteht unter Verhaltensanalogie jedoch die Beschreibung der Beziehungen durch analoge mathematische Funktionen, ohne zwischen internen und äußeren Beziehungen zu unterscheiden.

Auffällig ist vor allem die in der Literatur unklare Unterscheidung von funktionaler Angleichung und Verhaltensangleichung. So fast SPRUNG (1971: 21) Funktions- und Verhaltensangleichung zusammen: „Funktionsmodelle liegen vor, wenn entweder die äußeren oder inneren Verhaltensweisen eines Systems über Eingangs-Ausgangs-Beziehungen modelliert werden.“

Werden Funktions- und Verhaltensangleichung bewußt unterschieden, dann wird die Übereinstimmung in der inneren Verhaltensweise, das heißt die Verhaltensweise oder besser die

[26] Es besteht aber auch die Auffassung, es sei Aufgabe von Modellen die Wirklichkeit möglichst vollständig abzubilden, und deshalb sei ein Höchstmaß an Angleichung an die Realität anzustreben: „Das Modell ist der Versuch der Abbildung der Realität, indem in der Wirklichkeit bestehende interpendente Abhängigkeiten durch

Beziehungen der Kompartimente zueinander, in der Regel als funktionale Angleichung bezeichnet und die Übereinstimmung im Verhalten des Modells und des Originals als Ganzes als Verhaltensangleichung (vgl. z.B. KLAUS/BUHR 1976).

Für die weitere Analyse des Verhältnisses von Modell und Original soll der letzteren, stärker differenzierenden Auffassung gefolgt werden, so daß nachfolgend insgesamt vier grundsätzliche Angleichungsarten unterscheiden werden:
a) materiale oder inhaltliche Angleichung,
b) strukturelle oder formale Angleichung,
c) funktionale Angleichung,
d) Verhaltensangleichung.

Voraussetzung für einen systematischen und vollständigen Original-Modell-Vergleich ist die exakte Bestimmung von Original und Modell. Nur wenn alle das Original und das Modell bestimmenden Attribute bekannt sind, sind vollständige Aussagen darüber möglich, welche Originalattribute im Modell ausgelassen werden und welche zusätzlichen Attribute das Modell enthält.

Natürliche Objekte sind nie in allen Eigenschaften vollständig beschreibbar. Da Wahrnehmung und Erkenntnis immer verkürzend sind, ist auch das Original der Modellierung von Natur und Umwelt nicht objektiv gegeben sondern wie alle Originale als solches immer ein vom Subjekt gesetztes oder besser konstruiertes. Daher ist es erforderlich, als Grundlage eines systematischen und vollständigen Original-Modell-Vergleichs zunächst diesen Konstruktionsprozeß des Originals zu beleuchten und das Original in seinen Attributen genau zu bestimmen bzw. als Konvention festzusetzen.

3.2.4.2 Materiale Angleichung

Die materiale Angleichung von Original und Modell bezeichnet die modellseitige Repräsentation des qualitativen Gehaltes, das „Was“ eines Originals. Es geht hier also vereinfacht um das Konstruktionsmaterial oder die Substanz des Modells und dessen Übereinstimmung mit dem Material des Originals. Da dieses Kriterium grundsätzlich materiale Eigenschaften des Originals voraussetzt, bezieht es sich nur auf Abbildungen physischer bzw. konkreter Gegenstände.

Die kleinstmögliche materiale Angleichung von Modell und Original ist gegeben, wenn „jedes von der Original-Modell-Abbildung erfaßte Originalattribut im Modell eine inhaltliche Umdeutung, das heißt (semantisch) Neukodierung erfährt (STACHOWIAK 1973: 152).

Werden bei einer Original-Modell-Abbildung auf diese weise alle materialen Eigenschaften oder Beschaffenheiten umkodiert, das heißt, anderen materialen Eigenschaften zugeordnet,

---

ein Netzwerk von Variablen möglichst isomorph erfaßt werden“ (NOWAK 1973: 35, zit. nach TEUBNER 1982: 106).

bezeichnet STACHOWIAK (1973: 152) die Original-Modell-Beziehung als Analogie und das entsprechende Modell als Analogmodell. Analogmodelle bilden das Originalsystem also mit Hilfe völlig anderer Stoffe (das heißt Zustände) ab. Die Modellstruktur ist dann jedoch in der Regel ähnlich der Struktur des Originalsystems, so daß Analogien in der Funktion bzw. im Wirkgefüge beider Systeme bestehen. Dieses ist insbesondere immer dann der Fall, wenn Zeichensysteme wie zum Beispiel mathematische Strukturen und Funktionen oder graphische Symbole als „Modellsubstrat" verwendet werden. In diesen Fällen werden die Operationen mit materiellen Dingen ganz durch die Operationen mit Zeichen ersetzt.

Größtmögliche materiale Angleichung liegt vor, „wenn die materiale Beschaffenheit der Originalattribute, soweit diese von der Original-Modell-Abbildung erfaßt werden, vollständig erhalten bleibt" (STACHOWIAK 1973: 152f). Eine solche Abbildung bezeichnet Stachowiak als isohyl und das entsprechende Modell als isohyles Modell.

3.2.4.3 Strukturelle Angleichung (Strukturadäquation)

Die strukturelle Angleichung zwischen Original und Modell, die Gelegentlich auch als formale Angleichung bezeichnet wird (vgl. z.B. bei NIEMEYER 1977), bezieht sich auf die Übereinstimmung derjenigen Modell- und Originalattribute, die sich auf Kompartimente von Original und Modell beziehen. Die materielle Ausprägung der Kompartimente wird dabei jedoch zugunsten ihrer Beziehung zueinander vernachlässigt. Bei dieser Form der Angleichung wird damit vom „Was-sein" der Kompartimente auf das „Wie" abstrahiert. Die materielle Ausprägung kann, muß aber nicht gleichartig sein (SPRUNG 1971: 21).

Die Aufgabe von Strukturmodellen besteht darin, allein die internen Mechanismen des Originals zu modellieren. Reine Strukturmodelle bzw. formale Modelle, sind in der Regel abstrakte Zeichensysteme ohne materielle Eigenschaften, die mit Hilfe von Werten und Funktionen die internen Beziehungen des Originalsystems abbilden. Es lassen sich mathematische und logische Strukturmodelle unterscheiden (vgl. NIEMEYER 1977: 59).

Mathematische Modelle verwenden als Abbildungsmedium arithmetische Konstanten, Variablen und Funktionen. Ein Beispiel für mathematische Modelle ist die Abbildung biologischer oder ökologischer Systeme mit Hilfe von Differenzialgleichungen. In Bezug auf das abgebildete System gelten nur logische Analogien; das heißt, den strukturellen Originalattributen sind arithmetische Werte zugeordnet und das Zusammenspiel der Attribute und ihr Einwirken auf andere (Relation der Attribute) wird durch arithmetische Operatoren und Algorithmen dargestellt.

Logische Modelle dagegen verwenden als Abbildungsmedium logische und arithmetische Konstanten, logische und arithmetische Variablen und logische Funktionen, wie sie sich zum Beispiel auch in Programmsprachen ausdrücken lassen (Computermodelle). Ein Beispiel für logische Modelle ist die Abbildung von ökologischen Systemen durch Fluß- oder Kreisdia-

gramme.[27] Auch hier gelten bezogen auf das abgebildete System nur logische Analogien, das heißt, die Attribute werden durch arithmetische und logische Werte abgebildet, und das Zusammenwirken und wechselseitige Einwirken der Attribute wird durch logische Operatoren und logische Algorithmen (Ablaufregeln) dargestellt.

Der Grenzfall einer minimalen strukturellen Angleichung zwischen Original und Modell besteht dann, wenn alle von der Abbildung erfaßten[28] formal-strukturellen Eigenschaften bzw. Attribute des Originales auf genau ein modellseitiges Element bzw. Individuum mit einer Eigenschaft verkürzt wird (vgl. STACHOWIAK 1973: 143). Ein Beispiel für eine minimale strukturelle Angleichung zwischen Original und Modell ist die Abbildung einer ganzen Stadt durch einen Punkt auf der Landkarte. Modelle dieser Art werden auch als „Atommodell" bezeichnet.

Der andere Grenzfall ist der Fall der maximalen strukturellen Angleichung, also die Strukturgleichheit oder **Isomorphie** (vgl. KLAUS 1968: 291-292). Zwei isomorphe Systeme unterscheiden sich nur im Hinblick auf die Art ihrer Elemente (z.B. Zustände, Variablen), nicht aber in der Anzahl der Elemente und in der Art und Weise ihrer Beziehung zueinander (vgl. MÜLLER 1983: 59).

Nach HARBORDT (1974: 58) sind ein Original und ein Modell dann isomorph, wenn

1) jedem Element des Originals ein Element des Modells eindeutig zugeordnet ist und diese Zuordnung eindeutig umkehrbar ist,
2) jeder Relation innerhalb des Originals eine Relation innerhalb des Modells eindeutig zugeordnet ist und die Zuordnung ebenfalls umkehrbar ist,
3) einander zugeordnete Relationen nur einander zugeordnete Elemente enthalten

Legt man die attributenlogische Modelldefinition STACHOWIAKS zugrunde (vgl. Kap. 2.2.2.5), bedeutet das, daß Originalindividuen in Modellindividuen und eigentliche Originalattribute in eigentliche Modellattribute überführt werden (vgl. STACHOWIAK 1973: 142). Jede zwischen Originalindividuen bestehenden Relation wird in eine Relation zwischen den, entsprechend der Abbildungsvorschrift zugeordneten Modellindividuen überführt.

Isomorphie impliziert eine wechselseitige Modellierbarkeit, das heißt, jedes der strukturgleichen Systeme kann als Modell für das andere System gelten, wobei durch eindeutige Zuordnungsvorschriften einer bestimmten Eigenschafts- oder Attributenmenge des einen Systems eine ganz bestimmte Eigenschafts- oder Attributenmenge des anderen Systems zugeordnet werden kann. Kann zwischen den zwei Systemen, Original und Modell, Isomorphie nachge-

---

[27] HANSSMANN (1987: 7) nennt gerade die Flußdiagramme als Beispiel für analoge und damit materielle Modelle. Das macht deutlich, daß die Abgrenzungen keinesfalls eindeutig zu ziehen sind und es in jedem Fall schwierig ist, konkrete Modelle eindeutig den Klassen zuzuordnen.

[28] Die Einschränkung "alle von der Abbildung erfaßten" Originalattribute macht STACHOWIAK bei allen Original-Modell-Angleichungen. Es besteht jedoch das Problem, im konkreten Fall zu unterscheiden, welche Originalattribute zu einem Modellattribut zusammengefaßt wurden und welche schlicht nicht beachtet wurden.

wiesen werden, gelten demnach alle bewiesenen Aussagen über das Modell auch für das Original (vgl. VOGT 1983: 102).[29]

Dennoch ist Isomorphie als Ziel der Modellbildung - insbesondere wenn es sich um die Abbildung natürlicher Erscheinungen handelt - ungeeignet. Ein isomorphes Modell würde die gleiche Komplexität besitzen wie das Original und damit keine Vorteile hinsichtlich der Behandlung aufweisen. Das vorrangige Ziel der Modellbildung, das Original zu vereinfachen und dadurch leichter handhabbar zu machen, würde verfehlt.

Es ist festzuhalten, daß bedingt durch die Begrenztheit aller Wirklichkeitserfahrung zwischen einer als real vorausgesetzten Wirklichkeit und den konzeptuellen erfahrungswissenschaftlichen Modellen dieser Wirklichkeit bestenfalls eine strukturelle Ähnlichkeit (Homomorphie) bestehen kann, nie jedoch eine Isomorphie. Isomorphie kann es nur zwischen zwei konzeptuellen Systemen geben, da deren Eigenschaftsmengen bzw. Attributenklassen jeweils vollständig bekannt sind und sich durch festgelegte Korrespondenzregeln einander eindeutig zuordnen lassen.

Im praktischen Modellbildungsprozeß wird die strukturelle Angleichung also zumeist - schon um mit Rücksicht auf den Zweck die Modellbildung zu vereinfachen - im Bereich partieller Strukturangleichung und das heißt, im Bereich homomorpher Abbildung liegen.

Ein Modell und sein Original sind also dann homomorph, wenn jedem Element des Modells ein Element des Originals eindeutig zugeordnet werden kann, aber nicht umgekehrt. Gleichzeitig kann jeder Relation innerhalb des Modells eine Relation innerhalb des Originals zugeordnet werden, was ebenfalls nicht umgekehrt gilt (HARBORDT 1974: 59). Dabei beziehen sich die vom Modell erfaßten Originalrelationen nur auf Elemente, die einander entsprechend der ersten Bedingung zugeordnet sind. Es werden also nicht alle Elemente und Relationen des Originalsystems vom Modell abgebildet, so daß die Struktur von Original und Modell zwar ähnlich bzw. analog, aber nicht gleich ist. Die von der Original-Modell-Abbildung nicht erfaßten Originalattribute werden als präterierte strukturelle Attribute bezeichnet (vgl. Kap. 3.2.4.1).

Für die Analyse und Beurteilung von Modellbildungen ist es häufig von Interesse den Grad der strukturellen Angleichung zwischen Modell und Original zu bestimmen. Dieses setzt jedoch voraus, daß die im Einzelfall abbildungsrelevanten Originalattribute und die Modellattribute in ihrer Gesamtheit bekannt sind. Für den Fall, daß diese Bedingung erfüllt ist, bietet die Allgemeine Modelltheorie Stachowiaks für den Vergleich einen auf der Attributenlogik basierenden formalisierten Quantifizierungsansatz (vgl. STACHOWIAK 1973: 327ff).

---

[29] Für die im Rahmen dieser Arbeit im Vordergrund stehende Modellfunktion, nämlich die Erklärung von Zusammenhängen durch die Übertragung von Erkenntnissen aus dem Modell auf das „reale System“, ist zunächst zu untersuchen, ob es zwischen einem „realen System“ und seinem Modell eine Isomorphie gibt oder grundsätzlich geben kann und wie ggf. der Grad der strukturellen Angleichung bestimmt werden kann.

Bei Originalen und Modellen, die rämlich-metrisch bestimmt sind, ist mit der Frage der materialen und strukturellen Angleichung die Frage der Maßstäblichkeit eng verbunden.

Hier sind nach STACHOWIAK (1973: 153f) grundsätzlich folgende drei Fälle denkbar:

Kopie: Räumlich-metrische Modelle, die im geometrischen und meßtechnischen Sinne mit ihren Originalen vollständig kongruieren, die also mit den strukturellen und materialen Beschaffenheiten ihrer Originale (Isomorphie und Isohylie) auch die geometrischen Eigenschaften und Relationen unverändert wiedergeben.

Strukturkopie: Räumlich-metrische Modelle, die unbeachtet der materialen Beschaffenheit ein anschaulich-räumliches Original unter Beibehaltung der strukturellen Eigenschaften (Isomorphie) und der geometrischen Verhältnisse abbildet.

Maßstabsmodelle: Räumlich-metrische Modelle, die das Original in verkleinertem (räumliches Kontraktionsmodell) oder vergrößertem (räumliches Dilatationsmodell) Maßstab abbilden. In diesem Zusammenhang muß darauf hingewiesen werden, daß bei der Original-Modell-Abbildung neben der Maßstäblichkeit auch Fragen der Flächen-, Winkel- und Abstandstreue eine Rolle spielen können (z.B. bei der Kartographie).

3.2.4.4 Funktionale Angleichung

Das Verständnis von dem, was unter funktionaler Ähnlichkeit von Modell und Original verstanden wird, hängt nicht zuletzt vom jeweiligen Verständnis des Funktionsbegriffs ab. Versteht man in Anlehnung an KLAUS (1968: 215) die Funktion eines Gegenstandes (Seins) als die Abstraktionsklasse seiner möglichen Verhaltensweisen, hängt es vom Bezugsgegenstand ab, was unter der Funktion eines Modells bzw. Originals und entsprechend unter funktionaler Ähnlichkeit verstanden wird. Bezieht man diesen Funktionsbegriff auf das gesamte Modell bzw. Original, wird die Funktionsangleichung zur Verhaltensangleichung (Black-Box-Modelle). Bezogen auf die einzelnen Kompartimente des Modells und des Originals bedeutet dieser Funktionsbegriff eine Angleichung in der inneren Funktionsweise von Modell und Original.

Werden Funktions- und Verhaltensangleichung bewußt unterschieden, wird – wie bereits angedeutet – die Übereinstimmung in der inneren Verhaltensweise, das heißt die Verhaltensweise oder besser die Beziehungen der Kompartimente zueinander, als funktionale Angleichung bezeichnet. Funktionale Angleichung von Modell und Original bedeutet also eine Angleichung im Verhalten der Kompartimente und das heißt in den Beziehungen der Kompartimente untereinander.

Eine in diesem Sinne verstandene Ähnlichkeit in der Funktion von Modell und Original setzt damit zugleich eine Ähnlichkeit der Struktur voraus und zieht eine Ähnlichkeit im Verhalten nach sich. Die Betrachtung der in diesem Sinne verstandenen funktionalen Ähnlichkeit von

Modell und Original kann also nicht unter Vernachlässigung der Struktur von Modell und Original erfolgen, wie dieses u.a. bei SPRUNG (1971: 21) ausgeführt wird, der von einem Verständnis von funktionaler Ähnlichkeit ausgeht, das eher einer Verhaltensangleichung entspricht.

3.2.4.5 Verhaltensangleichung

Eine bewußte Unterscheidung von Funktionsangleichung und Verhaltensangleichung vorausgesetzt, wird unter der Verhaltensangleichung von Modell und Original die Übereinstimmung oder Ähnlichkeit in der äußeren Verhaltensweise des Modells und des Originals als Ganzem verstanden. Obwohl sicher sowohl die Struktur, also die Zahl und Art der Kompartimente und der sie verbindenden Relationen als auch die Art der Relationen, also die internen Funktionen, als bestimmend für das Verhalten angesehen werden können, wird im Verhaltensmodell von ihnen abstrahiert. Das Verhalten kann als reaktives oder autonomes Verhalten betrachtet werden.

Reaktives Verhalten wird in der Regel verstanden als eine Outputveränderung, die eine Reaktion auf einen Input ist. Das Verhalten und damit die Zustandsänderung wird also nicht allein in Abhängigkeit von der Zeit betrachtet, sondern vor allem in Abhängigkeit und als Reaktion auf äußere Einwirkungen (vgl. z.B. KLAUS 1968). Gemessen wird das reaktive Verhalten entsprechend als Transformation von Input in Output. Der Hauptzweck einer solchen Verhaltensmodellierung ist in der Regel die Vorhersage von Reaktionen des abgebildeten Objektbereichs auf zu erwartende Einwirkungen.

Wird dagegen das Verhalten als autonomes Verhalten betrachtet, wird die Veränderung des Zustandes allein in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt.

Da von dem Verhalten oder den Beziehungen der einzelnen Kompartimente des Modells abstrahiert wird, werden Modelle, die lediglich Verhaltensangleichung zum Original aufweisen, im Kontext von Systemtheorie oder Kybernetik häufig als Black-Box-Modelle bezeichnet. Beschrieben wird das Verhalten hier in der Regel über den Vergleich der häufig als Input und Output bezeichneten Beziehungen des Originals und des Modells zu ihrer Umgebung.

Bei dynamischen Originalen und entsprechenden Modellen mit zeitabhängigen Attributen bzw. Attributenausprägungen oder -werten ist die zeitliche Ausdehnung der Veränderung wichtiges Kriterium für den Vergleich von Original und Modell. Bezüglich der zeitlichen Variabilität des Verhaltens des Modells im Vergleich zum Original sind grundsätzlich folgende drei Fälle denkbar (STACHOWIAK 1973: 181f):

Zeitkopie: Abbildung des zeitlichen Verlaufs der Zustandsänderungen in Echtzeit;

Zeitliches Kontraktionsmodell: Abbildung des zeitlichen Verlaufs der Zustandsänderungen im Zeitraffer;

Zeitliches Dilatationsmodell: Abbildung des zeitlichen Verlaufs der Zustandsänderungen in Zeitlupe.

3.2.5 Fazit:

Aus den Ausführungen zum Modell und zum Original-Modell-Vergleich lassen sich für die Analyse und Systematik von Modellen von Natur und Umwelt zwei wesentliche Aspekte ableiten. Einerseits liefert die Explikation zur Modellsubstanz die theoretische Verankerung für unterschiedlichste Modelltypologien, die sich vor allem an der Modellsprache orientieren, und zum anderen wird hier der theoretische Grundstein gelegt für eine Methodologie des Original-Modell-Vergleichs.

Die Systematisierung und Typisierung von Modellen im Hinblick auf ihr „Konstruktionsmaterial“ betrifft – bezogen auf die Modellierung von Natur und Umwelt – vor allem den Ausschnitt der semantischen Modelle und hier insbesondere wissenschaftliche semantische Modelle. Modellsubstanz bedeutet bei diesen erfahrungswissenschaftlichen Modellen die Art der Modellsprache. Gemeint sind Modellierungskonzepte wie zum Beispiel Systemkonzept oder Kybernetik, Programmiersprachen und -techniken, mathematische Algorithmen usw.

In dieser Art und Weise auf das Modellsubstrat ausgerichtete Typologien finden sich im Bereich der ökologischen Modellierung in verschiedenen Sammlungen und Datenbanken ökologischer Modelle wie zum Beispiel der ECOBAS, einer Datenbank zur Dokumentation mathematischer Formulierungen ökologischer Prozesse und dem „Register of Ecological Modells“ auf dem WorldWideWeb (vgl. http://dino.wiz.uni-kassel.de/ecobas.html). Hier sind die entsprechenden substanz- bzw. sprachbezogenen Charakteristika in den Metainformationen zu den Modellen abgelegt. Im Bereich der Theoretischen Ökologie ist es vor allem diese Art der Fragestellung, die vor allem auf die angemessene Modellsprache zielt, die unter der Überschrift Modelltheorie diskutiert werden.

Ein gewichtigeres Problem – speziell in Bezug auf die Analyse der Modellierung von Natur und Umwelt – besteht jedoch zunächst darin, daß die Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt und damit die Konstruktion der der Modellbildung zugrundeliegenden Originale bedingt durch die Vielzahl der eingenommenen Perspektiven und verwendeten Verfahrensweisen bereits sehr verschiedenartig sind, ohne daß dieses bei der Modellbildung offengelegt wird. Daher ist die eindeutige Bestimmung des Originals, wie sie für einen systematischen Original-Modell-Vergleich erforderlich ist, nicht gegeben.

Das gleiche gilt für einen Vergleich von verschiedenen Modellen hinsichtlich ihrer Eignung für bestimmte Anwendungen. Nur wenn die Originale dieser Modelle eindeutig bestimmbar sind und festgestellt werden kann, daß die verschiedenen Modelle wirklich das gleiche Original abbilden, sind sie untereinander vergleichbar.

Bevor also über eine Methodologie des Vergleichs von Modellen zur Abbildung von Natur und Umwelt nachgedacht werden kann, muß zunächst die Frage geklärt werden, wie eine eindeutige Festlegung des Originals ökologischer Modellbildung erreicht werden kann? Die Arbeit muß daher zunächst die Grundlagen schaffen, die es ermöglichen, die auf die Originalkonstruktion einwirkenden Einflüsse systematisch nachzuvollziehen und damit transparent zu machen.

3.3 Das Modellsubjekt und der Modellzweck

3.3.1 Einführung: Zum Verhältnis von Modellsubjekt und Modellzweck

Das Modellsubjekt wirkt in mehrfacher Hinsicht auf die Modellbildung. Es prägt durch seine individuellen Erfahrungen und seine wissenschaftliche Sozialisation einerseits bereits die Wahrnehmung des Originals, das heißt die Originalkonstruktion und andererseits häufig unbewußt die Konstruktion des Modells. Darüber hinaus bestimmt das Modellsubjekt den Verwendungszweck der Modelle und damit die zentrale „offizielle“ Richtschnur für die Modellkonstruktion bzw. für die Auswahl vorhandener Modelle.

Folgt man der allgemeinen Modelldefinition Stachowiaks oder Wüstnecks, ist das Modell ist geprägt vom Original und vom Modellzweck. Dieses sind beides Faktoren, die eindeutig subjektbestimmt sind. Das Original – wie bereits ausgeführt – deshalb, weil alle Wahrnehmung und Erkenntnis prinzipiell subjektabhängig ist und damit auch wissenschaftliche Erkenntnis trotz ihres Objektivitätsanspruchs nicht frei ist zum Beispiel von den einschränkenden Einflüssen individueller oder gruppenspezifischer wissenschaftlicher Sozialisation. Der Modellzweck ist geprägt vom subjektiven Bild des Ziels der Modellverwendung.

Diese mehrfache Subjektabhängigkeit oder Perspektivität der Modellbildung ist vor allem dann besonders zu beachten, wenn es darum geht, sich intersubjektiv über konkrete Modelle zu verständigen oder sich auf eine angemessene, das heißt zweckmäßige Modellbildung zu einigen, wie dieses im wissenschaftlichen Kontext notwendig ist.

Da Modellkonstrukteur und Modellanwender nicht automatisch identisch sind ist es sinnvoll und notwendig, grundsätzlich zwischen dem Subjekt und der damit verbundenen spezifischen Perspektive, also den theoretischen Hintergrund und den intendierten Zweck der Modellkonstruktion vom Modellsubjekt und der Perspektive der Modellverwendung zu unterscheiden. Diese können zwar identisch sein, müssen es aber nicht.

Die Subjektabhängigkeit der Originalkonstruktion ist bereits in Zusammenhang mit den Ausführungen zum Original (Kap. 3.1) dargestellt worden. Die hier wirksam werdenden subjektspezifischen epistemologischen Einflüsse, Paradigmen und Theoriegebäude wirken in gleicher Weise auch auf die Modellkonstruktion ein, so daß die Konsequenzen für die Analyse der Modellierung von Natur und Umwelt hier nicht noch einmal ausgeführt werden müssen.

Vielmehr soll im folgenden die zweite Ebene der subjektabhängigen Perspektivität der Modellbildung näher betrachtet werden, nämlich die Bedeutung des vom Subjekt gesetzten Zwecks der Modellbildung.

Wie STACHOWIAK (1973) mit der Frage nach dem „Wozu“ in Zusammenhang mit der pragmatischen Relativierung des allgemeinen Modellbegriffs deutlich macht, ist der Verwendungs-

zweck, zu welchem ein Modell konstruiert wurde und zu welchem es verwendet wird, das zentrale Kriterium für die Beurteilung der Qualität von Modellen.

Diese Auffassung ist gestützt auf die wissenschaftstheoretische Position des Pragmatismus. Aus dem Bewußtsein der Unmöglichkeit absoluter Wirklichkeitserkenntnis ist im Pragmatismus (z.B. PEIRCE 1878) und im Neopragmatismus (z.B. WHITE 1956) die Zweckangepaßteit und Handlungsorientierung als wesentliches Ideal der Wissenschaft in den Vordergrund getreten. Die Bewertung des theoretischen Erkennens erfolgt allein nach seinem Nutzen für die praktische Lebensgestaltung, das heißt für das Handeln. Erkenntnis wird nur dann als erstrebenswert angesehen, wenn daraus konkretes Handeln abgeleitet werden kann. Ziel pragmatischer Wissenschaft ist das Handeln. Das Erkennen wird als Werkzeug für das Handel begriffen und das Handeln bzw. die Nützlichkeit zum wesentlichen Kriterium für die Entscheidung über die Wahrheit einer theoretischen Aussage (vgl. SMITH 1978, MORENO 1980).

Dieser pragmatischen Wissenschaftsauffassung folgend ist das richtige wissenschaftliche Modell nicht dasjenige, welches die Erfahrungen der Wirklichkeit möglichst vollständig und realistisch widerspiegelt, sondern jenes welches bestmöglich das Handeln unterstützt. „By thier very nature models are incomplete and often unrealistic. They are created that way in order to be useful“ (FRIEDLAND 1977: 116).

Der Anwendungsbereich bzw. der Verwendungszweck bildet die zentrale Leitschnur für die Modellkonstruktion oder die Auswahl bereits bestehender Modelle. „Wie die Aufgabenstellung den Modellzweck bestimmt, so bestimmt dieser wiederum Art und Umfang der Modellformulierung“ (BOSSEL 1992: 28).

Die möglichen Modellzwecke oder -funktionen werden in der theoretischen Literatur zum Thema Modellbildung insgesamt auf sehr unterschiedlicher Ebene und mit sehr verschiedenem Differenzierungs- und Konkretisierungsgrad dargestellt (vgl. z.B. SPRUNG 1971, STACHOWIAK 1973, SALZMANN 1974, SIMON 1980, VOGT 1983).

Ein übergeordneter und einvernehmlich geäußerter Zweck aller Modelle und jeglicher Modellbildung besteht zunächst darin, ein Original in vereinfachender Weise zu ersetzen. Diese Originalersetzung geschieht in der Regel entweder mit dem Ziel, Informationen über das Original zu gewinnen oder bereits vorhandene Informationen über das Original zu vermitteln. Dabei können Modelle, wie bereits im Zusammenhang mit dem Modellbegriff dargestellt, gleichzeitig Abbild- und Vorbildcharakter besitzen.

Insgesamt ergeben sich aus den unterschiedlichen Zusammenstellungen von Verwendungszwecken oder Modellfunktionen im Zusammenhang mit der Modellierung von Natur und Umwelt im Hinblick auf planerische Anwendungen die folgenden relevanten Modellzwecke:

- Beschreibung, Klassifikation
- Erklärung, Theoriebildung
- Prognose
- Bewertung
- Vermittlung, Demonstration

Von besonderem Interesse für die weitere Analyse von Modellen ist in diesem Zusammenhang, inwieweit sich aus den verschiedenen Verwendungszwecken spezifische Anforderungen an die Modelleigenschaften oder den Original-Modell-Bezug ergeben. Daher soll im Folgenden versucht werden, neben der Darstellung der möglichen Modellzwecke, auch die hieraus abzuleitenden Anforderungen an die jeweiligen Modelleigenschaften aufzuzeigen.

3.3.2 Modellzweck Beschreibung und Klassifikation

3.3.2.1 Darstellung des Modellzwecks

„In einer Beschreibung formulieren wir sprachlich das Ergebnis von Wahrnehmungen und Beobachtungen; wir beschränken uns hierbei darauf, eine Antwort auf die einfache Frage zu geben ‚was ist der Fall?' bzw. ‚was war der Fall'"? (STEGMÜLLER 1983: 114).

Bezogen auf die Erfahrungswissenschaften bezeichnet SEIFFERT (1983: 156ff) die Beschreibungen als „Protokollaussagen", das heißt systematischen Darstellungen von beobachteten Ereignissen. Diese Protokollaussagen bilden die Grundlage und den Ausgangspunkt allen induktiven, erfahrungswissenschaftlichen Handelns.

Voraussetzung für eine systematische Dokumentation der wahrnehmbaren Phänomene ist eine angemessene Terminologie, das heißt ein verbindliches Set von definierten Begriffen, die den Phänomenen im Zuge der Beschreibung zugeordnet werden. Auf der Basis der Begriffsdefinitionen ergeben sich die jeweils problembezogenen Beschreibungsmethoden, die eine mehr oder weniger starke Explikation des zu beschreibenden Phänomens ermöglichen. Besondere Bedeutung, nicht nur in Bezug auf die Beschreibung natürlicher Systeme, haben in diesem Zusammenhang quantitative Methoden (z.B. Messen, Zählen, Wiegen) erlangt, die häufig die Grundlage für numerisch-mathematische Beschreibungen liefern.

Die Beschreibung von Phänomenen ist mit einer mehr oder weniger starken Explikation verbunden. Das heißt, Beschreibungen können auch Eigenschaften verdeutlichen, die dem Betrachter nicht ohne weiteres offenstehen. Besonders in Zusammenhang mit ökologischen Fragestellungen oder speziell in der Ökosystemforschung geben Beschreibungsmodelle[30]

[30] Wenn im Folgenden von Beschreibungs-, Ermittlungs- oder später Erklärungsmodellen gesprochen wird, sind Modelle gemeint, die einen konkreten Seinsbereich abbilden und der Beschreibung, Ermittlung und Erklärung

als „Ermittlungsmodelle“ (VOGT 1983: 86) häufig nicht nur Antwort auf die Frage nach dem ‚Was‘ sondern auch nach dem ‚Wie‘ eines Sachverhaltes, indem sie bestimmte auftretende Ereignisse oder Größen in Beziehung stellen oder verknüpfen, ohne dabei jedoch Aussagen über kausale Zusammenhänge zu machen und sie damit zu erklären.[31] Da auf der Grundlage von solchen Ermittlungsmodellen kann schon Prognosen - zum Beispiel in Form von Analogieschlüssen - gemacht werden können, ohne daß die Allgemeingültigkeit der beschriebenen Zusammenhänge nachgewiesen ist, begreift zum Beispiel NINCK (1991: 55) die Explikation von Originaleigenschaften durch das Modell bereits als eine Form der Erklärung (explikative Deutung des Erklärungsbegriffs im Gegensatz zum Begriff der kausalen Erklärung).

Als Zuordnung von Erscheinungen und Phänomenen der Wirklichkeit zu definierten Begriffen ist Beschreibung letztlich immer mit einer mehr oder weniger strengen Klassifikation und Generalisierung verbunden. Der Unterschied zwischen Beschreibung und Klassifikation ist daher kein systematischer, sondern allenfalls ein gradueller.

Klassifikation bedeutet Zuordnung realer Objekte in zuvor – auf der Grundlage des gesammelten Vorwissens – abstrakt/theoretisch formulierte Kategorien (MOHR 1981: 59ff). Diese Kategorien sind „Allgemeinbegriffe“, unter die das Besondere subsumiert werden kann (HARTMANN 1953: 5ff).

Immer wenn man es mit einer unterscheidbaren Vielfalt von Dingen oder Erscheinungen zu tun hat, ist Klassifizierung ein naheliegendes Mittel, um diese Vielfalt praktisch handhabbar zu machen - seien diese Klassen nun ganze Systeme oder nur Begriffe. Dieses gilt zunächst für alltägliche künstliche Gegenstände wie auch für Dinge der unbelebten und belebten Natur. „Da sich die reale Welt nicht als Ganzes begreifen läßt, wird sie in überschaubare Systeme zerlegt ...“(VOGEL/ANGERMANN 1977: 1).

Die wissenschaftliche Methode mit der dieses geschieht, ist die „reine“ oder „generalisierende Induktion“[32] (vgl. HARTMANN 1953: 5ff). Diese Form der Induktion ist zunächst nur ordnungsschaffend und sagt nichts über die Gesetzmäßigkeit und Notwendigkeit der von ihr zugewiesenen Ordnung. „Sie sucht die Gleichheiten und Ungleichheiten an verschiedenen Gegenständen herauszustellen und bringt die verschiedenen ganzen Gegenstände (Systematik) oder Teile von ihnen (vergleichende Anatomie) in ein System von allgemeineren Begriffen und allgemeinen Aussagen (HARTMANN 1953: 5ff). Mit dieser Unterordnung unter allgemeine Begriffe kommt in diese Form der Induktion bereits ein starkes deduktives Ele-

---

dienen und nicht Modelle, die - als Metamodell - den Beschreibungs- oder Erklärungsprozeß selbst abbilden, wie zum Beispiel beim „Modell der kausalen Erklärung“.

[31] Die Abgrenzung von Beschreibung und Erklärung wird in der erkenntnistheoretischen Literatur nicht einheitlich gehandhabt. Den im Erkenntnisprozeß zu beantwortenden Fragen nach dem "Was", dem "Wie" und dem "Warum" folgend, wird die Explikation und Ermittlung von Zusammenhängen, also die Beantwortung der Frage nach dem "Wie", sowohl als Teil der Beschreibung als auch als Teil der Erklärung aufgefaßt.

[32] Hiervon zu unterscheiden ist die ‚exakte Induktion’, welche die eigentliche induktive Methode im Sinne und in der Tradition Galileis darstellt.

ment, weshalb andere Autoren (z.B. MAYR 1984: 119) die Methode als Deduktion bezeichnen.

Die Kategorien können unter rein praktischen Erwägungen gebildet werden (‚künstliche Systeme' oder ‚Identifikationssysteme') oder auf der Grundlage übergeordneter theoretischer Konzepte formuliert sein (‚natürliche Systeme', ‚echte Klassifikationssysteme').

Wird die Vielfalt der Dinge, so wie sie sich darstellt, nicht als zufällig sondern als einem übergeordnetem Prinzip gehorchend angenommen, kann die Ordnung oder Klassifikation der Dinge auch den Zweck haben, diese natürliche Ordnung der Dinge deutlich zu machen, das heißt modellhaft abzubilden.

Es lassen sich grundsätzlich absteigende und aufsteigende Klassifikationssysteme unterscheiden (MAYR 1984: 121, 191). Die absteigende Unterteilung von Klassen in Unterklassen ist typisch für als künstlich angesehene Systeme, und die Zusammenfassung von ähnlichen Objekten zu Gruppen sind typisch für den Versuch, eine natürliche Systematik aufzuzeigen.

Im Sinne des allgemeinen Modellbegriffs Stachowiaks sind Allgemeinbegriffe immer zugleich auch Konstruktionen, durch die das Besondere modellhaft abgebildet wird (vgl. STACHOWIAK 1973: 211). Ordnungs- oder Klassifikationssysteme sind danach semantische Modelle höherer Ordnung.

In der Ökologie haben Beschreibung und Klassifikation – bezogen auf „das technisch brauchbare Wissen, das die Ökologie liefert (und wofür sie bezahlt wird)" (Trepl 1987: 216) – heute (noch?) eine höhere Bedeutung als experimentelle und Kausal erklärende Methoden. Die Ökologie ist derzeit und insbesondere in Deutschland – entsprechend ihrer Tradition in der Naturgeschichte – vor allem deskriptiv-klassifikatorisch ausgerichtet (vgl. Trepl 1987).

3.3.2.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften

Modelle, die der Ermittlung, Beschreibung und Ordnung der jeweils wesentlichen Strukturen, Funktionen und Verhaltensweisen des Außenweltoriginals dienen sollen, sind dem Konzept der semantischen Stufen folgend zunächst Zeichen für interne Außenweltmodelle, das heißt für Wahrnehmungsgebilde der ersten semantischen Stufe und damit selbst Elemente der zweiten semantischen Stufe.

Voraussetzung für die Kommunizierbarkeit der Beschreibungsmodelle ist die Anerkennung oder zumindest das gleiche Verständnis der zur Beschreibung verwendeten Begriffe oder Zeichen als den Konstruktionsmaterialien des Modells. Nur wenn die Begriffe oder Zeichen mit denen die wahrgenommenen Phänomene der Wirklichkeit im Modell beschrieben werden, vom Modellkonstrukteur und von allen Modellanwendern gleich verstanden werden, ist ein einheitliches Verständnis des Modells gewährleistet.

Hieraus erwächst die Forderung, die Begriffe und Zeichen aus denen die der Beschreibung dienenden Modelle konstruiert sind, so zu definieren und zu erläutern, daß sie auch noch vor

dem Hintergrund anderer wissenschaftlicher Theoriegebäude und Paradigmen im Sinne des Modellkonstrukteurs verstanden werden können.

3.3.3 Modellzweck Erklärung

3.3.3.1 Darstellung des Modellzwecks

3.3.3.1.1 Vorbemerkung

Nach POPPER (1974: 377) besteht die Aufgabe der Wissenschaft auf der theoretischen Ebene darin, Erklärungen zu liefern, auf die dann Prognose und technische Anwendung auf der praktischen Ebene aufbauen. Entsprechend besteht auch die zentrale Funktion der wissenschaftlichen Modellbildung zum einen in der theoretischen Erklärung und zum anderen in der handlungsorientierten Prognose[33] von Phänomenen eines als Original betrachteten Realitätsausschnittes (vgl. z.B. VOGT 1983).

Im Unterschied zur Beschreibung von Phänomenen, bei denen Antworten auf die Fragen nach dem ‚Was' und dem ‚Wie' gegeben werden, sollen durch die Erklärung von Ereignissen ‚Warum-Fragen' beantwortet werden.[34] Ausgehend von der logischen Grundstruktur der ‚kausalen Erklärung', die auf HEMPEL/OPPENHEIM (1948) zurückgeht haben sich zwei wesentliche Konzepte der wissenschaftlichen Erklärung herausgebildet:

a) die deduktiv-nomologische Erklärung (streng kausale Erklärung auf der Grundlage von hochgradig bestätigten Gesetzen),

b) die deduktiv-statistische Erklärung (bedingt kausale Erklärung auf der Grundlage von statistischen Gesetzen)[35] (vgl. LENK 1983).

Neben den kausalen Erklärungen sind gerade im Hinblick auf die Erklärung natürlicher Systeme noch zwei weitere Erklärungsansätze von Bedeutung:

c) die teleologische oder finale Erklärung und

d) die funktionale Erklärung oder Funktionsanalyse (vgl. STEGMÜLLER 1969).

---

[33] POPPER vertritt die Auffassung, daß Erklärungen und Prognosen die gleiche logische Struktur besitzen und von daher zwei verschiedene Perspektiven ein und derselben Sache darstellen.

[34] Neben der erfahrungswissenschaftlichen Bedeutung des Wortes „Erklärung" im Sinne von "Erklären von Ereignissen" wird das Wort Erklären noch in einer Vielzahl anderer Bedeutungen verwendet (vgl. LENK 1972: 14).

[35] LENK (1983: 21) führt neben der deduktiv-statistischen Erklärung noch induktiv-statistische Erklärungen auf, welche zur Erklärung von Einzelereignissen herangezogen werden, die mit einer statistischen Verteilung auftreten. In diesem Fall geht es nicht um die Erklärung der gesamten Ereignisverteilung, sondern eines einzelnen Ereignisses.

3.3.3.1.2 Deduktiv-nomologische Erklärung (streng kausale Erklärung)

Nach POPPER (1976) oder HEMPEL/OPPENHEIM (1948) kann eine logische Deduktion dessen, was erklärt werden soll - das „explicandum“ -, aus gewissen Prämissen - dem „explicans“ (den erklärenden Sätzen und Bedingungen) erfolgen (vgl. Abb. 5).

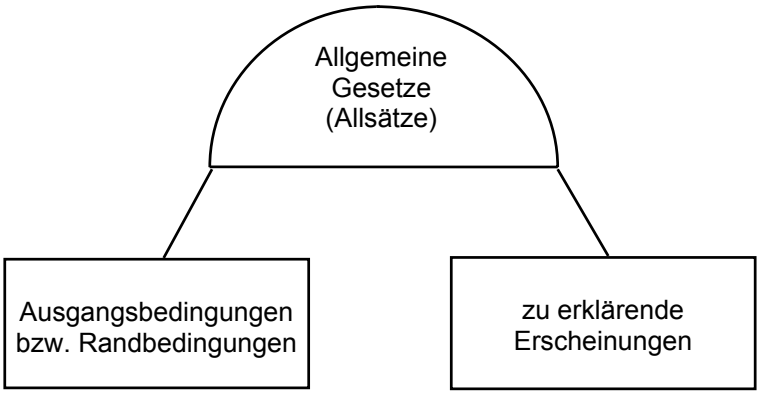


Abb. 5: Konzept der deduktiv-nomologischen Erklärung (nach HEMPEL/OPPENHEIM 1948)

Die Prämissen bzw. das explicans besteht aus zwei Klassen von Aussagen, die beide für eine Erklärung eines Phänomens E benötigt werden:

Einerseits „bestimmte konkrete Bedingungen, die entweder vor dem Phänomen E oder gleichzeitig mit ihm realisiert waren“ (1975: 450). Diese Bedingungen werden Randbedingungen, Ausgangsbedingungen oder Antecedensbedingungen genannt. Die Aussagen, die diese Bedingungen zum Inhalt haben, bezeichnet POPPER (1976: 32) als „besondere Sätze, das heißt Sätze, die nur für den betreffenden Fall gelten“, oder einfach als „Ursachen“.

Die zweite Klasse von Aussagen sind „allgemeine Sätze“, die unabhängig von einem konkreten Fall Gültigkeit besitzen und damit den Charakter allgemeinverbindlicher Regeln aufweisen und in letzter Instanz auf Gesetzeshypothesen und schließlich Naturgesetze zurückzuführen sind. Die Suche nach wissenschaftlichen Erklärungen findet somit immer innerhalb geschlossener Theoriegebäude statt, damit die zur Erklärung herangezogenen Gesetze die notwendige Anerkennung erhalten.

Für eine kausale Erklärung ist neben der Darstellung der besonderen Anfangsbedingungen immer auch wenigstens ein allgemeines Gesetz erforderlich - auch wenn dieses Gesetz manchmal so gut bekannt ist, daß es als trivial weggelassen wird (POPPER 1976).

Die der Erklärung zugrundeliegende Frage nach dem „Warum“ wird bei kausalen Erklärungen von Ereignissen also im Sinne der Frage aufgefaßt „aufgrund von welchen Antecedensdaten und gemäß welchen Gesetzen kommt dieses Phänomen vor“

(STEGMÜLLER 1983: 121). Die wissenschaftliche Erklärung besteht also aus einer logischen Ableitung des zu erklärenden Phänomens aus allgemeinen Gesetzeshypothesen und konkret gegebenen und beschreibbaren Bedingungen. STEGMÜLLER (1969: 198) schränkt mit Blick auf die These von der strukturellen Gleichheit von Erklärung und Prognose jedoch an anderer Stelle ein, daß der Ausdruck Erklärung besser nur da angewendet werden soll, „wo die Antecedensbedingungen Ursachen sind".

Ob die Erklärung eines Phänomens nach diesem Schema adäquat ist, hängt nach STEGMÜLLER (1975: 451) u.a. von folgenden Bedingungen ab:

1. „das Explanans[36] muß mindestens ein allgemeines Gesetz enthalten;

2. Explanans wie Explanandum[37] müssen einen empirischen Gehalt besitzen, sie müssen also das empirische Sinnkriterium zumindest in der weitesten Fassung erfüllen (Abgrenzung gegenüber logischen und mathematischen Beweisen einerseits, gegenüber ‚metaphysischen' Erklärungen andererseits);[38]

3. das Explanandum muß tatsächlich rein logisch aus dem Explanans ableitbar sein;

4. scheint merkwürdigerweise auch die Wahrheit des Explanans vorausgesetzt werden zu müssen, trotz der Tatsache, daß das Explanans generelle Hypothesen enthält, die prinzipiell nicht verifizierbar sind; wenn man nur verlangen wollte, daß das Explanans empirisch gut bestätigt ist, so müßte man im Gegensatz zum Sprachgebrauch in Wissenschaft und Alltag den Begriff der Erklärung mit einem Zeitindex versehen und zugeben, daß dasjenige was zu einem Zeitpunkt eine Erklärung ist, zu einem anderen Zeitpunkt keine Erklärung mehr zu sein braucht."[39]

Neben diesem streng deduktiv-nomologischen Erklärungsschema, das häufig als das Grundschema oder mit Bezug auf HEMPEL/OPPENHEIM (1948) als Hempel-Oppenheim-Schema der wissenschaftlichen Erklärung bezeichnet wird, gibt es – wie oben bereits angedeutet – noch weitere Typen von Erklärungen, die sich in ihrer logischen Struktur von der streng kausalen Erklärung unterscheiden.

---

[36] Synonym zum „explicans" bei HEMPEL/OPPENHEIM 1948

[37] Synonym zu „explicandum" bei Hempel/Oppenheim (1948).

[38] Das bedeutet für das der Erklärung dienende Modell der realen Außenwelt - wie z.B. der natürlichen Umwelt -, daß empirische Methoden angegeben werden können müssen, die zur Konstruktion des Modell herangezogen wurden.

[39] Im Hinblick auf handlungsbezogene Prognosen ergibt sich hier die Frage, wie man mit Erklärungen - die eine Voraussetzung für Prognosen darstellen – umgeht, die Teile dieser Bedingungen nicht erfüllen. Das heißt, wenn die Hypothesen z.B. nicht hinreichend bewährt sind oder es an empirischem Gehalt fehlt (Lebenserfahrungen statt empirischer Gesetze).

3.3.3.1.3 Deduktiv-statistische Erklärungen

Abhängig vom Charakter der im Explanans verwendeten Gesetzesaussagen lassen sich deterministische und statistische Erklärungen unterscheiden (vgl. STEGMÜLLER 1975: 453). Im ersten Fall werden für die Ableitung nur solche Gesetzeshypothesen verwendet, die eindeutige, das heißt keine Ausnahmen zulassende Verknüpfungen zwischen Merkmalen und Einzelereignissen behaupten. Diese deterministischen Gesetze haben die streng kausale Form: „Immer dann, wenn die und die Bedingungen erfüllt sind, treten diese und jene Ereignisse auf."

Im Bereich der naturwissenschaftlich orientierten Umweltwissenschaften sind jedoch solche deterministischen Gesetzeshypothesen eher die Ausnahme. Häufig lassen sich allenfalls statistische Gesetze formulieren, die lediglich behaupten, daß in einem bestimmten Prozentsatz der Fälle, in denen bestimmte Bedingungen erfüllt sind, diese und jene Ereignisse auftreten (vgl. Abb. 6). Im Unterschied zu nomologischen Gesetzen, die durch ‚Allsätze' gebildet werden („Alle Fäden von der und der Struktur reißen bei einer Belastung von so und soviel kg") beinhalten statistische Gesetze ‚Teils-Teils-Sätze' (Ein Teil (mit Angabe der statistischen Verteilung) der Fäden von der und der Struktur reißt bei einer Belastung von so und soviel kg und der andere Teil hält) (vgl. SEIFFERT 1983: 182ff).

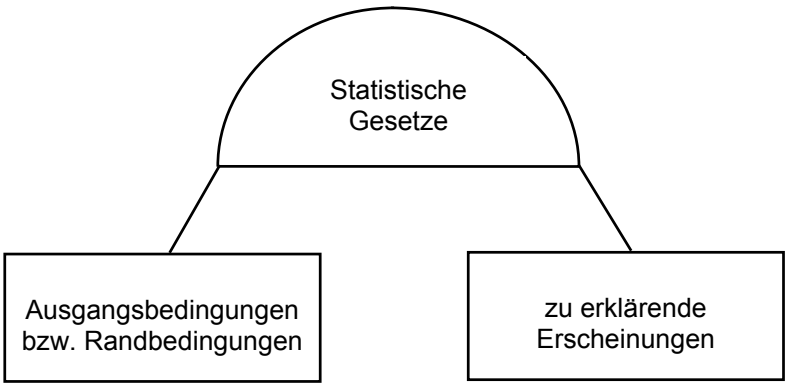


Abb. 6: Konzept der deduktiv-statistischen Erklärung (nach STEGMÜLLER 1975)

Die von diesen Gesetzen abgeleiteten statistischen Erklärungen können also nicht eindeutig sein. Die zum Beispiel auch von POPPER (1976) vertretene Forderung, daß das zu Erklärende tatsächlich rein logisch aus den Gesetzen und Randbedingungen ableitbar sein muß, muß demnach fallengelassen werden, will man auch statistische Erklärungen anerkennen.

Die Mehrdeutigkeit von statistischen Erklärungen bringt zwar eine Reihe von logischen Problemen mit sich (vgl. STEGMÜLLER 1975: 453), als Grundlage für handlungsbezogenes Prognosen jedoch kommt man gerade im Bereich der Umweltwissenschaften nicht umhin, auch statistische Erklärungen anzuerkennen, sofern die statistischen Verteilungen quantifizierbar sind.

In den wenigsten Fällen wird man in diesem Bereich für bestimmte Verteilungen jedoch objektive Wahrscheinlichkeiten[40] im Sinne der mathematischen Wahrscheinlichkeitstheorie angeben können, vielmehr wird man immer wieder auf subjektive Wahrscheinlichkeitsangaben[41] zurückgreifen müssen.

3.3.3.1.4 Teleologische Erklärung

Im Gegensatz zu dem in der Tradition des Empirismus stehenden Schema der kausalen Erklärung[42] - kausale Ableitung des zu Erklärenden aus Gesetzen und Randbedingungen - wird Erklären in den Sozial- und Geisteswissenschaften und zum Teil auch in den Biowissenschaften von vielen Wissenschaftstheoretikern eher teleologisch in der Tradition von Aristoteles interpretiert, nämlich als „intentionales Verstehen". Grundlage dieses Verständnisses von „Erklärung" ist die Auffassung, daß die meisten menschlichen Handlungen zielgerichtet verlaufen. Wenn nun diese Handlungen damit erklärt werden, daß man die Motive der handelnden Personen angibt, liegt insofern eine neue Erklärungsweise vor, als daß mit den Motiven etwas zukünftiges antizipiert wird und dieses antizipierte zukünftige Ereignis und nicht wie in der kausalen Erklärung, das dieser Handlung unmittelbar Vorausgehende, die Ursache, die gegenwärtige Handlung bedingt (STEGMÜLLER 1972). Das heißt, es wird versucht zu ergründen, mit welcher Absicht Menschen, so wie beobachtet und beschrieben, handeln (Beantwortung von „Wieso-Fragen").

Im Hinblick auf diese Unterscheidung gibt es jedoch die wissenschaftstheoretische Streitfrage, ob nicht auch Handlungen grundsätzlich kausal zu erklären sind (vgl. z.B. v. WRIGHT 1974). So vertritt auch POPPER (1976) die Ansicht, daß nicht das Ziel selbst das Handeln bestimmt, sondern vielmehr der Wunsch, dieses Ziel zu erreichen, die eigentliche Ursache des Handelns ist, und auch Handeln somit kausal erklärt werden muß. So gesehen fallen die Erklärungen aus Motiven also keineswegs aus dem Rahmen der üblichen kausalen Erklärung heraus.

Neben den Sozialwissenschaften gibt es auch in der Biologie und besonders in der Ökologie Ansätze teleologischer Erklärungsschemata. Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich, daß die teleologischen Überlegungen in der biologischen Forschung häufig lediglich einen heuristischen Wert haben (vgl. z.B. LANGER et al. 1988). Im Bereich der Umweltanalyse und Planung spielen solche teleologischen Überlegungen immer dann eine besondere Rolle, wenn es darum geht, vom Menschen gesetzte Ziele zu berücksichtigen.

---

[40] Die Angabe "objektiver Wahrscheinlichkeiten" setzt voraus, daß zuvor im Zuge von empirischen Erhebungen quantitatives oder quantifizierbares Datenmaterial gewonnen wurde, aus dem sich die Verteilung der möglichen Ereignisse objektiv "auszählen" läßt (vgl. BAMBERG/BAUR 1982 und WÄCHTLER 1992: 71f).

[41] Die Angabe subjektiver Wahrscheinlichkeiten beruht nicht auf der objektiven, statistischen Auswertung von empirischem Datenmaterial sondern auf der intuitiven Verarbeitung des individuellen Erfahrungshorizontes eines Subjekts, bezüglich der Verteilung zufälliger Ereignisse (vgl. BAMBERG/BAUR 1982 und WÄCHTLER 1992: 71f).

[42] Zum Teil wird die wissenschaftliche Methode der kausalen Erklärung mit dem Anspruch vertreten, sie auch auf sozialwissenschaftliche Problemstellungen übertragen zu können (vgl. LEINFELLNER 1980: 169).

3.3.3.1.5 Funktionsanalyse

Ähnlich der teleologischen Erklärung wird bei der sogenannten Funktionsanalyse die Frage danach, ‚warum' ein Merkmal oder ein Effekt in einem System auftritt nicht wie bei der kausalen Erklärung durch die Angabe von allgemeingültigen Gesetzen und Randbedingungen beantwortet, sondern durch das Herausstellen der Funktion oder Aufgabe, die dieses Merkmal oder der Effekt für die Erhaltung des gesamten Systems oder eines Teilprozesses erfüllt (vgl. STEGMÜLLER 1972: 458).

Die Funktionsanalyse setzt als Erklärungsschema damit eine an der Systemtheorie orientierte Betrachtung des zu erklärenden Sachverhaltes voraus und fragt nach der Bedeutung von Teilen eines Systems für das Gesamtsystem. Ein Effekt ist demnach erklärt, wenn seine Bedeutung für das Gesamtsystem aufgezeigt werden kann. Voraussetzung der Funktionsanalyse ist damit immer die Hypothese der Selbstregulation von Systemen. Nur wenn Mechanismen der Selbstregulation vorausgesetzt werden, macht es Sinn, nach dem Beitrag oder der Funktion einzelner Teile eines Ganzen für die Regulation des Ganzen zu fragen.

Gerade bei der Betrachtung biologischer Systeme hat diese Form der Erklärung erhebliche Bedeutung. So wird beispielsweise das Vorkommen von Kleinstlebewesen in Gewässern häufig dadurch erklärt, daß ihre Funktion in der Nahrungskette oder im Stoffkreislauf des Gewässers aufgezeigt wird.

3.3.3.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften

Der Aufgabe von empirischer Wissenschaft folgend, Wahrnehmungen der Wirklichkeit zu erklären, erfolgt auch die wissenschaftliche Modellbildung mit dem Ziel, die im Modell abgebildeten Ereignisse und Gegebenheiten nach wissenschaftlichen Maßstäben, also letztlich kausal zu erklären.

Maßstab für die Entscheidung über Abbilden oder Weglassen von Originaleigenschaften im Prozeß der Modellbildung ist der Zweck der kausalen Erklärung dieser Eigenschaften und damit letztlich das Vorliegen theoretisch fundierter allgemeingültiger Gesetze. Das bedeutet, im Modell werden im Idealfall nur Ereignisse und Randbedingungen abgebildet, die auch mit deterministischen oder mindestens statistischen Gesetzen in Verbindung zu bringen sind und damit – den Anforderungen an Wissenschaftlichkeit genügend – erklärt werden können. Dieses sind vor allem solche Ereignisse und Erscheinungen, für die bereits hinreichend ausgefüllte und anerkannte Theoriegebäude bestehen, aus denen die Gesetze für die spezifischen Ereignisse abgeleitet werden können.

Die im Falle der wissenschaftlichen Erklärung geforderte Reproduzierbarkeit der erklärten Ereignisse und der Randbedingungen bedeutet für das der Erklärung dienende Modell der realen Außenwelt - wie zum Beispiel der natürlichen Umwelt -, daß empirische Methoden angegeben werden können müssen, die die Konstruktion des Modells in der vorliegenden Form rechtfertigen.

Wissenschaftliche Modellbildung erfolgt immer im Hinblick auf allgemeine Gesetze und die Theoriegebäude, die diesen Gesetzen zugrunde liegen, und nicht im Hinblick auf erforderliche Entscheidungen oder steuernde Handlungen.

3.3.4 Modellzweck Prognose

3.3.4.1 Darstellung des Modellzwecks

3.3.4.1.1 Zweck von Prognosen

Grundsätzlich können Prognosen - und damit gleichzeitig auch Prognosemodelle - sowohl theoretische Bedeutung besitzen indem sie einen Beitrag zur Erkenntnisgewinnung leisten (theoretische Voraussagen), als auch praktische Bedeutung, indem sie im Rahmen von Planungsprozessen zukünftige Zustände als Entscheidungsalternativen darstellen (handlungsorientierte Voraussagen).

Theoretische Voraussagen

Im induktiven Forschungsprozeß haben Prognosen insofern theoretische bzw. heuristische Bedeutung, als daß sie als Mittel zur Verifikation und Falsifikation von Hypothesen dienen (vgl. POPPER 1976: 33). Auf der Grundlage der zu prüfenden Hypothesen werden hierzu Voraussagen getroffen. Treten die Ereignisse wie vorausgesagt ein, gilt die Hypothese als bestätigt, treten sie nicht entsprechend der Voraussage ein (und sind die Randbedingungen konstant geblieben), gilt die Hypothese als falsifiziert.

In der induktiven Forschung werden Prognosen also häufig nicht gemacht, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich die Zukunft darstellt, sondern vielmehr um Hypothesen auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Der Typ der theoretischen Voraussage hat etwa eine Form wie: „Wenn diese oder jene Standortbedingungen erfüllt sind, dann wird sich die Vegetation in der und der Zeit in dieser und jener Weise entwickeln."

Die theoretischen Voraussagen bilden damit den am wenigsten handlungs- bzw. praxisbezogenen Typ von Voraussagen. Sie haben als streng wissenschaftlicher Voraussagetyp eine Außenwelt zum Gegenstand, die vom Subjekt nur zu wissenschaftlichen, das heißt erkenntnismehrenden Zwecken verändert wird.

Handlungsorientierte Voraussagen

Von wesentlich größerer Bedeutung in Zusammenhang mit Planung im allgemeinen und ganz speziell in Zusammenhang mit Verfahren zur Umweltfolgenabschätzung ist die handlungsorientierte Prognosefunktion von Modellen.

Folgt man einem eher pragmatischen Wissenschaftsbegriff, so wird die Prognose zur zentralen Aufgabe von Wissenschaft (vgl. z.B. LENK 1972: 13). Die Erklärung von Ereignissen -

im Sinne der Suche nach allgemeingültigen Gesetzeshypothesen - geschieht danach nicht um der Erklärung willen, das heißt zur reinen Wissensvermehrung, sondern Erklärung wird als notwendige Voraussetzung für entscheidungs- und handlungsorientierte Prognosen angesehen.

Prognosen sind als Grundlage alltäglicher Entscheidungen über zukünftiges Handeln Voraussetzung für jede Art von Planung. Im Planungsprozeß, der das Ziel hat, bestimmte zukünftige Zustände herzustellen, erhält die Prognose die Funktion, die Entscheidungsgrundlage dafür zu liefern, welche Handlungen zur Zielerreichung geeignet sind. In der Prognose werden die Folgen möglicher Handlungen vorhergesagt, die dann anhand von Nutzenfunktionen, als Ausdruck der „Wünschbarkeit" dieser Folgen ausgewählt werden.

Planung ist damit Auseinandersetzung mit alternativen Möglichkeiten zukünftiger Entwicklung indem sie zwischen möglichen Handlungen entscheidet, die zu unterschiedlichen Zuständen der Zukunft führen. „Prognose macht diese Auseinandersetzung explizit" (FRIEDERICHS/BLUME 1990: 40).

Bezüglich dieser handlungsbezogenen Funktion von Prognosen lassen sich nach KNAPP (1976: 112f) „explorative" und „normative" Prognosen unterscheiden.

Explorative Prognosen beziehen sich in erster Linie auf unkontrollierbare Ereignisse und fragen nach den Folgen einer bestimmten Handlung oder Aktivität, ohne auf die „Wünschbarkeit" dieser Folgen einzugehen. Explorative Prognosen haben damit rein beschreibenden Charakter.

Der explorativen Prognose entspricht der bei STACHOWIAK (1970: 13) operational bezeichnete Typ der Voraussagen, der etwa folgende Form hat: „Wenn ein bestimmtes Subjekt diese oder jene Aktivität ausübt, so wird sich in der und der Zeit, nach bestimmten Operationsschritten, diese oder jene Veränderung der Vegetation ergeben."

Die Möglichkeit, auf der Grundlage von verifizierten Hypothesen theoretische Voraussagen machen zu können, bildet die Voraussetzung für operative Voraussagen. Diese beziehen außenweltverändernde Aktionen handelnder Subjekte und die direkten und soweit möglich indirekten Reaktionen der Außenwelt auf diese Aktionen mit ein. Dabei wird jedoch von einer relativen Konstanz der Aktionen bzw. der die Aktion auslösenden Motivation ausgegangen, das heißt die Randbedingungen werden als konstant angenommen.

Dem Typ der operativen Voraussage entspricht die Voraussage der Veränderung ökologischer Systeme als Folge von Eingriffen, wie sie zum Beispiel in Umweltverträglichkeitsstudien gefordert ist. In diesem Fall besteht das Ziel der Voraussagen darin, Sachgrundlagen für die Entscheidung zu liefern, ob der Eingriff aus Naturschutzgründen in der geplanten Form durchführt werden kann.

Abhängig von der Art der Entscheidung zugrundeliegenden Prognose lassen sich 3 Arten von Entscheidungen unterscheiden (vgl. STEGMÜLLER1969: 385, BECHMANN 1981: 99f):

- Entscheidung unter Sicherheit (auf der Grundlage von deterministische Prognosen)

  Von Entscheidung unter Sicherheit spricht man, wenn die Situation, das heißt die möglichen Handlungen und die Ausgangssituation der Außenwelt so genau beschreiben und erklärt werden können, daß die Folgen möglicher Handlungen genau voraussagbar sind und sich der Handelnde so eindeutig für die für ihn günstigste Handlung entscheiden kann. Dabei kommt es nicht auf die objektiven Verhältnisse an, sondern darauf, wie der Handelnde die Situation beurteilt. Im Falle rationaler Entscheidung werden die zugrundeliegenden Prognosen jedoch in der Regel deterministischen Charakter haben und auf kausalen Erklärungen basieren.

- Entscheidung unter Risiko (auf der Grundlage von statistischen Prognosen)

  Eine Entscheidung unter Risiko liegt dann vor, wenn die Ausgangssituation und/oder die Handlung nicht vollständig beschreibbar und erklärbar sind und daher jede der möglichen Handlungen zu verschiedenen möglichen Resultaten führen kann, die nicht sicher voraussagbar sind, für die aber jeweils Eintrittswahrscheinlichkeiten (statistische Prognose) angegeben werden können. Hier wird in der Regel jene Handlung zu wählen sein, bei der sich die günstigste Kombination aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Wünschbarkeit des sich aus der Handlung ergebenden Resultates erreicht wird ("Bayessche Kriterium")(vgl. STEGMÜLLER 1969: 387f).

- Entscheidung unter Unsicherheit (auf der Grundlage von inexakten Prognosen)

  Bei Entscheidungen unter Unsicherheit ist dem Handelnden die Ausgangssituation, die in Frage kommenden möglichen Handlungen sowie die verschiedenen möglichen Resultate der verschiedenen Handlungen so schlecht bekannt, daß sich keine Wahrscheinlichkeitsverteilungen zu den verschiedenen Resultaten der möglichen Handlungen angeben lassen.

Normative Prognosen bzw. Prognoseverfahren gehen von der Setzung bestimmter in die Zukunft gerichteter Ziele oder Normen aus und fragen danach, welche Handlungen oder Aktivitäten zu den gewünschten Zuständen führen. Normative Prognosen schaffen dafür die Sachgrundlage, um innerhalb des Planungsprozesses[43] über Handlungsalternativen entscheiden zu können.

Bei der normativen Voraussage wird die Zielfunktion des handelnden Subjekts und die Bewertung der Zielerreichung durch die vorausgesagten Veränderungen einbezogen und daraus Rückschlüsse abgeleitet auf die veränderte Motivation und die daraus resultierend Veränderung des individuellen Handelns. Normative Prognosen haben in etwa die Aussageform: „Wenn ein bestimmtes Subjekt diese oder jene Aktivität ausübt, so wird die hierdurch bewirkte Veränderung der Außenwelt die Motivation des handelnden Subjekts in diesem oder jenem Maße erfüllen.“ Durch Rückkopplung der Außenweltveränderung auf die Ziel-

[43] Planung wird hier verstanden im Sinne von Aktionsplanung, das heißt Planung von Handlungen bzw. Aktionen zur Erreichung von im Rahmen der Zielplanung gesetzten Zielen (vgl. STACHOWIAK 1970: 1).

funktion des handelnden Subjekts wird die Veränderung der Motivation des Handelns in die Voraussage einbezogen und dadurch auch auf Veränderung des Handelns geschlossen (STACHOWIAK 1970: 14).

Indem Normative Prognosen auch die Entscheidung zwischen verschiedenen Handlungsmöglichkeiten zur Erreichung eines Ziels beinhalten, haben sie zugleich den Charakter von Entscheidungsverfahren. Normative Prognosen enthalten auf jeden Fall bereits Bewertungen, so daß sich die Frage nach der Quelle und Legitimität der Wertmaßstäbe stellt (vgl. Max Webers Forderung nach der Werturteilsfreiheit der Wissenschaft, Kap. 5.2).

Für den Bereich der Umweltprognosen würde das bedeuten, daß die Rückwirkung der veränderten Umweltbedingungen auf das Handeln der Menschen mit einbezogen wird. Gegenstand der Prognose wäre nicht nur das Umweltsystem, sondern das komplexere Mensch-Umwelt-System, also auch die Wechselwirkungen zwischen Umwelt und Gesellschaft.

Wie schon am Beispiel der UVP deutlich wird, ist in der Praxis der normative und explorative Standpunkt nicht klar zu trennen. Zwar überwiegt im Falle von Voraussagen im Rahmen einer UVS (welche Umweltveränderungen bewirkt das Vorhaben?) im Gegensatz zu Voraussagen im Zusammenhang mit landschaftsplanerischen Fragestellungen (mit welchen Maßnahmen kann man die gewünschten Zustände erreichen) der explorative Ansatz, doch wird die reine Prognose (Prognose im engeren Sinne) häufig mit der Frage nach der „umweltverträglichsten“ Variante und damit mit Normen und Pflichten verbunden, was eindeutig ein normativer Standpunkt ist.

WÄCHTLER (1992: 76) plädiert jedoch dafür die beiden Standpunkte im Rahmen der UVP möglichst eindeutig zu trennen und damit deutlich zwischen Prognose (im Sinne von explorativer Prognose) und Bewertung anhand bestehender Normen und Ziele zu unterscheiden.

3.3.4.1.2 Logische Struktur von Prognosen

Voraussagen auf der Grundlage kausaler Erklärung

POPPER (1976) und HEMPEL/OPPENHEIM (1948) vertreten die Auffassung, daß Prognosen nur dann als wissenschaftlich gelten können, wenn sie ein Ereignis mit Sicherheit voraussagen können (kausal abgeleitete, streng deterministische Voraussagen). Voraussetzung hierfür ist, daß das Ereignis vollständig kausal erklärbar ist. Die Prognose ist danach in ihrer logischen Struktur identisch mit der Erklärung und nur nach pragmatischen Gesichtspunkten im Zeithorizont verändert („These der strukturellen Gleichheit von Erklärung und Prognose“). Während bei der Erklärung nach einem allgemeinen Gesetz gesucht wird, mit dessen Hilfe ein konkretes, eingetretenes Ereignis aus den Ausgangsbedingungen kausal abgeleitet werden

kann, wird im Falle der Prognose aus den bekannten Ausgangsbedingungen und dem Gesetz ein zukünftiges Ereignis kausal hergeleitet.[44].

Die Antwort auf die in der erkenntnistheoretischen Literatur viel diskutierte Frage, ob Erklärung und Prognose wirklich die gleiche logische Struktur besitzen (oder besitzen müssen?) hängt in erster Linie davon ab wie die beiden Begriffe definiert werden.[45] So erkennt Popper nur solche Voraussageformen als wissenschaftliche Prognosen an, die die gleiche logische Struktur besitzen wie die von ihm anerkannte Form der Erklärung, und das ist allein die kausale Erklärung.

STEGMÜLLER (1969) macht dagegen deutlich, daß dieser formale Prognosebegriff Poppers wesentlich zu kurz greift, um die ganze Vielfalt möglicher Prognosen, wie sie sich in den unterschiedlichen Bereichen von Praxis und Wissenschaft ergeben, zu erfassen. Dieses trifft in besonderem Maße auch auf umweltplanerische Problemstellungen zu, wo häufig Voraussagen gefordert sind weil akuter Planungs- bzw. Handlungsbedarf besteht und nicht gewartet werden kann, bis „ökologische“ Zusammenhänge von der Wissenschaft kausal erklärt werden können.

Im Bereich der Umweltforschung und -planung wird man sich häufig allenfalls auf „Quasi-Gesetze“ stützen können, das heißt gesetzesförmige Hypothesen, die sich aber häufig nur auf sehr eingegrenzte Situationen beziehen. In vielen Fällen lassen sich gar nur empirische Generalisierungen erkennbarer Zusammenhänge (Trends) zwischen Meßwerten angeben (vgl. LENK 1972: 8). Poppers Vorschlag, alle Voraussagen die nicht auf kausalen Erklärungen beruhen, als unwissenschaftlich und irrational zu verwerfen („Unmöglichkeit der Sozialprognose“), ist zwar wissenschaftlich stringent, hilft aber einer unter Entscheidungsdruck stehenden Praxis nicht weiter.

STEGMÜLLER (1969: 166ff) erweitert den Prognosebegriff Poppers und unterscheidet nach der Art ihrer Begründung 2 Typen von rationalen Voraussagen:

a) Voraussagen auf der Grundlage von Seinsgründen

   aa) kausal abgeleitete, streng deterministische Voraussagen auf der Basis von deduktiv-nomologischen Erklärungen (Dieses sind Prognosen im Sinne Poppers)
   (vgl. Kap. 3.3.3.1.2)

---

[44] Als Beispiel führt POPPER (1976: 31f) sein vielzitiertes „Fadenbeispiel" an:
„Wir haben z.B. das Zerreißen eines Fadens ‚kausal erklärt', wenn wir festgestellt haben, daß der Faden eine Zerreißfestigkeit von 1 kg hat und mit 2 kg belastet wurde.“ Diese Erklärung enthält die Gesetzeshypothese: „Jedesmal, wenn ein Faden mit einer Last von einer gewissen Mindestgröße belastet wird, zerreißt er" und die beiden Ausgangs- bzw. Randbedingungen: „Für diesen Faden hier beträgt diese Größe 1 kg" sowie: „Das an diesem Faden hängende Gewicht ist ein 2-kg-Gewicht". Aus der Gesetzeshypothese kann man mit Hilfe der Ausgangsbedingungen das Ereignis deduzieren und damit eindeutig voraussagen: „Dieser Faden wird, wenn man dieses Gewicht an ihn hängt, zerreißen".

[45] Vergleiche hierzu die Darstellungen und die Diskussion der These der strukturellen Gleichheit in STEGMÜLLER 1969.

ab) probalistische Voraussagen auf der Basis von statistischen Erklärungen (vgl. Kap. 3.3.3.1.3)

b) Voraussagen auf der Grundlage von Vernunftgründen[46]

Voraussagen auf der Grundlage von Vernunftgründen

STEGMÜLLER (1969: 166) geht bei dieser Unterscheidung davon aus, daß es verschiedene Formen von Begründungen für Erklärungen und Voraussagen geben kann. Er verdeutlicht dieses an den möglichen Formen von „Warum"-Fragen (vgl. Kap. 3.3.3.1). Es kann gefragt werden: „Warum wird das Ereignis in dieser Weise stattfinden?" Oder es kann gefragt werden: „Warum glaubst Du, daß das Ereignis in dieser Weise stattfinden wird?". Im ersten Fall wird nach realen „Seinsgründen" bzw. „Ursachen" gefragt, im zweiten Fall dagegen sind allgemeine „Vernunftgründe" bzw. „Erkenntnisgründe" gefragt.[47]

Im Gegensatz zu Popper, der nur reale Seinsgründe für die Begründung von Prognosen anerkennt, genügen Stegmüller - und damit wendet er sich gegen die „These der strukturellen Gleichheit" - auch Vernunftgründe, damit Voraussagen als wissenschaftlich bzw. rational angesehen werden können. „Wissenschaftliche Erklärungen müssen stets Ursachen (Realgründe, Seinsgründe) angeben, für wissenschaftliche Voraussagen hingegen genügen Erkenntnis- oder Vernunftgründe" (STEGMÜLLER 1969: 198).[48]

Von der Art der Begründung hängt es also ab, ob Voraussagen als wissenschaftlich-rationale Prognosen zu bewerten sind oder als bloße Prophezeihungen. Die Begründung wird so zum Maßstab für die Qualität von Prognosen.

Die Begründung wird auch von KNAPP (1976), der sich in seiner Arbeit „Logik der Prognose"[49] mit den Ansätzen Poppers und Stegmüllers auseinandersetzt und sie aus pragma-

---

[46] LENK (1972: 29) unterscheidet ebenfalls verschiedene Prognosearten nach der Art ihrer Begründung:
- Gesetzesprognosen: Prognosen auf der Grundlage von mehr oder weniger gut bestätigten
- Gesetzeshypothesen und gesetzesartigen Aussagen
- Prognosen aufgrund einer bloß empirischen Generalisierung.
LENK (1972: 29) verweist jedoch darauf, daß es bisher nicht gelungen ist, „ein einwandfreies Kriterium zu finden, das es gestattet, Naturgesetze und gesetzesartige Aussagen (d.h. solche von der logischen Form eines Naturgesetzes) von anderen, nur empirischen Generalisierungen (...) logisch-strukturell zu trennen."

[47] Ein Beispiel für eine Voraussage auf der Grundlage von Seinsgründen wäre: „Morgen wird es hier regnen, da es heute 500 km westlich von hier regnet und ein kräftiger Westwind weht." Eine Voraussage zu diesem Thema auf der Grundlage von Vernunftgründen wäre: „Morgen wird es hier regnen, weil der Wetterbericht es so gemeldet hat."

[48] Das bedeutet also, daß auch für Vorgänge oder Sachverhalte Prognosen möglich sind, die nicht durch nomologische oder statistische Gesetzeshypothesen erklärt werden können, sondern für die lediglich empirische Generalisierungen vorliegen (vgl. LENK 1972: 29). Prognosen sind damit auch möglich auf der Basis bloßer Beschreibungen bzw. Explikationen, die zu Ermittlungsmodellen führen, durch die nicht nur Meßwerte dargestellt werden, sondern die auch ggf. Abhängigkeiten zwischen den Werten aufzeigen (vgl. Kap. 3.3.3.1).

[49] Eine ausführliche Auseinandersetzung mit dieser Arbeit aus der Sicht der Umweltplanung findet sich bei WÄCHTLER (1992: 79ff).

tischer Sicht[50] weiterentwickelt, als das zentrale Kriterium zur Beurteilung und Klassifizierung von Prognosen herangezogen. KNAPP (1978: 13ff) macht zunächst deutlich, daß sich auch komplexe Prognoseausdrücke immer auf einfache „Ausdrücke der Erwartung" reduzieren lassen: „Es wird erwartet, daß das Ereignis in dieser Weise stattfinden wird." Erwartungen, die im Sinne Knapps als Prognosen aufgefaßt werden können, müssen begründbar sein. „Der Prognostiker muß in der Lage sein, einen plausiblen Grund für die geäußerte Erwartung anzugeben" (KNAPP 1978: 14).

Vor diesem Hintergrund besteht das Kernproblem der Prognosenerstellung darin, die Prognose ausmachenden Erwartungsausdrücke als begründet auszuzeichnen bzw. zu entscheiden, ob die Erwartungsausdrücke als begründet anzuerkennen sind oder nicht (vgl. KNAPP 1978: 9). Diese Entscheidung ist immer zu einem Zeitpunkt zu treffen, zu dem noch nicht abzusehen ist, ob das erwartete Ereignis wirklich eintritt oder nicht. Wesentlich ist, ob eine Prognose gerechtfertigt ist oder nicht, unabhängig davon ob sie enttäuscht wird oder nicht (vgl. STEGMÜLLER 1973: 284f).

Begründungen für Erwartungen lassen sich auf verschiedene Arten geben. Entscheidend ist für Knapp nicht in erster Linie, ob die Begründung objektiv nachvollziehbar ist, sondern „ob die gewählte Art der Begründung der vorliegenden Situation, das heißt dem gestellten Prognoseproblem entspricht oder nicht" (KNAPP 1978: 19). Das bedeutet, daß die Unterschiede in der Problemstruktur ganz maßgeblich die Wahl des geeigneten Begründungsverfahrens für die geäußerte Erwartung bestimmen.

Voraussagen auf der Grundlage von Delphi-Verfahren, also Expertenbefragungen, können also trotz ihrer Subjektivität als hinreichend begründet angesehen werden, wenn das entsprechende Prognoseproblem keine objektiveren Begründungsverfahren möglich macht.

3.3.4.1.3 Exakte und inexakte Prognoseprobleme

KNAPP (1978: 25ff) unterscheidet grundsätzlich exakte Prognoseprobleme und inexakte Prognoseprobleme.[51] Unterscheidungskriterium ist die Verfügbarkeit der zur Erstellung der Prognose relevanten Information.

Als „relevant" bezeichnet KNAPP (1978: 129) die Information, die zur Begründung einer Erwartung notwendig ist und dadurch eine Erwartung als Prognose auszeichnet. Die beobachtbaren Meßwerte, auf die sich eine Prognose in der Regel stützt, bezeichnet KNAPP

---

[50] Im Gegensatz zu Popper, der das Prognoseproblem von der erkenntnistheoretischen Seite her betrachtet und nach den Voraussetzungen für eindeutige Prognosen fragt, geht Knapp von der pragmatischen Seite aus und fragt – bezogen auf die Situationen in denen Handlungsbedarf und damit Prognosebedarf besteht –, welche Voraussagen bei welchem Erkenntnisstand möglich sind.

[51] Diese Unterscheidung deckt sich zum Teil mit der sonst häufig vorgenommen Differenzierung in kurz-, mittel- und langfristige Prognoseprobleme. Kurzfristige Prognosen sind in der Regel die exakteren, weil leichter eine vollständige Informiertheit zu erreichen ist. Umgekehrt wird bei langfristigeren Prognosen die relevante Information größer und damit schwerer vollständig zu erfassen. Die Zeitspanne, die jeweils als kurz- mittel- oder langfristig zu bezeichnen ist, ist abhängig von dem spezifischen Prognoseproblem.

(1978: 129/130) als „irrelevante“ Information, da sie allein keine Begründung für Erwartungen liefern. Erst durch zusätzliche, relevante Informationen, zum Beispiel über den Zusammenhang der beobachteten Werte oder Vergleichswerte werden Erwartungen begründbar und damit zu Prognosen.

Bei **exakten Prognoseproblemen** sind alle den zukünftigen Ereignisausgang bestimmenden Parameter (Ausgangs- bzw. Randbedingungen und Gesetze) bekannt und die zur Begründung der entsprechenden Erwartungen relevante Information liegt entweder vollständig vor (theoretische Prognosen), so daß das zu prognostizierende Ereignis direkt erschlossen werden kann, oder sie sind unvollständig, aber nicht weiter vervollständigbar (probalistische Prognosen), so daß letztlich nicht begründet werden kann, daß eine konkret erwartetes Ereignis tatsächlich eintritt, wenn dieses Eintreten von Zufallsprozessen abhängt. Bei exakten Prognoseproblemen lassen sich die Voraussagen also im Sinne STEGMÜLLERs (1969) (s.o.) allein auf der Grundlage von Seinsgründen streng deterministisch oder probalistisch ableiten.[52]

Bei **inexakten Prognoseproblemen** dagegen gibt es wenigstens einige Parameter bzw. Begriffe, die nicht bekannt sind oder für die nicht eindeutig bestimmbar ist, ob sie zur relevanten Information gehören. Die für das Prognoseproblem relevante Information ist damit unvollständig - im Gegensatz zu den probalistischen Prognoseproblemen jedoch vervollständigbar. Dabei wird der Bedarf an zusätzlicher, relevanter Information um so größer sein, je länger der Prognosezeitraum ist.

Es ist daher das Hauptcharakteristikum prognostischer Tätigkeit, insbesondere im Zusammenhang mit inexakten Prognoseproblemen, in interpretierender Weise zum Prognoseproblem Stellung zu beziehen (vgl. WÄCHTLER 1992: 88) und es unter Hinzuziehung aller verfügbaren oder ermittelbaren relevanten Informationen im Modell abzubilden um, damit zur Begründung der Erwartungen beizutragen.

Eine Prognose ist um so begründeter, je mehr relevante Informationen vorliegen, die einen Zusammenhang zwischen den Ereignissen der Ausgangssituation deutlich machen. Diese Informationen betreffen auch bloße empirische Generalisierungen wie zum Beispiel Trendaussagen. Dieses sind außerlogische Informationen zum Beispiel aus dem Vorwissen des Beobachters, die von den direkten Informationen aus Beobachtungen, wie sie zum Beispiel die reinen Meßwerte darstellen zu trennen sind. Damit ergibt sich für inexakte Prognoseprobleme folgende Informationsstruktur:

a) Beobachtungen in Form von reinen Protokollaussagen (z.B. Meßwerte),
b) relevante Informationen über Beobachtungen in Form von empirischen Generalisierungen wie zum Beispiel Trendfunktionen,

[52] Auch statistische Prognoseprobleme sind demnach exakt, obwohl bestimmte Ereignisse nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden können. Die relevante Information liegt jedoch vollständig vor, wenn die Wahrscheinlichkeitsverteilungen quantifiziert werden können.

c) Zusatzinformationen in Form von allgemeinem Vorwissen.

Es ist Aufgabe des Prognostikers, abhängig von seinem Standpunkt und der Prognoseaufgabe zu entscheiden, welche zusätzliche relevante Information letztlich noch ermittelt werden muß.

Folgt man dieser Klassifizierung Knapps, so muß man den weitaus größten Teil der im Bereich der Umweltplanung anfallenden Prognoseprobleme als inexakt einstufen.

Im Unterschied zu den exakten Prognoseproblemen mit vollständiger Informiertheit kann bei inexakten Problemen mit unvollständigen, aber vervollständigbarer Informiertheit nicht direkt von empirischen Gegebenheiten auf zukünftige Ereignisse geschlossen werden (empirische Begründung von Erwartungen), sondern immer nur von Annahmen auf Erwartungen. Diese Annahmen, von denen auf erwartete Ereignisse geschlossen wird, stellen die modellhaft dargestellten relevanten Informationen des Prognoseproblems dar (modellhafte Begründung von Erwartungen).

3.3.4.1.4 Formen prognostischer Aussagen

Unabhängig von der Exaktheit des Prognoseproblems lassen sich hinsichtlich der Aussagenschärfe grundsätzlich zwei Vorraussagearten unterscheidet (TOULMIN 1968: 38, zit. nach LENK 1972: 25ff):

a) Direkte, kategorische Aussagen
   wie zum Beispiel : „Morgen wird die Sonne aufgehen“ und

b) Bedingte, eingeschränkte Aussagen
   wie zum Beispiel : „Falls es im Mai noch einmal schneit, wird die Obstblüte vernichtet werden“

Im Fall der bedingten Aussagen wird das Eintreten der vorausgesagten Ereignisse von dem noch offenen Eintreten bestimmter Randbedingungen abhängig gemacht. Bei kategorischen Aussagen dagegen wird davon ausgegangen, das alle Haupt- und Randbedingungen bereits eingetreten sind und - das ist sehr wichtig - so wie sie zum Zeitpunkt der Voraussage bestehen, erhalten bleiben.

Voraussagen jeglicher Art - einschließlich der streng wissenschaftlichen Voraussagen im Sinne Poppers - sind also grundsätzlich nur unter der Vorbehaltsklausel **„rebus sic stantibus“** (so wie die Dinge jetzt stehen) oder **„ceteris paribus“** (wenn alles übrige gleich bleibt) möglich (vgl. SEIFFERT 1983: 193). Selbst wenn man unterstellt, daß die Gesetze als solche sicher sind, können sich die Randbedingungen so verschieben, daß das vorausgesagte Ereignis nicht mehr eintreten kann. Im Falle des Fadenbeispiels Poppers müßte man zum Beispiel einschränkend sagen, der Faden zerreißt bei dem vorausgesagten Gewicht, wenn der Haken, an dem er befestigt ist, sich nicht vorher aus der Verankerung löst.

„Realwissenschaftliche Theorien ermöglichen (...) Prognosen, die allerdings Geltung immer nur für entsprechend vorliegende Anwendungsbedingungen der Theorie beanspruchen

können, wobei die Anwendungsbedingungen ihrerseits durchaus nicht voraussagbar sein müssen“ (FIJALKOWSKI 1967: 137, zit. nach SEIFFERT 1983: 193). „Voraussagen sind also prinzipiell unsicher“ (SEIFFERT 1983: 194).

Die Zuverlässigkeit, daß bestimmt Prognosen eintreten, ist also neben der Sicherheit bzw. dem Grad der Bestätigung der Gesetze auch und teilweise sogar wesentlich stärker abhängig von der Sicherheit der Konstanz der Randbedingungen.

Gerade auch im Bereich der Umweltforschung, bei der Prognose des Verhaltens ökologischer Systeme, ist die adäquate Erfassung und die Konstanz der Randbedingungen ein häufig wesentlich größeres Problem für die Formulierung von Prognosen als die Verfügbarkeit allgemeingültiger Gesetze. „Das Feld der Ökologie scheint eher von der Art zu sein, in der die ‚Randbedingungen’ entscheidend sind und nicht die - oft trivialen- ‚Gesetze’“ (TREPL 1987: 216). Auf diese Randbedingungen – die Besonderheiten eines bestimmten Falls – ist aber gerade das Interesse der deskriptiv-klassifikatorischen Ökologie gerichtet, die sonst eher im Gegensatz zur theoretischen und prognostischen Ökologie gesehen wird.

Bei der Beurteilung der Qualität von Prognosen geht es nicht um die Frage, ob die Voraussage richtig oder falsch ist in dem Sinne, ob das prognostizierte Ereignis wirklich eintritt oder nicht. Diese Frage ist immer nur expost zu beantworten und kann daher nicht Grundlage zum Beispiel für die Auswahl von Prognosen sein. Der entscheidende Ansatzpunkt zur Beurteilung von Prognosen ist vielmehr die Frage, ob sie unter den gegebenen Bedingungen begründet oder gerechtfertigt ist - unabhängig davon, ob sie später tatsächlich bestätigt oder enttäuscht wird. Die Richtigkeit einer Erwartung kann nicht über die Bestimmung von Wahrheitswerten ermittelt werden.

3.3.4.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften

Zur Prognose herangezogene Modelle haben die Aufgabe, den der Prognose zugrundeliegenden Informationsstand über den Prognosegegenstand in geeigneter Weise abzubilden. Je nach Prognosetyp und Aussageform der Prognose ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das der Prognose dienende Modell (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: Prognosetypen, Prognoseprobleme und Aussageformen von Prognosen

Theoretische Voraussagen	⇔	**Handlungsorientierte Voraussagen** - explorative Prognosen - normative Prognosen
exakte Prognoseprobleme - kausal abgeleitete, deterministische Voraussagen - probalistische Voraussagen	⇔	**inexakte Prognoseprobleme** - Voraussagen auf der Grundlage von Vernunftgründen
kategorische Aussagen ("rebus sic stantibus")	⇔	**Bedingte, eingeschränkte Aussagen ("ceteris paribus")**

Die dazugehörigen theoretischen, operativen und prospektiven Modelle sind empirische Modelle, die die unmittelbare Ableitung von Voraussagen des entsprechenden Typs ermöglichen.

Entsprechend dem erweiterten Prognosebegriff Stegmüllers und Knapps muß ein der Prognose dienendes Modell nicht notwendig auch zugleich eine streng definierte Erklärungsfunktion haben. Wohl aber muß ein solches Modell den Prognosegegenstand so beschreiben oder explizieren, daß er mit allgemeinen Aussagen in Verbindung gebracht werden kann, die bei inexakten Prognoseproblemen die Rolle von Gesetzen übernehmen können.

Durch eine Modellbildung, die streng kausal-deterministische Erklärung erlaubt, kann „innerhalb“ des Modells zwar ein exaktes Prognoseproblem erzeugt werden, nicht jedoch in Bezug auf die Übertragung der Prognoseergebnisse auf das Original. Ein inexaktes Prognoseproblem kann durch entsprechende Modellbildung also nicht einfach zu einem exakten Prognoseproblem umgeformt werden.

Da bei inexakten Prognoseproblemen mit unvollständiger Informiertheit die wirksamen und die die zukünftigen Ereignisse beeinflussenden Gegebenheiten nicht vollständig bekannt sind, muß man sich durch die Konstruktion von Modellen für Prognosezwecke auf eine begründbar bedeutsame Auswahl an relevanter Information beschränken. Die Prognosemodelle sollen die betreffenden Erwartungen begründen, indem bestimmte Annahmen über die Problemstruktur gemacht werden, die die Auswahl an relevanter Information ermöglichen (vgl. KNAPP 1978: 135). „Prognosemodelle“ liefern also keine Voraussagen, sondern helfen lediglich Erwartungen zu begründen.

Der Prognose dienende Modelle müssen die Rand- und Ausgangsbedingungen darlegen, aus denen mit Hilfe von allgemeinen Gesetzen oder gesetzesähnlichen Allgemeinaussagen oder Vernunftgründen zukünftige Bedingungen vorhergesagt werden können.

Eine besondere Form von Modellen, die zu Prognosezwecken eingesetzt werden, sind Simulationsmodelle. Simulationsmodelle bilden den Prognosegegenstand in seinen Beziehungen als Netz von Prozessen zeitabhängig nach. Ein Simulationsmodell ist nicht nur dynamisch, sondern auch operativ, das heißt es kann in den Ablauf des Modells eingegriffen werden, um die Reaktion des Modells zu testen – in der Annahme, daß die Modellreaktion die Reaktion des Originals abbildet.

3.3.5 Modellzweck Bewertung

3.3.5.1 Darstellung des Modellzwecks

Überall da, wo etwas auszuwählen oder über Handlung zu entscheiden ist, geschieht dieses auf der Grundlage von Bewertung. Im alltäglichen Leben vollziehen sich diese Bewertungsschritte so selbstverständlich, daß sie häufig gar nicht bewußt als solche wahrgenommen werden.

Im Zusammenhang mit der Auswahl von Wahrnehmungen wirken Werte und Werthaltungen regulativ, indem sie helfen, das jeweils Wichtige vom Unwichtigen zu trennen. In Zusammenhang mit Handlungen und Verhaltensweisen ermöglichen Werte und Werthaltungen einerseits die Entscheidung über die Art und Weise des Verhaltens bzw. der Handlung, und sie dienen andererseits dazu, beides zu legitimieren. Dieses gilt sowohl für individuelle als auch für politische Entscheidungen.

Der Schritt der Bewertung bildet damit nicht zuletzt auch die Brücke zwischen wissenschaftlichem Erkennen und planerischem Handeln.

Die Bewertung ist eine besondere Form der Stellungnahme des wertenden Subjekts zum bewertenden Objekt, dem Wertträger. Diese Relation hat drei Dimensionen oder Komponenten (vgl. KRAFT 1951, BECHMANN 1978, 1981, 1989):

- Kenntnisse über den Gegenstand
  (Sachmodell des zu bewertenden Ausschnittes der Wirklichkeitserfahrung),
- Ein Wertsystem
  (Werte oder Werthaltungen, die als Wertfundament oder als Wertmaßstäbe für die Begründung einer Stellungnahme dienen)
- Das wertende Urteil
  (Die Stellungnahme zum Objekt, durch die das Wertsystem auf das Sachmodell angewendet wird).

In der Bewertung werden die im Wertsystem enthaltenen Werte oder Wertmaßstäbe mit dem im Modell des Wertträgers repräsentierten Sachwissen zu Wertungen des Wertträgers verknüpft (vgl. Abb. 6).

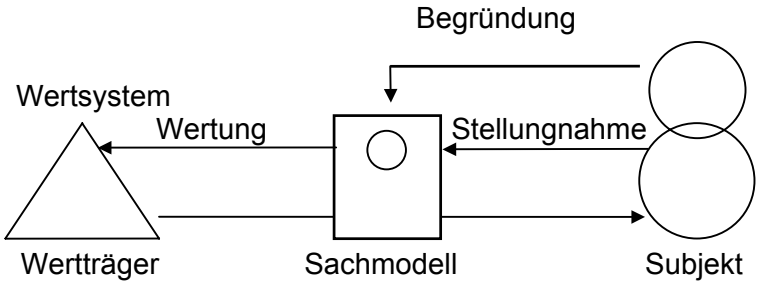


Abb. 6: Dimensionen einer Wertung (nach BECHMANN 1989: 90)

Die von einem Subjekt getroffenen Wertungen können für einen außenstehenden Beobachter in zwei Formen zum Ausdruck kommen (BECHMANN 1988):

- durch praktische Werthaltungen,
- durch Wertaussagen.

Durch praktische Werthaltungen wird die Wertung widergespiegelt indem gegenüber dem Wertträger ein bestimmtes Verhalten oder eine Haltung eingenommen wird ohne dies Wertung zu äußern. Im Falle von Wertaussagen dagegen wird die Wertung verbal oder schriftlich geäußert.

Wertungen lassen sich nach BECHMANN (1981) darüber hinaus in zwei Klassen einteilen:

- individualistische Wertungen
- Werturteile.

Individualistische Wertungen bringen die Werthaltungen zum Ausdruck, die ein bestimmtes Individuum zu einer bestimmten Zeit einem Wertträger entgegenbringt, ohne daß der Anspruch intersubjektiver Gültigkeit besteht. Werturteile dagegen sind wertende Urteile, die überindividuelle oder allgemeine Gültigkeit beanspruchen und daher häufig Forderungscharakter besitzen.

Im Prozeß wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und planerischen Handelns besteht der Anspruch, daß Wertaussagen auch intersubjektive Gültigkeit besitzen und damit die Form von Werturteilen aufweisen sollen. Das gleiche gilt auch für die Wertsysteme und konkreten Wertungen die innerhalb einer demokratisch verfaßten Gesellschaft als Grundlage politischer Entscheidung dienen.

Im Gegensatz zu individuellen Wertungen soll Werturteilen Geltung zukommen. Das bedeutet, sie sollen verbindlich sein, befolgt werden oder müssen und Verhalten steuern oder bestimmen (KRAFT 1951).

Hieraus ergibt sich zunächst die zentrale Frage, wodurch die Geltung oder Gültigkeit von Werturteilen begründet werden kann. Es gibt unterschiedliche Ansätze, die Geltung von Werturteilen zu fundieren (vgl. BECHMANN 1978). Zum Beispiel

- die religiös-ethische Begründung,
- die Ableitung aus als gültig gesetzten Grundwerten (z.B. Gesetzen),
- die Unterstellung von Gültigkeit aufgrund angenommener allgemeiner Akzeptierbarkeit.

Die erforderliche Gültigkeit von Werturteilen als Grundlage von Entscheidungen in Zusammenhang mit gesetzlich legitimierter Planung bzw. Steuerung von Natur und Umwelt ist dadurch zu erreichen, daß die den Werturteilen zugrundeliegenden Wert- oder Zielsysteme aus demokratisch legitimierten Gesetzen abgeleitet werden.

Grundlage jeder allgemeingültigen Bewertung ist auf der einen Seite ein möglichst detailliertes und intersubjektiv gültiges Wert- oder Zielsystem und auf der anderen Seite eine angemessene Sachkenntnis der zu bewertenden Objekte oder Zustände, und zwar in Form des Sachmodells des Wertträgers.

3.3.5.2 Abzuleitende Anforderungen an die Modelleigenschaften

Wenn Natur und Umwelt bewertet werden soll, und das ist Voraussetzung ist für Entscheidungen über steuernde Handlungen, muß Natur und Umwelt im Modell entsprechend bewertbar abgebildet werden.

Das einer gültigen Bewertung zugrundeliegende Sachmodell des Wertträgers muß daher so geschaffen sein, daß die aus demokratisch legitimierten Gesetzen abgeleiteten Wertmaßstäbe möglichst eindeutig auf das Modell bezogen werden können.

Das heißt, Modelle die als Entscheidungsgrundlage dienen sollen und daher allgemeingültig bewertbar sein müssen, müssen auf allgemein anerkannte Bewertungsmaßstäbe beziehbar sein.

Die Modellbildung darf daher nicht allein aus der Perspektive wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung erfolgen, sondern muß mit Blick auf den Modellzweck „Bewertung“ vor allem aus der Perspektive gesellschaftlich gewünschter Zielzustände oder Funktionen bzw. Leistungen, aus denen die Bewertungsmaßstäbe als Grundlage der konkret anstehenden Entscheidung abzuleiten sind erfolgen.[53]

3.3.6 Fazit:

Die verschiedenen möglichen Modellzwecke lassen sich in unterschiedlicher Zusammenstellung zu zwei Hauptanwendungsbereiche für Modelle von Natur und Umwelt zusammenfassen:

---

[53] Vgl. hierzu die in der Geographie als „Transformationsproblem“ bezeichnete Frage der Überführung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in gesellschaftliche Entscheidungsgrundlagen, zu dessen Lösung das Potentialkonzept entwickelt wurde (z.B. NEEF 1966, 1971 oder ECKEBRECHT 1996).

a) Wissenschaft und Forschung,

b) Planung und Handlung.

Um herauszufinden inwieweit sich aus diesen unterschiedlichen Anwendungsbereichen unterschiedliche Anforderungen an die Modelle von Natur und Umwelt in diesen Bereichen ergeben, ist zunächst deutlich zu machen, welche Zwecke die Modelle im einzelnen in diesen Anwendungsbereichen zu erfüllen haben.

Die Anforderungen an die Modellbildung für diese beiden Anforderungsbereiche ergeben sich aus den für die Anwendungsbereiche relevanten Modellzwecken.

4 Die Modellierung von Natur und Umwelt

4.1 Einführung

Wie im ersten Teil der Arbeit ausgeführt, ist alle Wirklichkeitserfahrung, Wahrnehmung und Erkenntnis modellhaft konstruiert (vgl. Kap. 2.3). Dadurch bedingt hat auch das Original jeglicher Modellbildung bereits Modellcharakter (vgl. Kap. 3.1). Das Original der Modellbildung ist also kein objektives, absolutes Ding an sich, sondern Ergebnis subjektiver Wirklichkeitskonstruktion, die selbst bereits Modellbildung ist.

Für die Analyse der Modellierung von Natur und Umwelt bedeutet das, daß zunächst die Einflüsse (Bedingungen, Perspektiven, Paradigmen) auf die modellhafte Wahrnehmung von Natur und Umwelt analysiert werden müssen, die dem Original und damit dann auch allen Modellen dieses zugrundeliegt. Nur wenn die Einflüsse auf die Konstruktion des Originals in die Modellanalysen und –vergleiche einbezogen werden, kann sichergestellt werden, daß zwei Modelle die beispielsweise für eine konkrete planerische Anwendung zur Auswahl stehen auch wirklich das gleiche Original abbilden und damit überhaupt sinnvoll vergleichbar sind.

Wissenschaftliche Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt, die im Zusammenhang mit - insbesondere querschnittsorientierten - umweltplanerischen Entscheidungen Bedeutung hat, ist im wesentlichen bestimmt durch die Forschungsperspektive der Ökologie. Deren Blick wiederum ist vor allem geprägt durch die wissenschaftlichen Disziplinen Biologie und Geographie.

Als Voraussetzung für einen systematischen Diskurs über die angemessene Modellierung von Natur und Umwelt ist daher zunächst die Frage zu beantworten, was die Konstruktionsbedingungen der ökologischen Wahrnehmung von Natur und Umwelt sind. „Man glaubt wieder und wieder der Natur nachzufahren, und fährt nur der Form entlang, durch die wir sie betrachten“ (Wittgenstein, zit. nach HARD 1972:84). Da die Ökologie nie wirklich ein Paradigma im Sinne von Kuhn entwickelt hat (WIEGLEB 1996), lassen sich allenfalls Forschungsprogramme im Sinne von Konstruktionsverfahren der Wirklichkeit ausmachen, die die Modellierung des ökologischen Forschungsgegenstandes prägen. Es sind diese „Werkzeuge der Original- und Modellkonstruktion“ die sowohl die Datenerhebung bestimmen, als auch ihre Verarbeitung zu „neuen“ Modellen und so letztlich dafür sorgen, daß das Modell, das man von der Natur hat immer mehr bestätigt als korrigiert wird und häufig genug als das einzig mögliche, als die Wirklichkeit schlechthin angesehen wird.

Diese Forschungsprogramme oder Modellierungswerkzeuge haben zwar die formale Struktur von Paradigmen, was ihnen jedoch fehlt, ist die breite Anerkennung in einer größeren Gemeinschaft von Wissenschaftlern. Dazu kommt, daß die vielfältigen Denkschemata und Forschungsprogramme der Ökologie und die sie auszeichnenden Einflüsse und Perspektiven der ökologischen Modellierung bisher wenig systematisch reflektiert und untersucht wer-

den sind. Ziel dieses Kapitels ist es daher, diese Formen, Konstruktionsbedingungen, Modellebenen oder Einflüsse auf die modellhafte Wahrnehmung von Natur und Umwelt als die „Werkzeuge der Originalkonstruktion“ zu ermitteln und möglichst systematisch darzulegen.

Dieser Fragestellung liegt die Hypothese zugrunde, daß die verschiedenen, die Wirklichkeitskonstruktion bestimmenden wissenschaftstheoretischen Einflüsse über die Biologie Einfluß ausgeübt haben auf die Entwicklung der Ökologie. So haben sich aus den verschiedenen Biologiekonzepten heraus unterschiedliche Ökologiekonzepte entwickelt, die zu unterschiedlichen Wahrnehmungen von Natur und Umwelt führen. Verschiedene Ökologiekonzepte haben aber letztlich auch unterschiedliche Ökosystemkonzepte bzw. Ökosystemverständnisse zur Folge und diese sind es, die heute die Modellierung von Natur und Umwelt im wesentlichen prägen. So wird zwar aus verschiedenen Traditionen und wissenschaftstheoretischen Hintergründen über die gleichen Begriffe wie Ökosystem oder ökosystemare Beziehungen gesprochen, aber unter Umständen etwas völlig Unterschiedliches gemeint bzw. bei der Modellierung vorausgesetzt.

Eine systematische Modelltypisierung, wie sie als Grundlage eines systematischen Diskurses über die jeweils angemessenen Modelle zu erstellen wäre, hätte diese Hintergründe als Teil der Tradition der einzelnen Modelle mit aufzuzeigen. Ein wichtiges Ziel der Arbeit besteht daher darin, die im Zusammenhang mit einer im weitesten Sinne ökologischen Modellbildung vorfindbaren heuristischen Konzepte der Wirklichkeitskonstruktion deutlich zu machen (vgl. Abb. 7). Dazu werden die als verschiedene „Schichten“ im Modellbildungsprozeß darstellbaren heuristischen Konzepte und Einflußfaktoren so aufgearbeitet, daß sie als Kriterien für eine strukturierte Beschreibung und Einordnung aktueller Modelle herangezogen werden können.

Wie Abb. 7 deutlich macht, sind den einzelnen die Wahrnehmung und Erkenntnis bestimmenden „Schichten“ unterschiedliche Perspektiven inhärent, so daß ein Umweltmodell jeweils als Ergebnis einer spezifischen Kombination dieser Blickrichtungen aufgefaßt werden kann. Dabei ist die in der Abb. B zum Ausdruck kommende Reihenfolge der „Schichten“ nicht starr festgelegt. Bei dem sich hieraus ergebenden weiten Spektrum der Einflüsse auf die ökologische Wahrnehmung und Erkenntnis als Grundlage der Original- und Modellkonstruktion kann man drei grundsätzliche Bereiche unterscheiden:

a) Die Kategorien der Erkenntnis, als die „Bauelemente der Wirklichkeitskonstruktion“,

b) Die Wissenschaftsauffassungen, also die Vorstellung von den Aufgaben der Wissenschaft und dem Ziel wissenschaftlicher Erkenntnis,

c) Die Forschungsperspektiven, also die „Werkzeuge oder Techniken“ der Konstruktion wissenschaftlicher Wahrnehmung, Erkenntnis und damit auch Modellbildung.

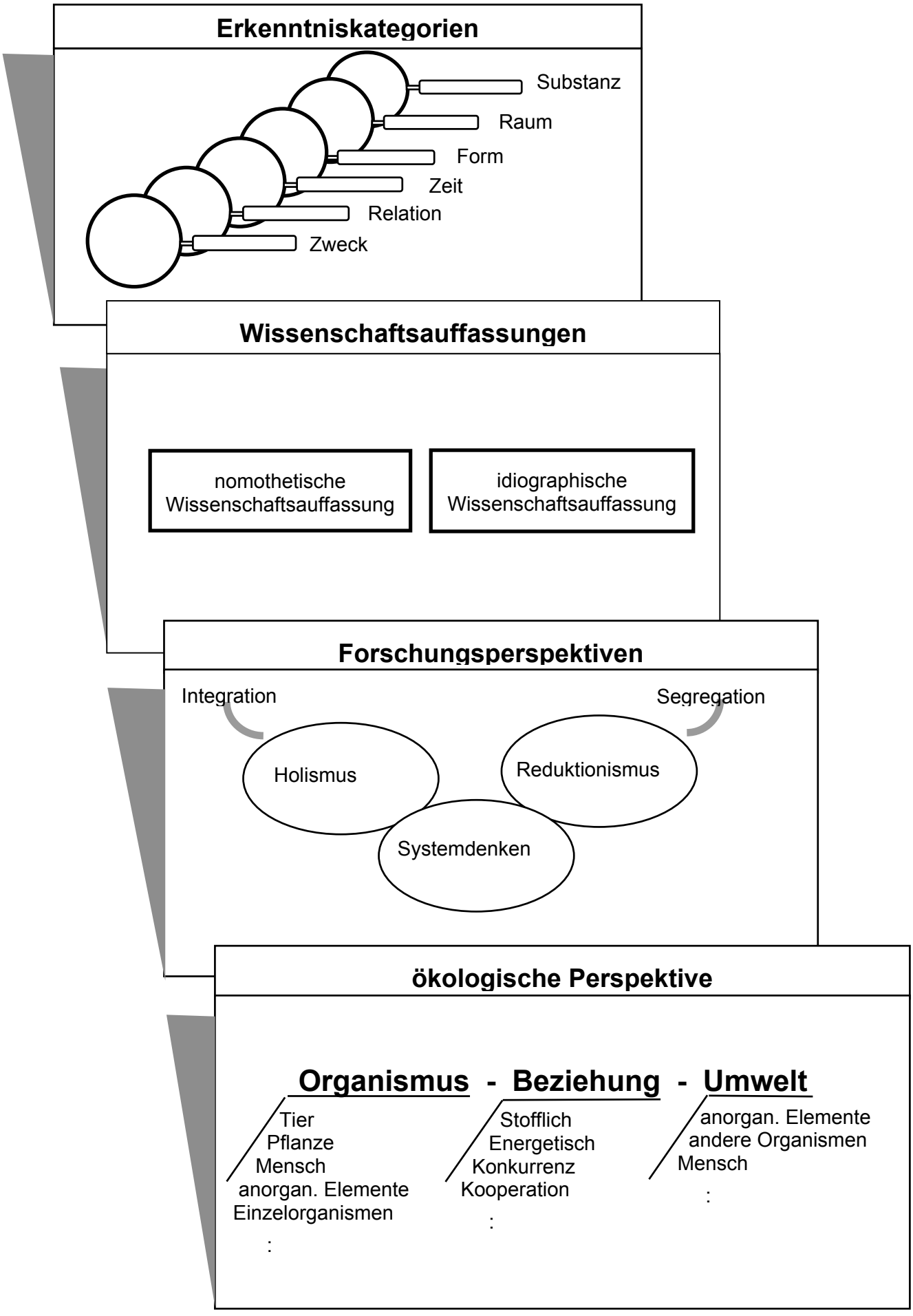


Abb. 7: Ebenen und Einflußfaktoren der Modellierung von Natur und Umwelt

4.2 Kategorien der Erkenntnis von Natur und Umwelt

4.2.1 Einführung: Kategorien der Erkenntnis - Bausteine der Wirklichkeitskonstruktion

Die Erfahrung und Erkenntnis der Wirklichkeit generell und damit auch die wissenschaftliche Modellbildung ist bestimmt oder gekennzeichnet durch die Zuordnung bestimmter Eigenschaftsmerkmale der Erscheinungen der Wirklichkeit, die Kategorien der Erkenntnis. Diese Kategorien bilden im übertragenden Sinne die vorgegebenen Bauelemente zur Konstruktion der Wirklichkeitserfahrung und damit auch zur Konstruktion der Originale und Modelle von Natur und Umwelt.

Kategorien sind Grundbegriffe der Erkenntnistheorie zur Bezeichnung der letzten und allgemeinsten begrifflichen Bestandteile jeglicher Erkenntnis.

Der Sache nach hat bereits Platon und später auch Aristoteles versucht, eine Bestimmung der Kategorien vorzunehmen. Aristoteles, der die Bezeichnung eingeführt hat, unterschied zehn Kategorien als mögliche allgemeinste Formen des Seins: Substanz, Qualität, Quantität, Relation, Ort, Zeit, Lage, Haben, Tätigkeit und Leiden (vgl. HOFFMEISTER 1955: 344). Aus Unterscheidung dieser Kategorien leitet Aristoteles vier Aspekte der ‚Verursachung' wahrnehmbarer Phänomene ab (causa materialis, causa formalis, causa efficiens, causa finalis) und stellt die Forderung auf, „daß eine adäquate Erklärung eines Vorgangs oder einer Korrelation alle vier Aspekte der Verursachung zu erfassen habe" (LOSEE 1977: 22, zitiert nach WUKETITS 1983).

Im Unterschied zu dieser ontologischen Auffassung der Kategorien, als ein Strukturierungskonzept der Wirklichkeit faßte Kant die Kategorien als „reine Formen der Anschauung" und damit als „reine Gedankenformen" oder „reine Verstandsbegriffe" auf, die vor aller Erfahrung – a priori – gegeben sind und an die das Denken und Erkennen gebunden ist. Das heißt, die Kategorien bilden den begrifflichen Rahmen, mit dessen Hilfe die Vielfalt der Sinneseindrücke zur Gegenstandserkenntnis geordnet wird. Nach Kant wird Wirklichkeitserfahrung also erst ermöglicht, indem das Denken durch die a priori gegebenen Kategorien die Form liefert, um wahrnehmen zu können.

Da die Gegenstände der Erfahrung nur durch die Kategorien erfaßbar und denkend bearbeitbar sind, stellen sie die Grundkonstruktion der Welt der Erfahrungen dar und sind damit letztlich gegenstandsbestimmend (KRINGS et al. 1973, PRECHTEL/BURKHARD 1996) - und damit gleichzeitig auch modellbestimmend.

„Jedes System muß Umweltkomplexität reduzieren - vor allem dadurch, daß es die Umwelt selbst nur beschränkt und kategorial vorformatiert wahrnimmt" (LUHMANN 1988: 33).

Die Erkenntniskategorien sind die Formen oder Schablonen des modellhaften Erfassens und Erkennens und bilden damit einen bedeutenden Ansatzpunkt für die Analyse der unterschiedlichen Wahrnehmungen und Abbildungen von Natur und Umwelt.

Abgeleitet aus den möglichen Arten von Urteilen gelangt Kant zu insgesamt zwölf Kategorien, die zu vier Gruppen gehören:

„1. Quantität: Einheit, Vielheit, Allheit,

2. Qualität: Realität, Negation, Limitation,

3. Relation: Inhärenz und Subsistenz (substantia et accidens), Kausalität und Dependenz (Ursache und Wirkung), Gemeinschaft (Wechselwirkung zwischen dem Handelnden und dem Leidenden),

4. Modalität: Möglichkeit - Unmöglichkeit, Dassein - Nichtsein, Notwendigkeit - Zufälligkeit“ (HOFFMEISTER 1955: 345).

In seiner „transzendentalen Ästhetik“ macht Kant deutlich, daß über diesen Erkenntniskategorien hinaus auch der Raum und die Zeit Anschauungsformen a priori darstellen. Ebenso faßt er in seiner Kritik der Urteilskraft auch den Zweck als eine gerade im Zusammenhang mit der Erfahrung und Erkenntnis von Lebendigem bedeutende Erkenntniskategorie auf (KUTSCHERA 1982).

Die Erkenntniskategorien Kants werden in der späteren Philosophie und Erkenntnistheorie in verschiedenster Form modifiziert. So sieht bspw. (M. HARTMANN 1956: 379) für die Erkennbarkeit der realen Wirklichkeit die „Anschauungskategorien des *Raumes* und der *Zeit* (...) und die Denkkategorien der *Substanz* (des Beharrlichen) der Qualität, der Quantität usw., besonders aber der *Kausalität*, der *Wechselwirkungen* und der *Gesetzlichkeit“* als konstitutiv an.

Im Gegensatz zu Kant faßt N. HARTMANN (1964: 2) die Kategorien ähnlich wie Aristoteles im ontologischen Sinne als „Grundbestimmungen des Seienden“ auf. Die wesentlichen Seinskategorien sind für ihn „Einheit und Mannigfaltigkeit, Quantität und Qualität, Maß und Größe, Raum und Zeit, Werden und Beharrung, Kausalität und Gesetzlichkeit“.

Bezogen auf den Forschungsgegenstand der **Biologie** unterscheidet WOLBERT (1978) vier, für die Charakterisierung der biologischen Objekte (das heißt der Lebewesen und ihrer Teilstrukturen) notwendige Parameter:

Raum, Zeit, Zustand und Prozeß.

Aus diesen Parametern ergeben sich für ihn vier spezifische Aspekte oder Perspektiven der biologischen Betrachtung, die sich jeweils auf spezifische Kategorien gerichtet interpretieren lassen:

- Ein typologischer Aspekt, der Objektzusammenhänge als Typen erfaßt bzw. definiert.
- Ein topologischer Aspekt, das heißt die Bestimmung der räumlichen Anordnung der Objekte.
- Ein chronologischen Aspekt, der die zeitlichen Folgeverhältnisse der Vorgänge bei Objekten zum Ausdruck bringt. Dabei sind drei Zeitaspekte zu unterscheiden:
  - jedes kleinste Zeitintervall im kontinuierlichen physiologischen Geschehen
  - der Zeitfaktor in der individuellen Entwicklung eines Lebewesens
  - die Zeitkomponente in der Evolution der Organismen
- Ein ätiologischer Aspekt, der kausale Beziehungen veranschaulicht.

In ähnlicher Weise unterscheidet zum Beispiel MESSERLI (1986: 24/25) die historische, strukturelle, funktionale, dynamische und prospektive Betrachtungsweise.

Die Unterscheidung verschiedener Kategorien der Erkenntnis oder des Seins schlägt sich also in der Unterscheidung verschiedener Betrachtungsperspektiven und Methoden zur Analyse des biologischen Forschungsgegenstandes nieder. Diese wiederum sind bestimmend für die Unterscheidung verschiedener Teildisziplinen innerhalb der Biologie, wie beispielsweise der Morphologie (Betrachtung von Form und Struktur), der Biogeographie (Betrachtung der räumlichen Verteilung) oder der Physiologie (Betrachtung der funktionalen Beziehungen) (BUNGE 1967).

Ähnlich wie in der Biologie werden Erkenntniskategorien in der Geographie zu vier zentralen Parametern zusammengefaßt, durch die der Forschungsgegenstand (die geographische Substanz) charakterisiert wird:

a) die stofflichen Erscheinungen (Stoff),

b) ihre räumliche Verteilung und Struktur (Raum, Form),

b) das dahinterstehende Wirkungsgefüge (Kraft),

c) die geschichtliche Entwicklung (Zeit).

(vgl. BOBEK/SCHMITHÜSEN 1949, SCHMITHÜSEN 1957)

Diese Parameter ermöglichen die Betrachtung der Länder und der Landschaft „nach den verschiedenen Seiten ihres Wesens“ (BOBEK/SCHMITHÜSEN 1949: 114).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die verschiedenen Erkenntniskategorien die fundamentale Grundlage für die Unterscheidung verschiedener theoretischer Modellierungsansätze sind, indem sie in jeweils spezifischen Kombinationen die Modellierung von Natur und Umwelt im Zusammenhang von Forschung und Umweltplanung prägen. Die Frage nach den jeweils berücksichtigten Erkenniskategorien bildet daher einen wichtigen Zugang

zur Analyse der theoretischen Modelle und Modellierungsansätze, die letztlich die Grundlagen und Vorannahmen der heute planungsrelevanten Umweltmodelle darstellen.

Die wesentlichen Erkenntniskategorien zur Charakterisierung lebender Phänomene und damit auch zur Erkenntnis und Modellierung von Natur und Umwelt lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Substanz
- Raum (Lage)
- Form (äußere Gestalt)
- Zeit (Dynamik, Genese)
- Relation (Wirkbeziehung)
- Zweck (Ziel)
- Organisation

Im Folgenden sollen diese Erkenntniskategorien im einzelnen näher bestimmt und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die wissenschaftliche Erfahrung und Erkenntnis in der Biologie und Geographie analysiert werden.

4.2.2 Die Substanz und deren Gliederung und Klassifizierung in Kompartimente

In den Naturwissenschaften und entsprechend in der Biologie, aber auch in der Geographie wird die Welt als substantiell gegeben vorausgesetzt (WUKETITS 1983). Das Ziel der Naturwissenschaft besteht darin, diese Substanz in einzelne Teilbereiche aufgegliedert zu rekonstruieren bzw. modellhaft abzubilden.

Wie alle Erfahrung und Erkenntnis ist wissenschaftliche Forschung daher stets verbunden mit der Bildung von Klassen und Ordnungsschemata. Die unendliche Vielzahl von Reizen kann nur durch die Zuordnung zu vorgegebenen Klassen erfaßt und erkannt werden. Immer wenn man es mit einer unterscheidbaren und damit als solche erkennbaren Vielfalt von Dingen oder Erscheinungen zu tun hat, ist Ordnung oder Klassifizierung ein naheliegendes Mittel, um diese Vielfalt theoretisch und praktisch handhabbar zu machen. Das gilt zunächst für alltägliche künstliche Gegenstände genauso wie für Dinge der unbelebten und belebten Natur.

„Klassifikation bedeutet Zuordnung realer Objekte in zuvor, auf der Grundlage des gesammelten Vorwissens abstrakt/theoretisch formulierte Klassen oder Kategorien (MOHR 1981: 59ff). Nur das also ist erkennbar, was vorgegebenen Klassen zugeordnet werden kann. Diese Klassen sind Formen oder eben Modelle bzw. Modellkonzepte, mit deren Hilfe das Bild der Wirklichkeit konstruiert wird. Dabei sind die einzelnen Wissenschaftsdisziplinen und Teildisziplinen jeweils bestimmt durch die Vorgabe spezifischer Konzepte zur Aufgliederung

der „realen Welt“ in einzelne Teilbereiche und durch die „Zuständigkeiten“ für einen spezifischen Bereich.[54] Im Sinne des allgemeinen Modellbegriffs Stachowiaks sind diese vorgegebenen Klassen oder Allgemeinbegriffe immer zugleich auch Konstruktionen, durch die das Besondere modellhaft abgebildet wird (vgl. STACHOWIAK 1973: 211). Auch Ordnungs- oder Klassifikationssysteme sind also Modelle und zwar semantische Modelle höherer Ordnung (vgl. Kap. 3.2.2.3).

4.2.2.1 Theoretische Grundvorstellungen zur Ordnung der Dinge

Zwei sich gegenüberstehende grundlegende Vorstellungen zur Ordnung der ‚Naturdinge’ bestimmten bis in die Mitte des 18. Jahrhundert die naturgeschichtliche Kontroverse um die richtigen Ordnungssysteme (JAHN et al. 1982: 266):

a) Die von Leibniz vertretenen ‚Prinzipien der Weltordnung‘ Fülle, Kontinuität und Gradation,

b) Die von Linné entwickelte Vorstellung der Diskontinuität der natürlichen Gruppen, wie Arten und Gattungen.

Beiden Auffassungen gemein war jedoch die Vorstellung, daß die Anordnung der Vielfalt der Dinge nicht zufällig ist, sondern daß sie realen, in der Natur auffindbaren, Ordnungsprinzipien gehorcht.

Noch im 18. Jh. hatten die zuletzt von Leibniz formulierten, aber auf die antike Philosophie zurückgehenden drei Prinzipien der Weltordnung erheblichen Einfluß auf die Entwicklung der Systematik und Klassifizierung der Dinge:

- Das Prinzip der *Fülle* des Universums als Ausdruck der Vollkommenheit der Weltseele.
- Das Prinzip der lückenlosen *Kontinuität* der Dinge in der ‘unendlichen Kette des Seins’.
- Das Prinzip der *Gradation*, der nach ihrem Vollkommenheitsgrad hierarchisch abgestuften Ordnung der Dinge.

Dabei galt die *Konstanz* dieser Weltordnung für alle Ewigkeit als selbstverständlich (JAHN et al. 1982: 266).

Diese wesentlichen Vorstellungen der Naturgeschichte zur Ordnung der Dinge kamen zum Ausdruck in der ‚scala naturae’, der ‚natürlichen Stufenfolge aller Dinge der Natur’. Hier wurde von einem lückenlosen, kontinuierlichen Übergang von den toten Mineralien bis zu den Pflanzen und Tieren ausgegangen und eine hierarchische Ordnung entworfen. Als Verbindungsglieder zwischen der organischen und anorganischen Natur wurden Fossilien angesehen (MAYR 1984: 109ff).

---

[54] Die Frage, ob Wissenschaftsdisziplinen eher durch den von ihnen betrachteten Ausschnitt der Welt oder durch die spezifische Art und Weise der Betrachtung, also ihre Methode bestimmt sind, löst sich auf, wenn man bedenkt, daß auch die Aufteilung der Welt und damit auch die Definition der „Zuständigkeitsbereiche“ von der Methode der Betrachtung abhängig ist.

Eine Konsequenz dieser Vorstellung der Kontinuität der Dinge, ist die Annahme, daß es oberhalb einzelner Individuen keine natürlichen Einheiten geben kann, weder Arten noch Lebensgemeinschaften. Folglich können alle Klassen oberhalb der Individuen nur künstlich sein und allenfalls praktische Bedeutung, nicht aber theoretische Funktion im Sinne einer Verdeutlichung der natürlichen Ordnung haben.

Den ‚drei Prinzipien der Weltordnung' entgegen stand die nicht zuletzt von Linné vertretene Auffassung der Diskontinuität der natürlichen Gruppen, das heißt der Arten und Gattungen. Nicht nur die Individuen werden danach in der Natur als real gegeben angesehen, sondern auch die taxonomischen Gruppen, in denen die Individuen zu Arten zusammengefaßt wurden - vorausgesetzt, die gefundenen Ordnungskriterien entsprechen dem in der Natur selbst vorhandenen 'Plan' (JAHN ET AL. 1982: 266).

Nach Ansicht Linnés war der Nachweis der natürlichen Ordnung der Natur dadurch zu erreichen, daß man die künstlichen Klassifizierungssysteme zunehmend differenzierte. Das heißt, Klassifikation geschah nicht um der rein praktischen Ordnung willen, sondern war methodisches Instrument zur Erkenntnis der Prinzipien der Natur, das heißt der „Gesetze der organischen Vielfalt" (MAYR 1984: 115). Der Zweck der Ordnung und Klassifikation war also auch ein nomothetischer; nämlich angetrieben durch die Revolution der auf die Entdeckung kausaler Gesetze gerichteten Mechanik und der Physik, die inneren Prinzipien der organischen Vielfalt zu enthüllen, einer Aufgabe, für die die Methoden der Mechanik und der Physik nicht zu taugen schienen.

4.2.2.2 Unterscheidung von natürlichen und künstlichen Systemen

Es werden also grundsätzlich zwei Ansätze zur Ordnung oder Klassifizierung der Vielfalt der Organismen unterschieden, die jedoch in der Literatur zum Teil unterschiedlich bezeichnet werden:

a) Künstliche Systeme bzw. Identifikationssysteme

b) Natürliche Systeme bzw. 'echte' Klassifikationssysteme.

Künstliche Klassifikationssysteme bzw. Identifikationssysteme (MAYR 1984) ordnen die Dinge nach beliebigen, für zweckmäßig erachteten Eigenschaften. Sie werden „durch im Prinzip beliebige differenzierende Merkmale gebildet" (TREPL 1987: 72).

Diese Systeme erlauben die Zuordnung (Identifikation) einzelner Dinge zu zuvor (künstlich) durch die zweckmäßige Kombination von Eigenschaften formulierten Klassen. Dieses gilt sowohl für künstliche Gegenstände, wie zum Beispiel Bücher in einer Bibliothek, als auch für natürliche Organismen wie Pflanzen, die man zum Beispiel hinsichtlich ihrer medizinischen Wirkung ordnet. Identifikationssysteme haben danach also allein praktische Bedeutung.

Natürliche bzw. ‚echte' biologische Klassifikationssysteme haben nach MAYR (1984) dagegen den Anspruch, nicht beliebig zu sein, sondern sich auf eine übergeordnete Theorie, auf

das Prinzip hinter dem Erscheinungsbild der Naturdinge zu stützen. Sei dieses die sich in der „scala naturae“ manifestierende Harmonie der Natur bei Aristoteles, der göttliche Schöpfungsplan der Naturtheologen oder die Evolutionstheorie Darwins. Nicht nur die Individuen, Arten und Gattungen werden hier als real angesehen, sondern auch die höheren Kategorien wie Familie, Ordnung, Klasse (vgl. MAYR 1984:166). [55]

Im Gegensatz zu den künstlichen Klassifikationssystemen, die die Vielfalt der Dinge mit Blick auf einen bestimmten praktischen Zweck sinnvoll ordnen und damit übersichtlich machen sollen, haben natürliche Systeme die Funktion, die reale Ordnung der Dinge abzubilden. Sie können daher nicht geschaffen werden man muß sie suchen. „Die natürlichen Ordnungen lehren uns die Natur der Pflanzen, die künstlichen Ordnungen setzen uns nur imstande, die Pflanzen wiederzuerkennen“ (LINNÉ, zit. nach OESER 1974: 28)

Linné vertrat jedoch zugleich die Auffassung, daß „die natürliche Ordnung nur aus der Betrachtung nicht eines oder mehrerer, sondern aus der Betrachtung aller Teile einer Pflanze hervorgehen könne“ (LINNÉ, zit. nach OESER 1974: 28). Die Ordnungssysteme zu vervollständigen bedeutete somit sich der Erkenntnis des generellen ‚Schöpfungsplanes’ anzunähern und diesen so rational zu erfassen (JAHN et al. 1982: 266). Dahinter steckt die Idee, daß sich das Wesen der Dinge allein durch die zunächst künstliche Ordnung dieser Dinge nach ihrer sichtbaren Struktur, das heißt nach ihrer Physiognomie erschließen läßt. Künstliche Systeme werden so zum wissenschaftlichen Instrument, welches letztlich die Erkenntnis des natürlichen Systems, das heißt des Wesens der Dinge und der „Zusammenhänge hinter dem Sichtbaren“ (TREPL 1987: 73) erst ermöglicht. „Wir folgen beim Klassifizieren unserem Vorwissen, wonach der Natur eine Ordnung innewohnt, die wir mit Hilfe geeigneter Konstrukte explizit machen, nachvollziehen können“ (MOHR 1981: 59).

Künstliche oder willkürliche Klassifikationen sind gerechtfertigt für Gegenstände, die strikt auf der Grundlage einer Qualität oder eines Merkmals klassifiziert werden, wie Bücher in einer Bibliothek. Solch ein Verfahren ist nach Ansicht von MAYR (1981) jedoch nicht zulässig bei der Klassifikation von Objekten, über die es erklärende Theorien gibt. „Das trifft zum Beispiel auf kausale Klassifikationen von Krankheiten ebenso zu wie auf Klassifikationen von Organismen auf der Grundlage der Theorie, daß die Verwandtschaft von Organismen durch gemeinsame Abstammung bedingt ist“ (MAYR 1984: 191). Natürliche Klassen auf der Grundlage der Evolutionstheorie - und nur solche spielen in der Systematik der Biologie eine Rolle - müssen sich demnach aus den Nachkommen eines gemeinsamen Vorfahren zusammensetzen. Dieses ist für MAYR (1984: 192) „die theoretische Grundlage jeglicher biologischer Klassifikation“ im Unterschied zu den Klassifikationen unbelebter Gegenstände.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die Klassen zur geordneten Abbildung der Vielfalt der natürlichen Erscheinungen sowohl unter rein praktischen Erwägungen gebildet werden können (‚künstliche Systeme’ oder ‘Identifikationssysteme’), als auch abgeleitet

[55] Dieser Ansatz wurde getragen von der ‚philosophia naturalis’, die sich nicht auf die Beschreibung des

aus übergeordneten theoretischen Konzepten formuliert sein können (‚natürliche Systeme', ‚echte Klassifikationssysteme'). Geht man jedoch davon aus, daß auch diese theoretischen Konzepte subjektabhängige, modellhafte Konstruktionen sind und nicht eine absolute Wirklichkeit widerspiegeln, sind auch die „natürlichen Systeme" nicht objektiv gültig, sondern sie gelten nur im Rahmen eben der theoretischen Konzepte aus denen sie abgeleitet wurden.

Das System besteht in der Systematisierung bestimmter Aspekte eines abstrakten oder konkreten Sachverhaltes oder Gegenstandes im Rahmen einer gewählten Theorie angesichts bestimmter Probleme oder Interessen. In der realen Wirklichkeit existieren lediglich die abstrakten und konkreten Objekte selbst. Die Zusammenfassung zu einer Objektmenge sowie die Zuweisung von nachprüfbaren Eigenschaften und die Identifizierung von Relationen nimmt allein der betrachtende Mensch vor (vgl. HÄNDLE/JENSEN 1974, S. 25-27).

Die mit einer Klassifikation immer einhergehende verkürzende Konstruktion der Wirklichkeit wurde bereits von Husserl kritisiert, jedoch ohne daß er die Unvermeidbarkeit des klassifikatorischen Wahrnehmens und Erkennens bemerkte (vgl. SCHISCHKOPF 1982). Alle Systeme oder Schemata zur Ordnung und Klassifikation der Vielfalt der Erscheinungen der Welt haben danach also Modellcharakter und können nicht den Anspruch auf objektive und absolute Gültigkeit beanspruchen.

4.2.2.3 Aufgliederung der realen Welt in Seinsschichten als Ausgangspunkt aller Klassifikationen

Ein Beispiel für ein Modellkonzept zur Ordnung der Erscheinungen der Welt und zugleich die zentrale Ausgangsbasis für alle biologischen und geographischen Klassifikationen ist die Aufteilung der Welt in die drei Schichten

- **Materie**
  (anorganische Welt bzw. chemische Substanzen und physikalische Eigenschaften))
- **Leben**
  (vitale oder organische Welt bzw. Tier- und Pflanzenwelt)
- **Geist**
  (die geistbestimmte Welt bzw. Mensch)

  (vgl. z.B. BORNKAMM 1971, BOBEK/SCHMITHÜSEN 1949, SCHMITHÜSEN 1957, NEEF 1967, LANGER et al. 1988 oder LESER 1991)[56]

Sichtbaren beschränkte, sondern nach den Prinzipien hinter dem sichtbarem, dem ‚göttlichen Plan' suchte.

[56] N. HARTMANN (1964: 181) unterscheidet „vier Hauptschichten des Realen": das anorganisch-materielle, das organische, das seelische und das geistige Sein.

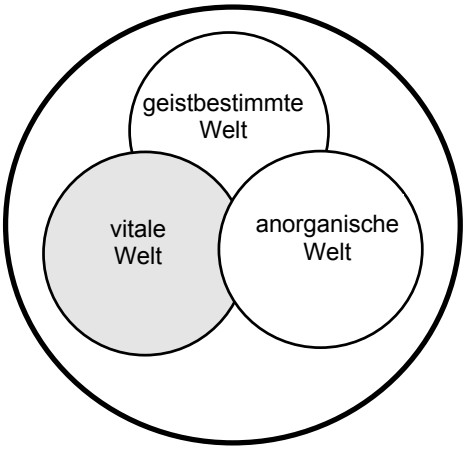


Abb. 8: Dreiteilung der Welt in „anorganische Welt“, „vitale Welt“ und „geistbestimmte Welt“

Die Dreiteilung der Welt geht als ein Grundmodell zur Ordnung von Erfahrungen bis auf die griechische Philosophie zurück und ist Grundlage zum Beispiel auch der Aufteilung der Erfahrungswissenschaften in Natur- und Geisteswissenschaften. So teilt zum Beispiel auch LESER (1991: 192f.) ein Landschaftsökosystem in die drei Teilsysteme Geosystem - Biosystem - Anthroposystem.

Die möglichen Zuordnungen des Menschen in diesem Schema zeigen sehr deutlich den Modellcharakter dieses Ordnungssystems. Betrachtet man den Menschen in seinem Wirken als Lebewesen und Spitzencarnivor, müßte er den Organismen zugerechnet werden. Betrachtet man dagegen seine geistig-kulturellen Eigenschaften, müßte er als denkendes, kulturelles Wesen der geistbestimmten Welt zugerechnet werden. Durch die Zuordnung in die eine oder andere Klasse wird jeweils eine andere Seite des Menschen modellhaft abgebildet.

In der **Biologie** wird die Vorstellung von der Dreiteilung der Welt häufig mit einer hierarchischen Ordnung (Stufenleiter) der drei bzw. - mit der gesonderten Unterscheidung von Tieren und Pflanzen - vier Schichten verbunden (vgl. Abb. 9). Vom anorganischen Molekül bis zum komplexen Kulturwesen Mensch als „Krone der Schöpfung“ ergibt sich so ein Ordnungsraster steigender Komplexität (und Wertigkeit).

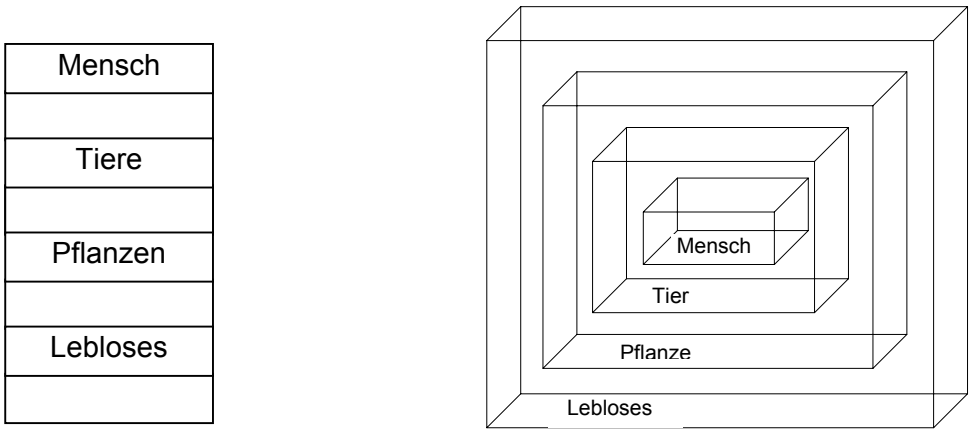


Abb. 9: Prinzip der Stufenleiter und des enkaptischen Prinzips nach dem Modell der „chinesischen Schachteln“ (nach WUKETITS 1983: 50)

Diese hierarchische Ordnung wird in der Biologie auch über einzelne Individuen hinaus erweitert auf überorganismische Einheiten (Organismen höherer Ordnung) (vgl. z.B. HABER 1978).

Ausgehend von dieser Drei- bzw. Viertteilung der Welt betrachtet die Biologie die Lebewesen (vitale Welt) als ihren zentralen Forschungsgegenstand (vgl. M. HARTMANN 1965). „Die Biologie behandelt jenen Teil der Welt, den wir als belebt identifizieren können“ (WUKETITS 1983: 25). „Ihr Objekt ist die belebte Natur“ (MOHR 1981: 15).

Diese Mannigfaltigkeit innerhalb der belebten Welt und damit des biologischen Forschungsgegenstandes wird häufig als die besondere Schwierigkeit der Biologie im Vergleich zu den klassischen Naturwissenschaften Physik und Chemie herausgestellt (vgl. z.B. MAYR 1984, JAHN et al.. 1982). Entsprechend hohe Bedeutung haben bis heute Ansätze zur „theoretischen und praktischen Bewältigung der Mannigfaltigkeit“ (JAHN et al. 1982: 266), die nach WUKETITS (1983: 15) eine der Grundaufgaben der Biologie darstellen.

Zur Bewältigung der Vielfalt des Lebenden wird der Forschungsgegenstand ‚vitale Welt’ im seit Aristoteles im traditionellen ;Zweireichsystem’ weiter aufgegliedert in Pflanzenreich und Tierreich (vgl. KOCHANSKI 1979: 68f). Ausgehend von dieser Unterscheidung der zwei Objektfelder der biologischen Forschung entwickelten sich auch die beiden Hauptzweige der Biologie, die Botanik und die Zoologie.

In der Tradition idiographischer Wissenschaftsauffassung entwickelten sich in der Biologie des 18. Jh. Ansätze zum Aufbau einer Ordnungswissenschaft, die bis heute für breite Forschungsbereiche der Biologie (wie z.B. der Systematik oder der Anatomie) prägend sind (M. HARTMANN 1953: 2ff). Zentraler Diskussionspunkt der biologischen Klassifikationsansätze ist der Artbegriff, der sowohl als künstliche als auch als natürliche Einheit verstanden wird (vgl. MAYR 1984: 38).

Die **Geographie** betrachtet als ihren Forschungsgegenstand die ‚geographische Substanz' die gesamten Welt und vollzieht die Dreiteilung der Welt innerhalb ihrer Wissenschaft durch verschiedene Forschungsbereiche, die spezifischen Ausschnitte betrachten (physische Geographie, Biogeographie und Anthropogeographie) (vgl. z.B. BOBEK/SCHMITHÜSEN 1949, SCHMITHÜSEN 1957). Die Geographie steht als Wissenschaft damit zwischen den beiden Flügeln Natur- und Geisteswissenschaft (Dichotomie der Geographie).

Die Vorstellung von der Aufteilung der Welt in drei Seinsbereiche wird innerhalb der Geographie durch das **Sphärenkonzept** weiter differenziert. Nach Carol (1956: 478) sind fünf wesentliche Bereiche am Aufbau der geographischen Substanz beteiligt:

Die Litho-, Hydro-, Atmo-, Bio- und Anthroposphäre, die in ihrer Gesamtheit als Geosphäre bezeichnet werden soll. Ein räumlicher Ausschnitt der Erdoberfläche wird in der Geographie also modellhaft als ein Nebeneinander von Litho-, Hydro-, Atmo-, Bio- und Anthroposphäre abgebildet und den Erscheinungen dieser Sphären zugeordnet.

4.2.3 Raum

Die Kategorie des Raumes betrifft die quantitativen Aspekte der Ausdehnung nach Länge, Breite und Höhe. Wie Kant in seiner Kritik der reinen Vernunft deutlich macht, ist der Raum, neben der Zeit, die zentrale Erkenntniskategorie und damit keine unabhängig von unserer Erfahrung bestehende Ausgedehntheit, sondern eine „notwendige Vorstellung a priori, die allen äußeren Anschauungen zugrunde liegt" (KANT, K.d.r.V., zit. nach Hoffmeister 1955). Der Raum ist damit wie alle Erkenntniskategorien eine Form oder Schablone des menschlichen Erkenntnisapparates, durch die Erfahrung erst ermöglicht wird. „Der Raum ist nichts anderes als die Form aller Erscheinungen äußerer Sinne, d. i. die subjektive Bedingung der Sinnlichkeit, unter der allein uns äußere Anschauung möglich ist" (KANT, ebd.).

Die Betrachtung der Kategorie des Raumes ist Voraussetzung für die Bestimmung der Lage von Erscheinungen. Die Lage ist nach Kant eine Kategorie der Relation, also des Verhältnisses oder der Verbindung verschiedener Erscheinungen. Im Kontext der systematisierenden klassischen Naturgeschichte bedeutete die Betrachtung der Ordnung der systematischen Einheiten im Raum zunächst ein zusätzliches Mittel zur Reduzierung der Komplexität der Organismen der Natur (LEPENIES 1976).

Im Zusammenhang mit der Beschreibung natürlicher Erscheinungen lassen sich zwei Aspekte des Raumbezugs unterscheiden (vgl. TREPL 1987):

a) Räumliche Verteilung der Lebewesen

Zunächst wurde der Fundort oder Standort neben der morphologischen Betrachtung der äußeren Gestalt als zusätzliche Merkmalskategorie in die Betrachtung einbezogen. Die räumliche Lage konnte zwar nicht zur strukturellen Identität und Unterscheidung der taxonomischen Einheiten beitragen, jedoch zur Beschreibung und Kennzeichnung der Wesen

(Arten und Gattungen) herangezogen werden - zum Beispiel fanden geographische Angaben Berücksichtigung in Pflanzennamen.

Hier deutet sich bereits an, daß der ‚Ort' nicht ausschließlich gleichbedeutend mit Lage oder Raum verstanden wurde. Vielmehr sind zu unterscheiden:

konkreter Ort: geographische Lagebestimmung, z.B. Mark Brandenburg

abstrakter Ort: von konkreten Ort abstrahierbare Zusammenfassung von Standorteigenschaften, z.B. Sanddüne (vgl. TREPL 1987: 125).

Mit der Betrachtung der Beziehungen zur Umgebung bzw. zum Standort zeigt sich der Übergang zu kausaler Fragestellung, nämlich nach der Abhängigkeit des Pflanzenwachstums vom Standort. Zunächst besonders bezogen auf den Standortfaktor Klima (vgl. z.B. SCHMITHÜSEN 1957).

b) ‚Zusammenvorkommen' verschiedener Lebewesen an einem Ort (geographische Fragestellungen)

Der zweite Ansatz zur Berücksichtigung der räumlichen Komponente fragte nicht nach dem räumlichen Vorkommen einzelner Lebewesen, sondern betrachtete, bezogen auf einen räumlichen Ausschnitt, die Zusammensetzung und Verteilung der hier vorkommenden Lebewesen, zunächst vor allem der Pflanzen. Hieraus ergab sich eine neue Klassifikation der Organismen nach „Zusammenvorkommen im Raum" und nicht nach struktureller Ähnlichkeit wie in den taxonomischen Gruppen. „Nicht mehr die *Lebewesen* waren Gegenstand des Interesses, sondern ;überorganismische' Gebilde, durch räumliche Nachbarschaft konstituiert" (TREPL 1987: 76).

Die Objekte der Forschung definieren sich hier über den Raum, das heißt der äußere biogeographische Raum war für die 'neuen' Forschungsobjekte konstituierend. TREPL (1987) sieht hier den Ausgangspunkt der Entwicklung der Geographie als eigenständige Wissenschaft. Das heißt, die Modellierung des Forschungsgegenstands der Geographie ist nicht bestimmt durch die Verkürzung auf einen Ausschnitt aus der „realen Welt", wie im Falle der Biologie (vitale Welt), sondern durch die besondere Betonung der Erkenntniskategorie des Raumes und der daraus ergebende modellhafte Ausschnitt aus der realen Welt.

So betont die Länderkunde, als Teildisziplin der Geographie, die Raumkategorie, indem sie alle Sachkenntnisse auf geologischem, klimatologischen, hydrologischen, bio- und anthropogeographischen Gebiet sammelt und in räumliche Beziehung zueinander bringt. „Wesentlich ist für die Länderkunde die Zusammenstellung nach räumlichen Gesichtspunkten" (KEINDL 1953, zit. nach WEICHHART 1975: 12).

Gegenstand einer als Raumwissenschaft verstandenen Geographie sind alle in einem konkreten Raum vereinten Erscheinungen (vgl. HETTNER 1927). Diese Betrachtung der Erscheinungen in ihrem räumlichen Zusammenhang kommt auch im „chorologischen Prinzip" der

Geographie zum Ausdruck, in dem das Zusammenwirken aller Erscheinungen in einem Raum auf verschiedenen Maßstabsebenen analysiert wird (vgl. BOBEK 1957).

Die Betonung der Erkenntniskategorie des Raumes innerhalb der Geographie wird auch als das Raumparadigma der Geographie bezeichnet (vgl. EISEL 1980). Als Beitrag zur Bestimmung des Forschungsgegenstandes formuliert der „Arbeitskreis für Hochschuldidaktik“ entsprechend die Orientierungshypothese:

„Forschungs- und Lehrgegenstand der Geographie sind Systeme wie in anderen Wissenschaften. Die Geographie widmet sich dabei speziell solchen Systemen, in denen erdräumlich-distanzielle Variablen als wesentliche Elementrelationen angesehen werden (...) (BARTELS 1971, zitiert nach HARD 1973: 64). Auch die Kategorie der Relation oder Wechselwirkungen wird in der Geographie also zum Teil auf den Aspekt der Lagebeziehung konzentriert.

Die geographische, das heißt raumbezogene Forschungsperspektive findet sich zum Teil auch in der Biologie. Als der ‚topologische Aspekt der biologischen Methodik’, das heißt der Bestimmung der räumlichen Anordnung der biologischen Objekte, ist die Betrachtung der Erkenntniskategorie ‚Raum’ nach WOLBERT (1978), bis heute eine der charakteristischen Perspektiven der biologischen Forschung.

4.2.4 Form (äußere Gestalt)

Mit der Erkenntniskategorie Form ist die äußere, anschauliche Gestalt angesprochen.[57] Die Betrachtung der äußeren Form ist nur bezogen auf Gegenstände möglich, die über eine räumliche Ausdehnung verfügen. Die Betrachtung von Gegenständen im Hinblick auf ihre äußeren Form ist damit gebunden an die gleichzeitige Betrachtung des Kategorie des Raumes und damit der quantitativen Kategorie der Größe, wie sie bei Kant beschrieben ist (Einheit von Gestalt und Größe).

Die Erfahrung und Erkenntnis der Natur über ihre äußere Form hat ihren Ursprung in der Naturgeschichte. Ausgehend von der „bloßen“ Beschreibung der Naturphänomene in der klassischen Naturgeschichte (Wesensbegriff eines Lebewesens in der Renaissance) entwic??kelte sich die exakte Beschreibung zum Beispiel der Gestalt der Lebewesen nach vorgegebenen morphologischen Merkmalen.

Freie Beschreibung der Naturphänomene

Bis in das 18. Jahrhundert hinein war die Beschreibung der Natur, der Pflanzen Tiere und Mineralien die vorrangige und weitgehend einzige Aufgabe der Naturforscher (MAYR 1984).

[57] In einigen Veröffentlichungen wird unter der Kategorie Form auch die innere Struktur gefaßt. Hier soll zunächst der Aspekt der äußeren Form näher betrachtet werden. Die Kategorie der Struktur wird anschließend im Zusammenhang mit der Kategorie der Kraft als dem strukturkonstituierenden Parameter dargestellt.

Die beschreibende Naturgeschichte (‚historia naturalis') ging dabei von einer Unveränderlichkeit der Natur aus und betrieb daher keine Geschichtsforschung im heutigen Sinne sondern beschränkte sich auf „‚bloße' Beschreibungen der Naturphänomene", ohne die zeitliche Entwicklung zu beachten (WUKETITS 1983: 68). Natur, als von Gott unveränderlich geschaffen, konnte keine Geschichte im Sinne einer allmählichen Entwicklung haben.

So war es dann auch das Ziel der Naturgeschichte, die Natur als Ergebnis göttlicher Schöpfung herauszustellen, um sich damit nicht zuletzt gegen die allgemeinen Prinzipien und Gesetze der aufkommenden Physik zu stellen. „Es galt zu zeigen, daß die Mannigfaltigkeit der Phänomene sich nicht in wenige Prinzipien auflösen ließ" (TREPL 1987: 46).

Die Aufgabe der Naturgeschichte bestand darin, die immense Vielgestaltigkeit der Natur zu erkunden und zu beschreiben und in idiographischer Weise vor allem das Besondere des einzelnen herauszustellen. Hierin unterscheiden sich bis heute die historischen und damit zugleich idiographischen Wissenschaften von den experimentell-theoretischen Naturwissenschaften, deren Ziel es ist, allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten unter Vernachlässigung der Besonderheiten einzelner Ereignisse zu produzieren (TREPL 1987: 47).

Vor der klassischen Naturgeschichte enthielt die Beschreibung eines Lebewesens bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts, gestützt auf den Wesensbegriff der Renaissance, alles, was in seinen semantischen Hof fiel: „Bis zu Aldrovandi[58] war die Geschichte das unentwirrbare und völlig einheitliche Gewebe dessen, was man an den Dingen und all den Zeichen sieht, die in ihnen entdeckt oder auf ihnen niedergelegt worden sind. Die Geschichte einer Pflanze oder eines Tieres zu schreiben bedeutete, auch zu sagen, welches ihre Elemente und ihre Organe, welches die Ähnlichkeiten, die man in ihnen finden kann, welches die Kräfte, die man ihnen zuschreibt, die Legenden und Geschichten, mit denen sie vermischt werden, die Wappen auf denen sie zu sehen sind, und die Medikamente, die man aus ihrer Substanz herstellt, die Nahrungsmittel, die sie bieten, gewesen sind" (FOUCAULT 1974: 169, zit. nach TREPL 1987: 68).

Diese aus heutiger Perspektive unsystematische Beschreibung entspringt eher einer unstrukturierten und passiven Wahrnehmung als der wissenschaftlichen Methode der aktiven Beobachtung.[59] Wissenschaftliche und lebensweltliche Beschreibung bzw. Modellbildung sind hier noch nicht unterscheidbar.

Original und Modell sind nicht voneinander zu trennen. „Die große Dreiteilung, die so einfach und so unmittelbar erscheint, zwischen der Beobachtung, dem Dokument und der Fabel, existierte nicht" (FOUCAULT 1974: 70, zitiert nach TREPL 1987: 69).

---

[58] Gemeint ist der italienische Mediziner und Naturforscher Ulysse Aldrovandi (1522-1605).

[59] Vgl. zur Unterscheidung von Wahrnehmung und Beobachtung SEIFFERT (1983). Nach POPPER (1974: 323) schließt die Beobachtung im Gegensatz zur Wahrnehmung bereits eine Interpretation im Lichte von Theorien ein.

Eine mit der Erfassung und Beschreibung verbundene bewußte oder wiederkehrende Verkürzung des Objektes ist nicht auszumachen.

Exakte Beschreibung nach vorgegebenen morphologischen Merkmalen

Gegen Ende des 17. Jahrhunderts ging man dazu über, die Naturphänomene mit Hilfe vorgegebener morphologischer Merkmale systematischer zu erfassen und zu beschreiben.

Damit verbunden war zunächst die Beschränkung, nur noch das wirklich Sichtbare zu erfassen und zu beschreiben. Die Wörter, Gedanken und Begriffe, die bis dahin noch fest mit den Lebewesen verbunden waren, wurden losgelöst und weggelassen„- man versuchte eher weniger zu sehen und vor allem nur noch zu sehen“ (TREPL 1987: 69). „Die Naturgeschichte ist nichts anderes als die Benennung des Sichtbaren“ (FOUCAULT 1980: 173).

Ein weiterer, aus modelltheoretischer Sicht interessanter Schritt war der einer weiteren Verkürzung des Sichtbaren auf die äußere Form.[60] „...von dem was an ihm selbst ungenau war, war das Sichtbare noch zu reinigen, vor allem von den Farben“ (TREPL 1987: 69).

Zur Bestimmung und Beschreibung der äußeren Form verwendete Linné vier Variablen: Numerus, Figura, Proportio, Situs. Mit Hilfe der Kombination dieser Merkmale war man nun in der Lage seine Beobachtungen systematisch aufzuschreiben und damit für andere nachvollziehbar zu dokumentieren.

Die Verkürzung der zu beschreibenden Objekte auf deren sichtbare Form ermöglicht damit eine Abbildung der Objekte in Sprache und Schrift: in einem verbalen Gestaltmodell.

Selektive Wahrnehmung durch gezielte Beobachtung und Analyse

Mit der Beschränkung auf die die äußere Gestalt bestimmenden Variablen geht eine Objektivierung der Beobachtung und Beschreibung einher. „Von dem gleichen Einzelwesen wird jeder die gleiche Beschreibung machen können, und umgekehrt wird von einer solchen Beschreibung ausgehend jeder die ihr entsprechenden Einzelwesen erkennen können“ (FOUCAULT 1980: 176).

Als Folge dieser verkürzenden Perspektive der Betrachtung hat sich das verfügbare Wissen explosionsartig vermehrt. „Man hat den Eindruck, daß mit Tournefort, Linné und Buffon man schließlich begonnen hat, das auszusprechen, was schon immer sichtbar gewesen war, aber von einer Art unüberwindbarer Unachtsamkeit der Blicke stumm geblieben war“ (FOUCAULT 1980).

In der Geographie findet sich die auf die äußere Form der Gegenstände gerichtete Betrachtungsperspektive mit einer rein morphologischen Betrachtungsweise im „physiognomischen

[60] Dieser morphologische Strukturbegriff ist nicht zu verwechseln mit dem Strukturbegriff, wie er z.B. im Zusammenhang mit der Beschreibung von System‚strukturen’ verwendet wird und wo das Beziehungsgeflecht innerhalb des Systems gemeint ist (vgl. KOCHANSKI 1979: 85)

Prinzip“. Landschaften und ihre Elemente werden erfaßt und untersucht nach ihrer „... visuellen Bedeutung und ihrer Ordnung nach physiognomischen Dominanzen, Akridenzien und Unscheinbarkeiten ...“ (BARTELS 1968: 60). Dabei wird die äußere Form auch als Ausdruck für die dahinterstehenden inneren Wirkbeziehungen und die geschichtliche Genese gesehen: „Geomorphologie als Beschreibung und erklärende (das heißt hier vor allem: genetische) Interpretation der Erdoberflächenformen“ (HARD 1973: 129).

In der geographischen Literatur werden die Kategorien (äußere) Gestalt und (innere) Struktur aufgrund ihrer gegenseitigen Abhängigkeit häufig begrifflich vermischt und beide als Form oder auch als Struktur bezeichnet (vgl. z.B. CAROL 1956).

Im Sinne des allgemeinen Modellbegriffs Stachowiaks werden im Zusammenhang mit der Kategorie Form folgende Modellbildungsschritte deutlich:

1) Reduzierung der Objekte auf deren sichtbare Eigenschaften,
2) Reduzierung der sichtbaren Eigenschaften auf die äußere Form.

4.2.5 Zeit (Dynamik, Genese)

Wie Kant (K.d.r.V.) in seiner transzendentalen Ästhetik ausführt, lassen sich die zeitlichen Bestimmungen ebenso wie die räumlichen nicht den Dingen an sich zusprechen, sondern nur ihren Erscheinungen. Die Zeit ist für Kant daher genauso wie der Raum eine im menschlichen Subjekt liegende „reine Form der Anschauung“.

„Die Zeit ist nicht etwas, was für sich selbst bestände oder den Dingen als objektive Bestimmung anhinge, mithin übrigbliebe, wenn man von allen subjektiven Bedingungen der Anschauung derselben abstrahiert: denn im ersten Fall würde sie etwas sein, was ohne den wirklichen Gegenstand dennoch wirklich wäre. Was aber das zweite betrifft, so könnte sie als eine den Dingen selbst anhängende Bestimmung der Ordnung nicht von den Gegenständen als ihrer Bedingung vorhergehen und a priori durch synthetische Sätze erkannt und angeschaut werden. ... Die Zeit ist nichts anderes als die Form des inneren Sinnes, d. i. des Anschauens unserer selbst und unseres inneren Zustandes. ... Die Zeit ist die formale Bedingung a priori aller Erscheinungen überhaupt“ (KANT, K.d.r.V., zit. nach HOFFMEISTER 1955).

Der Bedeutungszuwachs der Erkenntniskategorie Zeit in der in der historischen Entwicklung der Naturgeschichte und der Wissenschaft von der Natur spiegelt sich in einer Dynamisierung und Historisierung der wissenschaftlichen Erkenntnis.

Die Zeitvorstellung der Antike war die „einer unwandelbaren Ewigkeit oder eines fortwährenden zyklischen Wandels, der immer wieder zu demselben Anfang zurückkehrte“ (Mayr 1984: 245). Noch für Leibniz galt es als selbstverständlich, daß die Weltordnung für alle Ewigkeit konstant bleibt (JAHN et al. 1982: 266). Von daher erübrigte es sich, die Zeit als Kategorie in die wissenschaftliche Betrachtung einzubeziehen. Die wachsende Fülle der Kenntnis jedoch

und der Zwang, diese zu bewältigen machte es schließlich notwendig, die Zeit als zusätzliche Kategorie der Betrachtung mit heranzuziehen. „Die Reduktionsleistung der ‚Ordnung im Raum' erwies sich mehr und mehr als unzureichend, so daß sich an der Wende zur Moderne dann in verschiedenen Bereichen (Politik, Kultur, Wissenschaft) die Notwendigkeit durchsetzte, ‚Komplexität durch Techniken der Verzeitlichung zu verarbeiten', was schließlich zu einer Verallgemeinerung der Zeitvorstellung führte" (TREPL 1987: 73). Das Phänomen der Verzeitlichung bildet nach LEPENIES (1976) den Übergang zur Moderne in der Wissenschaftsgeschichte.

Biologie

Im Bereich der Biologie bzw. Naturgeschichte brachte die „Verzeitlichung" der Lebensvorgänge eine Vorstellung von der Dynamik der Lebewesen. Vor dem Hintergrund der physiognomischen Perspektive der Naturgeschichte (Reduzierung der Naturdinge auf deren äußere Form) wurde – noch auf der Grundlage des antiken Zeitbegriffs – die Verzeitlichung des Lebens, „die Idee des Wandels in der Zeit" (TREPL 1987: 74) zunächst auf die individuelle Entwicklung der Lebewesen bezogen. Das statische, bloß typologische Denken wurde durch Denken in Kategorien der Veränderbarkeit und der Wandlungsfähigkeit aufgeben (MAYR 1967). „Die statisch-räumliche Naturgeschichte wird zu einer dynamisch-flexiblen Geschichte der Natur" (WENZEL 1982: 21).

Betrachtet man den chronologischen Aspekt, der bezogen auf die Biologie die zeitlichen Folgeverhältnisse der Vorgänge des Lebens zum Ausdruck bringt, näher, so lassen sich drei Dimensionen unterscheiden:

- jedes kleinste Zeitintervall im kontinuierlichen physiologischen Geschehen (Leben als Summe dynamischer Prozesse des Stoff- und Energiewechsels)
- der Zeitfaktor in der individuellen Entwicklung eines Lebewesens (Leben als Formenwechsel des Werdens und Vergehens)
- die Zeitkomponente in der Evolution der Organismen (Historisierung) (Leben als evolutionärer Entwicklung neuer Formen)

(vgl. WUKETITS 1983: 14 und HARTMANN 1953: 16ff).

Mit der Entwicklung einer Vorstellung von größeren Zeiträumen rückte auch die Entwicklung gänzlich neuer Gestalt von Lebewesen –im Sinne evolutionärer Entwicklung – ins Blickfeld (vgl. v. ENGELHARDT 1979, nach WENZEL 1982). Bereits Leibniz hatte die Entstehung der Erde und der Organismen nicht auf einen einmaligen Schöpfungsakt zurückgeführt, sondern als Entwicklung aufgefaßt (WUKETITS 1983: 63). Zunächst wurde diese Entwicklung jedoch als Entfaltung eines bereits existierenden Potentials gedeutet. „Das äußere Erscheinungsbild der Stufenreihe des Lebendigen wandelte sich also mit der Zeit, ohne daß die zugrundeliegenden Wesenheiten sich nur im geringsten änderten. Nichts Neues wurde geschaffen, bestand doch für alles ein präexistentes Potential" (MAYR 1984: 260). Beim Wandel der Gestalt von Lebewesen handelte es sich also nicht um Geschichte im Sinne von einer zeitlicher Entwicklung von etwas qualitativ Neuem. Als qualitativ wirklich neu wurden zunächst

nur Veränderungen begriffen, die die räumliche Verteilung von Lebewesen, das „Zusammenvorkommen“ im äußeren geographischen Raum, betrafen (TREPL 1987: 74). Nur hier ereigneten sich Umwälzungen, die nicht als Realisierung eines vorgegebenen Programms gedeutet wurden. „‚Geschichte der Natur’, soweit sie einen wirklich geschichtlichen und nicht nur zeitlichen Sinn hatte, hatte darum vor allem einen ‚biogeographischen’ Inhalt“ (TREPL 1987: 74).

Beeinflußt wurde die Historisierung der Biologie dementsprechend vor allem durch die Geologie, deren vorrangigste Aufgabe historischer Art war und die dadurch „zu der Enddeckung gelangte, daß die Erdoberfläche nicht immer so gewesen war, wie sie heute ist, ja daß die Erde eine Geschichte hat“ (MAYR 1984: 251).

Neben der Historisierung biologischer Erscheinungen führt die stärkere Beachtung der Kategorie Zeit letztlich auch zu einer dynamischen Auffassung des Organismus, nach Bertalanffy (1949: 120) eines der wichtigsten Prinzipien der modernen Biologie.

Geographie

Mit der Begründung der historischen Geologie in der Mitte des 19. Jh. wurden geologische Phänomene schließlich als Produkte einheitlich wirkender Kräfte in der Zeit betrachtet (WUKETITS 1983: 63). Die Betonung der Kategorie Zeit durch die Betrachtung des geschichtlichen Werdens (Historisierung) ist seither bestimmend für die von BOBEK (1957: 123) als „historisch-genetisch“ bezeichnete Forschungsrichtung der Geographie.

4.2.6 Relation

Von besondere Bedeutung für die wissenschaftliche Betrachtung der natürlichen Umwelt ist die Erkenntniskategorie der Beziehung oder Relation. Nach KANT (K.d.r.V.) betrifft die Kategorie der Relation die Betrachtung von Erscheinungen im Verhältnis oder in Verbindung zu anderen. Voraussetzung für die Betrachtung der Kategorien der Relation ist die Unterscheidung von Relata (den Aussagegegenständen) und Relation (der Beziehung, in der sie stehen). Es werden verschiedenen Arten oder Formen von Beziehungen unterschieden. Neben der bereits im Zusammenhang mit der Kategorie des Raumes angesprochenen Relation der Lage sind im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Erfahrung und Erkenntnis von Natur und Umwelt vor allem die Relationen der Abhängigkeit relevant (vgl. NEUHÄUSLER 1963).

Gemeinsam ist den verschiedenen Relationen der Abhängigkeit, daß eine Erscheinung, ein Seiendes in seiner Abhängigkeit von einem oder mehreren anderen Seienden betrachtet wird. In Bezug auf die wissenschaftliche Erkenntnis von natürlichen Erscheinungen in der

Biologie und der Geographie sind insbesondere drei Formen von Abhängigkeitsbeziehungen als Erkenntniskategorien von Bedeutung:

- Die Beziehung von Ursache und Wirkung,
- Die Wechselwirkung,
- Die Beziehung von Mittel und Zweck.

Hier soll nun zunächst auf die Ursache-Wirkungs-Beziehungen sowie auf die Wechselwirkungen eingegangen werden. Die Kategorie der Zweck-Mittel-Beziehungen wird später im Zusammenhang mit der Erkenntniskategorie des Zwecks behandelt.

4.2.6.1 Kausale Wirkbeziehungen/ Kausalität und Gesetzlichkeit

Alle Erscheinungen können als Wirkungen betrachtet werden. Die Erkenntniskategorie der Wirkbeziehung oder der allgemeinen Wirkungsfähigkeit, die im übertragenden Sinne auch als Kategorie der Kraft bezeichnet wird, bezeichnet den Blick auf die Abhängigkeit der Existenz von Erscheinungen (Objekte oder Prozesse) von Wirkungen von anderen Objekten oder Prozessen, den Ursachen. Die Wirkung wird als durch das Prinzip der Kausalität in Beziehung zur Ursache stehend betrachtet.

Als Erkenntniskategorie ist das Prinzip der Kausalität für Kant „ein bloßes Wissen der Erscheinung, das als synthetische Erkenntnis a priori nur dadurch gedacht werden kann, daß es die formale Bedingung einer möglichen Erfahrung ausdrückt, nicht aber das Dasein der Dinge“ (PRECHTEL/BURKHARD 1996).

Besondere Bedeutung gewinnt das Prinzip der Kausalität zunächst in den klassischen Naturwissenschaften und hier insbesondere in der Physik. Hier wird das Kausalprinzip zur zentralen Betrachtungsperspektive. „1. Alle physikalischen Geschehnisse sind inhaltlich, örtlich und zeitlich nach Kausalgesetzen eindeutig bestimmt, 2. Inhaltlich können sie letztlich als Bewegung (im weitesten Sinne) aufgefaßt werden (ZIEHEN 1939: 304, zit. nach RENSCH 1968: 222).

Alle Veränderungen der Körper werden als Wirkung äußere Einflüsse begriffen. „Wir suchen in den physikalischen Wissenschaften zu ermitteln, welche Veränderungen überhaupt vorkommen können und welche äußeren Einwirkungen und Umstände vorhergehen müssen, um solche Veränderungen hervorzubringen ...“ (v. HELMHOLTZ 1982: 22, im Orig. 1903).

Biologie

Über die Analogisierung physikalischer und organischer Grundkräfte findet die Kategorie der Kausalbeziehungen Eingang in die Biologie. Aus dieser Perspektive wird zum Beispiel auch das organische Wachstum nicht länger teleologisch durch eine in der Ganzheit des Organismus begründeten ‚Lebenskraft’ erklärt (vgl. Kap. 4.2.7), sondern rein kausal als Folge von Ursachen. „Wir gehen also von der Voraussetzung aus: Einem Organismus liegt keine nach

einer bestimmten Idee wirkende Kraft zugrunde, sondern er entsteht nach blinden Gesetzen der Notwendigkeit durch Kräfte, die ebenso durch die Existenz der Materie gesetzt sind wie die Kräfte in der anorganischen Natur“ (SCHWANN 1987: 103, im Org. 1839: 226).

„Kausalität und Gesetzlichkeit sind mithin auch im Organischen ebenso wie in der Physik und Chemie die wesentlichen erkenntnisbedingenden Kategorien“ (M. HARTMANN 1953: 884). M. HARTMANN (1956: 92) unterscheidet allerdings qualitative und quantitative Kausalgesetze und betont, daß es sich in der Biologie bei den formulierten umfassenden Kausalgesetzen (z.B. den Gesetzen der Vererbungslehre) um qualitative Gesetze handelt [61], während die Physik mit quantitativen Gesetzen operieren kann, da Ursache und Wirkung hier quantifizierbar sind.

Mit der Betrachtung kausaler Wirkbeziehungen finden immer mehr physikalisch-mechanischer Grundvorstellungen Eingang in die Biologie. Diese Grundvorstellungen sind:

- Die Existenz von in ihren wesentlichen Eigenschaften von einer Einbindung in übergeordnete Systeme unabhängige Elementarteilchen,
- Die Vorstellung von Körpern als Aggregate von Elementarteilchen
- Die Rückführung von Veränderungen allein auf Einwirkungen von außen.

Nicht mehr die Ganzheit steht im Vordergrund, sondern die auch unabhängig vom Ganzen existenzfähigen einzelnen Elemente. Die Funktion der physikalischen Elementarteilchen übernehmen als kleinste Bausteine des Lebens die Zellen. „Die Frage über die Grundkraft der Organismen reduziert sich also auf die Frage über die Grundkraft der einzelnen Zellen“ (SCHWANN 1987: 105/106, im Org. 1839: 229).

Die Konsequenz dieser Sichtweise ist ein **analytischer Forschungsansatz** mit dem Ziel, die Erscheinungen durch allgemeine Gesetze kausal zu erklären (vgl. hierzu Kap. 3.3.3 „Modellzweck Erklärung“), womit auch methodisch der Anschluß an die experimentellen Verfahrensweisen der Physik vollzogen wird. So schreibt RENSCH (1968: 87) mit Bezug auf die biologische Forschung: „Die kausale Analyse hat sich also als heuristisches Prinzip stetig und ausnahmslos bewährt.“ Folge dieser streng mechanistisch-kausalanalytischen Wissenschaftsauffassung ist eine reduktionistische Forschungsperspektive mit dem Bestreben, Biologie auf Physik zu reduzieren (TREPL 1987).

Als Konsequenz aus dem Versuch, auch biologische Vorgänge mehr mit quantitativen Kausalgesetzen erklären zu wollen, ist in der Mitte dieses Jahrhunderts eine zunehmende Mathematisierung der gesamten Biologie zu verzeichnen, was zu dem neuen Forschungsbereich ‘Theoretische Biologie’ führt (vgl. BERTALANFFY 1937: 14ff.). Innerhalb der Ökologie entwickelte sich auf dieser Grundlage die „New Ecology“ (vgl. TREPL 1987).

---

[61] Die Kausalgesetze des biologischen Stoff- und Energiewechsels sind jedoch quantitative Gesetze. Sie sind es schon allein deswegen, weil sie mit den quantitativen Methoden der Physik ermittelt wurden.

Mit der Betrachtung der hinter den äußeren Formen der geographischen Substanz stehenden formenden Prozesse als „Wirkgefüge von Kräften“ (BOBEK 1957: 123) gewinnt die Kategorie der Wirkbeziehungen als Betrachtungsperspektive auch in der Geographie an Bedeutung. Diese wirkungsbezogene Betrachtungsperspektive ist kennzeichnend für die „funktionelle Forschungsrichtung“ innerhalb der Geographie (BOBEK 1957).[62] Bei Storkebaum (1975: 5) wird diese Perspektive als funktionale Forschungsrichtung bezeichnet, „welche den Wechselwirkungen aller Faktoren innerhalb eines geographischen Wirkungsgefüges im Bereich der unbelebten und belebten Natur wie auch des Menschen, seiner Sozial- und Wirtschaftsordnung nachspürt.“

4.2.6.2 Wechselwirkung

Bei der Betrachtung von Wechselwirkungen wird eine Veränderung nicht als Wirkung einer Ursache betrachtet, sondern im Kontext des Aufeinandereinwirkens mehrerer Erscheinungen. Die Rede ist dann häufig von Beziehungs- oder Wirkungsgefügen, die sich am betrachteten Objekt abspielen und seine Erscheinung bestimmen (vgl. z.B. BOBEK 1957: 123 oder STORKEBAUM 1975: 5).

Wechselwirkungen werden einerseits als eigenständige Erkenntniskategorie (KANT) oder ontologische Kategorie (N. HARTMANN) verstanden und andererseits als Kombination von Kausalbeziehungen.

Kant bezeichnet die Wechselwirkung in der „Kritik der reinen Vernunft“ ausdrücklich als eine besondere Kategorie der Relation, derzufolge der Grundsatz gelte, daß alle Substanzen, sofern sie im Raume als gleichzeitig wahrgenommen werden können, in durchgängiger Wechselwirkung sind (HOFFMEISTER 1955).

N. HARTMANN (1950), der die Kategorien im Gegensatz zu Kant als ontische Seinseigenschaften auffaßt, sieht in den Wechselwirkungen ebenfalls eine eigenständige Kategorie neben den kausalen Wirkbeziehungen - eine Determinationsform gleichzeitiger gegenseitiger Abhängigkeit im Gegensatz zu kausaler zeitlich gestaffelter Bedingtheit. Wechselwirkung „ist eine andere Art des inneren Zusammenhangs der physischen Welt als die Ursächlichkeit ... Sie bildet keinen reihenhaften linearen ‚Nexus‘, der immer weiter läuft, sie ist Determination im Sinne eines mehrdimensionalen, geflechtartigen Zusammenhangs in der Gleichzeitigkeit gegenseitigen Bedingens und Bedingtseins sowie des in dieser Bedingtheit zur Einheit gebundenen Zusammenstehens“ (N. HARTMANN 1950: 421).

---

[62] Nach BOBEK (1957) wird die wirkungsbezogene Betrachtungsperspektive in der Geographie auch als physiologische, dynamische oder sogar ökologische Betrachtungsweise bezeichnet. „Gelegentlich wird der Begriff ‚Ökologie‘ auch auf die Gesamtheit der funktionellen Beziehungen ausgedehnt und entsprechend von ‚ökologischer Betrachtungsweise‘ gesprochen“ (BOBEK 1957: 123).

Die Kategorie der Wechselwirkung wird immer wieder eng verknüpft mit dem Begriff des Ganzen oder des Systems (vgl. z.B. HÖRZ et al. 1978, MITTELSTRAß 1995). Kategorie der Wechselwirkungen wird zum bedeutenden Mittel, bei der Erklärung scheinbar zielgerichteter und zweckmäßiger Erscheinungen der Lebenswelt – unter Verzicht auf zielgerichteter vitalistische Lebensenergien. „In der objektiven Realität existiert universelle Wechselwirkung, in der sich relativ stabile Systeme mit eigenen Systemgesetzen herausbilden. Daraus folgt, daß keine übernatürlichen, außerweltlichen Prinzipien das Weltgeschehen bestimmen und bedingen“ (HÖRZ et al. 1978: 983). So sind es nun die internen Wechselwirkungen, die die Steuerung der Teile zum Wohle des Ganzen ermöglichen. Es ist dieses eine Auffassung von Wechselwirkung als Prinzip, das Ganzheiten konstituiert, aber keine vitalistische Lebensenergie und dennoch mehr als die Summe einer Vielzahl einzelner Kausalbeziehungen ist.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß die Betrachtung der Wechselwirkungen auch für moderne holistische Strömungen der Naturphilosophie eine charakteristische Betrachtungsperspektive darstellt in der der Naturzusammenhang als eine durch Wechselwirkungen zusammengehaltene Ganzheit von Prozessen abgebildet wird (vgl. KRAFT 1994).

Andererseits wird – als Ausdruck eines Verständnisses von Wechselwirkungen als Kombination von Kausalbeziehungen – gleichzeitig versucht, die Wechselwirkungen mit Hilfe kausalanalytischer Forschungsmethoden nachzuvollziehen und in kausale Wirkbeziehungen aufzulösen. „Die moderne Biologie sucht nun mit Hilfe der experimentellen Methode, der exakten Induktion, die einzelnen Kausalreihen von der Wirkung auf die vorausgehende Ursache und von dieser immer weiter auf andere Ursachen zurückzuführen und somit die ganze Kausalkette zu analysieren“ (HARTMANN 1956: 90).

Besonders im Zusammenhang mit der Betrachtung natürlicher und vor allem lebender Erscheinungen hat die Kategorie der Wechselwirkung besondere Bedeutung. „Die organischen Naturgegenstände sind ... ein System von relativ im Gleichgewicht stehenden, in durchgängiger Wechselwirkung verbundenen Kraftsystemen“ (HARTMANN 1956: 90).

In der biologischen Forschung werden zwei Gruppen von für lebende Organismen bedeutsamen physiologische Wechselwirkungen betrachtet: Stoff- und Energiewechsel sowie Reizerscheinungen (vgl. HARTMANN 1956: 6ff).

4.2.7 Zweck und Zweckmäßigkeit

Bezogen auf den Menschen und dessen Handeln bezeichnet der Zweck zunächst das Ziel, die vorgestellte und erstrebte Wirkung der menschlichen Handlung. Dieser Begriff des Zwecks, der häufig nicht unterschieden wird vom Begriff des Ziels, geht zurück auf Aristoteles, der den Zweck als Endursache (causa finalis) der direkten Ursache (causa efficiens) gegenüberstellt. Allgemein kann man dann von Zweckmäßigkeit sprechen, wenn einem Objekt (Träger des Zwecksystems) ein Zweck zugeordnet werden kann - unabhängig davon, ob diese Zwecke als vom Objekt selbst gesetzt angesehen werden oder lediglich vom Beobachter erkannt werden (WEINBERGER 1983: 116).

„Nach einer Analogie“ mit der praktischen Zweckmäßigkeit der menschlichen Kunst, das heißt dem zielgerichteten bzw. zweckmäßigem Handeln des Menschen, überträgt Kant in der „Kritik der Urteilskraft“ die Zweckmäßigkeit als Prinzip der Betrachtung auch auf natürliche Erscheinungen. Dabei wird die auf den Zwecke bzw. Endzwecke bezogene Betrachtung auch als teleologische Betrachtung bezeichnet.

Kant (K.d.U., § 63) bezeichnet diese auf die Natur gerichtete Kategorie des Zwecks als **objektiv-materiale Zweckmäßigkeit**, die er von der Kategorie der **subjektiven Zweckmäßigkeit** („Zweckmäßigkeit nur zum subjektiven Nutzen“) unterscheidet, da der Begriff der Zweckmäßigkeit der Natur als Erkenntniskategorie „lediglich in der reflectirenden Urtheilskraft seinen Ursprung hat“ (Kant, K.d.U., zit. nach Klaauw 1937: 516). Innerhalb der Kategorie der objektiv-materialen Zweckmäßigkeit unterscheidet er weiter zum einen die „**relative oder äußere Zweckmäßigkeit**“ („Nutzbarkeit“ oder „Zuträglichkeit“ der Natur oder natürlicher Erscheinungen für außerhalb dieser Erscheinungen stehende Instanzen wie vor allem den Menschen) und die „**innere Zweckmäßigkeit oder die Naturzwecke**“, das heißt die offensichtliche Zweckmäßigkeit der Organisation natürlicher Erscheinungen für sich selbst, also der zweckmäßigen Organisation von individuellen Organismen oder auch der Natur als Ganzes.

Im Fall der **relativen Zweckmäßigkeit** ist der Zweck vom Menschen gesetzt, das heißt durch seine Ansprüche definiert, so daß eine Betrachtung oder Abbildung der Natur im Hinblick auf ihre äußere Zweckmäßigkeit letztlich eine Betrachtung oder Abbildung im Hinblick auf ihre menschliche Nutzung und damit auch auf Handlung darstellt. (In diesen Kontext gehört auch die Betrachtung der Natur im Hinblick auf ihre Nutzungsfunktion, z.B. Erholungsfunktion des Waldes). Die auf die äußere Zweckmäßigkeit gerichtete Betrachtung muß deutlich unterschieden werden von der auf die innere Zweckmäßigkeit der Natur gerichtete Betrachtung, wie sie innerhalb der biologischen Forschung betrieben wurde und zumindest in der Ökologie besonders in der Bundesrepublik auch noch wird. Hier wird die Zweckmäßigkeit in Konkurrenz zur Kausalität als Prinzip der Erklärung natürlicher Erscheinungen herangezogen.

Bei Kant erscheint die Teleologie, also die Betrachtung der Zweckmäßigkeit, nicht als Konkurrenz zur Kausalität, sondern als deren Ergänzung. „Die Bedeutung der Legitimität kausalmechanischer Erklärungen wird von Kant ohne jeden Zweifel anerkannt. Kant stellt die Teleologie aber als eine wesentliche Form der Beschreibung von Gegenständen dar“ (TEICHERT 1992: 110). Insbesondere gilt dieses für jene Erscheinungen, mit denen sich die Biologie, als Wissenschaft des Lebens und damit als Wissenschaft von den Naturprodukten und –zwecken, beschäftigt. Im Bezug auf Lebewesen erscheint Kant die Betrachtung kausaler Wirkbeziehungen und damit verbunden kausaler Erklärungsmodelle als unzureichend.

„In einem solchen Produkte der Natur wird ein jeder Teil, so, wie er nur durch alle übrigen da ist, auch als um der anderen willen existierend, d.i. als Werkzeug (Organ) gedacht: welches aber nicht genug ist (...) sondern als ein die anderen Teile (folglich jedes das andere wechselseitig) hervorbringendes Organ, dergleichen kein Werkzeug der Kunst, sondern nur der

allen Stoff zu Werkzeugen (...) liefernden Natur sein kann: und nur dann und darum wird ein solches Produkt, als organisiertes und sich selbst organisierendes Wesen, ein Naturzweck genannt werden können. (...) Ein organisiertes Wesen ist also nicht bloß Maschine: denn die hat lediglich bewegende kraft; sondern es besitzt in sich bildende Kraft (...)“ (KANT, K.d.U. A 228, zit. nach TEICHERT 1992: 110).[63]

Kant versteht die teleologische Betrachtung von Naturzwecken als nur „regulatives“ Prinzip, das heißt er behauptet, daß es Naturprodukte gibt, die wir nur erkennen können, wenn wir zunächst von der Hypothese ausgehen, ein verständiges, außergesellschaftliches Wesen (Gott) habe sie absichtlich hergestellt. „Ein Ding, seiner inneren Form halber, als Naturzweck beurteilen ist etwas anderes, als die Existenz dieses Dings für Zweck der Natur halten“ (KANT, K.d.U.: §67, A 296). Dieses Verständnis verweist auf die heuristische Bedeutung der Teleologie zur Auffindung kausaler Erklärungen.

Zweckmäßigkeit und Zielgerichtetheit (Finalität) sind bis heute als spezifische Prinzipien der lebendigen Welt anerkannt und weitgehend unbestritten. „Die Zweckmäßigkeit der Organismen, ihrer Organe und Funktionen wird natürlich jeder Vorurteilslose ohne weiteres zugeben und somit anerkennen, daß diese Beurteilung des Zweckmäßigen (Planmäßigen), Zielstrebigen, Ganzheitsbezogenen für die Kennzeichnung biologischer Formen und Funktionen notwendig ist“ (M. HARTMANN 1956: 103). Die Begriff der ‚Zweckmäßigkeit’ wird deshalb von vielen Biologen als wesentliches Element der Wissenschaft Biologie betrachtet. Sie sehen in ihr eine notwendige, der Kausalität, der Wechselwirkung und der Gesetzlichkeit gleichwertige und in gleicher Weise grundlegende Erkenntniskategorie (HARTMANN 1953: 878).

Unterschiede bestehen allerdings hinsichtlich der Erklärungsansätze für die offenkundige Zweckmäßigkeit und Zielgerichtetheit der lebenden Organismen und Prozesse. Die zentrale Frage, die letztlich auf das Phänomen des Lebens überhaupt zielt, ist: „Wie konnten einstmals die Tatbestände in die Welt gekommen sein, auf die sich nunmehr sachgerecht die Ausdrücke ‚zweckmäßig’ und ‚zielgerichtet’ anwenden lassen?“ (HASSENSTEIN 1981: 64, zit. nach WEINBERGER 1983: 117). In der Ökologie und in der Biologie wird also zunächst nicht im Sinne Kants davon ausgegangen, daß die Zweckmäßigkeit lediglich eine regulative Erkenntniskategorie darstellt sondern vielmehr davon, daß sie eine ontische Eigenschaft darstellt.

Dadurch daß Zweckmäßigkeit und zielgerichtetes Verhalten der Organismen als das wesentliche Charakteristikum der organischen Phänomene aufgefaßt wird, ist die Erklärung der Zweckmäßigkeit und Zielgerichtetheit zugleich eine Erklärung der organischen Erschei-

---

[63] Eng verbunden mit dem teleologischen Erklärungsansatz ist das organismische Denken oder der Organizismus. Der Organismus als Metapher für ein geordnetes Ganzes - auch für das überindividuelle Ganze, in dem die einzelnen Organismen ihren Zweck erfüllen wie die Organe im Organismus. So sind für DRIESCH Ganzheiten nichts anderes als Organismen. „Das Ganze ist vielmehr ein Organismus, wenn man es so nennen will. Das heißt aber nur: es ist eben ein geordnetes Ganzes“ (DRIESCH 1914: 5, zit. nach WEINGARTEN 1992: 166). Der Organismusbegriff wird zugleich auch von Bertalanffy benutzt, der sich jedoch ausdrücklich vom teleologischen Denken und damit auch von Driesch distanziert (vgl. BERTALANFFY 1949). Das bedeutet, Organismusdenken ist nicht immer gleichzusetzen mit teleologischem Denken und Vitalismus.

nungen und der für das Leben charakteristischen Prozesse wie Wachstum und Entwicklung überhaupt.

Zweckmäßigkeit der Natur als vom göttlichen Schöpfer eingerichtet und/oder durch vitalistische Kräfte gesteuert

In der traditionellen Teleologie wird das Ziel als Ursache eines gerichteten Prozesses angesehen. Der Zweck wird als vom Schöpfer vorbestimmt angesehen. Er weist den Organismen ihren Platz im „Räderwerk der Naturdinge" zu (LINNÉ, zit. nach TREPL 1987: 78). Das Verhalten der Organismen folgt aus den von Gott verliehenen Eigenschaften. Gott wird als die oberste ziel- und zwecksetzende Instanz angesehen. Ziel der teleologischen Forschung ist es, den Zweck, das vorherbestimmte Ziel der Dinge aufzuzeigen, um damit nicht zuletzt Gott und seine Größe zu beweisen.

„Alle geschaffenen Dinge müssen einem Zweck dienen. Einige Pflanzen dienen als Medizin, einige Lebewesen dienen dem Menschen zur Nahrung usw. Der Schöpfer mit seiner Allwissenheit tat nichts Unnützes, sondern schuf jedes Ding zu einem besonderen Zweck oder zum Nutzen von jemandem oder etwas. Unsere Aufgabe ist es, diese seine Absicht zu entdecken, und das ist der Zweck der Naturgeschichte" (LINNAEUS, zit. nach MAYR 1984:115).

In ähnlicher Weise findet sich die teleologische Betrachtung auch in der Geographie. So sind die Länder, als Gegenstand der geographischen Länderkunde, für Carl RITTER (1862, zit. nach SCHMITTHENNER 1951) „göttliche Zweckschöpfungen" und der individualisierte Raum hat nach seiner Meinung eine „metaphysische Aufgabe" zu erfüllen. Nach Ansicht Ritters ist dem Menschen von Gott die Aufgabe zuerteilt, die durch die Naturausstattung in die Räume hineingelegte Schöpfungsabsicht zu erkennen.

In der bis in das 19. Jahrhundert als Erklärungskonzept der Biologie vorherrschenden idealistischen Naturphilosophie und im Vitalismus (als eine bewußte Gegenposition zum aufkommenden Materialismus) wurde die Finalität und Zweckmäßigkeit mit einem den Lebenden Organismen innewohnenden besonderen ‚Lebensfaktor' (als Charakteristikum des Lebendigen gegenüber dem Anorganischen) erklärt, der als innere Kraft des Lebendigen sowohl die Entwicklung von einzelnen Organismen als auch von Organismengemeinschaften auf ein Ziel hin lenkt (JAHN et al. 1982: 338ff). Nicht mehr Gott selbst, sondern eine göttliche, das heißt von Gott eingesetzte Kraft, steuert das Werden und Vergehen der Lebewesen. Diese ‘Lebenskraft' wurde im Laufe der Geschichte mit unterschiedlichen Namen belegt (vgl. WUKETITS 1983: 35) von denen besonders der auf Aristoteles zurückgehende Begriff der ‚Entelechie' verbreitet ist (z.B. bei DRIESCH 1931).[64]

[64] Mit Bezug auf die Vertreter des sogenannten ‚Neovitalismus' (z.B. Driesch, v. Uexküll, Haldane) wurde der Streit zwischen diesen beiden Positionen zur Erklärung des Lebens im so genannten „Vitalismus-Mechanismus-Streit" noch bis in die 60er Jahre dieses Jahrhunderts zum Teil sehr intensiv geführt. So gehen die Neovitalisten zum Beispiel davon aus, daß die Evolutionstheorie Darwins als kausale Erklärung für die Entwicklung der Vielfalt der Lebenswelt nicht ausreicht, da das Prinzip der natürlichen Auslese nicht alle Erscheinungen der Lebenswelt erklärt (vgl. WEINGARTEN et al. 1993, HARTMANN 1953: 884ff).

Zu Beginn des 19. Jh. sind damit deutlich zwei Grundvorstellungen zu den Ursachen der charakteristischen Erscheinungen der organischen Welt zu unterscheiden, die SCHWANN (1987, im Original 1839)[65] wie folgt charakterisiert:

„Erstens, die Ursache liegt in der Totalität des Organismus. Durch die Zusammenfügung der Moleküle zu einem systematischen Ganzen, die der Organismus auf jeder Entwicklungsstufe ist, wird eine Kraft erzeugt, vermöge welcher ein solcher Organismus imstande ist, neue Stoffe von außen aufzunehmen und zur Bildung neuer oder zum Wachstum seiner vorhandenen Elementarteile zu verwenden.“ Die Ursache des Wachstums der Elementarteile liegt also hier in der Totalität des Organismus.

Die andere Erklärungsweise ist nach Schwann folgende:

„Das Wachstum geschieht nicht durch eine im Ganzen begründete Kraft, sondern jeder einzelne Elementarteil besitzt eine selbständige Kraft, ein selbständiges Leben, wenn man es so nennen will, das heißt in jedem einzelnen Elementarteil sind die Moleküle so zusammengefügt, daß dadurch eine Kraft frei wird, wodurch er imstande ist, neue Moleküle anzuziehen und so zu wachsen, und der ganze Organismus besteht nur durch die Wechselwirkungen der einzelnen Elementarteile (das Wort Wechselwirkungen im weitesten Sinne genommen, so daß auch das darunter begriffen wäre, wenn der eine Elementarteil den Stoff bereitet, den der andere zu seiner Ernährung braucht). Hier sind also nun die einzelnen Elementarteile das aktive bei der Ernährung, und die Totalität des Organismus kann zwar Bedingung sein, aber Ursache ist sie nach dieser Ansicht nicht“ (SCHWANN 1987: 104, im Org. 18389: 227).

Wenn auch der Vitalismus oder vitalistische Vorstellungen in der heutigen Biologie kaum noch eine Rolle spielen, so ist der Grundwiderspruch der Biologie, der sich im 19 Jh. hinter diesen beiden Grundpositionen auftat, bis heute nicht geklärt. Nämlich das die Lebensprozesse und letztlich die gesamte Natur ganz wesentlich von physikalisch-chemischen Prozessen geprägt sind und auch häufig durch Gesetze der Chemie und Physik erklärt werden können, daß es andererseits aber im Bereich der Lebenserscheinungen auch Phänomene gibt, die sich nicht durch physikalisch-chemische Gesetze erklären lassen. Statt der Vitalkräfte werden heute Prinzipien/Kategorien wie Gestalt, Ganzheit, Organisation, Systemeigenschaft vorgeschlagen, um das Spezifische lebender Erscheinungen hervorzuheben.

Zweckmäßigkeit als heuristisches Prinzip, als Erkenntniskategorie

Im Bewußtsein, daß die Ablehnung vitalistischer Erklärungen nicht bedeuten muß, daß die biologische Analyse gänzlich ohne eine teleologische Perspektive auskommen muß, wächst in diesem Jahrhundert die Anerkennung des Phänomen der Zweckmäßigkeit auch bei kausalanalytisch ausgerichteten Biologen, so daß jetzt auch versucht wird die Zweckmäßigkeit allein durch kausale Wirkungsbeziehungen zu erklären (vgl. z.B. WEINBERGER 1983, MAYR

[65] Theodor Schwann (1810-1882) ist gemeinsam mit J.J. Schleiden (1804-1881) der Begründer der biologischen Zelltheorie.

1984, WUKETITS 1983) [66]. Eine von einem Gesamtziel oder Zweck ausgehende Kraft wird u.a. mit Verweis auf Kant abgelehnt.

„Es geht aber nicht darum, die finalen Elemente aus der Biologie auszuschließen, sondern darum, eine kritische Darlegung der teleologischen Beziehungen anzubieten, die in keiner Weise die Finalität als besondere Determinationsweise des Geschehens ansieht, die von dem Kausalwirken in der Natur verschieden wäre; diese Auffassung der Teleologie hat im Gegenteil zu zeigen, daß die Gesamtheit der teleologischen Beziehungen von den Kausalrelationen abhängig ist“ (WEINBERGER 1983: 114).

Von den Vertretern einer eher kausalanalytischen Wissenschaftsauffassung wird versucht das Prinzip der Zweckmäßigkeit auf kausale Prinzipien zurückzuführen und damit zu erklären. So geht auch Popper davon aus, „daß es grundsätzlich möglich ist, die Teleologie auf die Kausalität zurückzuführen, in dem man das Vorhandensein von Plan und Zweck in der Welt rein physikalisch erklärt“ (Popper 1974: 295).

Der Teleologiegedanke wird dabei als hilfreiches methodologisches oder heuristisches Prinzip durchaus anerkannt, um der kausalen Forschung Anhaltspunkte zu geben. „Die Zweckbeurteilung, die Ganzheitsbetrachtung steht somit nicht im Gegensatz zur Kausalforschung, sie ist nicht eine andere weiterführende Methode, sondern sie ist Voraussetzung, erster Schritt des Aufbaus, sie ist Vorbereitung der Kausalforschung und ermöglicht ihr weiteres Fortschreiten“ (M. HARTMANN 1953: 15).

Zielgerichtete Entwicklung und zweckmäßiges Verhalten wird als ein Vorgang oder Verhalten erklärt, daß sein Zielgerichtetsein dem Wirken eines Programms verdankt. Um sich deutlich gegenüber den vitalistischen Erklärungsansätzen abzusetzen werden, diese Prozesse als ‚teleonome Vorgänge’ bezeichnet (vgl. MAYR 1984: 40, HASSENSTEIN 1981). „Jedes einzelne Programm ist das Resultat der natürlichen Auslese und wird durch den Auslesewert des erreichten Endpunktes ununterbrochen angepaßt“ (MAYR 1984: 40).[67]

---

[66] Die beiden Seiten zum Zugang des Verständnis des Lebendigen, die hier zu verbinden versucht werden, gingen nach SACHSSE (1968) auf ARISTOTELES und THEOPHRAST zurück. Diese Gegenpole kommen im Mechanismus-Vitalismus-Streit zum Ausdruck. Dabei geht es um Auseinandersetzung mit Frage, ob das Lebende allein auf mechanistische und das heißt zugleich kausale Prinzipien zurückgeführt werden kann oder ob dafür noch darüber hinausgehende Voraussetzungen in Form bestimmter Lebenskräfte anzunehmen sind.

[67] In diese Linie der kausalanalytische geprägten Ansätze zur Erklärung der Zweckmäßigkeit und geordneten Ganzheiten ist auch die biologische Systemtheorie einzuordnen, wie sie von Ludwig von Bertalanffy gegründet wurde, indem er die Zweck- und Zielbezogenheit eben nicht durch eine abstrakte Lebenskraft zu erklären suchte, sondern durch eine genauere Bestimmung der Steuerungsmomente. (Bertalanffy ist dem ‚pragmatischer Holismus’ zuzuordnen. Hier fungiert das Ganzheitsdenken als methodisches Hilfsmittel.

Bei differenzierter Betrachtung lassen sich bis zu sechs verschiedene Bereiche unterscheiden, auf die die innere Zweckmäßigkeit und Zielgerichtetheit lebender Erscheinungen und Prozesse als ein zentrales biologisches Prinzip bezogen wird:

- Die Zweckmäßigkeit und Angepaßtheit der Struktur bzw. die interne Organisation der einzelnen Organismen („Teleologie der Formen“),
- Die zielgerichtete Entwicklung der einzelnen Organismen (Präformationstheorie[68], Epigenesis-Theorie[69]) („Teleologie der Prozesse“),
- Das zielgerichtete Verhalten von Organismen,
- Das Phänomen der Selbstregulierung von Organismen oder von Organismengemeinschaften (‘Sollwerte’),
- Das zweckmäßige Zusammenleben einzelner Organismen,
- Der Zweck einzelner Lebewesen innerhalb übergeordneter Gefüge und damit letztlich die zweckmäßige Einrichtung des gesamten Kosmos („Teleologie des Ganzen“).

  (vgl. N. HARTMANN 1966, MAYR 1984; RENSCH 1968, WEINBERGER 1983).

Zielgerichtetheit bzw. Zweckmäßigkeit von Prozessen oder Organen und Organismen setzt damit immer eine den zweckmäßigen Erscheinungen übergeordnete Ganzheit voraus, durch die das Ziel bestimmt ist oder die den Zweck darstellt. Der Zweckbegriff ist damit eng verbunden mit dem Ganzheitsbegriff. Zweckmäßigkeit bzw. Planmäßigkeit bedeutet immer zugleich auch Ganzheitsbezogenheit und setzt damit Ganzheitsdenken voraus (vgl. HARTMANN 1953: 14f). Grundlage und Voraussetzung für eine heuristische Auffassung der Zweckmäßigkeitsbetrachtung als Hilfsmittel für kausalanalytische Erklärungsansätze ist ein systemtheoretischer Ganzheits- bzw. Holismusbegriff (vgl. Holismus).

4.2.8 Organisation

Betrachtet man die bereits von Kant als vor allem im Zusammenhang mit der Betrachtung natürlicher und vor allem lebender Erscheinungen als bedeutsam herausgestellten Erkenntniskategorien Wechselwirkung und Zweckmäßigkeit, fällt der Blick sehr schnell auf den in diesem Zusammenhang bedeutenden Begriff der Organisation. Um diesen Begriff ranken sich vor allem in neuerer Zeit eine Vielzahl anderer Begriffe, die vermutlich auch im Sinne der Erkenntniskategorien Kants interpretierbar wären.

Beispiele für diese seit der Mitte dieses Jh. vor allem aus dem systemtheoretischen Holismus bzw. aus dem materialistischen Organizismus hervorgegangenen und damit ein spezifisches Ganzheitsverständnis betreffenden Begriffe oder möglicherweise auch Erkenntniska-

---

[68] Dazu gehört vor allem die Vorstellung, der Organismus sei im Ei bereits in vollständiger Gestalt, in Miniatur vorhanden.

[69] Danach entwickeln sich die Organismen gemäß einem vorgegebenen Programm.

tegorien sind neben der bereits erwähnten Organisation (vgl. BERTALANFFY 1949: 25ff u. 170f, WEINGARTEN 1993: 246ff, MATURANA 1982) vor allen:

- Autopoiese (Selbstorganisation) (vgl. MATURANA/VARELA 1980, SAUPE 1997),
- Entropie (vgl. KOCHANSKI 1979: 106ff, WUKETITS 1983: 169ff),
- Gestalt (vgl. WEINBERGER 1983: 126ff, HARTMANN 1953: 866)
- Emergenz (vgl. MAYR 1984. 52f).

Bisher sind diese Kategorien jedoch noch sehr unbestimmt und ihr Einfluß auf die Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt im Zusammenhang mit konkreter Umweltplanung ist bisher eher unbedeutend. Aus diesem Grunde soll hier auf eine weitere Analyse dieser Kategorien verzichtet werden.

4.3 Wissenschaftsauffassungen

4.3.1 Das idiographische und das nomothetische Erkenntnisideal

Die grundsätzliche Auffassung von den Aufgaben und Zielen von Wissenschaft hat über die Konkretisierung des Modellzwecks einen wesentlichen Einfluß auf die Art und Weise der wissenschaftlichen Modellbildung. Im Folgenden sollen daher die im Zusammenhang mit dem Forschungsgegenstand Umwelt und Natur vorherrschenden Wissenschaftsauffassungen analysiert und ihr Einfluß auf die Biologie und Geographie aufgezeigt werden.

Im Hinblick auf das mit Hilfe von Wissenschaft zu verfolgende Erkenntnisziel bzw. die Herangehensweise im Erkenntnisprozeß lassen sich traditionell zwei konträre Auffassungen von Wissenschaft unterscheiden (vgl. z.B. RICKERT 1929, HARTMANN 1953, TREPL 1987). Ausgangspunkt der Unterscheidung dieser beiden Wissenschaftsauffassungen ist letztlich die von Sokrates formulierte Dichotomie von Allgemeinem und Besonderem, die in der Antike zur Spaltung der Metaphysik führte. Platon suchte die Wirklichkeit in den unveränderlichen *allgemeinen* Gattungsbegriffen, den Ideen, Aristoteles ging es um die Erkenntnis von sich zweckvoll entwickelnden *besonderen* Einzelwesen.

In seiner Straßburger Rektoratsrede von 1894 prägte Wilhelm Windelband für diese beiden Wissenschaftsauffassungen die Begriffe „idiographisch“ und „nomothetisch“, die bis heute in der Literatur zur Wissenschaftstheorie vor allem der Geographie (vgl. Hard 1973), zum Teil aber auch der Biologie und Ökologie (vgl. TREPL 1987) gebräuchlich sind:

„So dürfen wir sagen, die Erfahrungswissenschaften suchen in der Erkenntnis des Wirklichen entweder das Allgemeine in der Form des Naturgesetzes oder das Einzelne in der geschichtlich bestimmten Gestalt; sie betrachten zum einen Teil die immer sich gleichbleibende Form, zum anderen Teil den einmaligen, in sich bestimmten Inhalt des wirklichen Geschehens. Die einen sind Gesetzeswissenschaften, die anderen Ereigniswissenschaften; jene lehren, was immer ist, diese, was einmal war. Das wissenschaftliche Denken ist – wenn

man neue Ausdrücke bilden darf – in dem einen Falle *nomothetisch,* in dem anderen *idiographisch*“ (WINDELBAND 1894, publ. 1924: 145).

Neben der Terminologie Windelbands finden sich inzwischen eine Vielzahl ähnlicher Begriffe, mit denen die beiden Richtungen der Erkenntnisziele von Wissenschaft gekennzeichnet werden. So wird die nomothetische Wissenschaftsauffassung auch als exakt-erklärend; exakt-generalisierend oder empirisch-analytisch bezeichnet und die idiographische als beschreibend, individualisierend, historisierend, idiographisch-systematisierend umschrieben.[70]

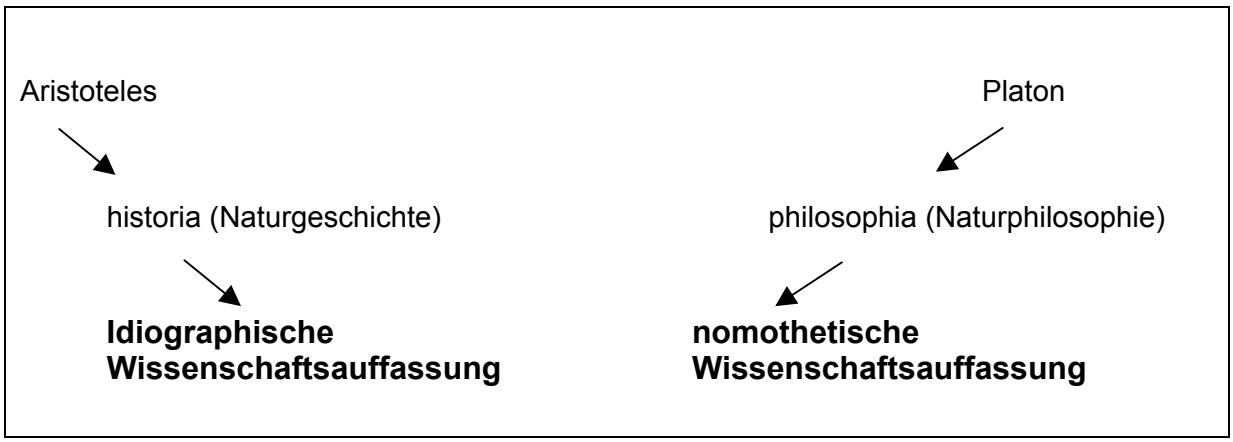


Abb. 10: Ursprünge der idiographischen und nomothetischen Wissenschaftsauffassung

Das Erkenntnisideal der idiographischen Wissenschaftsauffassung wird vor allem den Geisteswissenschaften und hier insbesondere der Geschichtswissenschaft zugeschrieben. Das nomothetische Erkenntnisideal dagegen wird vor allem den Naturwissenschaften zugeordnet. Dabei werden die idiographischen Wissenschaften häufig zugleich mit dem Verstehen als primärem Erkenntnisprinzip in Verbindung gebracht. Mit den nomotheischen Wissenschaften dagegen wird eher das Prinzip der kausalen Erklärung verbunden (vgl. z.B. KUTSCHERA 1982).

Traditionell hat die idiographische Wissenschaftsauffassung jedoch auch erheblichen Einfluß auf den Bereich der Naturwissenschaften. Vor allem die überwiegend auch heute noch verbreitete Überzeugung, daß die Einmaligkeit und Individualität der Erscheinungen der Natur nicht in verallgemeinernde Prinzipien gezwängt und damit normiert werden dürfe, führt dazu,

[70] In der geographischen Literatur wird neben der idiographischen und der nomothetischen Auffassung teilweise auch noch eine zwischen beiden liegende normative Wissenschaftsauffassung unterscheiden, nach der zum Beispiel die Landschaft nach vorgegebenen Klassen und Typisierungen erfaßt und beschrieben wird (vgl. WEICHHART 1975). Beispielsweise wird die geographische Substanz (Teile der Erdoberfläche) auf der Grundlage der geographischen Methode des Vergleichs in Gattungen bzw. Typen geordnet. D.h., es wird bewußt vom Einmaligen des betrachteten Objektes abgesehen und es werden abstrakte Kategorien (Landschaftsmodelle) gebildet, denen die Ausschnitte der realen Erdoberfläche normativ zugeordnet werden. Die Vielfalt der Natur wird mit Hilfe von Klassifikationssystemen zu ordnen versucht (vgl. MAYR 1984 und Kap. 4.2.2).

daß auch in idiographischer Tradition die Aufgabe der Naturwissenschaft darin gesehen wird; „ein einzelnes mehr oder minder ausgedehntes Geschehen von einmaliger, in der Zeit begrenzter Wirklichkeit zu voller und erschöpfender Darstellung zu bringen“ (DRIESCH 1912, zit. nach M. HARTMANN 1953: 3) und die „individualisierten, spezifischen Naturkörper in ein ordnungschaffendes System zu bringen“ (M. HARTMANN 1953: 3).

Die idiographische Wissenschaftsauffassung zeichnet sich danach aus durch:

- Betrachtung einzelner Individuen,
- Beschreibung des einmaligen, individuellen Entstehungsprozesses (historisierend),
- Verstehen statt Erklären.

Für die unter idiographischen Vorzeichen stattfindende wissenschaftliche Modellbildung bedeutet das, daß vor allem die eigentümlichen und individuellen Merkmale des Originals im Modell betont und herausgestellt werden.

Die nomothetische Wissenschaftsauffassung stellt nicht den einzelnen durch Raum und Zeit bestimmen Naturkörper in den Vordergrund sondern „befaßt sich mit den Vorgängen in der Welt und sucht diese Vorgänge in ein System von logischen Gesetzen zu bringen, die gewissermaßen zeitlos und unindividuell sind“ (HARTMANN 1953: 3). Die Aufgabe nomothetischer Wissenschaft ist die Suche nach den allgemeinen Gesetzen hinter einzelnen empirischen Erscheinungen. „Jedes wissenschaftliche Denken, auch in den entferntesten Ecken der Seele des Menschen, läßt sich unbedingt von der Annahme leiten, daß auf dem tiefsten Grunde der Erscheinungen eine absolute Gesetzmäßigkeit liegt, unabhängig von Willkür oder Zufälligkeit“ (PLANCK 1914, zit. nach PESCHEL 1978: 36).

Die nomothetische Wissenschaftsauffassung zeichnet sich aus durch:

- Betrachtung der allgemeinen Prinzipien hinter den empirischen Einzelerscheinungen
- Suche nach übertragbaren Gesetzen,
- Generalisierung durch allgemeingültige Aussagen.

In der unter nomothetischer Wissenschaftsauffassung stattfindenden Modellbildung werden entsprechend generalisierbaren, prinzipiellen Eigenschaften bzw. Merkmale des Originals im Modell betont.

4.3.2 Bedeutung für die Modellierung von Natur und Umwelt

Die den Wissenschaftsauffassungen entsprechenden unterschiedlichen Erkenntnisziele konkretisieren damit den grundlegenden Modellzweck Erkenntnisgewinn (vgl. Kap. 3.3) und bezeichnen unterschiedliche Perspektiven der Abbildung des jeweiligen Forschungsgegenstandes. Zum einen erfolgt die Modellbildung mit dem Ziel, die Vielfalt und Einzigartigkeit der Naturerscheinungen aufzuzeigen und zum anderen, um generelle Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten deutlich zu machen, die hinter den verschiedenen Erscheinungen stehen.

Beide Wissenschaftsauffassungen und damit auch Modellbildungsperspektiven finden sich sowohl in der Biologie als auch in der Geographie.

Nach M. HARTMANN (1953: 5) ist die Biologie „sowohl nomothetische Gesetzeswissenschaft wie vergleichende Ordnungs- und idiographische Geschichtswissenschaft“. In der Tradition der klassischen Naturgeschichte wird die Biologie in einigen ihrer Teilgebiete bis heute als historisch-idiographische Wissenschaft interpretiert, in der die wissenschaftliche Erkenntnis auf das einzelne, einmal in der Zeit sich Abspielende gerichtet bleibt; im Gegensatz dazu befindet sich die heute dominierenden kausalanalytisch ausgerichtete und damit in nomothetischer Tradition stehende Biologie, die „vor allem die Erkenntnis der die historische Tatsächlichkeit bedingenden Gesetzmäßigkeiten erstrebt“ (M. Hartmann 1953: 16).

Größere Bedeutung als in der Biologie haben die beiden entgegenstehenden Wissenschaftsauffassungen in der Geographie. Bedingt durch den Natur und Mensch umfassenden Forschungsgegenstand der Geographie, sieht sich die Geographie traditionell als sowohl natur- als auch geisteswissenschaftlich arbeitende Disziplin (Dichotomie der Geographie) (STORKEBAUM 1975). So verwundert es nicht, daß der innerwissenschaftliche Diskurs zwischen idiographischer und nomothetischer Wissenschaftsauffassung in der Geographie besonders intensiv geführt wird (vgl. HARD 1973, STORKEBAUM 1975, WEICHHART 1975 u.a.).

Das idiographische Prinzip spiegelt sich seit A. v. Humboldt beispielsweise im "Land"-Modell der klassischen Länderkunde. Das "Land" wird verstanden als realer, individueller Ausschnitt der Erdoberfläche. Die geographische Substanz wird in ihrer geschichtlichen Dimension als Einmaligkeit, als singuläres Ereignis betrachtet. "Das geographische Objekt wird als Einmaliges in Raum und Zeit" begriffen (BOBEK/SCHMITHÜSEN 1949, S. 113). Die Landschaft wird nicht als Typ oder Klasse behandelt, wie zum Beispiel der Landschaftstyp „Auenlandschaft“, sondern als einzigartiges Individuum.

Die nomothetische Wissenschaftsauffassung dagegen liegt dem „Landschaftskonzept“, dem grundlegenden Modellkonzept der geographischen Landschaftskunde, zugrunde. Die geographische Substanz wird im Hinblick auf das Gesetzliche in ihr analysiert und abgebildet. Das heißt, das Allgemeine wird in Form eines Naturgesetzes zu erfassen versucht. Das Landschaftsmodell der nomothetischen Geographie wird entsprechend als eine Konkretisierung des abstrakten Landschaftsbegriffs verstanden, also eher im Sinne von Landschaftstypenmodellen (z.B. "Auenlandschaft", "Geestlandschaft", "kleinbäuerliche Kulturlandschaft").

4.4 Forschungsperspektiven und -strategien

4.4.1 Einleitung

Im Zusammenhang mit der Erforschung und damit auch Modellierung bzw. modellhaften Erkenntnis von Natur und Umwelt lassen sich zwei grundlegende Strategien unterscheiden, die zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Bedeutung hatten und haben.

Zum einen sind das **ganzheitliche Strategien** mit dem Bestreben, die Dinge immer in einem Zusammenhang zu betrachten und nach ihrer Bedeutung für etwas anderes, vor allem etwas Übergeordnetes, „Ganzes" zu fragen. Zum anderen finden sich **reduktionistischer Strategien** mit dem Bestreben, die Erscheinungen möglichst isoliert im Detail zu betrachten und die Ursachen ihres Seins und Werdens zu analysieren. Eine Forschungsstrategie mit der der Anspruch verbunden ist, diese beiden auseinanderstrebenden Perspektiven zu vereinen ist das **Systemdenken**, das seit der Mitte dieses Jahrhunderts besondere Bedeutung gewonnen hat.

Die Unterscheidung zweier Strategien der Erkenntnisgewinnung findet sich auch bei Kant, der von „besonderer" und „allgemeiner" Naturerkenntnis spricht, wobei die allgemeine Naturerkenntnis einer holistischen Strategie entspricht, „wo man sie [die Naturdinge] in einem Ganzen betrachtet" (KANT, K. d. U., zit. nach PLEWE 1952).

Das Ganzheitsdenken und die reduktionistische Forschungsstrategie sind jeweils gekennzeichnet durch die Kombinationen verschiedener Einflüsse (Erkenntniskategorien, Wissenschaftsauffassungen) der modellhaften Konstruktion des Forschungsgegenstandes. Dabei sind die Einflüsse jedoch keineswegs immer in derselben Kombination gemeint, wenn die Begriffe Ganzheitsdenken oder Reduktionismus verwendet werden.

Im Folgenden soll daher zunächst deutlich gemacht werden, welche der bereits aufgezeigten Ordnungsschemata, Erkenntniskategorien, und Wissenschaftsauffassungen im Zusammenhang mit der Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt als relevant erkannt wurden (vgl. Kap. 4.2 und 4.3), als Bausteine in die Konstruktion der Modellkonzepte der beiden gegensätzlichen Forschungsperspektiven einfließen. Diese Analyse der beiden Forschungs- und damit auch Modellbildungsstrategien bildet die Grundlage dafür, genauer nachzeichnen zu können, welche Elemente des Holismus und des Reduktionismus in das für die wissenschaftliche Erkenntnis und damit Modellierung von Natur und Umwelt heute besonders relevante Systemkonzept einfließen.

4.4.2 Ganzheitsdenken/Holismus

Insgesamt wird die Diskussion um die Frage der ganzheitlichen Betrachtung komplexer natürlicher Erscheinungen durch einen sehr vieldeutigen, mal eher vitalistischen, mal eher

mechanistischen Gebrauch der zentralen Begriffe wie Organizismus, Holismus, organismische Auffassung oder Organismusdenken stark verwirrt (vgl. KOCHANSKI 1979: 81 ff).

Im Zusammenhang mit dem Ganzheitsdenken oder Holismus lassen sich verschiedene Bausteine oder Kennzeichen unterscheiden, durch die holistische Modellkonzepte geprägt sein können:

- Emergenzerscheinungen,
- Zweck als Erkenntniskategorie,
- Das Ganze als zweckstiftende Einheit,
- Hierarchische Ordnung der Vielfalt der Dinge,
- Vitalkraft, Entelchie als steuernde Kraft,
- Organismusdenken,
- Integrativer Forschungsansatz.

Etwas „holistisch betrachten" bedeutet manchmal aber auch nicht mehr, als daß „mehr" als gewöhnlich in die Betrachtung einbezogen wird oder werden soll, häufig ohne genau bestimmen zu können, worin dieses mehr letztlich besteht. So fordert beispielsweise Odum (1983: XXII): „Eine holistische Betrachtungsweise einer Umweltbelastung muß letztlich ökonomische und ökologische Werte vereinigen ... ."

4.4.2.1 Emergenzerscheinungen

Folgt man WEINBERGER (1983: 135), bedeutet eine Erscheinung als Ganzheit zu betrachten, „dieses Objekt unserer Betrachtung als aus Teilen oder Elementen bestehend aufzufassen. Gleichzeitig dürfen die Eigenschaften des Objektes nicht als bloße Summe der Eigenschaften seiner Teile oder Elemente angesehen werden." Häufig wird dieser Umstand in dem viel gebrauchten, auf SMUTS (1923) zurückgehenden Satz ausgedrückt: 'Das Ganze ist mehr als die Summe ihrer Teile.' Vor allem in der neueren Biologie wird dieses ‚mehr' auch als „emergente" Eigenschaften des Ganzen bezeichnet. Aber auch trotz dieses neuen Begriffs ist weiterhin strittig, was mit dem ‚mehr' gemeint ist und wie es wissenschaftlich rational bestimmt werden kann.

Für Mayr (1984: 52ff) ist die Anerkennung von Emergenz eine zentrale Voraussetzung des Ganzheitsdenkens bzw. des Holismus. Das bedeutet, daß Eigenschaften des Ganzen sich häufig nicht aus einer als vollständig begriffenen Kenntnis der einzelnen Bestandteile ableiten lassen. Ein Mittel, mit dem die wissenschaftliche Behandlung des Problems möglich sein soll, ist es einen integrativen Forschungsansatzes anstelle eines analytischen zu verfolgen.

4.4.2.2 Zweck als Erkenntniskategorie mit dem Ganzen als zweckstiftende Einheit

Für Kochanski (1979) meint ganzheitliche Betrachtung nicht einfach den Versuch, alle Faktoren möglichst vollständig zu erfassen und alle Prozesse und Beziehungen zu erklären, sondern nach der Bedeutung oder dem Zweck des einzelnen für das Ganze zu fragen. Die Kategorie der Zweckmäßigkeit hat – wie dies auch schon in Zusammenhang mit der Betrachtung der Kategorie der Zweckbeziehungen deutlich wurde (vgl. Kap. 4.2.7) – im Ganzheitsdenken also eine besondere Bedeutung.

Als zweckstiftende Instanz wird das Ganze als eine dem Teil übergeordnete Organisationsebene eingesetzt. Entsprechend der verschiedenen möglichen Stufen der innere Zweckmäßigkeit bzw. des Naturzwecks, wird der Ganzheitsbegriff dabei auf verschiedene Ebenen bezogen und damit sowohl das Individuum als auch eine Gemeinschaft von Individuen (Individuen oder Organismen höherer Ordnung, „überindividuelle Lebenseinheiten“, BERTALANFFY 1937: 58) und schließlich der gesamte Kosmos als Ganzheit begriffen (vgl. z.B. RENSCH 1968: 33ff; BERTALANFFY 1937, 1949; DRIESCH 1931, WEINBERGER 1983, ENDLICH 1985).

Das Ganzheitsdenken wird damit häufig verbunden mit einer hierarchischen Vorstellung der Ordnung der Dinge. Dabei wird der in der Hierarchie höhergestellten Wesenheit, also dem Ganzen, häufig eine größere Bedeutung oder ein höherer Wert beigemessen als den niedrigeren Einheiten, also den Teilen.[71]

4.4.2.3 Metaphysischer und pragmatisch-systemtheoretischer Holismus

Als Konsequenz aus den beiden bereits im Zusammenhang mit den Kategorien der Erkenntnis ausgeführten Ansätzen zur Erklärung des Phänomens der ‚Zweckmäßigkeit‘, nämlich der Vitalkräfte und der Wechselwirkungen, lassen sich auch zwei verschiedene Holismuskonzepte unterscheiden: zum einen den vitalistischen, von WUKETITS (1983: 128) als ‚metaphysischer Holismus’ bezeichneten Ganzheitsbegriff und zum anderen ein vor allem auf Bertalanffy zurückgehenden eher in einer materialistischen Tradition stehender, pragmatischer oder systemtheoretischer Holismus (von Bertalanffy selbst als „Organizismus“ bezeichnet).

Die vitalistische Erklärung setzt einen Ganzheitsbegriff voraus, der weitgehend mit dem in der Tradition des Vitalismus stehenden Ansätzen der organismischen Biologie identisch ist, wie sie zum Beispiel von Meyer-Abich (1934) vertreten wird. Die Ganzheit wird als (metaphysische) Quelle von Vitalkräften angesehen, die für eine zweckmäßige und zielsichere Entwicklung des Organismus oder der überindividuellen Ganzheit sorgen.

Im Unterschied zum metaphysischen Holismus beruft sich der pragmatische oder systemtheoretische Holismus auf kausalanalytische Ansätze zur Erklärung der inneren

[71] Wenn dieses Prinzip auf das Teil Mensch und das Ganze Gesellschaft bzw. Volk bezogen wird, kann daraus jener verhängnisvolle politische Holismus folgen, wie er auch in der nationalsozialistischen Ideologie und den Fachkonzeptionen von Naturschutz und Landschaftspflege wesentlich war (vgl. Eisel 1993, Bensch 1995, Körner 1995).

Zweckmäßigkeit. „To my mind more should be done than has been done hitherto to differentiate clearly and distinctly between the two and to dissociate Holism unmistakeable from Vitalism“ (Smuts 1935: 465). Smuts sieht im Ganzen zwar kein Quelle von Vitalkräften, sondern eine Endursache, die mit spezifischer Methode kausalanalytisch zu analysieren sei.

Für MAYR (1983) dagegen besitzen biologische Ganzheiten nicht den Charakter von Endursachen sondern sind gekennzeichnet durch eine ihnen eigentümliche zum Teil sehr komplizierte Organisation. Diese Organisation ist geprägt durch die funktionalen Beziehungen zwischen den Elementen. Bei der Analyse der Ganzheit werden also vor allem die Beziehungen in den Vordergrund gestellt. „Vielleicht der wichtigste Aspekt des Holismus ist der, daß er Gewicht auf Beziehungen legt“[72] (MAYR 1983: 55).

Die Beschreibung von zweckmäßig eingerichteten Beziehungsgefügen mit gegenseitiger Abhängigkeit wird mehr und mehr abgekoppelt von der Auffassung des metaphysischen Holismus, mit der Ganzheit existiere eine eigenständige dritte Ebene. Für TREPL (1988: 180) gibt es auch Ganzheiten „in einem nicht-holistischen Sinne, und zwar in dem Sinn, daß Elemente nur innerhalb der ganzen Kombination existenzfähig sind, aber man muß sich, um über dieses Ganze zu reden, auf nichts beziehen als auf die Element und ihre Relationen.“

Betrachtet man den vom Ganzen gesetzten Zweck im Sinne Kants nicht als Seins- sondern als Erkenntniskategorie, wird das Ganze zu einer vom Erkenntnissubjekt konstituierten und bestimmten Einheit oder Ebene als Ausgangspunkt für eine teleologische Erklärung, die ohne Vitalkräfte auskommt.

4.4.2.4 Organismus als Modell für überindividuelle Organisationsformen von Leben und Natur

Als anschaulicheres Bild oder Modellkonzept für das Ganze wird im Holismus häufig der lebende Organismus bemüht. So sind für DRIESCH, einem der Hauptvertreter des Vitalismus, Ganzheiten nichts anderes als Organismen. „Das Ganze ist vielmehr ein Organismus, wenn man es so nennen will. Das heißt aber nur: es ist eben ein geordnetes Ganzes“ (DRIESCH 1914: 5, zit. nach WEINGARTEN 1992: 166). In ähnlicher Weise bezeichnet Bertalanffy, obwohl kein Vitalist, die auf unterschiedlichen Ebenen abgrenzbaren Ganzheiten als ‚Organismen’ (BERTALANFFY 1949: 24) und sein Holismuskonzept entsprechend als ‚organismische Auffassung’ (BERTALANFFY 1949: 22).

Wie TREPL (1987) deutlich macht, soll mit dem Bild des Organismus als Ausdruck des Ganzheitsdenkens zugleich das positive Zusammenwirken der im Ganzen enthaltenen Teile herausgestellt werden und damit auch eine naturromantische Gegenposition zur gesellschaftstheoretischen Position des Individualismus formuliert werden. So spricht RITTER in typisch romantischer Tradition von „Erdindividuen, die zusammen ein gesetzmäßiges System bilden,

[72] Gerade diese hohe Gewichtung der Beziehungen ist auch das, was die spezifisch ökologische Forschungsperspektive kennzeichnet.

den Erdorganismus“ (zit. nach SCHMITTHENNER 1951). Aber auch in der neueren Geographie ist der Organismus zum Beispiel als Bild für das „Gefüge der Landschaft, das sich entwickelt und reift“ noch anzutreffen (vgl. z.B. STODDART 1967). In ähnlicher Weise wird auch die „pulsierende Stadt“ mit ihrem Wirkungsgefüge immer wieder als Organismus bezeichnet (vgl. z.B. RIPL/HILDMANN 1996).

4.4.2.5 Integration statt Summation

Statt einer einfachen Addition wird im Zusammenhang mit der Bildung von Ganzheiten die **Integration** als das entscheidende konstituierende Prinzip angesehen. Insbesondere in der geographischen Landschaftsforschung und Länderkunde wird das Integrationsprinzip immer wieder sowohl als bedeutendes Konstitutionsprinzip der geographischen Forschungsobjekte Landschaften und Länder (Integration als Begriff zur Kennzeichnung des stufenweise Zusammentretens der Partialkomplexe der Geosphäre zur Landschaft) als auch als wichtige Forschungsstrategie (Integration von geo- bzw. naturwissenschaftlichen und kulturgeographisch-sozialwissenschaftlichen Ansätzen) herausgestellt (vgl. BOBEK 1957, SCHMITHÜSEN 1963, CAROL 1956)

Das Integrationsprinzip wird also sowohl ontologisch als Prinzip der „Verschmelzung verschiedener Elemente zu einem neuen Ganzen“ (Weichhart 1975: 41) verstanden, als auch methodisch, im Sinne einer spezifisch ganzheitlichen Forschungsstrategie, die neben der analytischen auch die synthetische Betrachtungsweise beinhaltet und damit der reduktionistischen Forschungsstrategie eine „kompositorische“ zur Seite stellt, aufgefaßt (vgl. WUKETITS 1989: 41). Was jedoch das Integrationskonzept – ob nun ontologisch oder methodisch verstanden – genau auszeichnet, bleibt weitgehend unbestimmt. Zum Ausdruck gebracht werden soll offenbar vor allem, daß die Teile eines Ganzen nicht bloß nebeneinanderstehen sondern sich aufeinander oder eben auf das Ganze beziehen, also in irgendeiner Form geordnet nebeneinanderstehen. Jedem Teil wird sein Platz und seine Rolle im Gesamtgefüge zugewiesen. Träfe dieses so zu, wäre allerdings das Integrationskonzept nichts anderes als ein Ordnungskonzept oder ein Beziehungskonzept.

4.4.2.6 Ganzheitsdenken in der Geographie

Insbesondere in der geographischen Landschaftsforschung und Länderkunde wird das Ganzheitsdenken zu einen zentralen Prinzip erklärt (vgl. Weichhart 1975: 26ff). Nach PLEWE (1952) beispielsweise liefert die physische Geographie eine Idee vom Ganzen und leistet damit einen Beitrag zur allgemeinen Naturerkenntnis. Dabei wird die „Landschaft als unteilbare Ganzheit oder Gestalt“ begriffen und von einem „Allzusammenhang der Landschaftselemente“ ausgegangen.

Als Mittel zur holistischen Erfassung der geographischen Forschungsgegenstände Landschaften und Länder dient u.a. das physiognomische Prinzip, also die Betonung der Erkenntniskategorie der äußeren Form bzw. Gestalt. Auf dem Weg über die physiognomi-

sche Betrachtungsweise wurde es möglich, „die so mannigfach zusammengesetzte Erdsphäre als ein objekthaftes Ganzes aufzufassen“ (BOBEK 1957: 124).

In der tatsächlichen Forschungsarbeit jedoch wird der Anspruch, das Ganze zu behandeln, wieder reduziert, indem zum Beispiel nur eine bestimmte Perspektive eingenommen wird („dem Raum nach“) und die geographische Substanz auf die Dinge beschränkt wird, die mit „Physiognomie einer Gegend“ in Wechselwirkung stehen. Entsprechend macht HARD (1973: 96ff) in seiner kritischen Auseinandersetzung mit dem Ganzheitsdenken der Geographie deutlich, daß es sich hierbei um einen Anspruch handelt, der bisher nicht eingelöst werden konnte und seiner Auffassung nach auch nicht eingelöst werden kann.

4.4.2.7 Ganzheitsdenken in der Biologie

In der Biologie findet das Ganzheitsdenken vor allem im Organismuskonzept seine Umsetzung. Dabei wird das Organisationsprinzip individueller Organismen, die als organisierte Ganzheiten aufgefaßt werden, als Forschungshypothese oder als Modellkonzept auf das Forschungsobjekt „überindividuelle Organismen“ übertragen. BERTALANFFY (1937: 58) wendet den Begriff der „überindividuellen Lebenseinheiten“, die durch eine besondere innere „Organisation“ gekennzeichnet sind sowohl auf Organisationseinheiten an, die aus Individuen einer Art gebildet werden (z.B. Insektenstaaten), als auch auf Zusammenhänge die durch Individuen verschiedener Arten gebildet werden (Biozönosen).

Diese organismische Auffassung BERTALANFFYs ist durch folgende Leitsätze gekennzeichnet: „*Ganzheitliche Systemauffassung* gegenüber der *analytisch-summativen*; *dynamische Auffassung* gegenüber der *statischen* und *maschinellen*; Betrachtung des Organismus als einer *primären Aktivität* gegenüber der Auffassung einer *primären Reaktivität*“ (BERTALANFFY 1949: 30).

Als Möglichkeit den in der Biologie lange schwelenden Streit zwischen Mechanismus und Vitalismus zu überwinden, etabliert sich in der jüngeren Biologie mehr und mehr eine auf Bertalanffy zurückgehende systemtheoretisch-materialistische Auffassung des Ganzheitsdenkens. Kochanski (1979: 85/86) faßt die Hauptthesen diese systemtheoretisch-materialistischen Holismus oder Organizismus wie folgt zusammen:

„1. Jede ‚Ganzheit‘, das heißt jedes komplex organisierte System, zeigt ‚emergente Eigenschaften‘, die die Teile nicht aufweisen.

2. Diese Eigenschaften resultieren aus der ‚Struktur‘ des Systems, die hier ... als ein Netz der Relationen und der wechselseitigen Wirkungen der Teile zu verstehen ist.

3. Der Bereich des Lebendigen stellt eine hierarchische Ordnung von komplexen Systemen auf verschiedenen Stufen der Kompliziertheit dar. Die Eigenschaften der Einheiten jeder Stufe sind auf die besondere Systemorganisation und die Eigenschaften der Komponenten zurückzuführen. ...

4. Die ontologische Frage wird ... auf reduktionistische Weise beantwortet.

5. Da eine Erklärung der Besonderheiten von organischen Ganzheiten nur aufgrund der Eigenschaften und des Verhaltens ihrer *isolierten* Komponenten nicht möglich ist, sondern auch die Kenntnis ihrer Struktur und Gesetzmäßigkeiten voraussetzt, ist die analytische Untersuchungsmethode allein nicht ausreichend. Der Forschung ‚von unten', von der Atom- und Molekularebene her, muß durch die Forschung ‚von oben', von der Zell-, Organismus- und Populationsebene her, ergänzt werden. Beide Forschungsmethoden, die ‚analytische' und ‚die Systembetrachtung', wie sie L. v. Bertalanffy nennt, ... sind für die Erweiterung der biologischen Kenntnisse unentbehrlich.
6. Daraus geht hervor, daß bezüglich der methodologischen Fragen der Organizismus hauptsächlich eine antireduktionistische Stellung einnimmt."

4.4.2.8 Fazit

Mit „Ganzheiten" als Gegenstand der Forschung ist in den seltensten Fällen die Totalität aller Dinge oder Erscheinungen des Kosmos gemeint. Ganzheiten sind vielmehr immer wissenschafts- oder disziplinabhängige Ausschnitte der kosmischen Ganzheit: „Wir interessieren uns nie für alles, sondern stets für Bestimmtes (mag es auch Vieles sein)" (Hard 1973: 96). Die Kriterien für die Eingrenzung des Ausschnitts bzw. der Auswahl Bestimmten allerdings bleiben in vielen Fällen unzureichend begründet.

Das die Ausschnitte als Ganzheiten bezeichnet werden, macht deutlich, wie wenig bewußt den Vertretern dieser Wissenschaften oder Disziplinen häufig die Perspektivität und Modellhaftigkeit ihrer Wahrnehmung und Erkenntnis, ihr spezifischer Blick auf die Dinge ist.

Die Forderung, etwas holistisch zu betrachten, kann schlicht heißen, einfach mehr zu berücksichtigen als normalerweise üblich. HABER oder ODUM zum Beispiel sprechen in diesen Sinne von holistischer Betrachtung und meinen damit zum Beispiel, daß neben den rein naturwissenschaftlichen Aspekten auch ökonomische oder soziale in die Forschung einbezogen werden müssen (vgl. ODUM 1983, HABER et. al. 1989).

Daneben wird unter einer holistischen Betrachtung eine von einem Ganzen ausgehende Betrachtung verstanden, wobei dem Ganzen eine spezifische, über die Summe seiner Einzelteile hinausgehende Qualität zugeschrieben wird. Das Ganze kann dabei als zwecksetzende Instanz für die Teile, als teleologische Endursache oder Quelle zielführender Vitalkräfte etc. betrachtet werden.

Das Ganzheitskonzept – vor allem im zuvor beschriebenen Verständniseine – hat eine auf die Naturromantik verweisende politische Bedeutung, in der das Ganze als das (gesellschaftlich) Gute gegenüber der schlechten Zersplitterung und Spezialisierung der Welt angesehen wird. Aber auch die Forderung ODUMs (1983), durch holistisches Denken die Teilung der Welt in eine wissenschaftliche und eine politisch-gesetzgeberische zu überwinden, geht in diese Richtung: Er will hinter Kant zurück und das Wahre und Gute wieder einen.

4.4.3 Reduktionismus

Innerhalb der mit dem Begriff Reduktionismus belegten Forschungsperspektive lassen sich – ähnlich wie im Zusammenhang holistischer Strategien – verschiedene Kennzeichen (Erkenntniskategorien und Wissenschaftsauffassungen) unterscheiden, durch die die dieser Forschungsperspektive zuzurechnenden Modellkonzepte geprägt sein können:

- Reduzierung aller Erscheinungen auf anorganische Substanz,
- Betrachtung kausaler Wirkbeziehungen, die allein mit Hilfe physikalischer Gesetze erklärt werden,
- empirisch-analytische Wissenschaftsauffassung.

Diesen Einflüssen folgend, lassen sich in den Naturwissenschaften, insbesondere in der Biologie, zum Teil aber auch in der modernen Geographie, zwei Typen von Reduktion unterscheiden (vgl. KOCHANSKI 1979, MAYR 1984, SATTLER 1986, WUKETITS 1989). Reduktionismus wird zum einen philosophisch-ontologisch aufgefaßt und zum anderen pragmatisch-methodologisch, das heißt als bewußtes Modellierungskonzept.

4.4.3.1 Ontologischer oder konstitutiver Reduktionismus

Der ontologische oder konstitutive Reduktionismus vertritt die Überzeugung, daß alle komplexen Erscheinungen (Dinge und Prozesse) und damit auch das Organische ausschließlich materiell fundiert ist und sich damit nicht auf seine Teile und die Beziehungen zwischen ihnen reduzieren läßt und von den Teilen her verstanden werden kann (vgl. NICKLES 1980). Es gibt nach dieser, in der modernen Biologie vorherrschenden Auffassung keine nicht-materiellen, nicht-räumlichen Substanzen oder Prinzipien, die für das Lebende konstitutiv sind. Das bedeutet, keines der Ereignisse und Prozesse, die man bei lebenden Organismen findet, stehen danach im Widerspruch zu physikalisch-chemischen Erscheinungen, wie sie auf der Ebene der Moleküle und Atome zu finden sind. Zur wissenschaftlichen Erklärung organischer Erscheinungen dürfen demnach keine nicht-materiellen Kräfte oder Prinzipien, wie Vitalkräfte, herangezogen werden.

Diese Form des Reduktionismus stellt damit die bewußte Gegenposition zum Vitalismus dar und wird daher auch provozierend als „vernünftiger Rationalismus“ bezeichnet (DOBZANSKY 1974: 2, zit. nach KOCHANSKI 1979: 78).

4.4.3.2 Methodologischer Reduktionismus (Reduktionismus als bewußtes Modellierungskonzept)

Als methodologischer Reduktionismus kann man den Reduktionismus bezeichnen, wenn er bewußt als Forschungsstrategie begriffen wird, nach der man komplexe Erscheinungen und Lebensprozesse nur durch eine immer differenzierter werdende Untersuchung der zugrundeliegenden Prozesse niedrigerer Komplexitätsstufe erklären kann. Das bedeutet, daß Erklärungen letztlich auf der Stufe der Moleküle und Atome zu suchen sind. Der methodologischer

Reduktionismus geht damit davon aus, daß ein komplexes System sich restlos aus seinen Teilen erklären läßt – das Zusammenspiel der Elemente auf komplexer Ebene und die sich hieraus u.U. ergebenden neuen Eigenschaften (Emergenz) werden nicht beachtet.

Bis zu einer gewissen Tiefe ist die methodologische Reduktion Voraussetzung und Bedingung für einen analytischen Forschungsansatz, wie er in den gesamten empirischen Wissenschaften, also auch in der Biologie und in der Geographie verbreitet ist.

Neben dem Forschungsansatz geht es im Hinblick auf den methodologischen Reduktionismus auch um die Frage, ob Gesetze der Physik und Chemie zur Erklärung von Lebenserscheinungen herangezogen werden können.[73] Der Versuch der Reduzierung der biologischen Phänomene auf rein physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten (‚Materialistische Biologie') wird von den Ganzheits- und Gestalttheoretiker kritisiert, da das Spezifikum von Lebensprozessen bei der Erklärung verloren gehe. „Der Physik fehlt die Dimension des Lebens, die der Biologie eigentümlich ist, ..." (JOHANNESON 1942).

In der neueren Diskussion wird das im weitesten Sinne Ganzheitliche (Emergenz, Gestalt, Integrationsaspekt) als typisches Phänomen des Lebendigen durchaus auch von reduktionistischen Vertretern anerkannt, jedoch mit dem Forschungsziel, diese Phänomene letztlich auf physikalische Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen. Das bedeutet, der Forschungsansatz ist nicht reduktionistisch, die Erklärungsstrategien jedoch sind es.

Die Entwicklung des Ganzen, das Auftauchen neuer Seinskategorien gegenüber den Teilen, ist nicht deterministisch voraussagbar, sondern muß nach Ansicht von PRIMAS/GANS (1979) als neuer Typus einer Naturgesetzlichkeit interpretiert werden, was ein neues Verständnis von „Erklärung" verlangt.

PRIMAS/GANS (1979) gehen davon aus, daß alle Phänomene von Ganzheitlichkeit, Gestalt oder Emergenz letztlich sehr wohl mit Hilfe von physikalischen Theorien diese neuen Typs (Tochtertheorie einer deterministischen Universaltheorie, die selbst nicht deterministisch zu sein braucht) erklärt werden können. Ihrer Meinung nach „bieten sich gerade biologische Begriffe wie Funktionalität[74], Finalität und Gestalt aufgrund ihres ganzheitlichen Aspektes für eine Reduktion auf die nicht-Boolesche und holistische quantenmechanische Universaltheorie an" (PRIMAS/GANS 1979: 38f.). Das Emergenzproblem sei durch die Quantenmechanik zwar noch nicht gelöst, jedoch sei bisher auch nicht überzeugend widerlegt, daß es prinzipiell möglich ist.

---

[73] Ein aktuelles Beispiel aus der Ökologie ist der Versuch, ökologische Prozesse auf die Gesetze der Thermodynamik zurückzuführen (vgl. z.B. RIPL/HILDMANN 1998).

[74] Da der Funktionsbegriff einerseits im Sinne von Zweck und andererseits im Sinne von Wirkbeziehung verstanden werden kann und benutzt wird, verwischt er häufig die Grenzen zwischen einer eher teleologischen Grundphilosophie einerseits und der kausalanalytischen Wissenschaftsauffassung andererseits und damit letztlich auch die Grenzen zwischen Vitalismus und Mechanismus. Diese weite Interpretationsmöglichkeit ist sicherlich ein Grund dafür, warum sich dieser Begriff in der Diskussion um den angemessenen Forschungsansatz der Biologie so großer Beliebtheit erfreut.

Der alte Mechanismus-Vitalismus-Streit wird also als Reduktionismus-Holismus-Streit noch einige Zeit weitergeführt werden.

4.4.4 Systemdenken

4.4.4.1 Einführung

Der Systembegriff hat inzwischen in nahezu allen Lebens- und Wissenschaftsbereichen Einzug gehalten. Der schon fast inflationäre Gebrauch dieses Terminus ist verbunden mit einer fast unüberschaubaren Vielzahl von Systembegriffen und -definitionen. Zugleich hatte und hat das Systemdenken als Forschungsperspektive unbestritten einen immer größer werdenden Einfluß auf die Wissenschaftsentwicklung, nicht zuletzt auf die Erkenntnisgewinnung und Modellbildung im Umweltbereich. Systemtheorie bzw. Kybernetik fungiert als einer der wesentlichen „Baustoffe“ für die Konstruktion von Modellen. Aus diesem Grund soll dem Systemkonzept auch in der Analyse der Einflüsse, die Modellierung von Natur und Umwelt als „Konstruktionsmaterial“ oder „Werkzeuge“ bestimmenden, eine besondere Bedeutung beigemessen werden.

Mit dem Ziel, die bis dahin unversöhnlich gegenüberstehenden Positionen des Holismus und des Reduktionismus zusammenzuführen, entwickelte Bertalanffy sein bereits in mechanistischer Tradition stehendes Holismuskonzept, das er als Organizismus bezeichnete, weiter zum Systemdenken und zu einer „allgemeinen Systemlehre“ (vgl. v. BERTALANFFY 1949). Als neue Forschungsstrategie sollte das Systemdenken den holistischem und reduktionistischem Forschungsansatz integrieren oder – wie TREPL (1987) zugespitzt formuliert – ermöglichen, „das Ganze zu meinen und dennoch zu reduzieren auf Physik“.

Bevor eine nähere inhaltliche Analyse des Systembegriffs vorgenommen wird, soll im Folgenden zunächst auf einige grundlegende Unterschiede im Systemverständnis eingegangen werden.

4.4.4.2 Klassifikatorischer und wirkungsbezogener Systembegriff

Der Terminus System steht bereits seit der griechischen Philosophie als Begriff, für die aktive Zusammenstellung oder natürliche Ordnung von Teilen, wie Stoffen, Einzelwesen oder Begriffen die in Relation zueinander stehen oder in Relation zueinander gesehen werden, zu einem Ganzen (vgl. HOFFMEISTER 1955). Ein System ist also zunächst eine geordnete Gesamtheit von materiellen oder geistigen Objekten, oder etwas präziser: „A system is a set of objekts together with relationships between the objekts and between their attributes“(HALL/FAGEN 1956: 18). Je nach Art der betrachteten Relationen (vgl. Kap. 4.2.6) ergeben sich unterschiedliche Systembegriffe.

Wird die Relation der Inhärenz und Subsistenz - also die logische Beziehung der Dinge zu ihren Eigenschaften oder zu sich selbst - betrachtet, ergibt sich ein klassifikatorischer

Systembegriff, wie er zum Beispiel auch den Klassifikations- und Ordnungssystemen in der Biologie zugrunde liegt (vgl. Kap. 4.2.2). Systeme sind in diesem Sinne formale Ordnungsmuster bzw. Modelle, die der Unterordnung konkreter Erscheinungen unter abstrakte Schemata dienen.

Werden als Relationen dagegen kausale Wirkbeziehungen oder Wechselwirkungen betrachtet, ergibt sich eine Interpretation des Systems als Wirkgefüge. Dieser Systembegriff lag auch der „Allgemeinen Systemlehre“ Bertalanffys und liegt bis heute der „Allgemeinen Systemtheorie“ zugrunde. Ein solcher Systembegriff wird von SEIFFERT (1985) als „Relationssystem im Sinne der Allgemeinen Systemtheorie“ bezeichnet und ist im Folgenden Gegenstand der weiteren Analysen.

4.4.4.3 Methodologisches und ontologisches Systemverständnis

Ähnlich wie der Holismus und der Reduktionismus wird auch das Systemkonzept sowohl bewußt methodologisch als Forschungsstrategie oder Modellkonzept aufgefaßt als auch ontologisch, das heißt als realer Gegenstand mit spezifischen systemaren Eigenschaften.

System als formales Modellkonzept und Modellsprache:

In weiten Teilen der Literatur, die sich theoretisch mit dem Systemkonzept auseinander setzt wird ein eindeutig methodologische Systemverständnis vertreten. „Im strengen Sinne ist ein System nach dieser Auffassung nicht mehr und nicht weniger als eine systemtheoretische Darstellung eines Gegenstandes; ein System ist ein Modell, das sich der Mensch auf der Grundlage entweder der Allgemeinen Systemtheorie oder einer spezifischen systemwissenschaftlichen Theorie von der Realität macht“ (ROPOHL 1978: 32). Nach dieser Auffassung sind Systeme also keine Gegenstände der Erfahrungswelt sondern Konstruktionen (vgl. auch z.B. LENK 1975, HÄNDLE/JENSEN 1974).

Die allgemeine Systemtheorie wird als eine Form oder ein Gerüst aufgefaßt, mit deren Hilfe konkretere Modelle konstruiert werden (vgl. VOGT 1983, BOULDING 1956). Für LENK (1975: 259), der - ganz im Sinne der Allgemeinen Modelltheorie - von einer „prinzipiellen Modellhaftigkeit der Systemkonzeption“ ausgeht sind Systemkonzepte „Prototypen von Modellkonzepten“. „Ein Gegenstand der Realität ist also nicht von seiner Natur her ein System, sondern wird als System betrachtet, das heißt er wird als konzeptuelles (abstraktes) System abgebildet“ (VOGT 1983: 68). In ähnlicher Weise bezeichnet LASZLO (1972) die allgemeine Systemsynthese als „das Bauen von Modellmodellen“ oder von „Modellen von Modellen“.

Das Systemkonzept kann damit auch als eine Ebene in der Stufenfolge semantischen Modelle angesehen werden (vgl. 3.2.2.3). „General Systems Theory is a name which has come into use to discribe a level of theoretical model building which lies somewhere between the highly generalized constructions of pure mathematics and the specific theories of the specialized disciplines“ BOULDING (1956: 197).

Auch HÄNDLE/JENSEN (1974: 26) beziehen ganz deutlich die Position, daß Systeme keine Gegenstände der Erfahrungswelt sind, sondern lediglich theoretische Konstruktionen auf der Grundlage der ‚Allgemeinen Systemtheorie'.

Systemtheorien, wie zum Beispiel die Ökosystemtheorie, sind nach diesem Verständnis zunächst also lediglich Organisationshilfen, mit deren Hilfe Wahrnehmungserscheinungen strukturiert werden können. Da jeder beliebige Ausschnitt der Wirklichkeit bzw. jede beliebige Wirklichkeitsauffassung als System begriffen werden kann, kann letztlich alles und jedes in einer Systemtheorie erfaßt oder durch systemtheoretische Modelle abgebildet und unter dem Systemaspekt analysiert werden - also auch „Löffel und Schuhbänder"[75] (RIEDEL 1989: 49).

Bei dem Ziel, verschiedenste Phänomene und ihre Eigenschaften in möglichst einfacher und strukturierter Form zu erfassen und in einem Modell abzubilden, liefert die ‚Allgemeine Systemtheorie' also eine grundlegende und zentrale Denk- und Strukturierungshilfe.

Bedingt durch die starke Verknüpfung von Systemkonzept und Modellkonzept bezieht sich ein wesentlicher Teil der sich mit Modellbildung befassenden Arbeiten und Modelldefinitionen ausschließlich auf systemtheoretische Modellbildung, das heißt Original und Modell werden von vornherein als System begriffen. Das hat zur Folge, daß Modell- und Systembegriff in der Literatur zunehmend verwischen und uneinheitlich verwendet werden. Besonders im Bereich der Umweltmodelle, die zum großen Teil auf dem Geo- oder Ökosystemkonzept basieren, trifft diese Begriffskonfusion zu.

System als realer Gegenstand:

Obgleich der Modellcharakter der Systemkonzeption in der systemtheoretischen Literatur häufig ausdrücklich betont wird und daher mit dem Begriff System eigentlich nur die systemtheoretische Darstellung eines Gegenstandes gemeint sein kann, wird der Ausdruck „System" insbesondere im naturwissenschaftlichen Bereich häufig im objektsprachlichen Bereich verwendet und bezeichnet dann die Objekte der Realität. „Wenn von technischen, physikalischen oder sozialen Systemen die Rede ist, so kann der Eindruck entstehen, es werde die wirkliche Existenz nicht nur der Objekte, sondern auch ihrer Systemhaftigkeit unterstellt" (ROPOHL 1978: 32).[76]

Der Systemcharakter wird als mögliche Eigenschaft von Ausschnitten der realen Welt angesehen. Ein Gegenstand oder eine Erscheinung, die diese typischen Eigenschaften aufweist, wird entsprechend als System bezeichnet.

---

[75] Riedel berichtet von einer Tagung auf der Paul Weiss von Konrad Lorenz gefragt wurde: „Paul, what is a system?" Und Weiss antwortete: „Everything that deserves a name". Worauf Riedel anmerkt: „Was also: auch Löffel und Schuhbänder?"

[76] Ein Beispiel für dieses Systemverständnis liefert die Ökosystemdefinition ODUMs: „Jede Einheit, die alle Organismen in einem gegebenen Areal umfaßt und die mit der physikalischen und chemischen Umwelt in Austausch steht, so daß ein Energiefluß klar definierte Nahrungsketten, Mannigfaltigkeit der biologischen Beziehungen und Stoffkreisläufe schafft, ist ein ökologisches System oder Ökosystem" (ODUM 1983: 10).

Einem solchen objektbezogenen oder ontologischen Systemverständnis folgend, spricht LEINFELLNER (1980: 97) von einem System als „etwas in der Wirklichkeit Vorfindliches“ wie zum Beispiel das Planetensystem. Er unterscheidet diese „*gegenständlichen* Systeme“ von „*gedanklichen* Systemen“, worunter er jedoch nicht eine spezifisch systemtheoretische Betrachtungsperspektive im Sinne der methodologischen Systemverständnisses versteht, sondern künstliche Klassifikationssysteme wie zum Beispiel das Pflanzensystem. In diesem Sinne ist die „Welt aus Systemen aufgebaut“ (TISCHLER 1978: 218) und „Planeten und Moleküle, Einzelorganismen und Zellen, Wälder und Seen sind Systeme“ (STUGREN 1986: 11).

Eine solche ontologischen Systemauffassung wird auf der Grundlage materialistischer Erkenntnistheorie auch in der marxistisch-leninistischen Philosophie vertreten: „Systeme existieren als geordnete ganzheitliche Gebilde objektiv“ (INSTITUT FÜR PHILOSOPHIE MOSKVA 1973: 73).

Das Systemkonzept bekommt damit den Charakter einer objektiven Seinskategorie. Einer Erscheinung wird Systemcharakter bescheinigt, wenn bestimmte, definierte ontologische Eigenschaften, wie zum Beispiel Abgeschlossenheit, Selbstregulation, Selbstreferenzialität, erfüllt sind.

4.4.4.4 Holistisches und reduktionistischer Systemverständnis

Wie in der Einführung zum Systemkonzept bereits angedeutet, verfolgte Bertalanffy mit der Entwicklung des wirkungsbezogenen Systemkonzepts das Ziel, die bis dahin unversöhnlich gegenüberstehenden Positionen des Holismus und des Reduktionismus zusammenzuführen. Im Kontext einer zunehmend reduktionistischen Forschungslogik in der Biologie dieser Zeit, die zum Beispiel durch die vielzählige Entstehung neuer Forschungsrichtungen, wie der Mikrobiologie verdeutlicht wird, soll das Systemkonzept das organizistische, das heißt der Tradition des Mechanismus näherstehende Ganzheitsdenken als Bestandteil der exakten, reduktionistischen Wissenschaften etablieren. BERTALANFFY (1949: 127) sieht folglich in der Systemauffassung des Organismus eine Grundlage der exakten Biologie.

Heute werden die Begriffe Reduktionismus und Holismus im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Betrachtung von Natur und Umwelt kaum noch verwendet. Das bedeutet nicht, daß die hinter den Begriffen stehenden inhaltlichen und methodologischen Hintergründe der Modellierung von Natur und Umwelt irrelevant geworden sind. Vielmehr werden sie jetzt mit dem Systembegriff transportiert, der ausgehend von Bertalanffy vor allem seit den 60er Jahren, nicht zuletzt in den sich Natur und Umwelt widmenden Wissenschaftsbereichen umfassend Einzug gehalten hat. So lassen sich bis heute holistische und reduktionistische Systemverständnisse unterscheiden. „Systemtheorie ist ein Mantelbegriff für sehr verschiedenartige Inhalte, und überdies eine Modeerscheinung. Oft erscheint altvertrautes nur umgekleidet, wenn es als System auftritt“ (LUHMANN 1972: 103, zit. nach WISST 1981: 116).

So werden häufig die „alten“ Begriffe Organismus oder Ganzheit einfach durch den „neuen“ Begriff System ersetzt und entsprechend kommt man zu Systemeigenschaften, die die gleichen sind, die in anderen älteren Veröffentlichungen den Organismen oder Ganzheiten zugesprochen wurden. So stellt beispielsweise MOHR (1981: 95) fest, „daß ein System Eigenschaften zeigen kann, die an den isolierten Elementen nicht aufzufinden sind. Diese *System*eigenschaften sind der Ausdruck organisierter Komplexität.“ Das System wird als Ganzheit mit emergenten Eigenschaften aufgefaßt.

Durch die Verwendung des Systemkonzeptes und die damit verbundene Wahl neuer Begriffe soll dem holistischen Prinzip auch eine stärkere naturwissenschaftliche Anerkennung verschafft werden. Das Systemkonzept dient dabei als Mittel, die charakteristischen ganzheitsbezogenen Lebensphänomene, wie beispielsweise Zweckmäßigkeit und Zielstrebigkeit in streng kausalanalytisch-mechanistischer Weise abzubilden und zu erklären. Lebendigen Erscheinungen Systemcharakter zuzusprechen bedeutet damit, sie zwar in ihren komplexen Verhaltensfunktionen wahrzunehmen, sie gleichzeitig jedoch in reduktionistischer Weise zu analysieren (WEINBERGER 1983: 162). „Der biologische Naturgegenstand ist eben nichts anderes als ein *System* von Wirkungen und das ‚System‘ bedeutet die Einheit des Zusammenwirkens innerhalb des komplizierten, durch mannigfaltige Gesetzmäßigkeiten gleichzeitig bestimmten Geschehens“ (M. HARTMANN 1956: 90).

Aus der entgegengesetzten Perspektive sieht Lenk (1975: 258) durch die Verwendung von Systemansätzen in der reduktionistischen Biologie allgemein eine „holistische Überformung der atomistisch-analytischen Traditionen in der Wissenschaft“.

Während der Begriff des Systems oder Systemkonzeptes also sowohl reduktionistisch als auch holistisch interpretiert wird, wird der Begriff der Systemanalyse als Forschungsmethode durchgängig reduktionistisch aufgefaßt und in aller Regel unter Anwendung mathematischer Fomalismen durchgeführt.

4.4.4.5 Inhaltliche Aspekte des Systembegriff

Unabhängig davon, ob dem Systembegriff die methodologische Auffassung – System verstanden als ein Modellkonzept oder das ontologische Verständnis – ein System als ein Ausschnitt der realen Welt – zugrundeliegt, werden mit dem Systembegriff spezifische Eigenschaften der betrachteten Objekt zum Ausdruck gebracht.

Wie aus der häufig zitierten Systemdefinition nach HALL/FAGEN (1956: 18) – „A system is a set of objekts together with relationships between the objekts and between their attributes“ – deutlich wird, lassen sich drei konstituierenden Systemkomponenten unterscheiden:

- Objekte (Elemente),
- Attribute (Eigenschaften)
- Relationen (Wirkbeziehungen).

Diese drei Komponenten finden sich auch im größten Teil der deutschsprachigen Systemdefinitionen (vgl. z.B. VOGT 1983: 50, KLAUS 1968: 634, FRANKEN/FUCHS 1974: 27, SCHMETTERER 1978: 65).

Das der „Allgemeinen Systemtheorie" BERTALANFFYs zugrundeliegende Systemkonzept geht davon aus, daß bei Gruppen von Elementen jeglicher Art immer drei die Elemente betreffende Aspekte unterscheide kann:

1. Ihre Anzahl
2. Ihre Art
3. Ihre Beziehungen.

Entsprechend dieser Aspekte lassen sich zwei Typen von Eigenschaften unterscheiden:

„Characteristics of the first kind (1. und 2. betreffend) may be called summative, of the second kind constitutive" (BERTALANFFY 1969: 54). Die summativen Eigenschaften der Elemente, die die Anzahl und Art der Elemente betreffen sind dieselben unabhängig von dem Beziehungsgeflecht der Elemente, die konstitutiven Eigenschaften dagegen sind abhängig von den Beziehungen, in denen die Elemente jeweils stehen. Auf dieser Grundlage definiert BERTALANFFY ein System als „complex of interacting elements" (BERTALANFFY 1969: 55). Das bedeutet, die Elemente eines Systems stehen in einer bestimmten Wirkbeziehung, die das Verhalten der Elemente bestimmt.

Der Systembegriff der Allgemeinen Systemtheorie impliziert hiernach also das Vorhanden sein einer Menge von Objekten bzw. Elementen, die jeweils bestimmte gemeinsame Attribute bzw. Eigenschaften aufweisen, sowie das Vorhandensein von Wirkbeziehungen zwischen den Elementen und deren Eigenschaften, die die Elemente in irgendeiner Weise als zusammengehörig kennzeichnen.

In ähnlicher Weise definiert ROPOHL (1978: 31) ein System als „eine Ganzheit, die (a) Beziehungen zwischen bestimmten Attributen aufweist, die (b) aus miteinander verknüpften Teilen bzw. Subsystemen besteht und die (c) auf einem bestimmten Rang von ihrer Umgebung abgegrenzt bzw. aus einem Supersystem ausgegrenzt wird."

Entlang der Frage, mit welcher Intensität diese Systemmerkmale im einzelnen betrachtet werden, und das heißt letztlich, welche Erkenntniskategorien in den Vordergrund gerückt werden, lassen sich drei Typen von Systemkonzepten unterscheiden, ein strukturelles bzw. strukturales, ein funktionales und ein hierarchisches Systemkonzept.

Die **strukturale Definition und Betrachtungsweise von Systemen** stellt die Struktureigenschaften der Systeme in den Vordergrund der Betrachtung. Das sind die Art und Zahl der Elemente und ihrer Eigenschaften sowie die Art ihrer Beziehungen, ohne jedoch die Wirkbeziehungen im einzelnen zu quantifizieren.

Bei einer rein **funktionalen Betrachtungsweise eines Systems** reicht es aus, das System selbst als ‚black box' anzusehen, die allein gekennzeichnet ist durch die qualitativen und quantitativen Zusammenhänge ihrer äußeren Wirkbeziehungen. Diese Beziehungen umfassen die Inputs (Eingangsgrößen) und Outputs (Ausgangsgrößen) sowie unter Umständen bestimmte Zustandsgrößen, die die Verfassung des Systems selbst beschreiben. Die funktionale Betrachtungsweise von Systemen ist vor allem in der Kybernetik von großer Bedeutung; die Kybernetik beschäftigt sich mit der Steuerung von Prozessen und der Kommunikation in Lebewesen und Maschinen (vgl. WIENER 1948). Der Kybernetik geht es nicht um Gegenstände, sondern um Verhaltensweisen. „Sie fragt nicht ‚Was *ist* dieses Ding?', sondern ‚Was tut es?'" (ASHBY 1974: 15).

Die **hierarchische Betrachtungsweise von Systemen** betont die Eigenschaft , daß jedes System weiter in Subsysteme aufgeteilt werden kann und damit verbunden den Umstand, daß letztlich jeder physische oder ideelle Gegenstand und damit auch jedes Systemelement als System betrachtet werden kann. „[W]e may say that the Elements of a system may themselves be systems of lower order" (HALL/FAGEN 1956: 20). Genauso kann umgekehrt auch jedes System als Element eines umfassenderen Supersystems angesehen werden.

Das hierarchische Systemkonzept unterscheidet also neben dem betrachteten System Subsysteme, die in dem betrachteten System enthalten sind, und Supersysteme, in denen wiederum das betrachtete System enthalten ist. Aus hierarchischer Betrachtungsperspektive stellt sich ein System damit als Integrationsgefüge von Subsystemen dar. So stellt zum Beispiel SITTE (1978: 205) bezogen auf die systemare Abbildung von Pflanzen fest: „Die Eucyte ist nicht nur ein *System* für sich, nicht nur *Systemelement* suprazellulärer Organismen, sondern auch ein Übersystem, das unterschiedliche Plasmen mit verschiedenen genetischen und biochemischen Eigenschaften in sich vereint."

„Es gibt also mehrere Stufen von Ganzheiten und Teilen, wobei die Ganzheit ein Teil der nächsthöheren Stufe, der Teil indessen eine Ganzheit der nächstniederen Stufe ist, so daß eine Systembetrachtung auf verschiedenen Stufen einer solchen Systemhierarchie möglich ist" (ROPOHL 1978: 18).

Vor dem Hintergrund dieser drei Perspektiven der Systembetrachtung soll nun noch einmal genauer auf die **systemkonstituierenden Komponenten und Eigenschaften** eingegangen werden.

Systemelemente

In einem wirkungsbezogenen Systemkonzept werden als Systemelemente zunächst ganz allgemein die Teile, Objekte oder Komponenten eines Systems bezeichnet, zwischen denen Wirkbeziehungen betrachtet werden. Die Art der Elemente kann dabei grundsätzlich unbegrenzt variieren. Als Systemelemente können sowohl materieller Objekte oder Erscheinungen jeder Art eingesetzt werden, wie es zum Beispiel bei natürlichen oder technischen Systemen der Fall ist, als auch abstrakte oder ideelle Erscheinungen (vgl. FRANKEN/FUCHS

1974). Ein Systemelement wird jeweils gekennzeichnet und definiert durch eine spezifische Menge zusammengehöriger Merkmale, die im Hinblick auf den Zweck der Systemkonstruktion die als relevant eingestuften Eigenschaften darstellt.[77]

Da der hierarchischen Systembetrachtung folgend jedes Element immer auch in weitere Teilelemente zerlegt und selbst wieder als System betrachtet werden kann, stellt sich im konkreten Fall immer die Frage, ob die Komponente eines Systems als Element oder als Subsystem zu betrachten ist. Im allgemeinen spricht man dann von einem Element – im Gegensatz zu einem Subsystem – wenn eine weitere Unterteilung für den konkreten Untersuchungszweck nicht sinnvoll ist. Die Frage, ob die Komponenten eines System als Subsysteme oder Elemente betrachtet werden soll, ist also abhängig von der jeweils betrachteten Aggregationsebene und damit vom spezifischen Erkenntnisinteresse. Die Entscheidung, ein Systemteil als Element zu betrachten bedeutet ihn funktional zu betrachten, das heißt die Struktur zu vernachlässigen und nur Input, Output und Zustand des Systemteils zu analysieren.

Systemumwelt

Geht man davon aus, daß Systeme – wie dargestellt – als Menge durch Wirkbeziehungen verknüpfter Elemente definiert sind, impliziert dieses gleichzeitig das Vorhandensein von Elementen, die nicht Teil des Systems sind. Die Gesamtheit dieser Elemente wird allgemein als Systemumwelt bezeichnet.

Da es für die Analyse von Systemen wenig sinnvoll ist, die Menge der Umweltelemente als unbeschränkt zu betrachten, ist im Einzelfall festzulegen, welche Elemente bei der Betrachtung der Systemumwelt berücksichtigt werden. Relevante Systemelemente und Umweltelemente zusammen bilden die Grund- bzw. Basismenge der Elemente, sie kann beliebig gewählt werden und ist abhängig vom Untersuchungszweck (vgl. CZAYKA 1974: 36). Allgemein ist es sinnvoll alle die Elemente als Systemumwelt zu betrachten, die das System durch ihre Eigenschaft beeinflussen oder die in ihrer Eigenschaft durch das System beeinflußt werden.

Dem hierarchischen Systemkonzept folgend bildet die Umwelt ein System höherer Ordnung, in dem das untersuchte System als Subsystem oder Element auftritt. Mit der Folge, daß Veränderungen in der Umwelt Veränderungen in den Elementen des betrachteten Systems bewirken. Um das betrachtete offene System wird also ein übergeordnetes geschlossenes System aus den Elementen konstruiert, die mit dem Subsystem in Beziehung stehen. Der systemhaft betrachtete Ausschnitt Umwelt ist letztlich also immer abgeschlossen.

---

[77] Der Umstand, daß Elemente letztlich nichts anderes sind als Verknüpfungen von Eigenschaften, bringt bei der Trennung von Elementen und Eigenschaften, wie sie in der Definition der Allgemeinen Systemtheorie vorgenommenen wird gewisse erkenntnistheoretische Probleme mit sich und wirft die Frage auf, ob es nicht besser ist, von Eigenschaftsmengen statt von Elementen zu sprechen. ROPOHL (1978) fast Elemente und Eigenschaften zu ‚Objekten' zusammen, die je nach Perspektive bzw. Systemkonzept mal als Attribut und mal als Subsystem interpretiert werden können.

„For a given system, the environment is the set of all objects a change in whose attributes affect the system and also those objects whose attributes are changed by the behavior of the system“ (HALL/FAGEN 1956: 20).

Die Frage, welche Elemente im konkreten Fall als Teil des betrachteten Systems und welche als Teil der Systemumwelt gewertet werden, die Frage nach der Systemgrenze also, läßt sich allgemeingültig kaum zufriedenstellend beantworten. Als ein allgemeines Kriterium wird genannt, daß die Intensität der Beziehungen zwischen den Elementen des Systems deutlich höher sein soll als zu den Elementen der Umwelt (vgl. VOGT 1983: 53). Letztlich ist die Entscheidung aber immer abhängig vom Zweck der Systembildung.

Für die konkrete Konstruktion von Systemen bzw. systemtheoretischen Modellen bedeutet das: Auf die Begründung der gewählten Abgrenzung des betrachteten Systems von seiner Umwelt muß besonderer Wert gelegt werden.

Systembeziehungen (Relationen)

Für die Konstruktion von Systemen besonders bedeutend sind die Beziehungen oder Relationen. Erst durch die Betrachtung von Beziehungen, ist eine bloße Ansammlung von Elementen als System zu begreifen (vgl. BERTALANFFY 1968: 54f).[78]

Eine Relation oder Beziehung läßt sich kennzeichnen durch die beiden Elemente oder Elementmengen, zwischen denen die Beziehung besteht, durch den Inhalt der Beziehung (Wirkbeziehung oder logische Beziehung) und – bei dynamischer Betrachtungsweise – durch das Verhalten der Beziehung (Parameterabhängigkeit). Da Systemelemente und Systeme, wie dargestellt, nur mittels ihrer Eigenschaften gekennzeichnet werden können, beschreiben Beziehungen letztlich „Abhängigkeiten zwischen den Ausprägungen zweier Mengen von Eigenschaften“ (FRANKEN/FUCHS1974: 24).

Entsprechend der drei Kriterien zur Kennzeichnung von Beziehungen muß bei der Analyse zunächst danach gefragt werden, zwischen welchen Objekten überhaupt Beziehungen bestehen bzw. zwischen welchen Objekten die Beziehungen betrachtet werden sollen.[79]. Im zweiten Schritt kann dann die Art der Beziehungen untersucht werden. Bei dynamischer Betrachtungsweise ist im dritten Schritt die Parameterabhängigkeit der Beziehung zu untersuchen.

---

[78] Da zwischen zwei Elementen immer irgendeine Art von Beziehung besteht, zum Beispiel die Lage zueinander, läßt sich im Prinzp jeder Komplex von mindestens zwei Elementen als System auffassen.

[79] Wie beschrieben lassen sich zwischen zwei Objekten immer irgendwelche Beziehungen angeben, so daß nicht die Frage relevant ist, zwischen welchen Objekten überhaupt Beziehungen bestehen, sondern vielmehr, zwischen welchen Objekten Beziehungen bestehen, die für den konkreten Untersuchungszweck wichtig sind.

Objekte mit Beziehungen zueinander

Ausgehend von einem zu analysierenden System ergeben sich je nach Betrachtungsperspektive verschiedene Objekte, zwischen denen bestehende Beziehungen untersucht werden können:

1. Zwischen den Elementen des betrachteten Systems,
2. Zwischen einem Element des Systems und einem Element der Systemumwelt,
3. Zwischen dem System und der Systemumwelt bzw. anderen Systemen.

Wie anhand der verschiedenen möglichen durch Beziehungen verbundenen Objekte deutlich wird, werden Beziehungen sowohl systemintern als auch extern zur Systemumwelt hin betrachtet.

Die Gesamtheit der systeminternen Beziehungen, also der Beziehungen zwischen den Elementen oder Subsystemen eines Systems, bildet (in Verbindung mit den Systemelementen) die Systemstruktur (vgl. VOGT 1983: 57). Systeminterne Beziehungen finden also nur dann Beachtung, wenn strukturale Aspekte des Systems von Bedeutung sind.

Die systemexternen Beziehungen stellen sich unter Betonung der strukturalen Systemaspekte als Beziehungen zwischen System- und Umweltelementen dar. Bei funktionaler Betrachtung des Systems werden die Beziehungen zur Systemumwelt, und nur solche werden dann beachtet, in der Regel als Funktionen bezeichnet. Funktion meint in diesem Zusammenhang im weitesten Sinne die Zuordungsvorschrift oder die Abhängigkeit einer Ausprägung der Eigenschaft A zu/von einer Ausprägung der Eigenschaft Z. Dieser Funktionsbegriff ist nicht zu verwechseln mit dem teleologischen Funktionsbegriff, der Funktion im Sinne von Zweck begreift (vgl. ROPOHL 1978: 21ff). Konkret beschreibt die Beziehung oder Funktion in der Regel die Abhängigkeit zwischen den Input und dem Output eines Systems.

Inhalt der Beziehungen

Wie im Zusammenhang mit der Unterscheidung von klassifikatorischen und wirkungsbezogenem Systembegriff bereits ausgeführt, lassen sich dem Inhalt nach grundsätzlich logische Systembeziehungen und Wirkbeziehungen unterscheiden. Durch logische Beziehungen wird ein bestimmter Sinnzusammenhang der Objekte ausgedrückt, aus dem sich die logische Struktur von Klassifikationsystemen ergibt. Die den wirkungsbezogenen Systembegriff bestimmenden Wirkbeziehungen dagegen sind gekennzeichnet durch materielle, energetische und informelle Strömungsgrößen zwischen den Objekten.

Der konkrete Inhalt von Wirkbeziehungen läßt sich beschreiben über die Veränderung der Merkmalsausprägungen der in Beziehung stehenden Objekte, das heißt der Inhalt der Beziehung beschreibt die Abhängigkeit der Eigenschafts- bzw. Merkmalsausprägung des reagierenden Elementes von den Eigenschaftsausprägungen des die Beziehung initiierenden Elementes (vgl. FRANKEN/FUCHS 1974: 28).

In diesem Zusammenhang wird deutlich, daß mit dem Inhalt von Beziehungen auch die Frage verknüpft ist, ob es sich um einseitig gerichtete Beziehungen handelt oder um Wechselbeziehungen. Wobei Wechselbeziehungen jedoch nicht im Sinne Kants als eigenständige Erkenntniskategorie behandelt werden (vgl. Kap. 4.2.6.2) sondern in der Regel in kausalanalytischer Tradition in einseitige Kausalbeziehungen aufgeteilt werden.

Bei funktionaler Systembetrachtung werden die Strömungsgrößen als Input und Output des Systems bzw. der Elemente gekennzeichnet. Ist jeder Outputwert eines Elementes bzw. Subsystems A gleich jedem Inputwert eines Elementes bzw. Subsystems B, so spricht man von einer Kopplung von A und B (vgl. ROPOHL 1978: 28)[80].

Verhalten von Beziehungen

Wie das Verhalten von Elementen wird auch das Verhalten einer Beziehung durch die Abhängigkeit des Inhalts der Beziehung von einem unabhängigen Parameter, wie zum Beispiel von der Zeit (autonomes Verhalten) oder im Falle von Ökosystemen von der Niederschlagsverteilung (reaktives Verhalten) beschrieben. Bei fast allen Systemen findet sich eine Abhängigkeit des Verhaltens mindestens von dem Parameter Zeit, so daß sich im Einzelfall eher die Frage stellt, ob man die Parameterabhängigkeit mit in die Betrachtung aufnimmt. Eine Beziehung wird danach als dynamisch bezeichnet, wenn der Inhalt der Beziehung in Abhängigkeit von einem unabhängigen Parameter Zeit betrachtet wird; anderenfalls wird die Beziehung als statisch bezeichnet.

Insgesamt wird bei Analyse des Verhaltens der internen und externen Beziehungen eines konkreten Systems in der Regel von den Überlegungen ausgegangen, daß der als System betrachtete Zusammenhang, in einer bestimmten Umwelt steht und eine bestimmte innere Struktur aufweist. Die Umwelt wirkt auf das System in Form von systemspezifischen Reizen, die als gerichtete Beziehungen bzw. als Input definiert werden können und je nach Betrachtungsschärfe vom System bzw. von einem Teil der Systemelemente (den Rezeptoren) aufgenommen werden. Innerhalb des Systems werden die Reize entsprechend der Systemstruktur also der Gesamtheit der systeminternen Beziehungen, weitergeleitet und verarbeitet (Operatoren) und in systemspezifische Outputs (externe Systembeziehungen) umgewandelt und an die Umwelt abgegeben.

Systemstrukturtypen

Wie oben dargestellt ergibt sich aus der Gesamtheit der betrachteten systeminternen Beziehungen - in Verbindung mit den in Beziehung stehenden Systemelementen - die Struktur eines Systems.[81] Das Zusammenwirken der systeminternen Beziehungen (Beziehungsfor-

---

[80] In anderen systemwissenschaftlichen Veröffentlichungen wird die Kopplung nicht als spezifische Form der Beziehung herausgestellt(z.B. MÖLLER 1992: 4, FUCHS 1973: 42). In vielen Veröffentlichungen werden die beide Begriffe Beziehung und Kopplung gleichgesetzt.

[81] Die Unterscheidung von Struktur und Funktion basiert auf der grundlegenden erkenntnistheoretischen Annahme, daß man bei jeglichen empirischen Erscheinungen eine ‚Außenseite' und eine ‚Innenseite'

men und Beziehungsketten) bestimmt also die Art der Systemstruktur bzw. den Strukturtyp des Systems.

Die Gesamtstruktur eines Systems kann man sich als aus verschiedenen Grundstrukturen zusammengesetzt vorstellen. Diese Grundstrukturen ergeben sich jeweils aus bestimmten Kombinationen von Beziehungen und Beziehungsformen. Die Darstellung der Systemstrukturen kann durch Strukturgraphen oder durch Struktur- bzw. Relationsmatrizen geschehen (vgl. CZAYKA 1974: 28ff, KLAUS 1968: 625). Ein formales Merkmal zur Kennzeichnung des Strukturreichtums ist die Verknüpfungsdichte der systeminternen Beziehungen. Die Verknüpfungsdichte wird gekennzeichnet durch die Anzahl der Beziehungen innerhalb eines Systems im Verhältnis zur insgesamt möglichen Zahl von Beziehungen. Die maximale Zahl der Beziehungen ist erreicht, wenn jedes Element mit jedem verknüpft ist.

In der systemwissenschaftlichen Literatur finden sich verschiedene Zusammenstellungen von Grundstrukturtypen, die als abstrakte Muster für die Modellkonstruktion verwendet werden (vgl. VOGT 1983: 63f, FRANKEN/FUCHS 1974: 41, ROPOHL 1978: 38, CZAYKA 1974: 30ff).[82]

- Reihenschaltung
  Bei der Reihen- oder Serienschaltung stehen mehrere Elemente (oder besser Attribute) so in Beziehung, daß jedes von ihnen - mit Ausnahme der Randelemente - den Output des voranstellenden Elementes als Input besitzt.
- Parallelschaltung
  Eine Parallelschaltung von Elementen geschieht durch eine Verzweigung und eine Vereinigung von Beziehungen. Das heißt es stehen mehrere Elemente so in Beziehung, daß der Output eines von ihnen zugleich Input mehrerer anderer Elemente ist und das der Output dieser Elemente zugleich Input eines einzelnen anderen Elementes ist.
- Rückkopplung
  Bei einer Rückkopplung bestehen Beziehungen, bei der der Output eines Elementes auf den Input direkt oder indirekt, das heißt über mehrere andere Elemente, zurückwirkt, so daß sich eine geschlossene Beziehungskette (Regelkreis) ergibt. Sind die Eigenschaftsausprägungen der rückgekoppelten Elemente quantitativ beschrieben, lassen sich positive und negative Rückkopplungen unterscheiden. Bei *positiven Rückkopplungen* haben die betroffenen Eigenschaften die Tendenz, in ihrer Ausprägung immer größer oder immer kleiner zu werden, indem die Rückkopplung die Vorwärtskopplung überlagert und diese verstärkt. Ein Beispiel hierfür ist das exponentielle Wachstum von Algen in einem eutrophen Gewässer. Durch eine *negative Rückkopplung* dagegen wird dem Größer- oder Kleinerwerden der betroffenen Eigenschaftswerte entgegengewirkt, so daß sich immer wieder bestimmte Gleichgewichts- oder Sättigungswerte einstellen. Der

---

unterscheiden kann. Die Struktur beschreibt danach die ‚Innenseite' und die Funktion bezieht sich auf die ‚Außenseite' von Erscheinungen.

[82] CZAYKA (1974: 30ff) unterscheidet insgesamt 13 verschiedene Grundstrukturtypen. Diese lassen sich jedoch zum Teil wieder aus Einzeltypen zusammengesetzt, so daß reicht sich auf die aufgeführte Auswahl zu beschränken.

Strukturtyp negative Rückkopplung ist damit ein Mittel, dynamische Systeme zu stabilisieren.[83]

- Dezentralisierung
  Bei einer dezentralen Struktur bestehen zwischen allen Elementen eines Systems gleichmäßige Beziehungen, so daß alle Elemente bzw. Attribute für den Zustand oder das Verhalten des Systems die gleiche Bedeutung haben.
- Zentralisierung
  Im Gegensatz zur Dezentralisierung sind die Beziehungen bei einer zentralen Systemstruktur sehr stark auf ein zentrales Element ausgerichtet, mit dem alle anderen Elemente verknüpft sind, ohne daß andere Beziehungen bestehen. Der Zustand oder das Verhalten des gesamten Systems hängt damit wesentlich von den Eigenschaftsausprägungen des zentralen Elementes ab.

Systemeigenschaften

Die für ein System bzw. Element (je nach Betrachtungsschärfe) wesentlichen Eigenschaften können den Zustand, das Verhalten und die Beziehungen eines Elementes bzw. Systems betreffen (vgl. FRANKEN/FUCHS 1974, S. 27). Da die Eigenschaften von Elementen und Systemen grundsätzlich zunächst beliebig vielfältig sein können, hat die Entscheidung, in welcher Kombination die Eigenschaften im konkreten Einzelfall tatsächlich beachtet werden, besondere Bedeutung.

Aus der systemtheoretischen Literatur lassen sich eine Reihe typischer Systemeigenschaften herausfiltern, durch die spezifische Systemtypen charakterisiert sind und die als Formalmodelle auf konkrete Erscheinungen bezogen werden (vgl. z.B. ROPOHL 1978: 33f, VOGT 1983: 65f, CZAYKA 1974: 39ff, FUCHS 1972: 51f, KULLA 1979: 37ff):

- Zeitabhängigkeit: statisch - dynamisch
- Verhältnis zur Umgebung: abgeschlossen - offen
- Zielgerichtetheit
- Zeitverteilung der Attributenwerte: diskret - stetig
- Anzahl der Subsysteme und Relationen: einfach - komplex
- Bestimmtheit: deterministisch - stochastisch

Da ein großer Teil der Modellbildung, insbesondere im Bereich der Umweltmodellierung, sich systemtheoretischer Abbildungen bedient, [84] bilden diese Systemeigenschaften oder Merk-

---

[83] Werden die Gleichgewichtswerte für die Systemstabilität bewußt von außen, d.h. vom Menschen vorgegeben, spricht man von Regelungssystemen oder kybernetischen Systemen (vgl. ROPOHL 1978: 39). Die Kybernetik geht davon aus, daß die Zielstrebigkeit von Systemen, in diesem Fall mit dem Ziel des Gleichgewichtszustandes, nicht teleologisch durch Entelechie oder Vitalität zu erklären ist, sondern allein durch das Prinzip der Rückkopplung und der Regelkreise (vgl. KLAUS 1971: 727ff).

[84] Typische vom Systemkonzept ausgehende Modelltypen sind: Strukturmodelle, Prozeßmodelle, Prozeß-Reaktionsmodelle, Kreislaufmodelle oder Regelkreismodelle.

male zugleich auch eine wichtige Grundlage für die Charakterisierung und Typisierung von Modellen in diesem Bereich, sowie für einen systematischen Original-Modell-Vergleich.

Zeitabhängigkeit: statisch - dynamisch [85]

Ein wichtiges Kriterium zur Charakterisierung des inneren und äußeren Verhaltens von Systemen und den sie abbildenden systemhaften Modellen, ist die Frage nach der Zeitabhängigkeit der Ausprägung der Systemattribute. So kann die konkrete Ausprägung der Systemattribute (bzw. deren Wertzuweisung) unter Berücksichtigung der Erkenntniskategorie der Zeit über einen zu bestimmenden Zeitraum hinweg als konstant oder als zeitabhängig verändert betrachtet werden.

Ein System wird von STACHOWIAK (1973: 340) als dynamisch bezeichnet, wenn wenigstens eines seiner Eigenschaften oder Relationen zeitabhängig ist, also Veränderungen in der Zeit erfährt. Dieses kann sich sowohl auf die innere Struktur, also die Beziehung der Elemente zueinander, als auch auf sein Input/Output-Verhalten, also die Beziehungen des Systems zur Umgebung beziehen.

Neben der Definition Stachowiaks finden sich in der systemwissenschaftliche Literatur eine Reihe andere Definitionen, die sich zum Teil – insbesondere in der Auswahl der Begriffe – erheblich voneinander unterscheiden. So bezeichnet zum Beispiel ROPOHL (1978: 35) ein System als dynamisch, wenn „mindestens ein Zeitattribut als Folge von Zeitpunkten definiert ist und wenn mindestens eine Funktion zwischen der Zeit und einem anderen Attribut existiert“.

Diesen Definitionen zufolge können letztlich alle Erscheinungen auch als dynamische Systeme abgebildet werden, denn über einen längeren Zeitraum gesehen unterliegen auch scheinbar statische Objekte, wie zum Beispiel ein Felsmassiv, gewissen Veränderungen, die sie beispielsweise durch Verwitterungsprozesse hervorgerufen werden. Die Beantwortung der Frage nach der Dynamik eines Systems hängt also ganz entscheidend von der Länge der betrachteten Zeitspanne ab.

Entsprechend der Unterscheidung von statischen und dynamischen Systemen lassen sich je nach Ausprägung der verwendeten abhängigen Zustandsvariablen bzw. Attributenausprägungen auch statische und dynamische Modelle unterscheiden (vgl. Kap. 3.2). Mit statischen Modellen kann man die Beziehungen zwischen den Systemattributen darstellen, wenn sich das Originalsystem im Gleichgewichtszustand befindet und sich damit über den betrachteten Zeitraum hinweg nicht verändert. Statische Modelle bilden also den Zustand bzw. die Struktur des Originalsystems ab (vgl. Kap 3.2.4.3) und werden daher auch als Zustands- oder Strukturmodelle bezeichnet. Ein Modell kann als dynamisch bezeichnet werden, wenn es in

[85] Bei den nun folgenden Klassifizierungskriterien ist zu beachten, daß sie zum einen auf die einzelnen Systemelemente und auf die Beziehungen zwischen den Elementen angewendet werden können, um diese zu klassifizieren, und zum anderen klassifizieren sie auch das gesamte System, indem zum Beispiel ein System

der Lage ist, Zustände und Veränderungen des Originalsystems über eine Zeitspanne hinweg abzubilden. Es besitzt also Zustandsvariablen (Attribute) die von der unabhängigen Variable Zeit bestimmt werden. Dynamische Modelle sind damit in der Lage, Prozesse oder Systemverhalten abzubilden (vgl. Kap. 3.2.4.5) und werden daher auch als „Prozeß-“ oder „Verhaltensmodelle“ bezeichnet.

Verhältnis zur Umgebung: abgeschlossen - offen

Ein wichtiges Kriterium zur weiteren Charakterisierung von dynamischen und zum Teil auch statischen Systemen ist das Verhältnis zur Umgebung. Genauso wie Relationen zwischen den Systemelementen bzw. den Attributen des Systems bestehen, können einzelne Elemente bzw. Attribute auch in ihrer Beziehung zu Elementen bzw. Attributen der Systemumgebung betrachtet werden. Die Wirkbeziehungen werden grundsätzlich danach untergliedert ob sie energetischer, materieller und/oder informationeller Natur sein. Die nach außen bestehenden Systembeziehungen werden in der Regel als Systeminputs und als Systemoutputs aufgefaßt. Durch sie ist die Funktion des Systems für seine Umgebung bestimmt.

Systeme, die nicht in ihren Wirkbeziehungen zu ihrer Umgebung betrachtet werden und dementsprechend auch keine Inputs und Outputs aufweisen, werden als abgeschlossen oder isoliert bezeichnet. Der Umstand, daß im Prinzip keine Erscheinung denkbar ist, die nicht in irgendeiner Weise zu ihrer Umgebung in Beziehung steht, macht die Modellhaftigkeit des Systemdenkens deutlich und veranschaulicht, die Idealisierung die betrieben wird, wenn zum Beispiel von abgeschlossenen Systemen die Rede ist.

Enthalten Systeme mindestens ein Element, welches in Relation zur Systemumgebung betrachtet wird und es damit zu einem Systeminput oder einem Systemoutput kommt, werden diese als offen bezeichnet.

ROPOHL (1978: 35) unterscheidet neben offenen und abgeschlossenen Systemen im Unterschied zu anderen Autoren außerdem „relativ isolierte Systeme“. Dieses sind Systeme, bei denen die Betrachtung der Außenbeziehungen auf wenige fest definierte Relationen beschränkt ist.

Zielgerichtetheit

Bei Systemen, die als dynamisch und offen betrachtet werden, stellt sich unter Berücksichtigung der Erkenntniskategorie des Zwecks die Frage nach der Zielgerichtetheit dieser Systeme. Zielgerichtete Systeme sind in der Lage, nach äußeren Einflüssen oder Änderungen im Inneren, nach einer gewissen Zeit, von einem ausgezeichneten Zustand in einen nächsten, fixierten Zielzustand überzugehen. So definiert zum Beispiel TAUX (1986: 94): „Ein System ist ein teleologisches Beziehungsgefüge zwischen einem Ganzen und seinen Elementen.“

---

per Definition dann als dynamisch, stochastisch usw. gilt, wenn mindestens eines seiner Elemente bzw. Attribute dynamisch, stochastisch usw. ist.

Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang zielgerichtete Verhaltensweisen, die sich auf störende Einwirkungen von außen ergeben. Besitzt ein System die Fähigkeit, „unter Einwirkungen der Umgebung sein inneres Milieu in gewissen Grenzen aufrechtzuerhalten“ (KLAUS/LIEBSCHER 1976: 12), so liegt eine zweckorientierte Anpassung (Adaptivität) bzw. Stabilisierungsfähigkeit vor. Das heißt, ein stabiles System bleibt trotz der Einwirkungen bestimmter Störungen im Gleichgewicht, findet immer wieder dorthin zurück oder ist in der Lage, einen neuen Gleichgewichtszustand einzunehmen.

Die Fähigkeit eines Systems, sein Gleichgewicht zu wahren oder ein neues einzunehmen, besteht immer nur gegenüber bestimmten systemspezifischen Typen und Dimensionen von Störungen. Ebenso können auch verschiedene Stufen von Stabilisierungsfähigkeit unterschieden werden.

Erfolgt die Beseitigung von festgestellten Abweichungen durch kompensierende Rückkopplung innerhalb eines Regelkreises bei konstanter Struktur, so spricht man von einem monostabilen System. Das heißt, ein monostabiles System kann immer nur einen Gleichgewichtszustand aufweisen und ist nicht selbstständig in der Lage, einen neuen Gleichgewichtszustand zu finden bzw. neue Systemziele zu entwickeln.

Dagegen ist ein ultrastabiles System in der Lage durch sprunghafte Auswahl neuer Verhaltensweisen auf immer neue Störungen zu reagieren und immer wieder ein neues dynamisches Gleichgewicht zu erreichen. Erfolgen diese systemerhaltenden Aktionen durch selbsttätige Strukturänderungen, so spricht man von selbstorganisierenden Systemen.

Durch die fallweise Kopplung an sich unabhängiger, ultrastabiler Systeme mit bestimmten Teilfunktionen entstehen multistabile Systeme, die in komplexen Situationen durch ständige Neuordnung (Dispersion) sehr flexibel auf ganz Störungsfelder reagieren können. Besitzen multistabile Systeme zudem die Eigenschaft, auf nacheinander erfolgte Störungen sequentiell und neuartig mit Strukturvariationen zu antworten, so liegt ein lernendes System vor (vgl. FLECHTNER 1970: 290ff).

Zeitverteilung der Attributenwerte: diskret - stetig

Im Zusammenhang mit dynamischen Systemen ist zu unterscheiden, wie sich die zeitabhängigen d.h. dynamischen Attribute über die Zeit verändern, wie sich also die realisierten Werte, die die Attribute kennzeichnen bzw. beschreiben, im Verlaufe der Zeit verändern. Werden Veränderungen nur an diskreten Zeitpunkten abgebildet, handelt es sich um diskrete Systeme, betrachtet man die Veränderungen hingegen fließend, spricht man von kontinuierlichen bzw. stetigen Systemen.

Die Zeitverteilung der Attributenwerte stellt auch ein Charakterisierungs- und Vergleichsmerkmal für dynamische Originale und Modelle dar. Dabei ist es aus Gründen der Vereinfachung auch möglich, ein stetiges System durch ein diskretes Modell abzubilden. Im Fall von computergestützten Simulationsmodellen ist dieses gar nicht anders möglich, da ein Computer nur in diskreten Zeitschritten rechnen kann. Bei der computergestützten Modellierung

stetiger Systeme muß man sich also grundsätzlich mit Näherungen zufrieden geben und zwar dadurch, daß man die Zeitsprünge für die Berechnung der neuen Attributwerte möglichst klein wählt.

Anzahl der Subsysteme und Relationen: einfach - komplex

Ein wichtiges Kriterium zur Kennzeichnung der inneren Struktur eines Systems ist dessen Komplexität. Die Komplexität eines Systems ergibt sich zum einen aus der Verschiedenartigkeit der Elemente bzw. Subsysteme (Anzahl der Äquivalenzklassen von Elementen) sowie der Beziehungen zwischen den Elementen (Anzahl der Äquivalenzklassen von Beziehungen) und zum anderen aus der Anzahl der Elemente und Beziehungen.

Im Gegensatz zu einfachen Systemen, die überschaubar und daher leicht erfaßbar sind, liegen bei komplexen Systemen eine Vielzahl und Vielfalt von schwer durchdringbaren Zusammenhängen vor. Zur quantitativen Bestimmung des Grades der Systemkomplexität werden in der systemwissenschaftlichen Literatur verschiedene Ansätze aufgeführt, die sich jeweils auf einzelne der vier genannten Komplexitätsaspekte beziehen.

NIEMEYER (1977: 2 u. 46ff) bezieht sich auf die Zahl der Unterscheidungen von Elementen gemeinsamer Attributenklassen und die Zahl der Interaktions- und Kombinationsbeziehungen. ASHBY (1974: 186) setzt die Komplexität eines Systems mit dem Begriff der Vielfalt (variety) gleich, den er mit Bezug auf die Menge der unterscheidbaren Elemente eines Systems gebraucht. Der Biologe WIESER (1959: 26) dagegen mißt den Komplexitätsgrad eines Systems nicht an der Zahl der Elemente, sondern an der Vielzahl ihrer Beziehungen. Nach KLAUS/LIEBSCHER (1976: 314) läßt sich der Komplexitätsgrad eines Systems aus der Anzahl der Systemelemente, den möglichen diskreten Zuständen dieser Elemente und der Zahl der Kopplungen zwischen den Elementen bestimmen.

Da es wenig sinnvoll ist, alle aufgeführten Komplexitätsaspekte zu einem Komlexitätsmaß zu vermischen, bleiben nach VOGT (1983: 77f) nur zwei Möglichkeiten der Komplexitätsmessung und des Komplexitätsvergleichs:

Zum einen kann man die Komplexität eines Systems nur in Bezug auf einen der oben genannten Aspekte vergleichen, zum Beispiel nach dem Muster: Das Originalsystem ist in Bezug auf den Aspekt ‚Anzahl der Elemente' von größerer Komplexität als das Modellsystem. Zum anderen kann man sinnvolle Kombinationen der einzelnen Komplexitätsaspekte bilden, wie etwa: Das Produkt aus der Anzahl von Äquivalenzklassen von Elementen mit der Anzahl von Äquivalenzklassen von Beziehungen oder den Quotienten aus der tatsächlichen Anzahl von Beziehungen zur maximal möglichen Anzahl von Beziehungen (Verknüpfungsdichte). Die Anzahl der maximal möglichen Beziehungen kann dabei aus der Anzahl der Elemente errechnet werden.

In Zusammenhang mit der Modellierung von Systemen hat die Beurteilung der Komplexität insofern besondere Bedeutung, als sie ein wichtiges Kriterium für die Auswahl von Modellen sein kann, die das gleiche Original abbilden. Im Falle gleicher Aussagegenauigkeit bzw.

Zweckmäßigkeit wäre immer das Modell mit der geringeren Komplexität und damit verbundenen größeren Einfachheit zu wählen.

Grad der Bestimmtheit: deterministisch - stochastisch

Abhängig von der Frage, ob bestimmte Attribute, Attributenausprägungen oder Beziehungen zwischen den Elementen eines Systems sicher und eindeutig vorhersagbar interpretiert werden oder als unsicher gelten müssen, lassen sich deterministische und stochastische Systemparameter und davon abhängig deterministische und stochastische Systeme unterscheiden.

„Ein System wird als determiniert bezeichnet, wenn sein Verhalten eindeutig und in Sätzen prognostiziert werden kann, für die Wahrheit beansprucht werden kann“ (CZAYKA 1974: 45). Das heißt, es liegt ein determiniertes System vor, wenn die Elemente eines Systems in eindeutig voraussagbarer Weise aufeinander einwirken und die jeweiligen Ausprägungen der Elemente mit Sicherheit vorausgesagt werden können. Sind Prognosen über das Systemverhalten und die Ausprägung seiner Elemente nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu treffen, handelt es sich um ein stochastisches bzw. probalistisches System.

Alle physischen Erscheinungen und damit auch alle natürlichen Systeme sind letztlich niemals mit vollständiger Sicherheit in ihrem Verhalten vorhersagbar, so daß es vom erkenntnistheoretischen Standpunkt abhängt, was als sicher und was als nur wahrscheinlich angesehen wird (vgl. CZAYKA 1974: 45f). Letztlich ist es eine subjektive Entscheidung ob man die Systemeigenschaften als determiniert oder stochastisch begreift und entsprechend in einem determinierten oder stochastischen Modell abbildet (vgl. Kap. 3.3.4).

4.4.4.6 Systemdenken in der Biologie und in der Geographie

Der Systembegriff wird in der Biologie sowohl auf einzelne Organismen bezogen als auch auf überindividuelle Einheiten. So unterscheidet beispielsweise TISCHLER (1978: 218) organismische und ökologische Systeme.

Wie stark das Systemdenken in der Biologie Einzug gehalten hat, zeigt die Tatsache, daß sogar die Definition von ‚Leben’ an den Systembegriff gekoppelt wird. So definiert SATTLER (1986: 228) ‚Leben’ als die Charakteristik lebender Systeme. Lebende Systeme werden dabei wie folgt definiert:

„Living system = an open system that is self-replicating,
self-regulating, exhibits individuality, and
feeds on energy from the environment“ (SATTLER 1986: 228)

Dieses Zitat macht zugleich deutlich, wie der Systembegriff die Begriffe Ganzheit und Organizität, die lebende Organismen kennzeichnen, ersetzt. Das Spezifische, das Wesen des Lebendigen, das was früher unter dem Begriff Ganzheit zusammenzufassen versucht wurde,

wird jetzt mit dem Begriff System umschrieben und in spezifische Systemeigenschaften differenziert und damit zugleich operationalisiert.

Mit Hilfe des Systemkonzeptes wird versucht, die reduktionistische Biologie um Aspekte von Ganzheitlichkeit, die zuvor bewußt ausgeschaltet wurden, nun befreit von vitalistischem und damit metaphysischem Beigeschmack zu erweitern.

Was – wie oben beschrieben – für die Naturwissenschaften typisch ist, findet man auch im Bereich der Biologie: Es gibt kaum Autoren, die deutlich werden lassen, daß sie sich der Modellhaftigkeit des Systemkonzeptes bewußt sind. Der Begriff ‚System' wird in der Regel für einen realen Ausschnitt der Lebenswelt verwendet, der Systemeigenschaften besitzt (vgl. z.B. TISCHLER 1978, M. HARTMANN 1956, ODUM 1983). Da allen lebenden Organismen und Organismengemeinschaften diese Systemeigenschaften zugesprochen werden, werden alle Organismen und Organismengemeinschaften als Systeme bezeichnet. Für die Mehrzahl der Biologen ist der Organismus also ein System. Das bedeutet, daß er die typischen Eigenschaften eines Systems besitzt und nicht lediglich in einem Systemmodell abgebildet wird.

Das Systemkonzept hat auch in der Geographie – ähnlich wie in der Biologie – seit den 60er Jahren weite Verbreitung gefunden. Die „Landschaft" als zentraler Forschungsgegenstand der Geographie wird zum „Geosystem" (vgl. AURADA 1982, LESER 1991) oder zum Komplex bzw. Gefüge von Ökosystemen. SOCAVA (1974) ist sogar der Auffassung, daß das Landschaftsparadigma, als die zentrale Forschungsperspektive der Geographie, durch das Systemparadigma abgelöst werde.

Dabei wird das Systemkonzept sowohl methodisch als auch ontologisch interpretiert.

4.4.4.7 Fazit

Das Systemkonzept wird insgesamt in sehr vielfältiger Weise verstanden und verwendet. Zum einen wird mit dem Systemkonzept der Anspruch verfolgt, eine reduktionistische Forschungsstrategie zu verfolgen und darauf abgezielt, einen naturwissenschaftlichen Ansatz zu etablieren, aber dennoch zugleich das „Ganze" zu erkennen. Die Teile werden kausalanalytisch analysiert, um sie dann wieder teleologisch zum Ganzen zu integrieren, indem ihnen eine Rolle bei der Erreichung des mit dem Ganzen verbundenen Zwecks zugewiesen wird.

Statt die beiden gegensätzlichen Forschungsstrategien des Holismus und des Reduktionismus jedoch tatsächlich zu vereinen, wird das Systemkonzept entweder holistisch und reduktionistisch interpretiert, so daß eine Vielzahl, zum Teil gegensätzlicher Systemauffassungen nebeneinander stehen.

Aus der Perspektive des Modellkonzeptes der Erkenntnis ist das Systemkonzept ein Modelltyp, der definiert ist durch seine spezifische Struktur. Diese wird gebildet durch eine Menge von Elementen sowie eine Menge von Wirkbeziehungen die zwischen diesen Elementen bestehen.

Wird ein System als offen betrachtet, ist es konstituiert durch eine Menge von internen Elementen, eine Menge von Beziehungen zwischen diesen Elementen sowie eine Menge von Beziehungen zwischen diesen internen Elementen und Elementen der Umwelt des Systems. Die Entscheidung, ob die in Beziehung stehenden Elemente zum System oder zur Umwelt zu zählen sind und damit die Entscheidung über die Abgrenzung des Systems, ist genau wie Konstitution der Elemente und Beziehungen abhängig vom Zweck der Systemkonstruktion, das heißt zum Beispiel von einem bestimmten theoriegeleiteten Erkenntnisinteresse und damit subjektbestimmt.

Wie an der Abgrenzung des Systems von seiner Umwelt deutlich wird, sind alle Systeme, werden sie auch als noch so konkret bezeichnet, selektive, subjektabhängige Konstruktionen und keine realen Gegenstände. Systeme sind damit ein spezifischer Typ von Modellen oder besser eine Konzeption zur Konstruktion von Modellen.

Genausowenig wie die gesamten Systeme sind auch die Systemelemente reale Objekte, sondern variable Merkmale von Dingen oder besser Erscheinungen von Dingen. Diese Merkmale sind es, die in Beziehung zueinander stehen, nicht die Objekte selbst.

Die Erkenntniskategorien Form, Wirkbeziehung und Zeit finden sich im Systemkonzept als Struktur, Funktion und Dynamik.

4.5 Die ökologische Modellperspektive

4.5.1 Vorbemerkung

Der im Hinblick auf umweltplanerische Anwendungen wohl bedeutendste Wissenschaftsbereich in dem die Erkenntnis und damit auch Modellierung von Natur und Umwelt betreiben wird ist traditionell der der Ökologie. Es sind immer wieder die im weitesten Sinne als ökologisch bezeichneten Erkenntnis- bzw. Modellkonstrukte, die umweltplanerischen Entscheidungen zugrundegelegt werden. Aus diesem Grund hat die Analyse der spezifisch ökologischen Modellbildung ein besonderes Gewicht.

4.5.1.1 Zur Vielfalt der ökologischen Begriffe und Konzepte

Schon 1941 beklagte der ökologisch arbeitende Zoologe Hermann Weber „die fast bei jedem Ökologen verschiedene Auffassung von den Grundaufgaben, Zielen, Methoden und Grenzen ökologischer Forschung“, die es unmöglich machen, einen vollständigen Überblick zu geben (WEBER 1941: 757). Trotz intensiver Diskussion in den letzten Jahrzehnten hat sich dieser Umstand bis heute kaum geändert, so daß noch immer ein unüberschaubarer „Begriffswirrwarr“ im Zusammenhang mit ökologischer Forschung beklagt wird und immer noch kein allgemein anerkanntes einheitliches Konzept der Ökologie existiert (LESER 1984, MCINTOSH 1987). Entsprechend spricht McIntosh von einem „Pluralismus“ in der Ökologie, der zwangsläufig auch einen Pluralismus in der ökologischen Modell- und damit Erkenntniskonstruktion zur Folge hat.

Neben dem im weitesten Sinne wissenschaftlich-analytischen Ökologiebegriff wird der Terminus „Ökologie“ oder „ökologisch“ auch in einem politisch-normativen Sinne verwendet. Ökologisch wird dann verstanden im Sinne von „ökologisch = naturnah = umweltverträglich = gut“. Ansätze einer solchen politischen Interpretation der Ökologie, der politischen oder weltanschaulichen Ökologie, werden zum Teil auch mit wissenschaftlichen verknüpft, so daß es nicht selten zu ‚naturalistischen Fehlschlüssen‘ kommt, also vom ökologischen ‚Sein‘ auf das ‚Seinsollen‘ geschlossen wird. Auf diesen politisch-normativen Ökologiebegriff, wie er in unterschiedlichen Facetten im Bereich der Umweltpolitik oder auch in der Werbung verwendet wird, soll hier nicht weiter eingegangen werden (vgl. dazu TREPL 1987, HASSENPFLUG 1979, 1985).

Wie Tabelle 6 zeigt, gibt es auch innerhalb den als wissenschaftlich-analytisch zu bezeichnenden Ansätzen eine Vielzahl von „Ökologie-Konzepten“, „ökologischen Ebenen“, „ökologischen Perspektiven“, „Ökologie-Verständnissen“, „Bereichen der Ökologie“ oder wie

Tab. 6: Ökologiekonzepte

Klassifikationsprinzip	Ökologiekonzepte	Vertreter/Quelle	Anmerkungen
Bezugsgegenstand			
Organismengruppe (Kompartimente)	Mikroökologie	REMMERT (1989)	
	Tierökologie, Zooökologie	KÜHNELT (1970)	
	Pflanzenökologie, Phytoökologie, ökolog. Botanik	LARCHER (1984), SCHWERDTFEGER (1977) STEUBING/SCHWANTES (1981)	
	Humanökologie	KATTMANN (1978)	
	Sozialökologie	BODZENTA (1964)	
Organisationsebene (TREPL 1988)	Autökologie	SCHRÖTER (1896) SCHWERDTFEGER (1977), KÜHNELT (1965), ODUM (1983)	Der Begriff geht zurück auf C. SCHRÖTER.
	Demökologie/Populationsökologie	SCHWERDTFEGER (1977), SLOBODKIN (1980), KREBS (1978)	Ökologie ist nach KREBS (1978, zit. nach TREPL 1988: 178) „the study of abundances and distributions of populations“.
	Synökologie (= Ökosystemforschung)	REMMERT (1989)	
	Hol-Ökologie	THIENEMANN (1956)	
Lebensraumtypen	terrestrische Ökologie	ODUM (1983, Bd. 2)	
	aquatische Ökologie/Limnologie	BOHLE (1995)	
	Marinökologie	GERLACH (1994)	
	Bodenökologie	GISI (1996), SCHUMACHER (1989)	Boden wird hier als Lebensraum und dessen Funktion verstanden, nicht als abiotischerUmweltfaktor.
	Landschaftsökologie	TROLL (1939, 1950, 1966); LESER (1984, 1991)	
	Stadtökologie	SUKOPP (1990)	
Interpretationsmuster und Forschungsperspektiven			
Wissenschaftsauffassungen	geographisch-historisches Ökologiekonzept	vgl. TREPL (1987)	
	topisch-dynamisches Ökologiekonzept	LINDEMAN (1942)	
	physiologisches Ökologiekonzept	KÜHNELT (1970: 17)	KÜHNELT (1970: 17) definiert Ökologie mit Verweis auf Haeckel als „die Physiologie der Organismen zur Außenwelt“.
	biophysikalische Ökologie	UNGER/STÖCKER (1981), GATES (1980)	
Beziehungsformen	individualistisches Konzept	REISE (1980), TREPL (1987, mit Verw. auf GLEASON 1926 u.a.)	
	organismisches Konzept	TREPL (1987 mit Verw. auf CLEMENTS 1916, 1936 sowie PHILIPS 1934/35), BÖRING/WIEGLEB (1990)	
Forschungsstrategien	deskriptiv-inventarisierende Ökologie	KÜPPERS et al. (1978: 58, mit Verw. auf WARMING 1896)	
	deskribtiv-komparative Ökologie	KÜPPERS et al. 1978: 62	
	analytisch-experimentelle Ökologie (biophysikalische Ökologie)	LINDEMAN (1942), KÜPPERS et al. (1978 mit Verw. auf LEWIS/TAYLOR 1967). UNGER/STÖCKER (1981), KREEB (1990)	zunächst vor allem in der Limnologie (z. B. LINDEMANN 1942), später auch mit breiterem Bezugsfeld (z. B. LEWIS/TAYLOR 1967)

immer die verschiedenen Möglichkeiten, Ökologie (oder besser ökologische Modellbildung) zu betreiben, auch unterschieden werden.[86]

Ein Teil dieser Konzepte, zum Beispiel Autökologie und Synökologie, werden weitgehend als berechtigte „Ebenen" oder „Zweige" der Ökologie anerkannt und gegenseitig akzeptiert (vgl. z.B. LESER 1984). Andere dagegen wie zum Beispiel das individualistisches Konzept und das organismische Konzept, schließen sich scheinbar aus. Das hat den Effekt, daß diese unterschiedlichen „Auffassungen" oder „Grundperspektiven" in den gängigen Lehrbüchern kaum als unterschiedliche Perspektiven thematisiert werden[87].

Worin aber liegen nun die grundlegenden Unterschiede zwischen „Zweigen" der Ökologie und „Grundperspektiven" der Ökologie; also zwischen dem allgemein akzeptierten Ansätzen zur Unterscheidung von Ökologiekonzepten und denen die sich zum Teil gegenseitig ausschließen und deren Vertreter deshalb den jeweils anderen Ansatz nicht akzeptieren oder den anderen Ansatz erst gar nicht zur Kenntnis nehmen.

Das eine sind die Ansätze, die sich durch Differenzen hinsichtlich des materiellen Betrachtungsgegenstandes zu unterscheiden versuchen (Pflanzen, Tiere, Einzelorganismen, Organismengemeinschaften usw.). Die anderen Ansätze sind diejenigen, die sich über die Betrachtungsperspektive oder den Forschungsansatz unterscheiden. Während die Aufteilung und Klassifikation der Welt in unterschiedliche Forschungsgegenstände allgemein akzeptiert zu werden scheint und eine ausschnittsweise Betrachtung nebeneinander als möglich anerkannt wird, findet die Möglichkeit, verschiedene Betrachtungsperspektiven einzunehmen oder Wissenschaftsauffassungen zu verfolgen, kaum Akzeptanz.

4.5.1.2 Ursachen der Begriffs- und Konzeptvielfalt

Nicht selten wird mit Verweis auf die Vielfalt und Uneinheitlichkeit der ökologischen Begriffe und Konzepte der Eindruck geäußert, es sei quasi eine Charaktereigenschaft der Ökologen besonders viele und immer neue Begriffe zu verwenden. „Die Unsitte, immer neue Begriffe zu bilden gereicht übrigens vielen Ökologen zum Vorwurf. Die sprachlichen Neubildungen, die sie vorschlagen, manche mißtönig, gekünstelt oder schlichtweg unverständlich, dienen häufig nur dazu, um mangelnde Bestimmtheit des Gegenstandes oder der Arbeitsweise zu verbergen" (DI CASTRI 1981, zit. nach BICK 1989: 7).

Spätestens seit der Arbeit von TREPL (1987) zur Geschichte der Ökologie ist jedoch deutlich geworden, daß die verschiedenen Ökologiekonzepte nicht allein der unsauberen Begriffs-

---

[86] Aufgrund der nahezu unüberschaubaren Vielzahl und Unterschiedlichkeit bereits vorliegender Definitionsversuche soll hier auf eine Definition der einzelnen Ansätze verzichtet werden. Statt dessen werden für jeden Ansatz beispielhaft Vertreter bzw. Quellen benannt.

[87] So unterscheidet zum Beispiel LESER 1984 lediglich eine funktionale und eine räumliche sowie eine bioökologische und eine geoökologischen Perspektive, wobei er jedoch mehr auf unterschiedliche Forschungsgegenstände als auf differierende Forschungsansätze abhebt.

verwendung zu verdanken sind, sondern daß sie vielmehr Ausdruck der unterschiedlichen erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Grundauffassungen aufgrund differierender Weltbilder sind, die gerade im Zusammenhang mit (der Modellierung des) dem Erkenntnisgegenstand(es) Natur oder besser belebte Natur in besonderer Vielfalt relevant werden. So steht die Ökologie zwischen zwei Polen, die kaum vereinbar scheinen, nämlich der konservativ-romantischen Heimat- und Naturbewegung auf der einen Seite und der generalisierenden Naturwissenschaft auf der anderen (TREPL 1985). Diese kaum zu vereinbarenden Polen finden sich jedoch nicht nur in Form verschiedener Lager bzw. Wissenschaftlergemeinden innerhalb der gesamten Ökologie, sondern auch bei jedem einzelnen Ökologen, auch wenn er sich in der wissenschaftlichen Praxis für eine Grundkonzeption der Ökologie entscheidet. Diese so unterschiedlichen Ausgangspositionen und Grundhaltungen erklären vielleicht die Existenz so vieler zum Teil auch gegensätzlicher Paradigmen und damit verbundene Modellbildungs- und Erkenntnisstrategien innerhalb der Ökologie.

In den gängigen deutschen oder deutschsprachigen Lehrbüchern wird die Vielfalt der Ökologiekonzepte kaum thematisiert. In der Regel werden die Ökologiekonzepte nur hinsichtlich ihres materiellen Forschungsgegenstandes unterschieden. Eine zweite Ebene der Unterscheidung wie sie TREPL (1987) oder KÜPPERS et al. (1978) mit der Gegenüberstellung von individualistischem und organismischem oder physiologischem und geographisch-historischem Ökologiekonzept verdeutlicht, wird in den deutschen Lehrbüchern kaum thematisiert. Die Lehrbücher bleiben vielmehr häufig ihren fachdisziplinären Grundperspektiven verhaftet und behandeln nicht die gesamte Ökologie auf einer metatheoretischen Ebene, sondern beispielsweise die Tier-, Pflanzen oder Populationsökologie. Aufgrund dieser fehlenden metatheoretischen Perspektive geraten die mit den Fachdisziplinen traditionell verwobenen grundlegenden spezifischen Sichtweisen der jeweiligen Forschungsrichtung gar nicht erst ins Blickfeld und werden folglich nicht bewußt thematisiert.[88]

Zu einem gewichtigen Teil liegt dieses vor allem daran, daß die Ökologen als Wissenschaftler bis heute nicht „allgemeine Ökologie“ studiert haben und ihrer wissenschaftlichen Sozialisation innerhalb eines gemeinsamen Paradigmas stattgefunden hätte, sondern Biologie, Geographie oder sonst eine Naturwissenschaft. Damit ist die Ökologie und damit die spezifische ökologische bzw. ökosystemare Modellierung von Natur - zumindest in Europa - daher bisher immer eingebunden in andere traditionellere Disziplinen wie Zoologie, Botanik, physische Geographie oder auch Bodenkunde oder Klimatologie.

---

[88] Es wird häufig nicht hinreichend beachtet, daß sich eine Wissenschaft oder Forschungsrichtung nicht nur dadurch auszeichnet, daß sie ein spezifisches Forschungsobjekt besitzt und damit einen bestimmten Ausschnitt der Welt erforscht, sondern daß sie dieses auch unter einer ganz spezifischen Fragestellung oder Perspektive, d.h. ausgehend von einem spezifischen Theoriehintergrund tut. Das bedeutet, daß sich zwar die Forschungsobjekte der verschiedenen ökologischen Teildisziplinen theoretisch zu einem Ganzen zusammenfügen lassen, dieses jedoch nicht bedeutet, daß sich auch die verschiedenen Wissenschaftsbereiche so ergänzen, daß sie in der Lage sind, das Ganze auch vollständig zu erklären: Die Ökosystemmodelle einzelner Teilbereiche des ökologischen Forschungsgegenstandes wird man nur selten problemlos zu einem Gesamtmodell vereinen können, auch wenn der Gegenstand scheinbar durch alle Teilmodelle vollständig erfaßt ist.

Über die jeweils spezifische Tradition dieser Disziplinen haben die verschiedenen wissenschaftstheoretischen Grundströmungen und Auffassungen Einfluß ausgeübt auf die Entwicklung der Ökologie, ohne daß dieses jedoch in bewußter Auseinandersetzung mit den jeweils anderen Perspektiven geschah (Überlagerung und Neukombination verschiedener Perspektiven oder Modellierungsansätze). So haben sich teilweise aus diesen Disziplinen heraus, teilweise unter direktem Einfluß der unterschiedlichen Wissenschaftsauffassungen und Forschungsperspektiven, nebeneinanderstehende Ökologiekonzepte entwickelt, die zu unterschiedlichen Modellierungsansätzen führen und letztlich auch unterschiedliche Ökosystemkonzepte bzw. Ökosystemverständnisse hervorbringen. So werden nicht nur eine Vielzahl immer neuer Begriffe entworfen, sondern auch - und das ist unter Umständen viel problematischer - mit gleichen Begriffen teilweise sehr unterschiedliche Inhalte assoziiert. Dieses jedoch häufig, ohne daß den einzelnen Fachökologen die unterschiedlichen Assoziationsmöglichkeiten bewußt sind. Mit der Folge, daß die fachspezifische Interpretation der Begriffe häufig als die einzig mögliche angesehen wird.

Anders war die Situation in den USA. Dort brachte das IBP (International Biological Program) die Rolle des ökologischen Modellbildners, als die Aufgabe des „wahren“ Ökologen hervor, der das Ökosystem nicht mehr aus der Perspektive einer einzelnen biologischen Disziplin betrachtet, sondern übergreifend beschreiben sollte (TREPL 1987: 199f.). Dadurch bedingt gehen die anglo-amerikanischen Lehrbücher – neben den Unterschieden in den Forschungsgegenständen der Ökologie – viel stärker auf grundlegende Unterschiede in den Forschungsansätzen oder Forschungsperspektiven ein (vgl. z.B. RICKLEFS 1980).

In den deutschsprachigen Lehrbüchern und Veröffentlichungen wird die Vielfalt der ökologischen Begriffsverständnisse und Konzept zwar immer wieder beklagt – statt die Unterschiede in den Ökologieansätzen und die damit verbundene Begriffswahl jedoch bewußt zu thematisieren und sich möglichst umfassend und systematisch damit auseinanderzusetzen, werden einheitliche Begriffsdefinitionen vorgeschlagen. Dadurch wird versucht, die unterschiedlichen Auffassungen per Definition zu neutralisieren (vgl. LESER 1984 oder zuletzt HOBOHM 1994, KUTTLER 1995).

Gleichzeitig wird von den Wissenschaftlern, die von sich behaupten, Ökologie zu betreiben, mehr oder weniger intensiver darüber gestritten, welche Ökologie die „wahre“ oder eigentliche Ökologie sei und welche sich nur so nenne. Aber auch dabei wird vor allem über den „richtigen“ Forschunsgegenstand diskutiert. So halten vor allem die in der Tradition der Biologie stehenden Wissenschaftler den Begriff Ökologie nur für zulässig, wenn es sich um die Erforschung der Beziehungen lebender Organismen handelt. Die aus der Geographie kommenden Ökologen verwenden den Begriff jedoch auch, wenn es allgemein um die Erforschung von Beziehungen geht, also auch um Beziehungen zwischen anorganischen Elementen oder Beziehungen zwischen Menschen. LESER (1991: 128) spricht folglich von „Ökologien diverser wissenschaftlicher Disziplinen“, die er grundsätzlich in „Bioökologie“ und „Geoökologie“ aufgeteilt wissen will.

TREPL (1985) dagegen lehnt diese Aufteilung von Bio- und Geoökologie ab und vertritt die Auffassung, daß der Begriff Ökologie nur dann zulässig ist, wenn die beziehungsorientierte Betrachtungsweise auch auf den *richtigen,* und das ist für ihn der biologische Betrachtungsgegenstand, angewendet wird. Trepl befürchtet, daß mit der Übertragung des Begriffs Ökologie von biologischen, aus denen er unzweifelhaft kommt, zum Beispiel auf gesellschaftliche Fragestellungen und Probleme auch Methoden oder Theorien unter der Hand in Bereiche eingeschmuggelt werden, für die sie keine Gültigkeit haben (Biologismus).

Die sich hier andeutende Spannweite des Ökologiekonzeptes, verstanden einerseits als Teildisziplin der Biologie und andererseits als allgemeines Beziehungskonzept, soll im Folgenden noch weiter ausgeführt werden.

4.5.1.3 Ökologie zwischen biologischer Teildisziplin und allgemeinem Beziehungskonzept

Nahezu alle Ökologielehrbücher, und dieses gilt sowohl für den deutschen wie für den englischen Sprachraum, gehen in den Grundzügen ihrer Definition dessen, was Ökologie ist oder beinhaltet, auf die frühe Ökologiedefinitionen Haeckels zurück. HAECKEL (1869: 365, zit. nach FRIEDERICHS 1934: 277) verstand unter Ökologie „die Lehre von der Ökonomie, von dem Haushalt der tierischen Organismen. Sie hat die gesamten Beziehungen des Tieres sowohl zu seiner anorganischen als zu seiner organischen Umgebung zu untersuchen ...“[89]

Die drei Dimensionen Organismen, Beziehung und Umwelt findet sich als Grundstruktur in nahezu allen, auch den heute aktuellen Ökologiedefinitionen. So fassen beispielsweise KÜPPERS et al. (1978: 80) die von ihnen analysierten Ökologiedefinitionen zusammen als „Erforschung der Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt“. In ähnlicher Weise resümiert HANSON (1962: 17, zit. nach BORNKAMM 1971: 467): Die Ökologie untersuche „die Beziehungen der Organismen zueinander und zur Umwelt“. Fast identische Definitionen findet man zum Beispiel auch bei FRIEDERICHS (1957: 124) LANGER (1970: 5) oder ganz aktuell bei BRECKLING/UMBACH (1996: 5).

Diese dreistellige Relation des Ökologiekonzeptes wird in der Landschaftsökologie bzw. in der physischen Geographie in seiner formalen Struktur als Modell auch auf die Wechselbeziehungen zwischen rein abiotischen Geofaktoren übertragen und zu deren Beschreibung

[89] Später definiert Haeckel Ökologie als Wissenschaft von den „Wechselbeziehungen aller Organismen, welche an einem und demselben Ort miteinander leben“ (Haeckel 1879: 668, zit. nach Schwerdtfeger 1977: 12) und widerspricht damit zum Teil seiner eigenen frühen Definition, die vor allem die Beziehung zur Umgebung in den Mittelpunkt rückt. Die Betrachtung interner Beziehungen von „Lebensgemeinschaften“ bildet seither eine zweite, von der ersten grundlegend unterschiedliche Dimension ökologischer Betrachtung, die besonderes Gewicht bekommt, wenn nicht einzelne Organismen, sondern Organismengemeinschaften im Zentrum der Betrachtung stehen. Diese beiden Ökologiedefinitionen stehen bis heute nebeneinander, ohne daß sie jedoch immer klar voneinander getrennt.

und Erklärung verwendet (vgl. HOFFMANN 1970: 5/6). Nach Auffassung von NEEF (1970: 239) werden innerhalb der Ökologie drei Aspekte behandelt:

„a) der physikalische Aspekt erfaßt den Zusammenhang der abiotischen Faktoren und führt zum Begriff des ‚Physiosystems';

b) die biologische Betrachtungsweise vereinigt physikalische und physiologische Prozesse in dem ‚Ökosystem';

c) der ökonomische Aspekt behandelt Landnutzungssysteme auf der Grundlage der natürlichen Gegebenheiten und bezieht physikalische, biologische und ökonomische Gesetze in die Betrachtung ein.
Außerdem ist das Wohlbefinden des Menschen in seiner natürlichen und sozialen Umwelt der Gegenstand der ‚human ecology'".

In der weitreichendsten Form wird das Ökologiekonzept als abstraktes Beziehungs- oder Strukturkonzept verstanden, welches genau wie das Systemkonzept als Modell für alle denkbaren Beziehungsgefüge Verwendung findet. „Gelegentlich wird der Begriff ‚Ökologie' auch auf die Gesamtheit der funktionellen Beziehungen ausgedehnt und entsprechend von ‚ökologischer Betrachtungsweise' gesprochen" (BOBEK 1957: 123). In diesem Sinne sieht Odum das Wirkungsfeld der Ökologie sogar über die Naturwissenschaften hinausgehen; es berühre zumindest auch die Sozialwissenschaften. ODUM (1975) versteht Ökologie als „the link between the natural and the social science" (zit. nach ODUM/REICHHOLF 1980).

In den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften wird nicht selten dann der Begriff Ökologie verwendet, wenn es allgemein darum geht, Beziehungsgeflechte oder systemare Zusammenhänge zu beschreiben und zu analysieren. So hat zum Beispiel BAACKE (1985) einen „sozialökologischen Ansatz" entwickelt, mit dessen Hilfe er „die Ökologie sozialer Gruppen" oder „die Wechselbeziehung zwischen sozialer Umwelt und sozialem Verhalten des Menschen" untersucht.

Behält man diese Vielfalt der mit dem Begriff Ökologie belegten Ansätze im Blick, ist die Ökologie nicht mehr und nicht weniger als eine spezifische, vom theoretischen Konzept des Wirkungsgefüges und der Wechselwirkungen geleitete und allgemein auf Beziehungen gerichtete Forschungsperspektive bzw. ein darauf abzielendes methodisches oder auch heuristisches Konzept. In diesem Sinne begreift WEICHHART (1975: 116) das Ökologiekonzept als „methodologisches Reduktionsprinzip".

Die Affinität eines in diesem weiten Sinne verstandenen Ökologiekonzeptes zum allgemeinen Systemkonzept ist unübersehbar. So ist es nicht verwunderlich, daß die Begriffe, wie immer wieder beklagt, nicht selten synonym verwendet werden oder Ökologie mit Ökosystemforschung gleichgesetzt wird.

4.5.1.4 Ökologie als Modellkonzept

Betrachtet man das Ökologiekonzept nun vor dem Hintergrund der drei Hauptmerkmale des Allgemeinen Modellbegriffs Stachowiaks (1973), dem Abbildungsmerkmal, dem Verkürzungsmerkmal und dem Subjektmerkmal, wird die Modellhaftigkeit des Ökologiekonzeptes deutlich. So verstanden ist Ökologie ein auf die Erkenntniskategorie der Relationen (Wirkbeziehungen und Wechselwirkungen) ausgerichtetes Modellkonzept, das auf unterschiedliche Forschungsgegenstände nicht nur der Biologie, sondern auch anderer Wissenschaftsbereiche bezogen wird (*Aut*ökologie, *Tier*ökologie, *Human*ökologie, *Stadt*ökologie, *Landschaft*sökologie oder sogar *Sozial*ökologie). Dabei wird nicht *die* Wissenschaft Ökologie auf andere Wissenschafts- und Lebensweltbereiche übertragen, wie dieses häufig suggeriert wird, sondern nur eine Abstraktion des ökologischen Grundprinzips bzw. der Grundannahme, daß Organismus und Außenwelt in Beziehung stehen, das heißt „der Leitgedanke des Wirkungsgefüges“ ist bestimmend (LANGER 1970: 5)

Wird der Ökologiedefinition Haeckels folgend das Grundgerüst des Modellkonzeptes – wie im vorangegangenen Kapitel dargestellt – auf die drei Komponenten Organismus - Beziehung - Umwelt zurückgeführt, können die unterschiedlichen Ökologiekonzepte im Sinne der Allgemeinen Modelltheorie als verschiedene ökologische, das heißt diese spezifische Struktur abbildende Modelle aufgefaßt und behandelt werden.

Die Grundstruktur bildet damit zugleich den Zugang für eine systematische Analyse der unterschiedlichen Ökologiekonzepte, die letztlich durch unterschiedliche Interpretationen und damit Abbildungen dieser drei Komponenten bestimmt sind. Um möglichst die ganze Spannbreite der oben angedeuteten Vielfalt der Ökologiekonzepte, die auch in rein abiotische über die Biologie hinausreichende Bereiche hineinragt zu erschließen ist die Grundstruktur als Grundlage der weiteren Analyse gedanklich noch weiter zu abstrahieren auf die drei abbildungsrelevanten Komponenten: „*Etwas*“ in seiner *Beziehung* zur *Umgebung*.

4.5.2 Interpretationen und modellhafte Abbildung des ökologischen Grundkonzeptes „Organismus in seiner Beziehung zur Umwelt“

4.5.2.1 Zur Vorgehensweise

Geht man davon aus, daß ein Nebeneinander unterschiedlicher Formen von Elementen und Beziehungen denkbar ist und man auch die Umgebung der Elemente auf verschiedenste Weise begreifen kann, wird deutlich, daß die verschiedenen Ökologiekonzepte jeweils modellhaft spezifische Ausschnitte aus der Vielfalt möglicher Interpretationen der drei Komponenten abbilden.

Die einzelnen Ökologiekonzepte oder ökologischen Modelle stehen dabei nicht als einvernehmlich definierte etablierte Ansätze nebeneinander, sondern werden quasi immer wieder neu aus den möglichen Interpretationen der Grundstruktur kombiniert. Um die Vielfalt der Modelle der einzelnen Komponenten und damit die Vielfalt der Ökologiekonzepte möglichst

systematisch erfassen zu können, ist es daher wenig sinnvoll, von den einzelnen Ökologiekonzepten auszugehen, als vielmehr von den drei Komponenten, aus deren Abbildung bzw. Interpretation sich die Ökologiekonzepte oder ökologischen Modelle zusammensetzen (vgl. Abb. 11 auf der folgenden Seite).

Die verschiedenen Facetten der ökologischen Modellbildung werden so anhand der unterschiedlichen Auffassungen bzw. Interpretationen der als Kern der ökologischen Betrachtungsweise identifizierten Begriffe Organismus - Beziehung - Umwelt systematisch dargelegt. Es soll analysiert werden, wie die im vorangegangenen Kapitel dargestellten Einflußfaktoren der modellhaften Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt die ökologische Wahrnehmung und Erkenntnis bestimmen, indem sie auf die Interpretation der Grundbegriffe des Ökologiekonzeptes Organismus - Beziehung - Umwelt einwirken.

Dabei wird nicht die Berechtigung der einzelnen Interpretationen beurteilt und es soll nicht darum gehen, neue „einheitliche“ Begriffsdefinitionen zu entwickeln und vorzuschlagen. Vielmehr soll die Vielfalt der Begriffsverständnisse und dahinterstehenden Modellierungsansätze deutlich gemacht und ins Bewußtsein gerufen werden. Nur wenn die unterschiedlichen Modellierungsansätze in der Diskussion, zum Beispiel um die Entwicklung von Planungsmethoden, allen Beteiligten gegenwärtig sind, kann das gegenseitige Verständnis soweit gehen, daß die Diskussion um einen gemeinsam getragenen methodischen Weg zu Ergebnissen führen.

4.5.2.2 Organismus

Der Begriff „Organismus“ steht hier stellvertretend für den jeweils zentralen Bezugsgegenstand der ökologischen Betrachtung und damit zugleich für den Bezugsgegenstand, auf den sich „Umwelt“ bezieht. Der Organismus steht also für das Etwas, für die Entität, die als im Zentrum stehend verstanden wird und von wo ausgehend die Beziehungen betrachtet werden.

Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Abbildung dieses Organismus oder abstrakt des Bezugselementes von ökologischer Modellbildung ergeben sich aus der Erkenntniskategorie der Substanz und deren Aufteilung und Klassifikation in systematische Einheiten (anorganische, vitale und geistbestimmte Welt) und damit verbunden aus der möglichen Unterscheidung verschiedener Betrachtungsmaßstäbe oder Ebenen (zum Beispiel Individuen, Populationen und Lebensgemeinschaften). Da die Aufteilbarkeit der realen Welt bzw. der Substanz der realen Welt in verschiedenen Seinsschichten oder Kompartimente weitestgehend unbestritten ist, wird auch akzeptiert, daß das Ökologiekonzept auf unterschiedliche Ausschnitte der Substanz bezogen wird. Entsprechend stehen auch die sich hieraus ergebenden Ökologiekonzeptionen weitgehend anerkannt nebeneinander. Es sei denn sie beziehen sich auf Ausschnitte, die über den Bereich, mit dem sich die Biologie beschäftigt, hinausgehen.

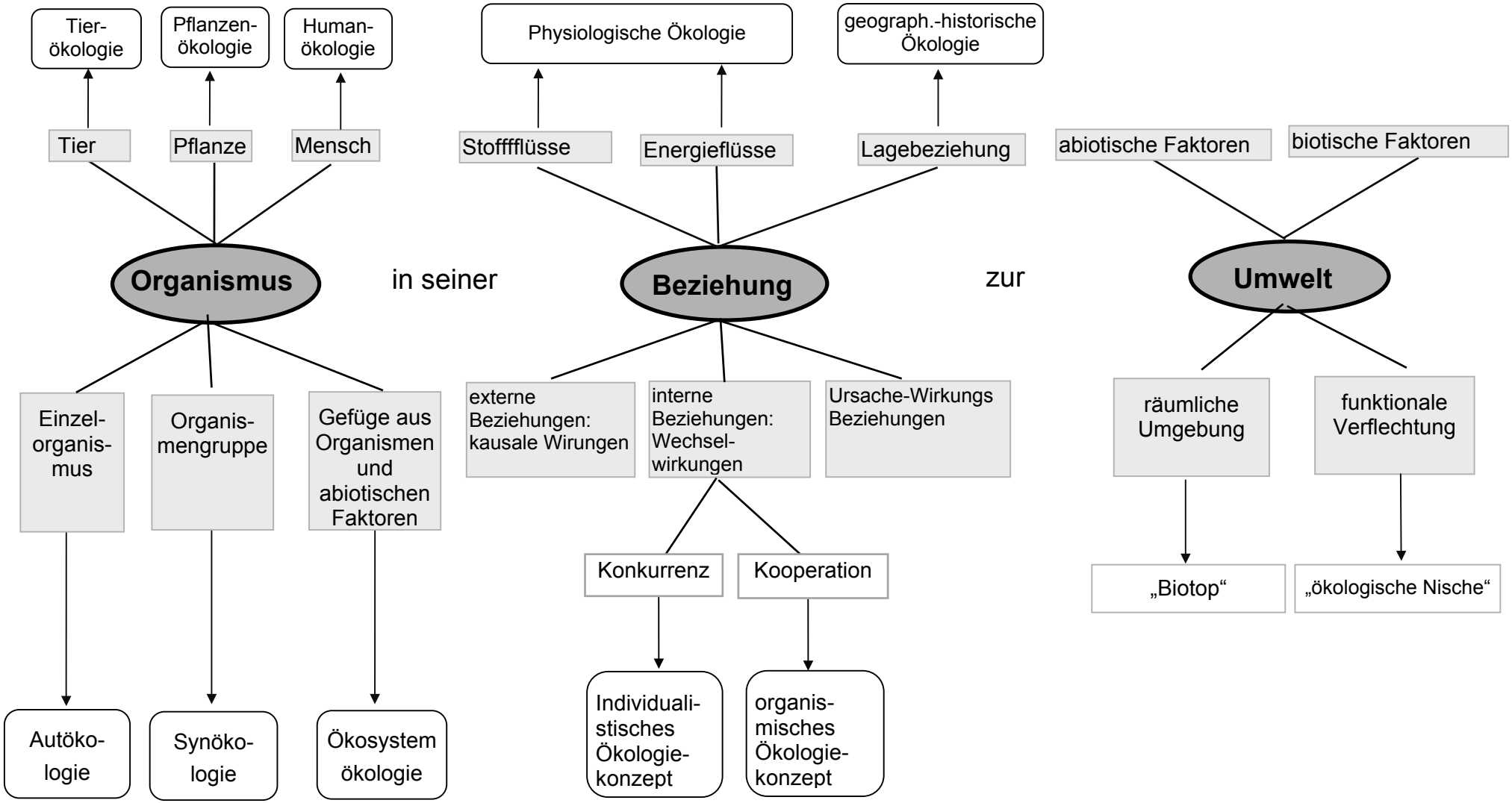


Abb. 11: Grundstruktur der ökologischen Modellperspektive

4.5.2.2.1 Tierische Organismen

Mit dem Tier bzw. der Tierwelt als zentralem Bezugsgegenstand nahm das Ökologiekonzept als spezifische Betrachtungsperspektive bei Haeckel seinen Ausgang. HAECKEL (1869) verstand unter Ökologie „die Lehre von der Ökonomie, von dem Haushalt der tierischen Organismen“ (zit. nach FRIEDERICHS 1934: 277). Haeckel betrachtete vor allem das Tier in seiner Beziehung zur Außenwelt und bezog das Ökologiekonzept damit auf den traditionellen Forschungsgegenstand der Zoologie. In der Tier- oder Zooökologie hat sich diese Perspektive bis heute erhalten (vgl. z.B. KÜHNELT 1970, KLOFT/GRUSCHWITZ 1989) und wird als legitime Verkürzung der realen Welt auf einen Teilbereich als ein Teilgebiet der Ökologie allgemein anerkannt.

GEILER (1975: 5) unterscheidet mit Blick auf die Lebensräume drei „Teilgebiete der Tierökologie“: die Limnologie, die Ozeanologie und die terrestrische Ökologie. Hier wird deutlich, wie die Tierökologie als Teilbereich der Ökologie wahrscheinlich zum Teil unbewußt mit der Ökologie gleichgesetzt wird und der Umstand, daß man sich eigentlich nur mit einem Ausschnitt beschäftigt, in Vergessenheit zu gelangen scheint.

4.5.2.2.2 Pflanzliche Organismen

Durch die Anwendung des Ökologiekonzeptes auf den traditionellen Forschungsgegenstand der Botanik und die Pflanzensoziologie entwickelte sich eine weitere Teildisziplin der Ökologie: die Pflanzenökologie, die einen anderen Ausschnitt der realen Welt, nämlich die Pflanze in ihrer Beziehung zur Außenwelt betrachtet. „Die Ökologie der Pflanze greift aus dem innig verflochtenen Organismengefüge die Pflanze heraus“ (LARCHER 1984: 5). STEUBING/SCHWANTES (1981) sprechen nicht von Pflanzenökologie, sondern von „ökologischer Botanik“, was deutlich die Übertragung einer spezifischen, neuen Perspektive auf eine bestehende Disziplin zum Ausdruck bringt.

Innerhalb der Pflanzenökologie lassen sich zwei Strömungen oder Perspektiven unterscheiden:

- Zum einen die in der Tradition der physiologisch-analytischen Wissenschaftsauffassung und der Pflanzenphysiologie stehenden Ansätze (z.B. STEUBING/SCHWANTES 1981, LARCHER 1984); KREEB (1990: 14) bezeichnet diese Richtung innerhalb der Pflanzenökologie als „experimentelle Pflanzenökologie“;
- Zum anderen die in geographisch historischer Wissenschaftstradition und in der Tradition der Vegetationskunde stehenden Ansätzen (z.B. SUKOPP 1990). Hier stehen zumeist nicht einzelne Pflanzen im Mittelpunkt der Betrachtung, sondern ganze Pflanzengesellschaften. Deshalb wird teilweise auch der Begriff Vegetationsökologie verwendet.

4.5.2.2.3 Der Mensch als Organismus oder als soziales und politisches Wesen

Neben der Tier- und Pflanzenwelt wird auch der Mensch in seiner Beziehung zur Außenwelt als Gegenstand ökologischer Betrachtung und Modellbildung eingesetzt (Humanökologie). Dabei wird der Mensch zum Teil als biologischer Organismus und damit als Teil der vitalen Welt, zum Teil auch als geistig-soziales Wesen abgebildet.

Wird die Humanökologie in physiologisch-analytischer Tradition im biologisch-medizinischen Sinne verstanden, dann wird der Mensch auf seine biologischen Funktionen reduziert. „Als Lebewesen oder als Organismus abgebildet ist der Mensch selbstverständlich Gegenstand und Bezugspunkt bioökologischer Untersuchungen“ (WEICHHART 1975). In diesem Sinne ist der Mensch auch Gegenstand der Populationsökologie, zum Beispiel im Hinblick auf das Bevölkerungswachstum (vgl. KALUSCHE 1996).

Teilweise wird der Mensch in der Humanökologie auch als geistig-soziales Wesen abgebildet. Nach Auffassung Die Humanökologie versteht den Menschen laut BORNKAMM (1971: 469) als aus den Organismen, also der vitalen Welt, herausgehoben. Er werde seinen Beziehungen zur Umwelt gesondert analysiert. Besonders in den Vordergrund gerückt wird die geistbestimmte Dimension der Mensch-Umwelt-Beziehungen in der Sozialökologie (vgl. HAWLEY 1967, BODZENTA 1964).

Die Einbeziehung des Menschen in die ökologische Betrachtung schlägt eine wichtige Brücke zur Geographie insbesondere zur Sozialgeographie und bereitete damit neben der Vegetationsgeographie (vgl. TREPL 1987) einen zweiten Weg zur Verbreitung des Ökologiekonzeptes in der Geographie. Das ging zum Teil so weit das Geographie und Humanökologie gleichgesetzt wurden (vgl. BARROWS 1923).

4.5.2.2.4 anorganische Elemente

Im Gegensatz zu den biologischen stehen bei den geographischen Ökologiekonzepten nicht die lebenden Organismen oder Organismengemeinschaften eindeutig im Mittelpunkt der ökologischen, das heißt beziehungsorientierten Betrachtung und Modellierung, sondern manchmal auch einzelne Geofaktoren wie Relief, Boden, Wasser und Klima (Geoökologie) (vgl. z.B. LESER 1984: 553). Das hat zur Folge, daß sich die geoökologischen Analysen teilweise ganz auf den abiotischen Bereich beschränken. So betont u.a. HOFFMANN (1970: 6), daß im Bereich der Landschaftsökologie das Ökologiekonzept auch im Hinblick auf die Untersuchung von Wechselbeziehungen zwischen rein abiotischen Geofaktoren verwendet wird und Landschaftsökologie entsprechend als „allgemeine Beziehungslehre zwischen Geofaktoren“ aufgefaßt wird. In diesem Sinne stehen für LESER (1984: 554) bei der Forschung im Kernbereich der Geoökologie, „ausschließlich abiotische Sachverhalte und ihre ökofunktionalen und räumlich-strukturellen Zusammenhänge im Mittelpunkt des Interesses“.

Verbunden mit der Ausdehnung der ökologischen, im Sinne von beziehungsorientierten Betrachtung auch auf rein abiotische Entitäten ist eine Aufweichung der deutlichen Trennung der Elemente wie Organismus oder Organismengemeinschaft, die als im Zentrum des Öko-

logiekonzeptes stehend betrachteten werden, von ihrer Umgebung oder Umwelt. Interne Beziehungen statt der Beziehungen zur Umgebung bzw. Umwelt rücken in den Vordergrund. Im Zusammenhang mit der Ökosystemanalyse hat die Unterscheidung des Organismusbegriffs, zum einen im Sinne von Innenwelt und zum anderen als Umwelt verstanden, schließlich kaum noch Bedeutung.

4.5.2.2.5 Einzelorganismus

Neben den Organismenformen lassen sich auch im Hinblick auf die betrachteten ‚Integrationsstufen' verschiedene Ökologieauffassungen unterscheiden.

Die Betrachtung des einzelnen Lebewesens bildet den Ausgangspunkt der ökologischen Betrachtungsweise. Bereits HAECKEL (1866) definierte Ökologie in Bezug auf den einzelnen Organismus, der in seinen Beziehungen zur umgebenden Außenwelt betrachtet wird. Bis heute ist die in der Autökologie abgebildete Organisationsebene des Individuums die wohl am besten untersuchte Stufe. Gegenstand der autökologischen Betrachtung ist der Einzelorganismus in seiner Beziehung zur Außenwelt. Dabei wird der Einzelorganismus als Individuum oder als Vertreter seiner Art aufgefaßt. So verstehen beispielsweise KÜPPERS et al. (1978: 52) als den Untersuchungsgegenstand der Autökologie den „Haushalt des Einzellebewesens". KLÖTZLI (1993: 5) begreift die Autökologie als „die Ökologie der Einzelart", die aus den Lebensgemeinschaften eine einzelne Art herausgreift und untersucht, wie die verschiedenen Umwelteinflüsse auf diese Art wirken.

Ziel der einzelorganismenbezogenen Analyse in der Autökologie ist die Erklärung der Leistungsfähigkeit, der Lebensfunktionen und der Morphologie (Lebensformen) der Organismen (Lebensformen) aus ihren Beziehungen zur Umwelt (Anpassung) (vgl. SCHWERDTFEGER 1977: 32, REMMERT 1989). Die Autökologie steht damit vor allem in physiologisch-analytischer und nomothetischer Wissenschaftstradition. Entsprechend wird die Autökologie sowohl bezogen auf tierische als auch auf pflanzliche Organismen als ökologische Physiologie oder Ökophysiologie bezeichnet (STUGREN 1986: 15).

4.5.2.2.6 Vielzahl von Organismen gleicher Art (Population)

Entsprechend dem Einzelorganismus bei Haeckel oder später in der Autökologie wird in der Populationsökologie bzw. Demökologie eine ganze Populationen als homotypisches Organismenkollektiv in seiner Beziehung zur Umgebung betrachtet. Neben den äußeren Beziehungen werden die Populationen jedoch auch im Hinblick auf ihre innere Struktur abgebildet (KÜPPERS et al. 1978: 52). In dieser Hinsicht werden sowohl Tierpopulationen als auch menschliche Populationen betrachtet (vgl. KALUSCHE 1996). Von untergeordneter Bedeutung dagegen ist die ökologische Analyse von Pflanzenpopulationen.

Populationen sind allgemein definiert über die Möglichkeit des genetischen Austausches. Hieraus ergibt sich jedoch im Konkreten die Schwierigkeit, daß in der Regel theoretisch alle Individuen einer Art im genetischen Austausch stehen und zur Abgrenzung der zu untersuchenden Population die relative Wahrscheinlichkeit und damit Häufigkeit des genetischen

Austausches herangezogen werden muß. Das bedeutet aber, daß eine Population nicht natürlich definiert ist, sondern im Einzelfall entsprechend der Fragestellung abgebildet und damit bestimmt werden muß. Populationen sind damit subjektabhängig konstruierte Ausschnitte der Wirklichkeit und besitzen Modellcharakter.

Als zentrale Aufgabe der Populationsökologie wird vor allem die Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der Individuenzahl sowie deren räumliche Verteilung und äußere Regulation angesehen (vgl. z.B. RICKLEFS 1980, SLOBODKIN 1980).

4.5.2.2.7 Organismenansammlung aus verschiedenen Arten (Lebensgemeinschaft, Biozönose, community)

Neben den Populationen als Organismenansammlungen gleicher Art werden auch Organismenansammlungen aus verschiedenen Arten in das Zentrum ökologischer Betrachtung gestellt. Die Organismenansammlungen werden dabei in der Regel als Organismengemeinschaft, Lebensgemeinschaft, Biozönose oder Community aufgefaßt und sollen ähnlich wie die Populationen sowohl in ihrer Beziehung zur Außenwelt als auch in ihren internen Beziehungen analysiert werden (Synökologie bzw. Community ecology).

Die Organismengemeinschaften werden in der Logik eines als hierarchisch aufgefaßten Stufenaufbaus der Welt (vgl. BERTALANFFY 1937: 60) als „an association of interacting populations" aufgefaßt (RICKLEFS 1980: 669) und dabei in ihrer Zusammensetzung als von der Außenwelt bestimmt begriffen, so daß die konkreten Standortbedingungen und damit der Ort als biozönosenkonstituierend angesehen werden. KLÖTZLI (1993: 5) spricht in diesem Zusammenhang von „Ökologie der Lebensgemeinschaften an einem bestimmten Lebensort"[90]. Entsprechend sieht auch SCHWERDTFEGER (1977) in der Synökologie die Untersuchung der Beziehungen der Gesamtheit aller an einem Ort lebenden Organismen (heterotypisches Organismenkollektiv) zu ihrer Umwelt. Die Betrachtung erfolgt daher in der Regel bezogen auf konkrete Lebensräume (z. B. die Stadtökologie am Beispiel Berlins, SUKOPP 1990) oder bezogen auf Lebensraumtypen (z.B. Terrestrische Ökologie, Marine Ökologie).

Obwohl von synökologisch arbeitenden Ökologen immer wieder der Anspruch vertreten wurde sowohl die internen als auch die externen Wirkbeziehungen der Lebensgemeinschaften zu betrachten werden häufig doch nur die internen Beziehungen abgebildet und analysiert. So widmet KÜHNELT (1965) die Hälfte seines Lehrbuchs „Grundriß der Ökologie" den „Beziehungen zwischen Organismen gleicher oder verschiedener Art" (159). Die Betonung der internen Beziehungen kommt auch zum Ausdruck, wenn die Synökologie mit dem Begriff

[90] In ähnlicher Weise definiert HAECKEL (1879: 668, zit. nach SCHWERDTFEGER 1977: 12) Ökologie als Wissenschaft von den „Wechselbeziehungen aller Organismen, welche an einem und demselben Ort miteinander leben" und widerspricht damit zum Teil seiner eigenen früheren Definition, die sich auf den Einzelorganismus und seine Beziehung zur Umgebung bezog.

Biozönologie, also der Lehre von den Biozönosen gleichgesetzt wird. (vgl. DIETRICH/STÖCKER 1980: 595).[91].

Die Aufgabe der Synökologie wird eher gemäß der Tradition der geographisch-historischen Wissenschaftsaufassung nicht in der Erklärung der Morphologie der Einzelorganismen gesehen, sondern in der Untersuchung der Verteilung und dem gemeinsamen Vorkommen der verschiedenen Organismen innerhalb eines Raumes. Zugleich werden die Organismenansammlungen oder Lebensgemeinschaften häufig aber auch als Ökosysteme abgebildet und aus physiologisch-funktionaler Perspektive betrachtet.

4.5.2.2.8 Gefüge aus Organismen und abiotischen Faktoren (Biogeozönose, Ökosystem)

In der „Integrationsstufenfolge“ der konkreten Gegenstände der Ökologie ausgehend vom einzelnen Organismus über die Population und die Lebensgemeinschaften bildet das Gefüge aus Organismen und abiotischen Faktoren - häufig als Biogeozönose oder auch als Ökosystem bezeichnet - den oberen Abschluß (vgl. z.B. RICKLEFS 1980). Entsprechend wird neben die Autökologie, die Populationsökologie und die Synökologie auch eine Ökosystemökologie (HIGASHI/BRUNS 1991) oder Ökologie der Ökosysteme (REMMERT 1989) gestellt, die analog dem Organismus bei Haeckel das Gefüge aus organischen und anorganischen Entitäten in das Zentrum der Betrachtung rückt und zum einen in seinen Beziehungen zur Umgebung, zum anderen aber auch in seinen internen Beziehungen analysiert.

In diesem Sinne vertreten zum Beispiel auch LANGER et al. (1988: 4) die Auffassung; „daß das Betrachtungsobjekt der Ökologie Ökosysteme verschiedener Hierarchiestufen sind“. Entsprechend definiert RICKLEFS (1980: 669) Ökosystem als „all the interacting Parts of the physical and biological worlds“.

Ökosystembegriff wird hier im Sinne der organismischen Biologie objekthaft als Supraorganismus mit eigener Umwelt verstanden. Zur Umwelt bestehen Beziehungen, die es ähnlich wie die Beziehungen des Einzelorganismus zu seiner Umwelt zu untersuchen gilt. (vgl. die Ausführungen zum ontologische Ökosystembegriff in Kap. 6.3.4)

4.5.2.2.9 Holozön, Welt als Ganzes

Während in der Ökosystemökologie also von einer Trennung der Objekte „Ökosystem“ und „Umwelt des Ökosystems“ ausgegangen wird, fällt diese Grenze in der Hol-Ökologie (vgl. THIENEMANN 1956). FRIEDERICHS (1934: 281) sieht in der Ökologie ganz in der Tradition der holistischen Biologie eine Wissenschaft zur „totalen Weltschau, zur Schau einer Welt, in der alles zu allem in Beziehung steht, alles auf alles direkt oder indirekt wirkt und in der alles gleichzeitig in Bewegung und Veränderung ist“. Mit der Auflösung eingegrenzter Bezugsein-

[91] Hier treffen zwei grundlegende unterschiedliche Ökologiedefinitionen aufeinander, die bereits bei Haeckel angelegt sind. Ökologie wird einmal als Wissenschaft von den Beziehungen zur Umwelt und zum anderen als Wissenschaft von der internen Organisation von Lebensgemeinschaften begriffen.

heiten oder -objekte wird die Hol-Ökologie zu einem allgemeinen Beziehungskonzept, das auf alles angewendet werden kann.

In der Geographie scheint der bereits mit dem Landschaftskonzept verbundene umfassende, auch holistisch genannte Forschungsansatz mit dem zum allgemeinen Beziehungskonzept generalisierten Ökologiekonzept für eine gewisse Zeit neuen Aufwind bekommen zu haben. So äußert zum Beispiel auch WEICHHART (1975: 90) die Überzeugung, „daß es sehr wohl möglich ist, durch eine ökologisch orientierte Betrachtungsweise unter Verwendung systemtheoretischer Methoden sozioökonomische Systeme und physische Systeme zu verknüpfen und damit die sozialwissenschaftliche und die naturwissenschaftliche Grundperspektive zu vereinen“.

Die Landschaftsökologie vertritt einen solchen umfassenden, ganzheitlichen Anspruch. Von LANGER (1970: 6) wird die Landschaftsökologie deswegen mit Hol-Ökologie gleichgesetzt. Die ökologische Landschaftsforschung oder die Landschaftsökologie stellt nach Ansicht von WEICHHART (1975: 80) „eine sehr gelungene und fruchtbare Verbindung zwischen dem Landschaftsgedanken und dem Ökologiekonzept dar“.

Durch die Komplexität des Landschaftsbegriffs und durch die Identität des Landschaftsbegriffs mit dem geographischen Forschungsansatz, ist Landschaftsökologie nicht nur Ökologie der Landschaft, also mit Landschaft als spezifischem Bezugsgegenstand als spezifische Bezugsgegenstand sondern mehr eine spezifische Blickrichtung. Aufgabe der Landschaftsökologie ist nach TROLL (1950: 166) die „funktionale Analyse des Landschaftsinhaltes, die Auflösung der in einem Landschaftsausschnitt wirkenden vielseitigen und wechselseitigen Abhängigkeiten“.

4.5.2.3 Beziehung

Genau wie der Organismus werden auch die Beziehungen als die zentrale Kategorie des Ökologiekonzeptes in sehr unterschiedlicher Weise interpretiert und entsprechend subjektabhängig abgebildet.

Die Betrachtung von Abhängigkeits- bzw. Wirkbeziehungen in der Biologie als Ausgangspunkt der Entwicklung der Ökologie bedeutet epistemologiegeschichtlich eine Verlagerung der Betrachtungsperspektive von der Kategorie der äußeren Form (physiognomisches Prinzip) auf das „innere“ Wirkungsgefüge und damit auf die Kategorie der Relation. Wie bereits im Zusammenhang mit der Erkenntniskategorie der Relation ausgeführt (vgl. Kap. 4.2.6) können Beziehungen in sehr unterschiedlicher Weise aufgefaßt werden. Die auffälligste bereits bei Kant angelegte Unterscheidung ist zunächst die zwischen formalen Relationen, wie den Beziehungen der Lage oder der Verwandtschaft und den Relationen der Abhängigkeit, wie kausale Wirkbeziehungen, Wechselwirkungen und Zweck-Mittel-Beziehungen. Diese unterschiedlichen Interpretationen finden sich auch im Zusammenhang mit dem ökologischen Beziehungsbegriff. So unterscheidet HABER (1980: 80) in Bezug auf die Ökologie einen “strukturellen Weg der Forschung, der sich vor allem auf Vegetationseinheiten stützt“

und einen „funktionalen Weg, der die Energieübergänge und Stoffkreisläufe ... aufzuklären sucht“.

Die Relationen der Abhängigkeit lassen sich als Abhängigkeiten von Eigenschaften auf ganz unterschiedliche Eigenschaften beziehen. Je nachdem, ob die beobachteten oder gemessenen Eigenschaften die Umwelt oder die Organismen betreffen, lassen sich, wie zum Beispiel in der Ökologiedefinition CHANSONS (1962: 17, zit. nach BORNKAMM 1971: 467) deutlich wird zwei Kategorien von Beziehungen der Abhängigkeit unterscheiden, nämlich „die Beziehungen der Organismen zueinander und zur Umwelt“. Die Unterscheidung von zwei Kategorien von Beziehungen ist bereits in den unterschiedlichen Ökologiedefinitionen Haeckels angedeutet. Zunächst spricht er von den „Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt“ (HAECKEL 1866) und später von den „Wechselbeziehungen aller Organismen“ (HAECKEL 1879). Die Ökologie oder zumindest ein Teil der Ökologie fühlt sich seit dieser Zeit also nicht nur für die Beziehungen Organismus-Umwelt zuständig, sondern auch für die internen Beziehungen der Organismen oder besser der Organismengemeinschaften. Für LUHMANN (1988: 21) liegt hierin eine fundamentale Paradoxie der ökologischen Fragestellungen. Nämlich die, „daß sie alle Sachverhalte zugleich mit Bezug auf Einheit und mit Bezug auf Differenz, mit Bezug auf die Einheit des ökologischen Zusammenhanges und mit Bezug auf die diesen Zusammenhang zerlegende Differenz von System und Umwelt zu behandeln haben“. Um deutlich zu machen, daß es sich bei der Betrachtung von internen und externen Beziehungen um zwei unterschiedliche Perspektiven handelt, führt PRIMAS (1994) die Begriffe „endoview“ und „exoview“ ein, die auch in die Ökologie Eingang gefunden haben (vgl. z.B. WIEGLEB 1996).

4.5.2.3.1 Beziehungen nach außen: kausale Wirkbeziehungen

Die Betrachtung nach außen gerichteter Beziehungen setzt eine Trennung von Innen und Außen, das heißt von Organismus, Organismengemeinschaft oder Ökosystem und Umgebung bzw. Umwelt voraus. Besonders deutlich wird dieses in der Autökologie, wo eine klare Trennung von Organismus und Umwelt möglich und der Einzelorganismus in seiner Abhängigkeitsbeziehung zur Außenwelt bzw. Umwelt betrachtet wird.

Die Umwelt wird dabei als konstituierend für die Organismen angesehen. Der Standort prägt durch **kausale Wirkbeziehungen** (die einseitig gerichtet sind) die Entwicklung der einzelnen Organismen und der Organismenzusammensetzung. Die innen- und außenstehenden Entitäten werden als in Beziehung stehend, nicht als zusammengehörend betrachtet.

Die alleinige Betrachtung und Akzeptanz von Wirkbeziehungen zwischen außen- und innenstehenden Entitäten, wie dieses von Protagonisten individualistischer Ökologiekonzepte vertreten wird, führt in der Konsequenz dazu, daß die Vorstellung von Lebensgemeinschaften ganz abgelehnt wird. „Die Arten sind entsprechend ihren spezifischen Ansprüchen im Lebensraum verteilt, und nur in der Phantasie der Biozönologen führt dies zu konkreten

Lebensgemeinschaften mit eigenen Gesetzmäßigkeiten“ (REISE 1980: 331, mit Verweis auf GLEASON 1926)[92].

Mit der Betrachtung kausaler Beziehungen wird das Ziel verfolgt, physiognomisch wahrnehmbare Beziehungen von Eigenschaften, wie die Lage oder die Ähnlichkeit, durch materielle Wirkungen kausal zu erklären.[93]

Im Zusammenhang der ökologischen Forschung und Modellbildung werden die kausaler Wirkbeziehungen, durch die die im Zentrum stehenden Entitäten zu ihrer Umwelt in Verbindung stehen, abgebildet und damit modellhaft konstruiert als physiologisch-funktionale[94] Beziehungen.

Physiologisch-funktionale Beziehungen

Im Zuge der Entwicklung von der deskriptiv-komparativen Ökologie hin zur experimentell-analytische Ökologie und ihrem Anspruch auf kausale Erklärung der Morphologie der Organismen und ihrer Verteilung im Raum (vgl. KÜPPERS et al. 1978: 56ff) rücken mit der topisch-dynamischen Betrachtung, das heißt der Betrachtung der Energieflüsse und Nährstoffkreisläufe, die physikalisch-chemischen Faktoren und damit die Abbildung der physiologischen Beziehungen in den Vordergrund. Dieses entspricht einer nomothetischen Wissenschaftsauffassung und einer reduktionistischen Forschungsperspektive. „It ist also possible to take a much more reductionistic approach, considering as self-evident that any organism is coupled to its environment through an exchange of energy and matter and, furthermore, that such exchanges must obey the basic laws of physics and chemistry as expounded by modern science“ (GATES 1980: 5).

Wesentlich gestärkt wird diese Betrachtungsweise durch ein zunehmendes Interesse an Fragen der Produktivität und stofflichen Belastbarkeit von ökologischen Gefügen. Stofflich-energetische Beziehungen bekommen besondere Bedeutung und damit besonderes Gewicht in der Modellbildung. LARCHER (1984: 5) spricht in diesem Zusammenhang von „physiologisch-ökologischer Betrachtungsweise“, die auf den Energieumsatz und den Stoff-

---

[92] Die im individualistischen Ökologiekonzept vertretene Ablehnung von konkreten, d.h. realen Lebensgemeinschaften wird aus zwei Richtungen unterstützt. Zum einen dadurch, daß interne Beziehungen ganz abgelehnt werden und nur das Milieu als für die Verteilung der Arten im Lebensraum verantwortlich gemacht wird, zum anderen aber auch dadurch, daß interne Beziehungen als Konkurrenzbeziehungen interpretiert werden (siehe Kap. 4.5.2.3.2).

[93] Das geht soweit, nur noch materielle Beziehungen wahrzunehmen und formale Beziehungen oder Abhängigkeits- oder Korellationsbeziehungen, die nicht materiell und damit kausal zu erklären sind, systematisch zu ignorieren.

[94] Wie auch WEICHHART (1975: 73) deutlich macht, wird der Begriff Funktion bzw. funktional in zwei Bedeutungsrichtungen verwendet; zum einen im Sinne von „Aufgabe“ oder „Leistung“, also im Hinblick auf einen übergeordneten Zweck, zum anderen in einem eher mathematischen Sinn als Abhängigkeit einer Größe oder Variablen von einer anderen. Beide Bedeutungen sind sicher nicht ganz unabhängig voneinander, spiegeln aber zwei Richtungen wider, die vermutlich jeweils unterschiedlichen Perspektiven geschuldet sind, nämlich einer eher teleologischen und einer eher empirisch-analytischen. In diesem Kontext wird der Begriff in der zweiten Variante verwendet. Bei TREPL (1988: 177) wird jedoch deutlich, daß unter dem Begriff

haushalt unter der Einwirkung von Umweltfaktoren gerichtet ist und den Wettbewerb und die Beziehungen zwischen Organismen völlig ausklammert.

In Zuge dieser „Neuorientierung der Ökologie“ (MAYR 1984: 99) werden die physiologisch-funktionalen Beziehungen nicht nur rein statisch betrachtet, wie die Relationen der Lage oder der Verwandtschaft, sondern unter Berücksichtigung der Kategorie Zeit als dynamische Prozesse abgebildet.

Die Betrachtung der funktionalen bzw. physiologischen Beziehungen geschieht vor allem in Bezug auf den einzelnen Organismus, das heißt auf der Ebene der Autökologie, die auch als „Physiologie der Organismen zur Außenwelt“ (BORNKAMM 1971: 468) oder als „physiologische Ökologie“ (DIETRICH/STÖCKER 1980: 595) bezeichnet wird. Ziel ist die Erklärung der Formenbildung und des Stoffwechsel der Organismen unter dem Einfluß der Außenwelt und in der Auseinandersetzung mit ihr durch kausale Wirkbeziehungen über Energie und Stoffflüsse. UEXKÜLL (1921: 47) sieht mit Bezug auf die Zoologie die Aufgabe der Ökologie darin, eine volle Anschauung davon zu gewinnen, „mit welchen Bändern der Körper ringsum in seiner Umwelt aufgehängt erscheint“ (zit. nach KÜPPERS ET AL. 1978: 69).

Auch in der Landschaftsökologie werden in der Tradition der physischen Geographie die Wirkbeziehungen in erster Linie als physiologisch-funktionale Beziehungen abgebildet (vgl. z.B. TROLL 1950 oder BOBEK/SCHMITHÜSEN 1949). Zum Teil wird hier der Begriff „ökologisch“ sogar mit „funktional“ oder „physiologisch“ gleichgesetzt. Dem liegt ein Ökologiekonzept zugrunde, daß als allgemeines Beziehungskonzept aufgefaßt wird, welches auf jeden beliebigen Gegenstand bezogen werden kann.

Im Zusammenhang mit der Ökosystemforschung wird die physiologisch-funktionale Betrachtungsperspektive auch auf die inneren ökosystemkonstituierenden Wechselwirkungen angewendet. Die Abbildung physiologisch-funktionaler Beziehungen in Verbindung mit einer analytisch-experimentellen Forschungsauffassung bildet den Ausgangspunkt und die Voraussetzung für eine quantitative Modellierung von Ökosystemen oder ökologischen Prozessen (vgl. STRASKRABA/GNAUCK 1983, UNGER/STÖCKER 1981). Nur eine in dieser Linie stehende ökologische Modellbildung wird in aller Regel auch als solche bezeichnet. Das Ziel besteht darin, die als systemkonstituierend angesehenen Wechselwirkungen in einseitig kausal wirkende physiologisch-funktionale Beziehungen zu zerlegen und damit das Wirkungsgefüge des Ökosystems kausal zu erklären.

Wie bereits angedeutet werden die physiologisch-funktionale Beziehungen in zwei Formen erfaßt und abgebildet: in Stoffflüssen und in Energieflüssen.

„ökologisch-funktionale Beziehungen“ auch in Ansätzen zweckgerichtete Beziehungen im Sinne gegenseitiger Abhängigkeiten der Organismen verstanden werden (vgl. Kap. 3.3.3.1.4 u. Kap. 4.5.2.3.3).

Stoffffluß

Wenn in der Autökologie die „Anpassung der Organismen an die Faktoren der unbelebten Umwelt“ (KÜPPERS et al. 1978: 51) in den Vordergrund gerückt wird, sind die betrachteten Beziehungen vornehmlich physikalisch-stofflicher Art (vgl. z.B. REICHLE 1973). Dieses Forschungsfeld vor Augen sieht BORNKAMM (1971: 468) Ökologie „in engem Zusammenhang zur Physiologie der Organismen, von der sie nur schwer abzugrenzen ist“.

Stoffffluß- oder Stoffwechselbeziehungen werden jedoch nicht nur bezogen auf Einzelorganismen betrachtet, sondern auch auf Organismengemeinschaften oder Ökosysteme bezogen (vgl. z.B. den „Jährlicher Mineralzyklus eines Eichen-Eschenwaldes“ aus REICHLE 1973, zit. nach REMMERT 1989: 208 oder KRAUSS/MIERSCH 1983, KLÖTZLI 1993: 95ff). Wenn ELLENBERG (1973: 19) mit Bezug auf produktionsbiologische Fragestellungen in der Ökosystemforschung von den „trophisch-dynamischen Aspekten der Ökologie“ spricht, wird deutlich, daß im Zuge der sich entwickelnden Ökosystemforschung (z.B. ‚International Biological Program‘, Ökosystemforschung Solling) die Stoffffluß-Beziehungen mehr und mehr in den Vordergrund der Forschung gerückt werden. Dieses gilt auch für ausdrücklich planungsbezogene Fragestellungen der Ökosystemforschung (vgl. KLEYER et al. 1992: 41ff).

Typische Stoffe, deren Kreisläufe oder Fließbeziehungen abgebildet werden, sind Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Mineralstoffe und Wasser (vgl. z.B. LARCHER 1984, BICK 1989). Dabei werden in der Regel in streng reduktionistischer Tradition einzelne Stoffe herausgegriffen und häufig auch nur kleine Ausschnitte aus dem gesamten Kreislauf mit Hilfe quantitativer Modelle modelliert (vgl. STRASKRABA/GNAUCK 1983).

Energiefluß

Die Abbildung energetischer Beziehungen hat vor allem bezogen auf leicht abgrenzbare Systeme, wie Binnengewässer oder Ozeane und damit in der Limnologie und in der Marinökologie besondere Bedeutung (vgl. STELEANU 1989). Aber auch terrestrische Lebensräume werden in ihren energetischen Beziehungen abgebildet und analysiert (vgl. REMMERT 1989).

In der Tradition der mechanistisch-analytischen Naturwissenschaften soll die Ökologie auf Physik reduziert werden. Für TANSLEY (1955) sind Ökosysteme so abzubilden, daß sie mit den Methoden der Physik analysiert werden können. So werden einzelne Systemelemente durch solche Parameter abgebildet, die meßbar sind und in ihrer zeitlichen Entwicklung mit den Parametern anderer Elemente in Beziehung gesetzt werden können. Nur so ist für Tansley, der eine reduktionistische Forschungsperspektive vertritt, wissenschaftlicher Fortschritt zu erzielen.

In jüngerer Zeit wird gerade den Energieflußbeziehungen besondere Beachtung geschenkt, und zwar durch den Versuch, die physikalischen Gesetze der allgemeinen Thermodynamik auf Gegenstände der ökologischen Forschung - insbesondere Ökosysteme - anzuwenden.

So wird die Bilanz der Energieströme sogar zum zentralen Kriterium für Qualität von Ökosystemen oder Landschaften (vgl. RIPL/HILDMANN 1998).

4.5.2.3.2 Beziehungen nach innen: Wechselwirkungen

Sobald über eine autökologische Betrachtung einzelner Organismen hinausgegangen wird und mehrere Organismen, die als Einheit, Gemeinschaft oder Ganzheit wahrgenommen werden, ins Zentrum der ökologischen, das heißt beziehungsorientierten Betrachtung gestellt werden, rücken neben den Beziehungen dieser Einheit zu der als außerhalb begriffenen Umwelt auch die internen Beziehungen, das heißt die Beziehungen zwischen den als innerhalb der Einheit, Gemeinschaft oder Ganzheit stehend begriffenen Organismen oder Elementen ins Blickfeld. Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften oder von allgemeinen ökologischen Gefügen wird nicht aus den Beziehungen zur Umgebung erklärt sondern als Resultat der Beziehungen zwischen den Organismen oder Elementen verstanden: „So ergeben sich als Gegenstand der Ökologie auch die Beziehungen, die zwischen den Gliedern eines Organismengefüges, einer Lebensgemeinschaft im allgemeinen Sinn des Wortes bestehen ..." (SCHWERDTFEGER 1977: 13).

Die Betrachtung interner Beziehungen hat traditionell besondere Bedeutung in der Synökologie. Im Zusammenhang mit synökologischen Betrachtungsgegenständen, also Lebensgemeinschaften, wird den Beziehungen innerhalb des Organismenkollektivs bzw. der Biozönose weit größere Aufmerksamkeit geschenkt als den Beziehungen zur Umwelt. Die internen Beziehungen konstituieren letztlich die als Ganzheiten aufgefaßten Lebensgemeinschaften oder ökologischen Gefüge.

Diese spezifische Form ganzheitenkonstituierender Beziehungen findet sich, wie in Kap. Ausgeführt, als Relationsform der Wechselwirkungen bereits bei Kant. Für Kant sind die Wechselwirkungen eine spezifische Kategorie der Relationen der Abhängigkeit. Entsprechend werden auch in der Ökologie die Glieder der Lebensgemeinschaften oder ökologischen Gefüge als in gegenseitiger Abhängigkeit und damit in Wechselwirkung stehend begriffen.

Wenn keine Trennung von innen und außen vorgenommen wird (Landschaft), indem das Außen nicht bestimmt wird oder Organismen und Umwelt als Einheit aufgefaßt werden, können die von der Ökologie untersuchten Wirkungen nur als nach innen gerichtete aufgefaßt werden. Deutlich wird dieses in der Landschaftsökologie. Ziel ist hier die Untersuchung der „Wechselbeziehungen zwischen jenen Faktoren, die im landschaftlichen Ökosystem zusammenwirken" (Leser 1984: 356).[95] Ähnliches gilt auch für die Analyse von Ökosystemen, die nicht die Dimension von Landschaften haben. Auch hier wird in der Regel besonderes Gewicht auf die Betrachtung der nach innen gerichteten Beziehungen, das heißt der

[95] Hieraus ergibt sich das Problem, daß die Abstraktion des Begriffes „Umwelt", wie sie zur Strukturierung der Analyse des Modellkonzeptes zu Beginn dieses Kapitel vorgenommen wurde, auch die Innenwelt umfassen muß, damit die internen Beziehungen eine Adresse haben.

Wechselwirkungen gelegt. Die Beziehungen zu anderen Ökosystemen bzw. zu einer wie auch immer definierten Umwelt werden nur in den wenigsten Fällen thematisiert. Schon deshalb geschieht dieses weil häufig keine deutliche Trennung von System und Umwelt vorgenommen wird.

Die internen Beziehungen werden als Kooperation (organismisches Ökologiekonzept) oder als Konkurrenz (individualistisches Ökologiekonzept) interpretiert (vgl. Tab. 7). Diese entge

gengesetzten Interpretationen sind bedingt durch zwei sich gegenüberstehende Erklärungsstrategien für die Gestalt und die Zusammensetzung der Organismengemeinschaften:

1) das Prinzip der gegenseitigen Abhängigkeit und Unterstützung der Organismen
   ⇒ organismisches Ökologiekonzept
2) das Prinzip der Standortkonkurenz der Organismen
   ⇒ individualistisches Ökologiekonzept

Tab. 7: Gegenüberstellung des organismischen und des individualistischen Ökologiekonzeptes

Organismisches Ökologiekonzept	**Individualistische Ökologiekonzept**
Wechselwirkungen zwischen den Organismen werden als positive Unterstützung und gegenseitige Förderung verstanden	Wechselwirkung Organismus/Standort ⇒ Konkurrenz der Individuen um den Standort
Einzelorganismen bedingen einander und sind damit aufeinander angewiesen	Beziehungen und Abhängigkeiten der Individuen bestehen nur zum Standort
Lebensgemeinschaft wird als Organismus oder Individuum höherer Art verstanden	Es gibt keine Lebensgemeinschaften, nur standortspezifische Ansammlungen von Individuen
Lebensgemeinschaften sind reale Gegebenheiten	Gesellschaften sind nicht real, sondern nur „Abstraktionen im Kopf der Wissenschaftler“
Verlust einer Art bedeutet Zerstörung der gesamten Lebensgemeinschaft	Es gibt keine intakten oder natürlichen Gesellschaften bzw. Lebensgemeinschaften
Natürliche Grenzen zwischen Lebensgemeinschaften	Kontinuum von Organismenzusammensetzungen je nach Standortverhältnissen
Es besteht ein innerer Zusammenhang des Systems	Das Zusammenvorkommen ist von außen bestimmt

Diese Erklärungskonzepte stehen, wie Trepl (1987) aufgezeigt hat, in engem Bezug zu zwei gegensätzlichen politisch-philosophischen Strömungen, dem Individualismus und dem philosophischen Holismus. Die beiden Ökologiekonzepte beruhen also auf letztlich ideologisch begründeten Interpretationsmustern bzw. Modellierungskonzepten, die ihren Ausgangspunkt in Erklärungsmustern für soziale Gemeinschaften bzw. in Vorstellungen über eine wün-

schenswerte Gesellschaftsform haben und auf biologische Gemeinschaften projiziert werden.

Interne Beziehungen als gegenseitige Unterstützung: Kooperation und Synergie

Die Betonung kooperativer Beziehungen steht im engen Kontext zum holistischen Organismuskonzept der Ökologie (TREPL 1988). Das Prinzip der gegenseitigen Unterstützung ist die notwendige Voraussetzung für die Vorstellung von „Lebensgemeinschaften" oder „Biozönosen". In diesem Sinne versteht bereits Karl MÖBIUS (1877) unter Biozönose „eine Gemeinschaft von lebenden Wesen, ... welche sich gegenseitig bedingen..." (zit. nach KÜPPERS et al. 1978). Oder mit den Worten TREPLS (1988: 177): „Alles dient allem und trägt zur Erhaltung des Ganzen bei." Kooperationsbeziehungen werden also vor allem dann betrachtet, wenn es darum geht, im Stile typisch synökologischer Fragestellung das gemeinsame Vorkommen von Organismen im Raum zu erklären.

Hinter dieser Interpretation von Beziehungen steht die stark vom ganzheitlichen Denken geprägte Auffassung, daß die Einzelelemente so miteinander in Beziehung stehen und verbunden sind, daß etwas qualitativ Neues entsteht. „Die alte Weisheit, ‚daß der Wald mehr ist als eine Ansammlung von Bäumen' ist tatsächlich das erste Arbeitsprinzip für die Ökologie (ODUM 1983: XV).

Anknüpfend an die naturphilosophische Diskussion über die Künstlichkeit bzw. Natürlichkeit der inneren Ordnung der Natur geht das organismische Biologie- bzw. Ökologiekonzept davon aus, daß eine natürliche innere Ordnung und Systematik der Natur die Individuen zu Arten und Lebensgemeinschaften zusammenfügt. Die Einzelindividuen und Arten werden als Teile eines größeren übergeordneten Gefüges betrachtet. Es gibt demnach ‚reale', ‚natürliche' Einheiten, die als überindividuelle Organisationsformen oberhalb der Ebene der Organismen so etwas wie Organismen höherer Art sind (vgl. z.B. BERTALANFFY 1937: 57).

Auch für REMMERT (1989: 241) hat die Frage nach der „Bedeutung vieler Tierarten für die Existenz andere Tiere" also die zwischenartlichen Kooperationsbeziehungen in der Ökologie großen Stellenwert. So gilt die Kooperativität der Systemelemente als Kennzeichen lebender Systeme. Das gilt auch für Ökosysteme (GEBHARDT 1981: 366, mit weiteren Verweisen). Besonderes Gewicht haben kooperative Beziehungen für die so genannte GAIA-Hypothese. „The Gaia hypothesis presums that the components of the ecosphere and therefore also the ecosystems cooperate more than they compete ..." (JØRGENSEN 1992: 61).

Eine besondere Form zwischenartlicher Kooperationsbeziehungen, die in der Ökologie in vielfältiger Weise Gegenstand der Untersuchungen ist, ist die Symbiose (vgl. z.B. TISCHLER 1993: 110ff). Hier wird das Prinzip der Kooperationsbeziehungen nicht auf eine als Ganzheit begriffene Gemeinschaft mehrerer Individuen oder Arten bezogen, sondern die gegenseitige Unterstützung zweier Individuen betrachtet. Die Symbiose bezeichnet also nicht Kooperationsbeziehungen von einzelnen Individuen zum Wohle eines übergeordneten Ganzen, sondern nur zu ihrem gegenseitigen Vorteil. Hier werden also nicht interne ganzheitenkonstituie-

rende Wechselwirkungen betrachtet, sondern es wird eher eine autökologische Perspektive eingenommen und die Kooperationsbeziehungen als externe Wirkbeziehungen begriffen.

Interne Beziehungen als Konkurrenz

Konkurrenz als eine Interpretationsform von Wirkbeziehungen zwischen Organismen findet sich bereits bei HAECKEL (1869). In der Tradition des Darwinismus stehend sieht er in den Beziehungen des Tieres zu seiner Umgebung „die Bedingungen des Kampfes ums Dasein" (zit. nach FRIEDERICHS 1934: 277). Die Beschreibung der räumlichen und zum Teil zeitlichen Verteilung von Organismen (vgl. Lagebeziehung) sowie der Morphologie der einzelnen Organismen – die ihren Ausgangspunkt in der Naturgeschichte hatten – wurde mit dem Konzept der konkurrenzbedingten Anpassung an die Umwelt, wie es von Darwin vertreten wurde erklärbar (vgl. KÜPPERS et al. 1978: 53).

Die Interpretation der Beziehungen zwischen Organismen als antagonistisch ist das Kennzeichen eines als „individualistisch" bezeichneten Ökologiekonzeptes (TREPL 1987, BRÖRING/WIEGLEB 1990). Die Vertreter individualistischer Erklärungsmuster in der Ökologie bestreiten zum Teil sogar die Existenz jeglicher Synergismen oder Kooperationsbeziehungen zum Wohle des Ganzen innerhalb von Organismengefügen. Folglich werden auch die in vielen ökologischen Arbeiten beschriebenen Lebensgemeinschaften als nichts anderes als allein auf Verbreitungsmechanismen zurückzuführende zufällige Ansammlungen von Organismen begriffen. Vor diesem Hintergrund formulierte zum Beispiel GLEASON (1926) ein individualistisches Konzept der Pflanzengesellschaften, nach der keine Artenkombination typischer ist als eine andere und es folglich auch keine fest definierten Pflanzenassoziationen geben kann, wie sie bis heute der Pflanzensoziologie zugrunde liegen. Entsprechend wird auch ein wie immer geartetes „Ganzes" als überindividuelle Organisationsform abgelehnt.

Jede Systematik und Ordnung existiert demnach nur in den Köpfen der Menschen und ist damit künstlich; das „Ganze" – als überindividuelles Zwecksystem – ist fast schon eine fixe Idee. Im Zentrum der Betrachtung stehen die einzelnen Individuen mit ihren individuellen Beziehungen zur belebten und unbelebten Umgebung. Bezogen auf Pflanzengemeinschaften bedeutet das, daß ihre Teile als unabhängig im Raum verteilt angesehen werden, die auch für sich existieren können und relativ freie Kombinationen eingehen. Das Individuum ist gebunden an einen spezifischen Komplex von Umweltbedingungen, der mit dem Ort korreliert. Die Gestalt und Zusammensetzung der an einem Ort vorkommenden Tiere und Pflanzen[96] ist allein abhängig von den individuellen Standortbedingungen. Eine Klassifizierung von pflanzensoziologischen Gesellschaften wäre danach völlig willkürlich (vgl. TREPL 1987: 156f).

[96] ‚Lebensgemeinschaft' wäre im Zusammenhang mit dem individualistischen Biologie- bzw. Ökologiekonzept der falsche Begriff, weil das gemeinsame Vorkommen von Arten gerade nicht als Zusammenschluß im Sinne einer Gemeinschaft verstanden wird, sondern lediglich als zufällige, von den spezifischen Standortbedingungen abhängige Zusammenstellung von Individuen mit gleichen oder ähnlichen Standortvorlieben.

Das individualistische Prinzip läßt sich nach WEINGARTEN (1992: 224) direkt zurückführen auf das mechanisch-materialistisches Biologieverständnis. Ähnlich sehen Bröring/Wiegleb (1990) das individualistische Ökologiekonzept in enger Beziehung zum Reduktionismus.

Die Analyse zwischenartlicher Konkurrenzbeziehungen hat ausgehend von den beiden amerikanischen Populationsökologen Lack und MacArthur ganz besonders in der Populationsökologie bis heute einen hohen Stellenwert (MAYR 1984: 99).

Für REMMERT (1989: 5), der die Konkurrenzbeziehungen aus autökologischer Perspektive, das heißt hinsichtlich der Bedeutung für die morphologische Entwicklung, betrachtet, spielen die zwischenartlichen Konkurrenzbeziehungen jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Viel bedeutender sind für ihn intraspezifische Konkurrenzbeziehungen, die zwischen den Individuen einer Art bestehen: „Die extrem starke intraspezifische Konkurrenz ist der Motor der Evolution, wie Darwin schon vor über 100 Jahren beschrieb."

Diese beiden grundlegenden Erklärungsstrategien wirken sich auch auf die Ökosystemtheorie aus. So unterscheidet zum Beispiel ODUM (1983: XVIII) innerhalb der Ökosystemtheorie zwei Erklärungsansätze: Zum einen die „Idee von einer holistischen Strategie der Ökosystementwicklung" und zum anderen die Theorie, „daß eine Ansammlung von Arten nicht als Einheit zusammenwirkt und daß die ökologische Sukzession ebenso gut ganz mit einem Konkurrenzausschluß ... zu erklären ist".

4.5.2.3.3 Zweck-Mittel-Beziehungen/teleologische Beziehungen

Mit dem Konzept der Anpassung des Organismus an seine Umwelt und der damit verbundenen Betrachtung von Organismengemeinschaften oder Organismus-Umwelt-Gefügen als sich entwickelnde ganzheitliche Einheiten erhält die Ökologie eine historische Dimension, in der nach der Bedeutung einer Eigenschaft des einzelnen in Hinblick auf ein übergeordnetes Ganzes oder auf einen übergeordneten Zweck gefragt wird. Das heißt, die Beziehungen der Organismen untereinander oder auch zu ihrer Umwelt werden als auf einen übergeordneten Zweck hin zielend abgebildet (vgl. LANGER 1970: 7) und damit als Zweck-Mittel-Beziehungen aufgefaßt. So ist bspw. die Frage nach der „Bedeutung der Tiere in Ökosystemen" (REMMERT 1989: 237) eindeutig eine Frage der Bedeutung des einzelnen für das Ganze und damit eine Frage nach den teleologischen Beziehungen des einzelnen zum Ganzen. Wenn BICK (1989: 43) im Zusammenhang mit Regulationsprozessen von Vorgängen spricht, „die nach einer Störung auf die Wiederherstellung des alten funktionellen Zustandes abzielen" weist dieses ebenfalls deutlich auf eine teleologische Interpretation von Beziehungen hin.

Dieser Zweck wird, wie schon von Kant erläutert zum einen als innerer Zweck begriffen und zum Beispiel im Erhalt des inneren Gefüges und das bedeutet der inneren Wechselwirkungen gesehen, daß heißt der „Organismus mit seiner Umwelt als ein lebendiges und harmonisches, d. h. dauerfähiges Ganzes" (MEYER 1934, zit. nach FRIEDERICHS 1934: 282) betrachtet. Der von Gott gegebene Zweck, als die zentrale Kategorie in der Naturgeschichte, wird

zur ökologischen Funktion[97] – im Sinne der Funktion des einzelnen Elementes für das übergeordnete Ganze. Bezogen zum Beispiel auf Pflanzengemeinschaften bedeutet das, daß Gesellschaften von Arten als „Wesen höherer Art" betrachtet werden. Jedes Individuum hat seine Funktion, seinen Zweck im Ganzen, zum Beispiel in der der Pflanzengesellschaft an einem Standort. Die verschiedenen Arten sind aufeinander angewiesen und wirken zum gemeinsamen Vorteil zusammen.

Zum anderen kann der Zweck als außenstehend angesehen werden – im Sinne der Funktion eines Organismus für einen anderen (z.B. Nahrungsfunktion) oder im Sinne eines durch den Menschen gesetzten Zwecks (z.B. der Wald als Holzressource). So sieht HABER (1978: 74) eine Aufgabe der Ökologie darin, Funktionen oder Leistungen der Umwelt zu ermitteln, die sie für die Organismen erbringt und plädiert dafür, Ökosystemfunktionen von der Nutzung durch die Organismen her zu verstehen. LANGER et al. (1988: 5) dagegen lassen Zielgerichtetheit bzw. Finalität nur gelten „wenn das System einen Bezug zum menschlichen Leben besitzt, das heißt wenn der Zweck des Systems durch Bewußtsein gesteuert werden kann".

4.5.2.3.4 Räumliche Beziehung, Lagebeziehung

In der Tradition der Naturgeschichte und der historisch-geographischen Forschungsrichtung der Biologie, bestand ein Schwerpunkt der ökologischen Forschung lange in der Beschreibung und Klassifizierung der räumlichen Verteilung der Organismen auf der Erde (KÜHNELT 1970).[98] Die Pflanzensoziologie, deren Vertreter ihre Tätigkeit durchaus als Ökologie bezeichnen (vgl. WESTHOFF 1972: 1), verfolgt diese Perspektive in der Tradition der Pflanzengeographie bis heute. In geographisch-historischer Tradition liegt das Ziel dieses Ökologieverständnisses vor allem in der Beschreibung (Kartierung) konkreter Lebensräume und ihrer Organismengemeinschaften. Ein gutes Beispiel für dieses Ökologieverständnis ist zum Beispiel die Stadtökologie von Sukopp. Hier werden nicht Prozesse und Wirkbeziehungen analysiert, sondern konkrete Lebensräume und ihre Organismen beschrieben (vgl. SUKOPP 1990).

Die Beziehung zwischen Organismus und Umwelt wird reduziert auf die Lage der Organismen im Raum. Ausdruck der räumlichen Betrachtung ist der Öko- bzw. Biotopbegriff. Durch eine nach räumlichen Kriterien erfolgende Abgrenzung von Lebensgemeinschaften oder Ökosystemen (z.B. in der Biotopkartierung) wird die räumliche Beziehung/Lage zum Indikator für physiologisch-funktionale Beziehungen - zumindest aber für die Abgrenzung der zu analysierenden Umweltbeziehungen. Die formale Relation der Lage wird als Modell für Beziehungen der Abhängigkeit eingesetzt. Dabei wird häufig vereinfachend davon ausgegangen, daß zwischen Organismen, die in räumlichem Zusammenhang stehen, auch Wirkbeziehungen oder Wechselwirkungen bestehen. Deutlich wird diese Modellierungsperspek-

---

[97] „Funktion" wird hier eindeutig im Sinne von „Aufgabe" oder „Beitrag" verstanden.

[98] Die Betrachtung von Organismen in ihrer räumlichen Umgebung und hinsichtlich des „Zusammenvorkommens im Raum" spielte bereits bei den Botanikern Buffon und Linnaeus und in den Reiseberichten der Entdecker, nicht zuletzt bei Humboldt im 18. und 19. Jh. eine große Rolle (vgl. TREPL 1987).

tive zum Beispiel im räumlich-konkreten Ökosystembegriff, nach dem zu einem Ökosystem alles das gehört, was sich innerhalb bestimmter räumlicher Grenzen befindet. Ähnlich werden zu einer Lebensgemeinschaft alle Lebewesen auf einer bestimmten Fläche bzw. innerhalb eines Biotops gezählt.

Die Analyse des gemeinsamen Vorkommens der Organismen an einem Ort, das heißt die Betrachtung der Organismen in ihrem räumlichen Kontext, ist nach Auffassung TREPLS (1987) eine typisch geographische Perspektive, die jedoch von MAYR (1984) ausdrücklich auch zur Aufgabe der Ökologie gerechnet wird. Eine auf die räumlichen Beziehungen hin orientierte Betrachtungsweise findet sich entsprechend vor allem in den von der Geographie ausgehenden Ansätzen der Ökologie. So werden bei der Betrachtung physiogeographischer Systeme im Rahmen geoökologischer Forschungen bspw. die „räumlichen Manifestationen“ dieser Systeme untersucht (vgl. LESER 1984: 353).

4.5.2.4 Umwelt

4.5.2.4.1 Zum Verhältnis von Umwelt, Außenwelt und Welt

Während in der Ökologiedefinition Haeckels von Außenwelt als Bezugspunkt der Organismen gesprochen wird, enthalten die sich auf Haeckel berufenden Ökologiedefinitionen neueren Datums in der Regel den Begriff Umwelt (vgl. FRIEDERICHS 1957, LANGER 1970, KÜPPERS et al. 1978 u.a.). Beide Begriffe bringen zum Ausdruck, daß ein Ausschnitt der Welt gemeint ist. Umwelt oder Außenwelt ist der Ausschnitt von Welt, zu dem von einem definierten Punkt aus, das heißt vom betrachteten Organismus oder einer der möglichen Interpretationen desselben, Beziehungen oder Wechselwirkungen bestehen bzw. analysiert werden. Umwelt oder Außenwelt braucht also ein Innen als Bezugspunkt, etwas, von dem aus gesehen sie Umwelt oder Außenwelt ist.

Es ist wichtig zwei Typen von Bezugspunkten zu unterscheiden: zum einen die im weitesten Sinne natürlichen Organismen und deren Interpretation im Zusammenhang bioökologischer Betrachtungsperspektive; zum anderen den Menschen, verstanden als soziales und politisches Wesen. Ausgehend von dieser grundlegenden Unterscheidung der Bezugspunkte lassen sich zwei grundlegende Umweltbegriffe unterscheiden:

a) der auf Organismen bezogene häufig als bioökologisch bezeichnete Umweltbegriff (z.B. WEICHHART 1975: 83)
b) der auf den Menschen bezogene, auch als politisch oder sozial bezeichnete Umweltbegriff, wie er im Zusammenhang mit der Umweltpolitik oder Umweltplanung verstanden wird (vgl. die Ausführungen zum politischen Ökologiebegriff in Kap. 4.5.1.1).

Bezogen auf den bioökologischen Umweltbegriff – und nur um diesen soll es im Weiteren gehen - sind nach LASSEN (1935) drei verschiedene Gruppen denkbar:

a) die Umwelten der einzelnen Organismen,
b) die Umwelten der menschlichen Beobachter,
c) die eine, alles umfassende ‚wirkliche’ Außenwelt.

4.5.2.4.2 Der subjektivistische Umweltbegriff Uexkülls

Folgt man dagegen der idealistischen Auffassung v. UEXKÜLLS, nach der nur Subjektwelten zugelassen werden, muß die dritte Gruppe der als subjektunabhängig begriffenen, an sich seienden Außenwelt fallengelassen werden. Für v. UEXKÜLL ist alle Wirklichkeit nur „subjektive Erscheinung" (UEXKÜLL o. J.: 2, zit. nach LASSEN 1935: 480). Entsprechend versteht v. UEXKÜLL auch die „Umwelt" immer als „subjektive Wirklichkeit". Alle Faktoren der Umgebung, die die Tiere nicht mit ihren Sinnesorganen wahrnehmen können, wurden ausgeschlossen.

Umwelt ist damit immer abhängig von dem, dem sie Umwelt ist. Die Umwelt eines einzelnen tierischen Organismus ist also nicht die gleiche wie die eines pflanzlichen Organismus. Es gibt damit so viele Umwelten wie es Interpretationen des Organismus gibt.

Dieser subjektivistische Umweltbegriff impliziert jedoch zugleich auch, daß die Umwelt der Organismen grundsätzlich nur insofern Gegenstand der Analysen sein kann, als sie gleichzeitig auch vom menschlichen Beobachter wahrgenommen werden kann. Und somit, folgt man dem auf Sinneswahrnehmungen bezogenen Umweltbegriff Uexkülls, zugleich Ausschnitt seiner Umwelt ist.

Besondere Relevanz bekommen die subjektabhängigen Unterschiede dort, wo die Definition des Begriffs „Umwelt" in Frage steht: einerseits die Umwelt biologischer Organismen, wie sie im Zentrum der biologisch geprägten Ökologie stehen, und andererseits die Umwelt des Menschen als Gegenstand des Umweltschutzes. Die Umwelt der wissenschaftlichen Ökologie ist also unter Umständen eine ganz andere als die Umwelt des Umweltschutzes und der Umweltplanung. Während die wissenschaftliche Ökologie, zumal wenn sie sich als Teildisziplin der Biologie versteht, die Umwelt von Pflanzen, Tieren und deren Gemeinschaften betrachtet, steht im Zentrum des Umweltschutzes und der Umweltplanung vor allem die Umwelt des Menschen.

4.5.2.4.3 Interpretationen des Umweltbegriff in der Ökologie

Genau wie die beiden anderen Komponenten des Ökologiekonzeptes Organismus und Beziehungen wird auch die Komponente Umwelt auf verschiedene Weise interpretiert und abgebildet.

Umwelt als räumliche Umgebung (konkreter geographischer Standort)

Der raumbezogenen Abbildung der Beziehungen folgend, wird auch die Umwelt als umgebender Raum interpretiert. Als Umwelt im Sinne von Umgebung wird dann der konkrete Raum berücksichtigt bzw. abgebildet, in dem sich das Geschehen abspielt, das im Rahmen ökologischer Analysen betrachtet wird. „Umgebung ist das räumliche Außen eines Organismus oder Kollektivs ..." (Schwerdtfeger 1977: 19).

Die Abbildung der Umweltfaktoren geschieht unter Bezug auf den Raum. Das Biotop bzw. der Biotoptyp wird zum raumbezogenen Modell für eine spezifische Kombination von funktional wirksamen Umweltfaktoren. Dieses wird zum Beispiel deutlich in der Karte „Stadtökologische Raumeinheiten Berlin-West“ (SUKOPP 1990: Anhang).

Umwelt als funktionale Verflechtung

Ausgehend von dem subjektivistischen Umweltbegriff Uexkülls werden unter Umwelt die Faktoren/Elemente der Außenwelt des Organismus verstanden, mit denen der Organismus in Beziehung steht. „Der Tierkörper bildet den ‚Mittelpunkt einer speziellen Umwelt des Tieres’, und die Beziehungen zwischen Lebewesen und Umwelt sind doppelter Art: die Umweltbedingungen (z.B. Beute, Feind, Hindernis) entsenden ‚spezielle Reize zu den Rezeptoren (Sinnesorganen) des Tieres, andererseits bieten sie spezielle Angriffsflächen seinen Effektoren (Wirkungsorganen)’. Die eigene Umwelt umfaßt daher eine ‚eine Merkwelt, die die Reize der Umweltdinge umfaßt, und ... eine Wirkungswelt, die aus den Angriffsflächen der Effektoren besteht’“ (UEXKÜLL 1921: 45, zit. nach KÜPPERS et al. 1978: 68/69).

Einen weniger engen, aber dennoch funktionsbezogenen Umweltbegriff vertritt WEBER (1937). Seiner Meinung nach kann die Ökologie „mit gar nichts anderem arbeiten als mit dem, was von Uexküll Umgebung nennt“ WEBER (1937: 99). Aber auch Weber unterscheidet später Umwelt von Umgebung: „... Umwelt enthält stets eine Bezugnahme auf einen bestimmten Organismus oder gar auf eine bestimmt Person; der Umweltbegriff ist ein Beziehungsbegriff“ (WEBER 1939: 636, zit. nach KÜPPERS et al. 1978: 71). Unter Umwelt soll „die im ganzen Komplex einer Umgebung enthaltene Gesamtheit der Bedingungen verstanden werden, die einem bestimmten Organismus gestatten, sich kraft seiner spezifischen Organisation zu halten“ (WEBER 1939: 636, zit. nach KÜPPERS et al. 1978: 71).

FRIEDERICHS, der für sich beansprucht, den Umweltbegriff der Ökologie definiert zu haben begreift Umwelt in ähnlichem Sinne als „den (meist) durch aktive Wanderung (Tiere) aufgesuchten oder durch passive Wanderung (Pflanzen) erreichten Komplex derjenigen Außenfaktoren, mit denen das Lebewesen in direkter oder konkret greifbarer indirekter Beziehung durch Wirkung und Gegenwirkung steht (abstrakt: stehen kann) und die zum Teil sein Leben bedingen“ (Friederichs 1957: 113).

Auf der Grundlage des Verständnisses von Umwelt als Komplex von Faktoren, zu denen Beziehungen bestehen, lassen sich je nach dem, wie die Faktoren definiert, das heißt vor allem gegeneinander abgegrenzt werden und auf welche Ausschnitte der Faktoren besonderes Augenmerk gelegt wird, weitere Umweltauffassungen unterscheiden.[99] Dabei werden als Umweltfaktoren sowohl stoffliche Bestandteile wie zum Beispiel Wasser, Boden, Luft oder

[99] In diesem Zusammenhang ist noch einmal darauf hinzuweisen, daß die Faktoren, die hier unter der Überschrift Umwelt beschrieben werden, im Zusammenhang mit einer auf interne Beziehungen hin ausgerichteten Betrachtung wie sie zum Beispiel in der Ökosystemanalyse überwiegt prinzipiell auch als innerhalb der Gefüge oder Ökosysteme stehend aufgefaßt und betrachtet werden können.

einzelne Organismen eingesetzt als auch an diese gebundene Prozesse wie zum Beispiel Erosion (vgl. Abb. 12).

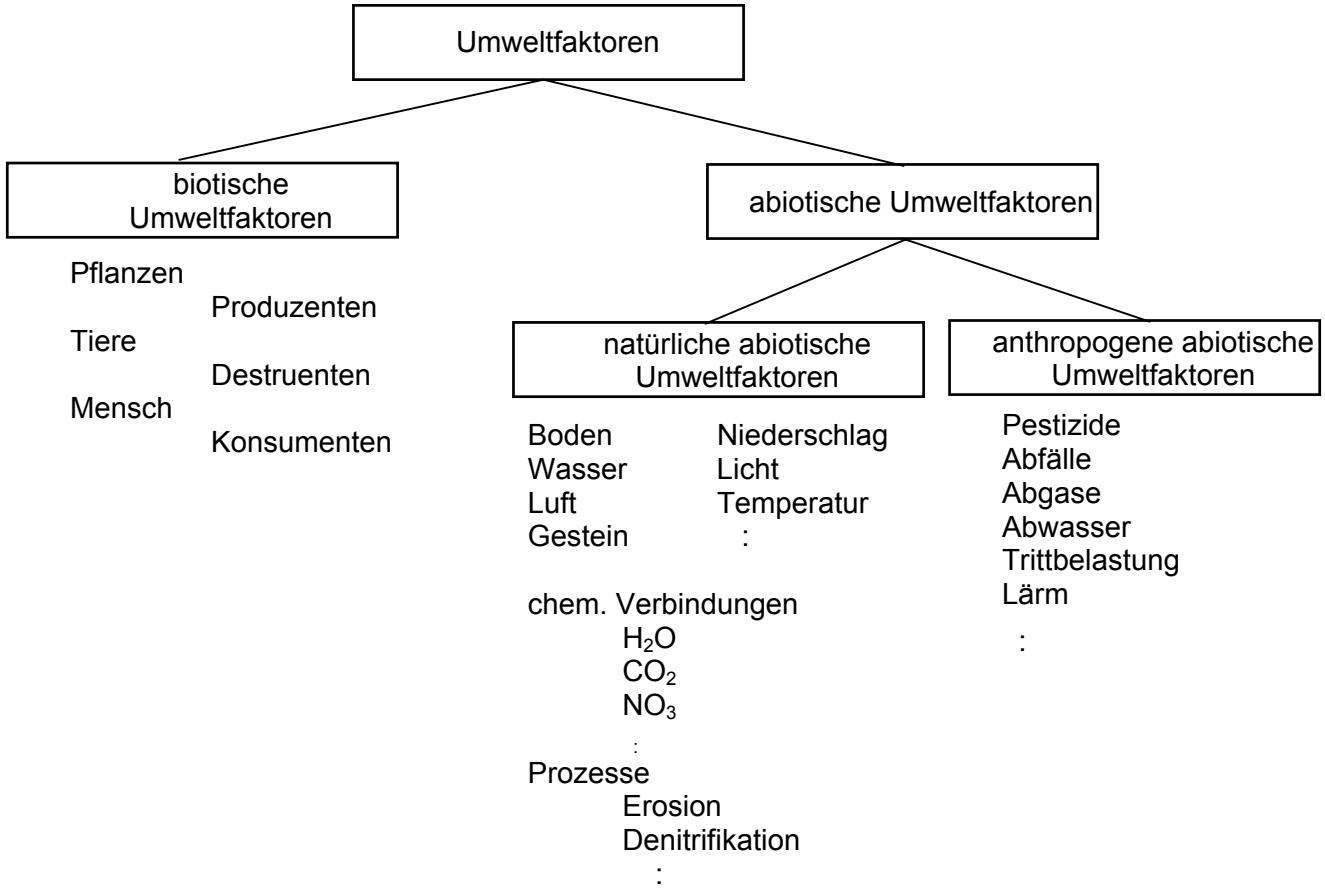


Abb. 12: Auswahl möglicher Umweltfaktoren (nach BICK 1989)

4.5.2.4.3.1 Umwelt als andere Organismen: biotische Umweltfaktoren

Werden in irgendeiner Form Beziehungen zu anderen Organismen betrachtet, ist häufig unklar, ob diese als Umweltfaktoren oder als Mitwelt angesehen werden, das heißt zum Außen oder Innen gezählt werden und die Beziehungen als extern oder intern begriffen werden. Van der KLAAUW (1937: 146, zit. nach KÜPPERS et al. 1978: 51) definiert Ökologie als „Wissenschaft ... von den äußeren Lebensbedingungen der Organismen zueinander". Diese Definition zielt auf die Betrachtung als extern begriffener Beziehungen zu außenstehenden Organismen. Auch RICKLEFS (1980: 205ff) betrachtet in diesem Sinne den Einzelorganismus sowie die Organismengemeinschaft in ihren Beziehungen zu anderen Organismen außerhalb der Organismengemeinschaft. Ähnlich beschreibt bspw. REMMERT (1989: 77) die Rolle des „Artgenossen als Umweltfaktor".

In anderen Definitionen werden die Beziehungen der Organismen innerhalb von Lebensgemeinschaften in den Vordergrund gerückt. Das macht deutlich, daß man in Bezug auf die Beziehungen zu biotischen Faktoren zwei Gruppen unterscheiden muß, nämlich die bioti-

sche Außenwelt oder die biotischen Umweltfaktoren und die biotische Mitwelt, daß heißt die Organismen innerhalb der Lebensgemeinschaften.

Umwelt als abiotische Außenwelt (physiologischer Standort, abiotische Umweltfaktoren)

Die Abbildung der Außenwelt als Summe abiotischer Faktoren bildet die wesentliche materielle Grundlage für das Aufkommen des Ökologiekonzeptes. Im Zuge der biologischen Revolution werden Lebewesen nicht länger allein als Geschöpfe Gottes angesehen werden, sondern als Produkte der sie umgebenden abiotischen Faktoren; heute würden man sagen: ihres physiologischen Standortes. Ökologie betrachtet seither die Lebensbedingungen und deren Wirkung auf die morphologische Form der Lebewesen oder – aus Sicht der Organismen in possibilistischer Tradition – deren Anpassung an dieses abiotischen Faktoren.

Besonders in der biophysikalischen Ökologie wird Umwelt ganz auf ihre abiotischen Komponenten reduziert (vgl. z.B. UNGER/STÖCKER 1981 oder GATES 1980). Die notwendigen Umweltfaktoren um die „natürliche Umwelt zu simulieren“ sind nach UNGER (1981: 179) insbesondere „die Temperatur, die Feuchtigkeit, das Licht bzw. die Strahlung, der CO_2 -Gehalt, die Wasser- und die Nährstoffgaben“.

Neben ihrer Wirkung auf den Einzelorganismus werden die abiotischen Faktoren auch in ihrer Wirkung auf die Zusammensetzung von Organismengemeinschaften betrachtet (vgl. z.B. SCHWERDTFEGER 1977). Werden aber die abiotischen Standortfaktoren als bestimmend für die Zusammensetzung der Organismengemeinschaften angesehen, kann es keine typisch ausgeprägten Gesellschaften geben. Die Zusammensetzung der Arten und Individuen ändert sich vielmehr kontinuierlich mit der Veränderung der abiotischen Umweltbedingungen; sowohl räumlich als auch zeitlich.[100]

Die Betrachtung der abiotischen Außenwelt in ihrer Beziehungen zum Organismus bilden den zentralen Gegenstand der Autökologie. So sieht bspw. das Fischer Lexikon Biologie II (Zoologie) (1972: 218) das Erkenntnisziel der Autökologie in der „Beschreibung und dem Kausalverständnis der Organismenarten unter dem Gesichtspunkt der Anpassung an die Faktoren der unbelebten Umwelt wie Temperatur, Licht, Feuchtigkeit u.a.“

[100] Hier lassen sich deutlich zwei Blickrichtungen unterscheiden. Zum einem wird ausgehend von den abiotischen Bedingungen der Umgebung in naturdeterministischer Tradition eine aktive Rolle für die Formung der Einzellebewesen wie der Lebensgemeinschaften zugewiesen; mit der Konsequenz, daß sich mit einem kontinuierlichen Wechsel der Standortbedingungen (Raumkontinuum) auch die Organismen und Organismengemeinschaften verändern und es keine typischen natürlichen Gesellschaften und letztlich auch keine Arten geben kann. Zum anderen wird den Organismen ausgehend von der possibilistischen Tradition eine wichtigere Rolle bezüglich ihrer eigenen Entwicklung zugewiesen. Die Einzelorganismen passen sich danach den abiotischen Verhältnissen ihrer Umgebung aktiv an, und die Organismengemeinschaften formen sogar ihren Standort und schaffen sich damit aktiv ihre Lebensbedingungen zum Beispiel in Sukzessionsprozessen (vgl. die Monoklimaxtheorie).

Umwelt als biotische und abiotische Außenwelt

Neben der Reduzierung von Umwelt auf ausschließlich biotische oder abiotische Faktoren gibt es auch Auffassungen von Umwelt, die beide Faktorengruppen einbeziehen (vgl. Abb. 13). So hat bereits nach dem Verständnis HAECKELS (1869, zit. nach FRIEDERICHS 1934: 277) die Ökologie „die gesamten Beziehungen des Tieres sowohl zu seiner anorganischen, als auch zu seiner organischen Umgebung zu untersuchen“. In diesem Sinne definiert KLÖTZLI (1993: 9): „Die Umwelt besteht aus energetischen und chemischen Faktoren (inkl. Wasser), denen sich mechanische (durch die Energie beeinflußte) und biotische (von Lebewesen ausgehende) Faktoren überlagern.“

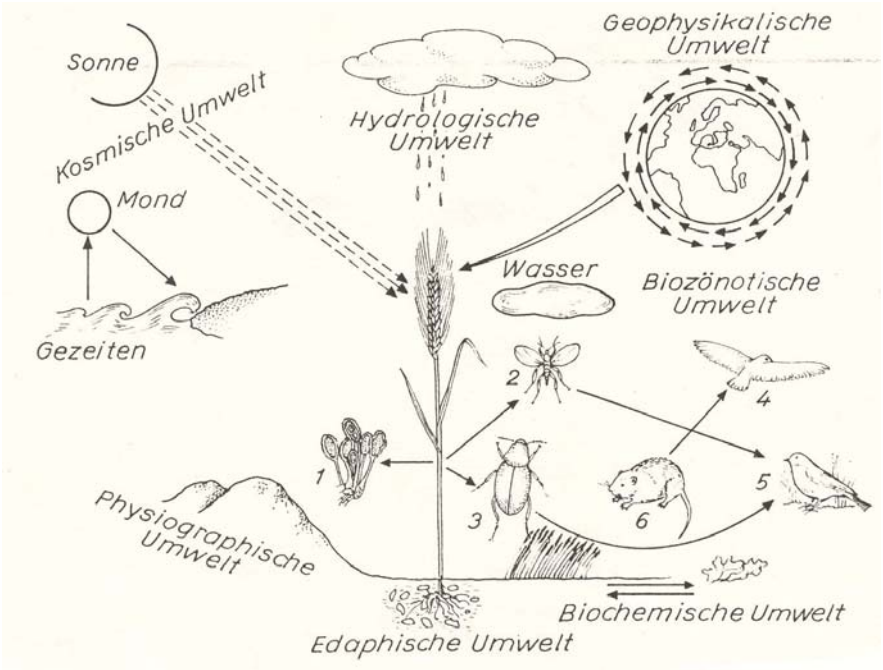


Abb. 13: Bestandteile der Umwelt auf Spezies-Ebene am Beispiel des Weizens (aus: Stugren 1986: 18)

Umwelt als menschliche Nutzung

Eine herausragende Stellung unter den Umweltfaktoren wird dem Menschen zugewiesen, indem der Grad der anthropogenen Belastung als eines der zentralen Kriterien zur Beurteilung der Qualität ökologischer Gefüge gewertet wird. Menschliche Nutzung bedeutet in diesem Sinne als „anthropogene Umweltfaktoren“ (BICK 1989: 8) oder „anthropogene Belastung“ (KALUSCHE 1996: 377).

Die Einwirkungen des Menschen auf die Ökosysteme, Organismen oder Organismengemeinschaften ist für BORNKAMM (1971: 469, mit Verweisen auf TISCHLER 1965) „Gegenstand der biologischen Ökologie“. Damit verbunden ist die Betrachtung menschlicher Nutzung als Ursache für die Veränderung von Ökosystemen (vgl. KÜHNELT 1965). Obwohl in der Ökosystemökologie oder Synökologie die Betrachtung externer Beziehungen nur eine untergeordnete Rolle spielt, wird die Belastung durch menschliche Nutzung zum Beispiel als der

Umweltfaktor „Schadstoffkonzentration“ (R. A. MÜLLER 1983: 117) als eine Umweltbeziehung von Biozönosen oder Ökosystemen aufgefaßt.

4.5.2.5 Fazit

Die vorangegangenen Ausführungen zur ökologischen Perspektive machen deutlich, daß es *das* ökologische Modellkonzept nicht gibt und zeigt gleichzeitig die verschiedenen Facetten einer als ökologisch bezeichneten Modellbildung auf.

Die Ursachen für die Uneinheitlichkeit des Ökologiekonzeptes werden in der in den verschiedenen Interpretationen des Konzeptes und/oder seiner Begriffe zum Ausdruck kommenden historischen Entwicklung der Ökologie bzw. des ökologischen Denkens im Rahmen der Biologie und dessen Perzeption durch andere Wissenschaftsbereiche, wie die Sozialwissenschaften und vor allem die Geographie, gesehen.

Begreift man Ökologie als Modellkonzept, läßt sich die Vielfalt der ökologischen Begriffe und Konzepte aus den verschiedenen Einflüssen der Modellierung von Natur und Umwelt, die je nach Beachtung und Gewichtung zu unterschiedlichen Interpretationen der zentralen ökologischen Begriffe Organismus - Beziehung - Umwelt führen, nachvollziehen.

Im Gegensatz zu den über den Bezugsgegenstand bestimmten Ökologiekonzepte, die die Modellierungsmöglichkeiten von „Organismus“ und „Umwelt“ thematisieren und sich damit letztlich auf die Kategorie der Substanz und deren Klassifikation in Kompartimente (vgl. Kap. 4.2.2) beziehen, ist die unterschiedliche Interpretation und Modellierung der „Beziehungen“ vor allem geprägt durch die Erkenntniskategorie der Relation (vgl. Kap. 4.6.2) sowie zwei entgegengesetzte Wissenschaftsauffassungen, nämlich das idiographische und das nomothetische Erkenntnisideal (vgl. Kap. 4.3).

5 Die Anwendungsbereiche Forschung und Planung und ihre Anforderungen an die Modellbildung

5.1 Vorbemerkung

Wie aus der Analyse der verschiedenen Zwecke der Modellierung von Natur und Umwelt deutlich wurde, lassen sich zwei Hauptanwendungsbereiche für Modelle von Natur und Umwelt unterscheiden:

1) Der Bereich Wissenschaft und Forschung -
   mit dem Ziel der theoriebezogenen Erkenntnisgewinnung und den drei Teilbereichen Beschreibung, kausale oder statistische Erklärung und theoretische Prognose.
2) Der Bereich Planung und Handlung -
   mit dem Ziel der handlungsbezogenen Entscheidung und den Teilbereichen Beschreibung, handlungsbezogene Prognose und Bewertung.

Aus diesen beiden Anwendungsbereichen ergeben sich unterschiedliche Zwecke der Modellbildung und damit unterschiedliche Anforderungen an die Modelle von Natur und Umwelt. Gute oder zweckmäßige Modelle des Forschungsgegenstandes Natur und Umwelt sind nicht automatisch auch geeignete Modelle des Entscheidungsgegenstands Natur und Umwelt.

5.2 Wissenschaft und Forschung

Das Ziel von Wissenschaft besteht nach RADNITZKY (1992: 384) in der „Hervorbringung von Theorien mit immer größerer Erklärungskraft“. Im empirischen Erkenntnisvorgang werden zunächst die wahrnehmbaren Erscheinungen oder Ereignisse der realen Außenwelt beschrieben (Protokollaussagen) und ggf. Zusammenhänge (z.B. statistische Korrelationen) zwischen dem Auftreten einzelner Erscheinungen ermittelt (explikative Beschreibung). Um die beschriebenen Ereignisse zu erklären, müssen allgemeingültige Gesetzeshypothesen gefunden werden, die auch auf das beschriebene Ereignis mit seinen spezifischen Ausgangs- und Randbedingungen zutreffen. Wie bereits im Zusammenhang mit dem Modellzweck Erklärung ausgeführt, haben Gesetze die Aussageform von All-Sätzen, zum Beispiel: „Alle Fäden die über ihre spezifische Tragfähigkeit hinaus belastet werden, reißen“ oder „jedesmal, wenn ein Faden mit einer Last von einer gewissen Mindestgröße belastet wird, zerreißt er“ (POPPER 1976: 31).

Der zentrale Zweck, zu dem Modelle in der Wissenschaft eingesetzt werden, ist also die Erklärung (vgl. Kap. 3.3.3) und zwar eine Erklärung anhand deterministischer Kausalgesetze. Diese Gesetze können einerseits deduktiv aus übergeordneten Theorien abgeleitet werden, wie zum Beispiel die Gesetzmäßigkeiten der Planetenbewegung aus den Gravitati-

onsgesetzen, und andererseits induktiv aus den Ereignissen entwickelt werden.[101] Das Prinzip der wissenschaftlichen Erklärung durch determinierte Kausalgesetze ist auch für eine Wissenschaftlichkeit beanspruchende Ökologie, das heißt für die Erklärung Ökologischer Zusammenhänge verbindlich. So verwundert es nicht, daß EKSCHMITT et al. (1996: 495) feststellen, daß in der wissenschaftlichen Sichtweise das „Paradigma einer ausgeprägten Determiniertheit ökologischer Prozesse“ überwiegt.

Die Gültigkeit der Gesetze wird entweder mehr und mehr bestätigt (verifiziert) oder endgültig widerlegt (falsifiziert), indem auf der Grundlage der Gesetze Prognosen gemacht werden, deren Eintreten überprüft werden kann. Auch wissenschaftliche Beschreibung und Prognose dienen – geht man von dem zuvor genannten Wissenschaftsbegriff aus – letztlich nur als Mittel zu diesem Zweck der Erklärung (vgl. Kap. 3.3.4.1.1).

Bewertungen werden in der Wissenschaft nur insoweit zugelassen, als es sich um erkenntnisinterne, d.h. „instrumentelle Bewertungen“ (RADNITZKY 1992: 385) handelt, die deskriptive Aussagen in Form von Werturteilen darstellen, wie z.B. die Einordnung von Vegetationsbeständen in Hämerobiestufen. Erkenntnisfremde Wertungen hingegen sind, wie Max Weber mit seiner These von der Werturteilsfreiheit der Wissenschaft bereits zu Anfang unseres Jahrhunderts gefordert hat , aus der Wissenschaft fernzuhalten. „Eine empirische Wissenschaft vermag niemanden zu lehren, was er soll, sondern nur was er kann und - unter Umständen - was er will!“ (WEBER 1904: 151, zit. nach RADNITZKI 1992: 385).

Es ist also nicht die Aufgabe von Wissenschaft, vom Sein auf das Sollen zu schließen. Die Maßstäbe anhand derer das Sein bewertet wird, um über das Sollen zu entscheiden, müssen aus Wertsystemen abgeleitet sein, die außerhalb der Wissenschaft liegen - alles andere wären „naturalistische Fehlschlüsse“ oder „Sein-Sollens-Fehlschlüsse“. Wie GLAESER (1989: 18) deutlich macht, wird diese Anforderung an Wissenschaft gerade im Bereich der Ökologie und Umweltforschung häufig nicht beachtet. „Ethische Forderungen sind aus den Ergebnissen der Wissenschaft nicht begründbar; dies gilt sowohl für Natur als auch für Sozialwissenschaften. Diese schlichte, logischen Prinzipien folgende Erkenntnis stößt erstaunlicherweise auf Unverständnis oder sogar Widerspruch, besonders bei jenen Vertretern naturwissenschaftlicher Disziplinen, die sich einerseits in der Umweltfrage engagieren, andererseits nie dazu angehalten wurden, die Grundlagen ihres Faches zu reflektieren.“ So nennen zum Beispiel auch BRECKLING/WINDHORST (1996: 76) als Aufgaben des Projektzentrums Ökosystemforschung u.a. die „ganzheitliche Erfassung der Selbstorganisationsmechanismen von Ökosystemen“ und in diesem Zusammenhang die „Analyse emergenter ökologischer Zielfunktionen zur Ableitung von Leitbildern und Umweltqualitätszielen“.

Dennoch kann Wissenschaft auch handlungsorientierte und das heißt entscheidungsorientiere Wertungen vornehmen, nämlich dann, wenn es darum geht, über geeignete Mittel zu entscheiden, um außen, zum Beispiel durch die Gesellschaft gesetzte Ziele unter gegebenen

[101] Nach Popper können die Gesetze zur Erklärung von empirischen Erscheinungen nur aus übergeordneten

Rahmenbedingungen zu erreichen. In diesem Fall werden die von außen gesetzten Werte und Normen als Prämissen von der Wissenschaft übernommen. Grundlage solcher Wertungen sind handlungsorientierte Prognosen, bei denen ausgehend von allgemeinen Gesetzen gesellschaftlich gewünschte Endzustände gesetzt werden und nach den für ihr Erreichen günstigsten Ausgangs- oder Randbedingungen gesucht wird (vgl. Kap. 3.3.4.1.1). Bezogen auf die Ökologie oder die Geographie bedeutet das: Immer wenn außerwissenschaftliche Wertprämissen, wie zum Beispiel die Zielsetzung, das Grundwasser vor Schadstoffeinträgen zu schützen, in die Analyse bewußt einbezogen werden, sind auch – allerdings innerwissenschaftliche – Bewertungen der Zielerreichung verschiedener Maßnahmen möglich. In diesem Sinne ist es dann auch gerechtfertigt, wie AURADA (1982) bezogen auf die Geographie, die Aufgabe und Zielstellung von Wissenschaft in der Prozeßüberwachung, Prozeßbilanzierung, Prozeßstabilisierung und auch in der Prozeßoptimierung zu sehen.

Das Verbindungsglied zwischen Wissenschaft und Planung ist die handlungsorientierte Prognose, in der die Folgen möglicher Handlungen vorhergesagt werden. In der anwendungsorientierten Forschung haben die Vorhersagen nicht wie in der theoretischen Forschung oder Grundlagenforschung das Ziel, Gesetze und Theorien zu überprüfen, sondern die in diesem Sinne prognostizierten Zustände bilden die Grundlage für Bewertung und Entscheidung.

Anforderungen an die Modellbildung

Die Hauptaufgabe der Wissenschaft besteht jedoch, wie eingangs bereits ausgeführt in der theoretischen Erklärung von Erscheinungen. Folglich wird auch die wissenschaftliche Modellierung des Forschungsgegenstandes vor allem zu dem Zweck betrieben, den Forschungsgegenstand mit Hilfe allgemeiner Gesetze zu erklären. Die Anforderungen an die Modellbildung, die sich aus diesem Zweck ergebenden, wurden bereits im Zusammenhang mit den Ausführungen zum Modellzweck Erklärung aufgeführt (vgl. Kap. 3.3.3.2).

Richtschnur für die Modellierung des Forschungsgegenstandes, das heißt vor allem für die Entscheidung darüber, welche Originaleigenschaften abgebildet und welche weggelassen werden, ist letztlich das Vorliegen theoretisch fundierter allgemeingültiger Gesetze. Das bedeutet, im Modell werden idealerweise nur solche Ereignisse und Randbedingungen abgebildet, die auch mit deterministischen oder mindestens statistischen Gesetzen in Verbindung zu bringen und damit im Sinne wissenschaftlicher Anforderungen zu erklären sind.

5.3 Planung

Zur theoretischen Klärung dessen, was Planung ist und soll lassen sich zwei grundlegende planungstheoretische Herangehensweisen unterscheiden (vgl. NASCHOLD 1972, BECHMANN 1978, RODENSTEIN 1982). Dieses sind zum einen Ansätze, die sich auf den Planungsprozeß beziehen („Prozedurale Planungstheorie“) und in ein handlungs- und entscheidungstheoreti-

---

Theorien abgeleitet werden, denn auch Tatsachen sind für Popper nur Theorien über Tatsachen.

sches Paradigma eingebettet sind. Auf der anderen Seite stehen planungstheoretische Ansätze, die sich vor allem auf die Funktion von Planung und deren Inhalte beziehen („Substantielle Planungstheorie“) und sich vornehmlich aus einem politökonomischen Paradigma heraus begründen.

Im Hinblick auf die hier im weiteren zu betrachtende Rolle von Planung als Anwendungsbereich von Modellen von Natur und Umwelt und den sich daraus ergebenden Anforderungen an diese Modelle bekommen die im handlungs- und entscheidungstheoretischen Paradigma stehenden prozeduralen Ansätze besonderes Gewicht. In diesem Kontext kann Planung im allgemeinsten Sinne als die Vorwegnahme zukünftiger Handlung definiert werden (STACHOWIAK 1970, BECHMANN 1981). Planung zielt auf Handlung, und Planung ist Handlung. Das letztliche Ziel von Planung besteht damit in der durch die Planung antizipierte Handlung. Planung ist Mittel zur Handlung. Handlung und damit auch Planung kann vor diesem Hintergrund als Zweck-Mittel-Handlung interpretiert und als Prozeß rationaler Entscheidung betrachtet werden (BECHMANN 1978).

Voraussetzung für Handlung ist Entscheidung über Handlung. Um Entscheidungen nach dem „Grundmodell[102] der rationalen Entscheidung“ treffen zu können, sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen (vgl. STACHOWIAK 1973: 270; BECHMANN 1981: 97):

1. Es müssen mehrere mögliche Handlungen bzw. Aktivitäten zur Auswahl stehen;
2. Es müssen Voraussagen über die als Folge der möglichen Handlungen im betrachteten Realitätsausschnitt auftretenden Veränderungen vorliegen (Voraussetzung hierfür ist, daß die Ausgangssituation mindestens beschreibbar und möglichst erklärbar ist);
3. Es müssen Ziele oder mindestens Werte und Normen gegeben sein, aus denen die Wünschbarkeit zukünftiger Zustände des Realitätsausschnittes abgeleitet werden kann;
4. Es müssen Bewertungsregeln vorliegen, durch die die Ziele oder Werte operationalisiert werden können, so daß die Wünschbarkeit der einzelnen Handlungsfolgen ermittelt werden kann;
5. Es müssen Entscheidungsregeln vorliegen, die die bewerteten Handlungsfolgen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit mit den Handlungen zu Entscheidungen verknüpft. [103]

Im Kontext dieses handlungs- und entscheidungsorientierten Planungsverständnisses und den daraus abgeleiteten Anforderungen an den Entscheidungsprozeß haben Modelle von Natur und Umwelt die Funktion einen Realitätsausschnitt abzubilden[104]. Ausgehend von

---

[102] Hier ist auf die doppelte Bedeutung des Begriffs „Entscheidungsmodell" hinzuweisen: Zum einen ist das Modell des Entscheidungsprozesses gemeint und zum andern ein der Entscheidung dienendes Modell.

[103] Abhängig von der Aussagenschärfe der zugrundeliegenden Prognose lassen sich 3 Arten von Entscheidungen unterscheiden (vgl. STEGMÜLLER 1969: 385, BECHMANN 1981: 99f):
- Entscheidung unter Sicherheit (auf der Grundlage von deterministische Prognosen),
- Entscheidung unter Risiko (auf der Grundlage von statistischen Prognosen),
- Entscheidung unter Unsicherheit (auf der Grundlage von inexakten Prognosen).

[104] Das bedeutet nicht, daß im Zusammenhang mit Planung nur Modelle des Planungsgegenstandes relevant sind. Auch die Handlungen und die handelnden Akteure und deren tatsächliche oder vermeintliche

einem modellistischen Erkenntniskonzept ist dieser Realitätsausschnitt nicht objektiv gegeben, sondern wird jeweils subjekt- und zweckabhängig konstruiert. Das bedeutet, daß nicht nur Ziele oder Normen und Werte für einen gegebenen Realitätsausschnitt gesucht oder entwic??kelt werden können, wie es in der Auflistung der Anforderungen an Planung und Entscheidung den Anschein hat, sondern daß es auch möglich ist, den Realitätsausschnitt modellhaft so zu konstruieren, daß vorhandene Ziele, Werte und Normen auf ihn bezogen werden können. Sollen die Modelle von Natur und Umwelt der Entscheidung dienen, müssen sie den Realitätsausschnitt so abbilden, daß er beschreibbar wird, und Prognosen über die Wirkungen von Handlungen ermöglicht werden sowie Bewertungen des Planungsgegenstandes und/oder seiner prognostizierten Zustände möglich sind. Für Modelle, die einen bestimmten Realitätsausschnitt als Planungsgegenstand abbilden, ergeben sich damit die operativen bzw. handlungsbezogenen Modellzwecke Beschreibung, Prognose und Bewertung.

Anforderungen an die Modellbildung

Entscheidungsrelevante und damit planungsrelevante Modelle müssen also zum einen auf beabsichtigte Handlungen, um Prognosen der Wirkungen dieser Handlungen zu ermöglichen und zum anderen auf vorhandene Ziele bzw. Werte und Normen zugeschnitten sein, so daß die Ausgangssituation und die prognostizierte Situation bewertet werden können. Planungsmodelle, also Modelle, die dem Modellzweck Planung dienen, müssen zugleich auch Bewertungsmodelle sein, d.h. Modelle, die das Original in Beziehung zum relevanten Wertsystem setzen. Wenn, wie von seiten der Ökologie und der Planung immer wieder gefordert, die Entscheidungsrelevanz ökologischer Modellbildung erhöht werden soll, bedeutet das, daß der Zusammenhang zwischen den modellseitig abgebildeten Eigenschaften und Steuergrößen und den beabsichtigten Handlungen sowie den Zielgrößen und Sollzuständen verstärkt werden muß.

Wie im Zusammenhang mit dem wissenschaftlichen Anwendungsbereich von Modellen bereits ausgeführt, können und dürfen die Werte und Normen, also das Sollen, nicht direkt aus der wissenschaftlichen Analyse, also dem Sein, abgeleitet werden. Bezogen auf das öffentliche Gut Natur und Umwelt als Prognose-, Bewertungs- und Entscheidungsgegenstand, müssen die gewünschten Zielgrößen und Sollzustände vielmehr aus gesellschaftlich legitimierten Werten und Normen abgeleitet werden. Solche demokratisch legitimierten Werte und Normen finden sich vor allem in jeweils den unterschiedlichen planerischen Entscheidungen zugrundeliegenden gesetzlichen Grundlagen.

Das bedeutet, jeder Planungssituation und damit verbunden dem jeweils angewendeten rechtlichen Planungsinstrument (wie z.B. UVP, Eingriffsregelung, BImSch-Genehmigung, Landschaftsplan) sind spezifische Werte und Normen als Entscheidungsmaßstab zugrundegelegt. Entsprechend muß auch der betroffene Realitätsausschnitt als Planungsgegenstand

---

Werthaltungen werden im Planungsprozeß modellhaft abgebildet. Diese Modelle sollen hier jedoch nur am Rande betrachtet werden.

bezogen auf diese Werte und Normen modelliert werden. Das heißt, den unterschiedlichen Planungssituationen liegen nicht nur unterschiedliche räumliche Planungsgegenstände zugrunde, sondern diese unterschiedlichen Planungsräume müssen auch im Hinblick auf unterschiedliche Ziele bzw. Werte und Normen abgebildet werden. Damit werden Modellkonzept bzw. Modellbildungsstrategien erforderlich, die auf die spezifischen Planungsinstrumente zugeschnitten sind.

Für den Bereich der Umweltplanung ergibt sich der konkrete Modellzweck und damit die Leitschnur für die Modellkonstruktion aus den spezifischen Aufgaben und Zielen der verschiedenen umweltplanerischen Instrumente, die in den gesetzlichen Grundlagen dieser Instrumente formuliert sind. Bisher jedoch sind diese Aufgaben und Ziele zu wenig theoretisch fundiert und operationalisiert, als daß aus ihnen konkrete Anforderungen an die Modellierung des Naturhaushaltes abzuleiten wären. Hierzu sind vertiefende Untersuchungen dieser Instrumente dringend erforderlich.

5.4 Fazit

Mit Wissenschaft und Forschung sowie Planung und Entscheidung sind zwei Hauptanwendungsbereiche für Modelle von Natur und Umwelt gegeben, die unterschiedliche Anforderungen an die Modellbildung stellen. Während die Modelle für wissenschaftliche Anwendungen ihr Original in Beziehung zu allgemeinen Gesetzen stellen müssen, damit das Ziel von Wissenschaft und Forschung, nämlich Erklärungen zu liefern, erreicht wird, müssen Modelle für handlungsorientierte planerische Anwendungen das Original in Kontext setzen zu entscheidungsrelevanten Zielen bzw. Werten und Normen.

Das vorrangige Prinzip, dem wissenschaftlich-analytische Modelle von Natur und Umwelt zu folgen haben, ist das der Kausalität. Dem Schema der kausalen Erklärung folgend werden vor allem kausale Wirkbeziehungen im Modell abgebildet und erklärt. Im Gegensatz dazu ist das vorrangige Prinzip von Planung und Handlung, verstanden als Prozeß rationaler Entscheidung, die Zweck-Mittel-Rationalität. Gemäß dem Zweck-Mittel-Schema muß bei planungs- und entscheidungsrelevanten Modellen besonderes Gewicht auf die Abbildung von Zweck-Mittel-Beziehungen gelegt werden, so daß der Beitrag der abgebildeten Originaleigenschaften an der Zielerreichung gemessen und damit die Situation bewertet werden kann.

Es ist also nicht zu erwarten, daß ein und dieselben konkreten Modelle von Natur und Umwelt oder auch nur Modellierungskonzepte in gleicher Weise für wissenschaftliche Erklärungen wie für handlungsorientierte Entscheidungen geeignet sind. Entsprechend ist zu fordern, daß spezifisch anwendungsorientierte und damit – aus Sicht der Umweltplanung –vor allem planungs- und entscheidungsorientierte Modellierung von Natur und Umwelt betrieben werden muß.

6 Das Ökosystemkonzept als Beispiel für ein planungsrelevantes Umweltmodell

6.1 Einführung

Aus den vorangegangenen Betrachtungen der Allgemeinen Modelltheorie und ihrer Implikationen für die Modellierung von Natur und Umwelt ergeben sich hinsichtlich der Analyse von Modellen oder Modellkonzepten, die im Zusammenhang umweltplanerischer Entscheidungen von besonderer Bedeutung sind, drei wesentliche planungsrelevante Bereiche/Kriterien/Fragenkomplexe, auf die zu achten ist:

a) Ausgehend vom Modellkonzept der Erkenntnis, das heißt der Position, daß alle Wahrnehmung und Erkenntnis in Modellen und durch Modelle geschieht, stellt sich die Frage, inwieweit die planungsrelevanten Modellkonzepte auch bewußt als solche aufgefaßt werden.

b) Ausgehend von der aufgezeigten Vielzahl möglicher Einflußfaktoren bei der Konstruktion von ökologischen Modellen von Natur und Umwelt, stellt sich die Frage, welche dieser „Werkzeuge“ oder „Bauelemente“ bei der modellhaften Konstruktion von Natur und Umwelt in den Modellkonzepten oder den verschiedenen Auffassungen der Konzepte zum Tragen kommen. Ziel der Modellanalyse ist es, die spezifischen Kombinationen dieser Einflüsse nachzuzeichnen und die verschiedenen Auffassungen der Modellkonzepte dadurch systematisch zu rekonstruieren.

c) Ausgehen von der Subjektivität und Zweckangepaßtheit aller Modellbildung und den sich aus einem möglichen Anwendungsbereich oder Modellzweck „Planung/Entscheidung“ ergebenden Anforderungen an die Modellbildung, stellt sich die Frage, welches die beabsichtigten Zwecksetzungen der planungsrelevanten Modellkonzepte sind oder waren und inwieweit sie dem Anwendungsbereich oder Modellzweck „Planung/Entscheidung“ gerecht werden können.

Auswahl des beispielhaft analysierten Modellkonzeptes

Es existiert ein für einen einzelnen kaum zu überschauender Stamm von Grundmodellen von Umwelt oder Natur und Auffassungen zu diesen Grundmodellen, die im Zusammenhang mit umwelt- oder im weitesten Sinne landschaftsplanerischen Fragestellungen und Aufgaben immer wieder genannt werden und Anwendung finden. Diese Grundmodelle oder Basiskonzepte sind im wesentlichen folgende:

- Ökosystemkonzept,
- Potentialkonzept,
- Biotoptypenkonzept,
- Geoökologisches System/Geosystem,
- Integrationskonzept/Chorenkonzept,
- Konzept des Landschaftsökosystems.

Die einzelnen Modellkonzepte stehen dabei nicht streng definiert und abgegrenzt nebeneinander, sondern überschneiden sich vielfach. Zudem werden die Modellkonzepte im einzelnen sehr unterschiedlich aufgefaßt, so daß unter einer Überschrift immer verschiedenen Auslegungen bzw. Varianten der Modellkonzepte betrachtet werden müssen und Aussagen immer nur für genau bestimmbare Quellen und Autoren getroffen werden können. Dieses macht eine verallgemeinerbare Analyse der Konzepte sehr schwierig. Aus diesem Grund soll die Analyse planungsrelevanter Modellkonzepte zunächst beispielhaft durchgeführt werden. Als das wohl wichtigste Modellkonzept und als das, worauf sich Planer und Wissenschaftler am häufigsten beziehen, wenn es um die Analyse von Natur und Umwelt geht, erscheint das Ökosystemkonzept als Beispiel besonders geeignet.

6.2 Zum Modellcharakter des Ökosystemkonzeptes

Das allgemeine Systemkonzept bietet sich als ausgewiesenes Beziehungskonzept geradezu an, mit dem Ökologiekonzept, das ja auch im Kern ein Beziehungskonzept ist, in Verbindung gebracht zu werden. So verwundert es nicht daß das Ökologiekonzept und das Systemkonzept irgendwann im Ökosystem zusammengeflossen sind. Der eigentliche Begriff Ökosystem geht bereits auf TANSLEY (1935) zurück und existiert damit schon vor der Formulierung und Verbreitung des allgemeinen Systemkonzeptes durch Bertalanffy. Die Arbeiten Bertalanffy zur allgemeinen Systemtheorie haben jedoch ganz wesentlich zur Verbreitung und zur Ausdifferenzierung des Ökosystemkonzeptes ab der Mitte dieses Jahrhunderts beigetragen.

Wie zuletzt u.a. JAX et al. (1997) deutlich gemacht haben, werden in Abhängigkeit von der Fragestellung und den zugrundeliegenden Theorien unter dem Begriff Ökosystem höchst unterschiedliche Konzepte konstituiert. Gleichzeitig werden diese Konzepte oftmals nicht mehr explizit definiert, sondern als selbstverständliches und vermeintlich eindeutig bestimmtes Basiswissen bei der Beschreibung und Erklärung ökologischer Phänomene benutzt.

Insgesamt wird der Ökosystembegriff in so unterschiedlicher und teilweise sogar gegensätzlicher Weise verwendet, daß in keinem Fall davon ausgegangen werden kann, daß zwei Protagonisten ökologischer Forschung immer auch das Gleiche meinen, wenn sie den Begriff Ökosystem verwenden. Dieses gilt erst recht, wenn der Begriff gleichzeitig von Ökologen und Planern oder politischen Entscheidungsträgern verwendet wird. Die mit der Verfolgung des Ökosystemkonzeptes verbundene breitere wissenschaftliche Anerkennung mag der Grund dafür sein, daß der Begriff auch dann verwendet wurde und wird, wenn kein systemanalytischer Forschungsansatz verfolgt worden ist. Das heißt, die Übernahme des Systemkonzeptes durch die Ökologie reichte von der strengen Anwendung des systemanalytischen Forschungsansatzes und der damit verbundenen Methoden bis hin zur alleinigen Übernahme und Anwendung der Syntax „System“ für die traditionellen Forschungsgegenstände und unter Verfolgung traditioneller Forschungsstrategien.

Diese Unbestimmtheit und vielfältige Verwendung des Ökosystembegriffs wird in der ökologischen Forschung zunehmend als sehr kontraproduktiv beklagt (vgl. WIEGLEB 1996, JAX et al. 1997). Bisher wurde die Vielfältigkeit des Ökosystembegriffs jedoch erstaunlicherweise kaum systematisch analysiert und aufgefächert.

Betrachtung des Ökosystems als Modellkonzept

In der Logik und Struktur der bisherigen Arbeit wird das Ökosystemkonzept als ein Modellkonzept aufgefaßt, welches als Überlagerung der beiden Modellebenen ‚Systemdenken' und ‚ökologische Perspektive' interpretiert und analysiert werden soll. Auch wenn historisch betrachtet sicher nicht das „fertige" Systemkonzept auf eine geschlossene ökologische Forschungsperspektive übertragen wurde, um daraus das neue Ökosystemkonzept zu kreieren, bietet das Bild der Überlagerung oder Verschneidung dieser beiden Modellebenen zu einem neuen Modellkonzept einen geeigneten Zugang für die Analyse. Behält man auch die unterschiedlichen Einflüsse oder Paradigmen im Blick, durch die wiederum diese beiden Modellebenen geprägt sind, wird deutlich, welche Einflußfaktoren letztlich die Konstruktion von Ökosystemen bestimmen und wie es zu einer solchen Vielfalt von Ökosystemauffassungen kommt.

Wie aus den Ausführungen zum Systemkonzept deutlich geworden ist, kann letztlich alles und jedes als System oder besser systemtheoretisches Modell aufgefaßt und abgebildet werden. Folglich kann auch alles, was aus ökologischer Perspektive betrachtet wird, als Ökosystem betrachtet werden. Da sowohl das Systemkonzept als auch die ökologische Forschungsperspektive im Kern Beziehungskonzepte oder besser beziehungsorientierte Modellkonzepte sind - das Systemkonzept allgemein und das Ökologiekonzept bezogen auf den eingrenzten Gegenstandsbereich Organismus und Umwelt, verwundert es nicht, daß beide Modellkonzepte im Ökosystemkonzept vermischt werden. Wenn nun das Ökosystemkonzept als Kombination von zwei Modellkonzepten aufgefaßt wird, kann auch das Ökosystem nur als Modellkonzept begriffen werden.

Dieses wird deutlich, wenn man sich vor Augen hält, daß Gegebenheiten wie zum Beispiel „Brachland" einmal unter der Überschrift „Gebiet" zu finden sind (KLÖTZLI 1993: 374), an anderer Stelle aber unter der Überschrift „Ökosystem" aufgeführt sind (ebd.: 238). Der gleiche Gegenstand wird also einmal als Gebiet und ein anderes Mal als Ökosystem abgebildet. In ähnlicher Weise werden Wiesen einmal als reales Ökosystem bezeichnet und an anderer Stelle mit der gleichen Überzeugung als (reale) Pflanzengesellschaft oder (reale) Flächennutzung. Die Wiese ist jedoch weder ein reales Ökosystem noch eine reale Pflanzengesellschaft, sondern lediglich Wiese - ob real oder nicht ist eine Frage des Weltbildes -, und das Ökosystem Wiese oder die Pflanzengesellschaft Wiese sind Modelle der Wiese oder besser, der Wahrnehmung Wiese.

Einen Ausschnitt der Natur als Ökosystem zu beschreiben bzw. zu modellieren bedeutet, Sätze und Prinzipien, die in den Systemwissenschaften allgemein formuliert worden waren, auf Organismen und Umweltfaktoren zu übertragen. Das heißt, es werden abstrakte

Systeme entwickelt oder ausgewählt und in Analogie zu ökologischen Vorgängen gebracht (deduktives Vorgehen). Der Ökosystemansatz ist damit ein grundlegender, durch seine spezifische Sprache und Form ausgezeichneter Modelltyp zur Abbildung von Natur. Je nach biologiegeschichtlicher und wissenschaftstheoretischer Tradition können konkrete Ökosystemmodelle trotz des formal gleichen Typs sehr unterschiedliche Inhalte repräsentieren.

TANSLEY (1935, zit. nach GLUCH 1977: 174) war sich der Modellhaftigkeit des Ökosystembegriffs durchaus bewußt: Die wissenschaftliche Methode bestand für ihn darin, „to isolate systems mentally for the purposes of study, so that the series of isolates we make become the actual objects of our study, wether the isolate be a solar system, a planet, a climatic region, a plant or animal community, an individual organism, an organic, molecular or an atom“. Die „tatsächlichen Objekte unserer Studien“, so sagt er, „sind gedankliche Isolate, nicht Realobjekte.“

Vergleicht man verschiedene Auflistungen von Ökosystemen, wie sie zum Beispiel in KLÖTZLI (1993) oder KALUSCHE (1996) präsentiert werden, fällt auf, daß sogar innerhalb einer Veröffentlichung sehr unterschiedlichen Erscheinungen als Ökosysteme bezeichnet und behandelt werden. So sind bei KLÖTZLI (1993) an verschiedenen Stellen unter der Überschrift „Ökosystem“ zum Beispiel so verschiedenen Gegebenheiten aufgelistet wie: Flüsse, gemäßigte Zonen (mit Bezug auf Wälder), Alpen, Halbwüste, Kulturland, Weideländer, offener Ozean oder Kontinentalschelf. Dieses ist nur dann konsequent, wenn man das Ökosystem als Modellkonzept und nicht als reales Objekt begreift. Auch wenn das in den bezeichneten Veröffentlichungen nicht ausdrücklich so geschieht.

In der Sprache der Allgemeinen Modelltheorie bedeutet das bezogen auf das Beispiel Wiese: Die Organismen und abiotischen Faktoren einer Wiese bilden einen Grundbereich ökologischer Objekte und Relationen (Ausschnitt aus der „realen Welt“). Die einzelnen Objekte des Grundbereichs werden im ersten Modellbildungsschritt durch die Messung ihrer Attribute erfaßt und beschrieben (=> Erkenntnisobjekt aus ökologischer Perspektive, zum Beispiel Biozönose oder Biogeozönose). Im zweiten Modellbildungsschritt werden unter Anwendung von Auswahlkriterien, die von der Fragestellung abhängen, die Ökosystemelemente definiert. Da die Auswahlkriterien je nach Fragestellung bezogen auf den gleichen Grundbereich unterschiedlich definiert werden können, lassen sich aus dem gleichen Grundbereich unterschiedliche Ökosysteme bzw. Ökosystemmodelle ableiten. Die Komponenten des ökologischen Objektbereichs (z.B. Populationen) können also nicht einfach mit den im Ökosystem definierten Elementen (Modellbereich) gleichgesetzt werden. Als theoretisches Modellierungskonzept bedingt das jeweilig vertretene Ökosystemkonzept nicht nur wie das konkrete ökologische Objekt erfaßt wird - also was, woran und wie oft gemessen werden muß - sondern letztlich auch, wie die Meßwerte zu interpretieren sind.

Auch für das Ökosystemkonzept gilt, was bereits im vorangegangenen Kapitel (vgl. 4.5) zu verdeutlichen versucht wurde: Die, die Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt beeinflussenden Modellkonzepte steuern nicht nur die Auswahl der erfaßten Außenweltdaten, sondern legen auch die Regeln fest, nach denen die als relevant erachteten Variablen

definiert, klassifiziert und gemessen werden. Davon abhängig sind letztlich auch die festgestellten Eigenschaften[105] von Ökosystemen und die darauf aufbauenden Forschungshypothesen. Das Ökosystemkonzept stellt damit die Methoden zur Verfügung, mit deren Hilfe das Forschungsobjekt aus der Welt der Erscheinungen erst konstituiert wird.

Auch das noch so "konkrete" Ökosystem ist also ein Modell und als solches bereits konstruiert und nicht natürlich oder real gegeben. Es gibt keine ökologischen Systeme oder Ökosysteme in der Natur; sondern: „Jedes System hat seinen Autor" (LUCADOU/KORNWACHS 1983, zit. nach WIEGLEB 1996: 13). Dazu kommt, daß auch das dem Modell „Ökosystem" zugrundeliegende Original nicht mit der realen Welt gleichgesetzt werden kann, sondern selbst bereits Ergebnis modellhafter Wahrnehmung ist, die durch eine Vielzahl von vorgeschalteten Modellebenen geprägt ist, die im Systemdenken und in der ökologischen Perspektive zusammengefaßt sind.

Aus der Modellhaftigkeit von Ökosystemen ergibt sich die Forderung, besondere Aufmerksamkeit auf die Bedingungen und Kriterien der Ökosystemkonstruktion zu legen. „One of the most neglected problems in systems studies is the choice of the entities or parts which compose the system" (Dale 1970: 4). Betrachtet man die Vielzahl der seither erschienenen Lehrbücher und Aufsätze zum Thema Ökosystemmodellierung, muß man feststellen, daß sich an dieser Einschätzung bisher nicht sehr viel geändert hat. Sogar in Aufsätzen, die sich grundlegend mit dem Thema der Ökosystemmodellierung auseinandersetzen, wie zum Beispiel F. MÜLLER et al. (1996), wird in der Regel allein über die Konstruktion der meist mathematischen und EDV-gestützten Modelle von Ökosystemen referiert und nicht über die Ökosystemauffassung und das daraus resultierende Bild des durch dieses Modell abgebildeten Ökosystems selbst.

Wird das Ökosystemkonzept als ein Modellkonzept aufgefaßt, welches sich aus der Überlagerung der beiden Modellebenen Systemdenken und ökologische Perspektive konstituiert, wird die vielfältige Verwendung und Interpretation des Ökosystemkonzeptes aus der in vorangegangenen Teilen der Arbeit bereits aufgezeigten Vielfalt und Unbestimmtheit dieser beiden Modellebenen verständlich. So wird zum Beispiel mit der Übernahme des Systemkonzeptes der darin enthaltene ungelöste Streit zwischen holistischem und reduktionistischem Forschungsweg verdeckt weitertransportiert, und aus den vielschichtigen Facetten und Interpretationen der ökologischen Forschungsperspektive und des ökologischen Forschungsgegenstandes wird die Vielfalt der Interpretationen des Organismus-Beziehung-Umwelt Konzeptes in das Ökosystemkonzept getragen. Was zur Folge hat, daß, wie TREPL (1987: 194) beklagt, heute häufig auch das als Ökosystemforschung bezeichnet wird, was „im wesentlichen in der Untersuchung von Biotop plus Biozönose auf eine, grob gesprochen, klassisch-biologische oder naturhistorische Art und Weise besteht".

[105] HAUHS/LANGE (1996b: 99) sprechen in diesem Zusammenhang von „epistemischen Eigenschaften" von Ökosystemen.

Das Ökosystemkonzept und damit auch die Ökosystemforschung liegt damit einerseits im Spannungsfeld zwischen dem holistischen und dem reduktionistischen Forschungsansatz und andererseits zwischen den verschiedensten Interpretationsmöglichkeiten der ökologischen Forschungsperspektive und wird je nach der Ideologie ihrer Protagonisten mal mehr in diese mal in jene Richtung gezogen und interpretiert. Deutlich wird dieses an den unterschiedlichen Ökosystemauffassungen innerhalb der ökologischen Wissenschaft.[106]

6.3 Bewußtsein der Modellhaftigkeit von Ökosystemen

6.3.1 Vorbemerkung

Der erste Komplex der Analyse des „Ökosystemkonzeptes“ betrifft – abgeleitet aus dem Modellkonzept der Erkenntnis und der vorangegangenen Einführung des Ökosystems als Modellkonzept – die Frage inwieweit die Modellhaftigkeit des Ökosystems denen, die ökologische Forschung betreiben bewußt ist. Dieser Frage ist vor allem im Hinblick auf eine Diskussion über die Planungs-, das heißt Entscheidungsrelevanz von Modellkonzepten von besonderer Bedeutung. Nur wenn das Ökosystem bewußt als zweckangepaßtes Modellkonzept behandelt wird, sind die unterschiedlichen Ökosystemauffassungen im Hinblick auf ihre Zweckmäßigkeit für jeweils spezifische Fragestellungen und Anwendungsbereiche diskutierbar. Und auch nur dann kann das naturwissenschaftliche Bestreben, die „Realität“ möglichst genau und vollständig abzubilden, hinter die Forderung, die Natur möglichst entscheidungsrelevant abzubilden, zurücktreten.

6.3.2 Ökosystemverständnisse zwischen realem Objekt und Modellkonzept

Die im Zusammenhang mit dem allgemeinen Systemdenken (vgl. Kap. 4.4.4) bereits beschriebenen entgegenstehenden Auffassungen von „System als Modellkonzept“ und „System als realem Gefüge“ wirken sich direkt auf das Ökosystemkonzept aus. Ähnlich wie das allgemeine Systemkonzept wird auch das Ökosystem sowohl in einem methodischen Sinne und damit als bewußtes Modellkonzept aufgefaßt als auch als reales Objekt.

In diesem Sinne wird das Ökosystem einerseits zwar zum Beispiel als konstruierte oder beobachterdefinierte Abstraktion charakterisiert und als „methodologisches“ oder „epistemologisches“ Konzept verstanden. Wesentlich häufiger jedoch wird das Ökosystem vom Objekt ausgehend aufgefaßt und im Sinne einer ontologischen Entität als reales Objekt begriffen (vgl. Abb. 14).

---

[106] Die Vielfältigkeit der Begriffsverwendung und -deutung, die über die wissenschaftliche Verwendung hinaus im politischen und allgemeinsprachlichen Bereich praktiziert wird, ist sicher noch um ein vielfaches höher, soll hier aber nicht thematisiert werden.

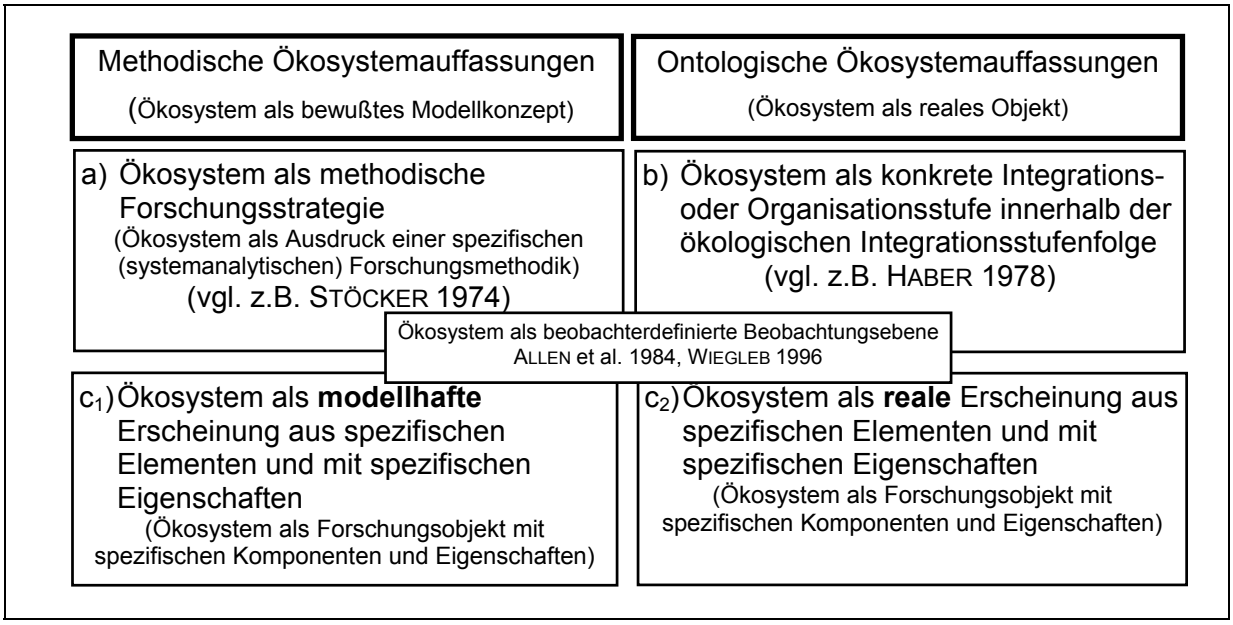


Abb. 14: Methodische und ontologische Ökosystemauffassungen

Erst in letzter Zeit werden diese gegensätzlichen Ökosystemauffassungen auch innerhalb der Ökologie thematisiert (vgl. MATHES/BRECKLING/EKSCHMITT 1996). JAX (1997)[107] unterscheidet die „epistemologisches Ökosystemauffassung“ von der „ontologischen Ökosystemauffassung“ und MATHES (1997) spricht von einer „Theorie ausschließlich Beobachterkonstruierter Systeme“, die sie der Auffassung von „selbstreferentiellen (selbstorganisierenden und selbstzusammensetzenden) Systemen“ gegenüberstellt. In ähnlicher Weise haben zuvor bereits HIGASHI/BURNS (1991) diese beiden Positionen gegenübergestellt. Die in diesen Veröffentlichungen beschriebenen gegensätzlichen Ökosystemauffassungen lassen sich mühelos den zuvor dargestellten Auffassungen vom Ökosystem als realem Objekt und als Modellkonzept zuordnen (vgl. Tab. 8).

[107] Vortrag im Rahmen des Arbeitstreffens des Arbeitskreises „Theorie in der Ökologie“ der Gesellschaft für Ökologie.

Tab. 8: Synonyme Ökosystemauffassungen

Ökosystem als reales Objekt	Ökosystem als Modellkonzept	
„ontologische Ökosystemauffassung“	„epistemologisches Ökosystemauffassung“	Jax 1997[108]
„selbstreferentiellen (selbstorganisierenden und selbstzusammensetzenden) Systemen“	„Theorie ausschließlich Beobachter-konstruierter Systeme“	Mathes 1997
„ecosystem as a physical entity“	„ecosystem as a paradigma for science“[109]	Higashi/Burns 1991

Im ersten Fall wird das Ökosystem als realer Gegenstand vorausgesetzt und dann als solches identifiziert. Im anderen Fall wird das Ökosystem erst - gezielt im Hinblick auf eine vorgegebene Fragestellung - vom gegebenen Objekt abgeleitet also künstlich konstruiert. Das Ökosystem ist dieser Auffassung nach eine bewußte Abstraktion der realen Objektwelt. Dazwischen gibt es eine Vielzahl von eigentlich unvereinbaren Zwischenpositionen und uneinheitlichen Begriffsverwendungen. So wird beispielsweise von HABER (1992) das Ökosystem einerseits als theoretische Konstruktion bezeichnet, zugleich aber davon ausgegangen, daß jedes räumlich-konkrete Ökotop sein Ökosystem trägt, so daß es für jeden räumlichen Ausschnitt der Erde nur ein einziges Ökosystem geben kann.

Diese beiden Linien innerhalb der unterschiedlichen Ökosystemauffassungen zeigen sich bereits in den verschiedenen Interpretationen TANSLEYS (1935). So versteht Tansley nach Auffassung GLUCHS (1977: 169) unter Ökosystemen „die Grundeinheiten der Natur auf der Erdoberfläche aus der Sicht des Ökologen“ und damit durchaus reale Gegenstände. SCHRAMM (1984: 199) hingegen zitiert Tansley mit den Worten, es sei „die ganze Methode der Wissenschaft, Systeme zum Zwecke der Untersuchung gedanklich zu isolieren, so daß die von uns erzeugten Reihen von Isolaten die tatsächlichen Objekte unserer Studien werden“. Folglich interpretiert Schramm die Ökosysteme Tansleys als bewußte gedankliche Isolate und damit als eine spezifische Forschungsmethodik.

Die hinter den beiden Hauptlinien innerhalb der verschiedenen Ökosystemauffassungen stehenden Grundauffassungen ziehen sich durch die gesamte Diskussion um Ökologie und Ökosystemforschung und sind eng verbunden mit den Auffassungen der „traditionellen

[108] Vgl. Fußnote 107

[109] Higashi/Burns (1991) beziehen sich dabei im Kern auf das Ökologiekonzept, nämlich die Idee, daß Organismus und Umwelt als in Beziehung stehend und als Einheit betrachtet werden: „The idea of unity between (biological or living) entity and its environment“. Das als Forschungsparadigma verstandene Ökosystemkonzept kennzeichnet damit weniger eine systemtheoretische Methode, sondern vielmehr eine ökologische Betrachtungsperspektive, wie sie im vorangegangenen Kap. 5.4 dargestellt wurde. Das Ökosystem wird verstanden als eine auf die Beziehungen zwischen Organismus und Umwelt gerichtete Forschungsperspektive. Ökosystemkonzept und Ökologiekonzept werden deckungsgleich und z.T. auch ausdrücklich synonym verwendet.

Ökologie“ einerseits und andererseits mit dem Bestreben, die Ökologie zu einer kausalanalytischen exakten Wissenschaft weiterzuentwickeln, was schließlich in der „New Ecology“ mündete (vgl. Trepl 1987). Diese beiden Entwicklungslinien innerhalb der Ökologie sind über die aus ihnen resultierenden gegensätzlichen Ökosystemauffassungen also bis heute relevant.

Betrachtet man die beiden Ökosystemauffassungen – der Allgemeinen Modelltheorie folgend – vor dem Hintergrund eines als modellhaft aufgefaßten Wahrnehmungs- und Erkenntnisprozesses (vgl. Abb. 15), wird deutlich, daß die Differenz beider Auffassungen darin besteht, daß der Modellbildungsschritt von den Beobachtungen und Messungen zum Ökosystem einmal bewußt und einmal unbewußt vollzogen wird.

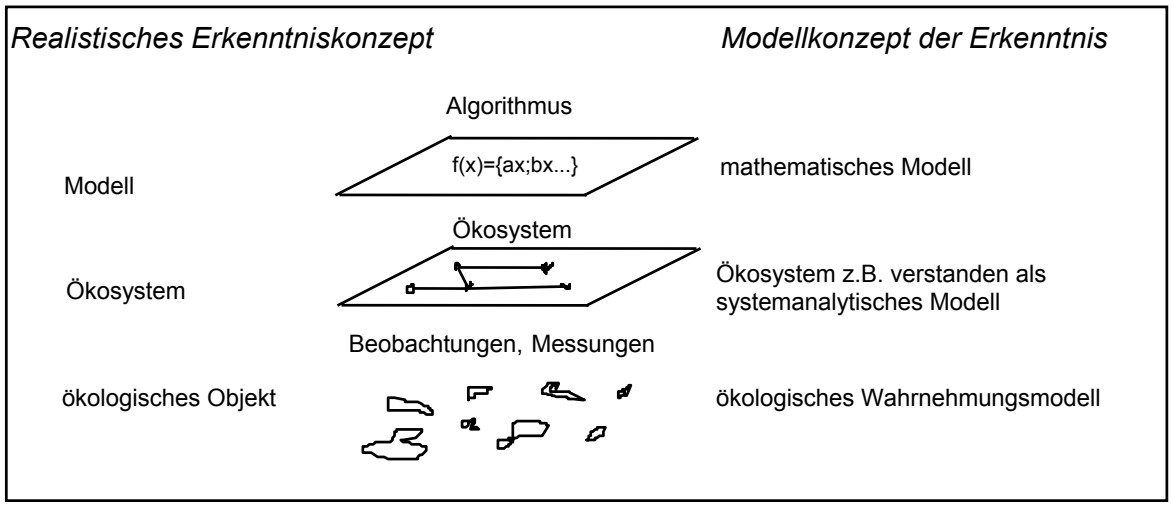


Abb. 15: Ebenen der Ökosystemmodellierung

6.3.3 Methodische Ökosystemauffassung: Ökosystem als bewußtes systemanalytisches Modellkonzept

Unter dem Begriff „methodische Ökosystemauffassungen“ sollen hier solche Ökosystemauffassung verstanden werden, bei denen das Ökosystem als Ausdruck für eine systemtheoretische oder systemanalytische Betrachtung von Organismus-Umwelt-Gefügen - als dem Gegenstand ökologischer Forschung - aufgefaßt und damit bewußt als Modellkonzept im Sinne der Allgemeinen Modelltheorie behandelt wird.

Diese methodische Interpretation des Ökosystemkonzeptes als Modellkonzept findet sich weitgehend bereits bei TANSLEY (1935), der bspw. davon ausgeht, daß Ökosystemen als „gedankliche Isolate“ verschiedene Arten und Größen annehmen können, wobei ihre Betrachtung „im Sinne der Physik“ konstitutiv ist.

Im deutschsprachigen Raum wird die Auffassung vom Ökosystem als Modellkonzept am konsequentesten vertreten und umgesetzt von STÖCKER (1974, 1979), der den Begriff Öko-

system ausdrücklich im Sinne einer „methodologischen Konzeption“ verstanden wissen will (STÖCKER 1974: 240). „Ökosysteme werden im Erkenntnis- bzw. Abstraktionsprozeß von den ökologischen Objekten (Wälder, Steppen, Gewässer) entsprechend einer festgelegten Fragestellung und Betrachtungsebene abgeleitet“ (STÖCKER 1979: 174). Methodisch verstandene Ökosysteme werden nicht als natürlich gegeben angesehen und identifiziert, sondern problembezogen „als eine Menge von Objekten (Elementen) samt ihrer Attributen und den Beziehungen, die zwischen diesen Objekten bestehen, definiert“ (STÖCKER 1979: 158/159, mit Verweis auf SCHMETTERER 1978).

Im Sinne der methodischen Ökosystemauffassung wird also dann von einem Ökosystem gesprochen, wenn eine systemtheoretische Konzeption zugrunde liegt oder wenn Strukturen und Funktionen des betrachteten Forschungsgegenstandes mit Methoden der Systemanalyse erfaßt und abgebildet werden. Grundsätzlich können hiernach beliebige Ausschnitte, die mindestens zwei Elemente enthalten, zwischen denen Zusammenhänge bestehen und von denen mindestens eines ein biotisches Element ist, als Ökosysteme betrachtet werden. Das heißt, Art und Dimension des zu analysierenden Ausschnitts der Biosphäre legt der Betrachter fest.

Das methodische Ökosystemkonzept ist nicht an eine bestimmte Ebene oder Dimension innerhalb dieser Integrationsstufen gebunden. Die jeweilige Dimension richtet sich vielmehr nach der Zielstellung der Ökosystemanalyse, nach der zu untersuchenden System- bzw. Hierarchieebene und den davon abhängigen Festlegungen über Compartments und Umgebung sowie der Komplexität der ökologischen Sachverhalte. Die Biogeozönose als oberster Rang der Integrationsstufenfolge wird als spezieller Fall eines hochkomplexen und hochintegrierten Ökosystems angesehen. Jede Biogeozönose kann demnach als Ökosystem aufgefaßt werden, nicht jedes Ökosystem jedoch entspricht einer Biogeozönose (STÖCKER 1979: 166).

Ähnlich wie bereits bei Bertalanffy wird ausgehend von einer bestimmten Vorstellung von einem allgemeinen und abstrakten Systembegriff und einem konkreten Verständnis von spezifisch ökologischen Methoden oder Herangehensweisen[110] das Ökosystemkonzept als spezifisch ökologisches Modellkonzept angesehen und Ökosysteme entsprechend als „sehr spezielle, aus der Natur abgeleitete Modelle“ (KOEHLER 1986: 127) verstanden, die unter Anwendung der Systemtheorie als Methode oder Konstruktionsprinzip entwickelt wurden.

Neben den methodologischen Aspekten (systemanalytische Methodik) sind die methodischen Ökosystemauffassungen natürlich immer auch vom Objekt und seinen spezifischen Eigenschaften - als Ausdruck der spezifischen ökologischen Forschungsperspektive - her bestimmt. So wird ein biologisches System von KNIJNENBURG et al. (1980) dann als Ökosystem bezeichnet, wenn sich die der Systembildung zugrunde liegende Fragestellung auf die

[110] Von einer detailliert ausformulierten und weithin akzeptierten Allgemeinen Systemtheorie, wie sie Bertalanffy vor Augen hatte, kann man bisher wohl kaum sprechen, so daß eher von einer Reihe von Konzepten auszugehen ist, die dem systemtheoretischen Ökosystemkonzept zugrunde liegen können.

Wechselwirkungen des Systems zur seiner definierten Umwelt (hier unter besonderer Beachtung der Umweltantwort des Systems) bezieht. Es wird damit nicht von vornherein eine bestimmte Integrationsebene als ökologische Ebene - wie zum Beispiel die Ebene der Biogeozönose - betrachtet, sondern bei entsprechender Fragestellung wird eine ökologische bzw. Ökosystembetrachtung als auf jeder Integrationsebene möglich betrachtet.

Damit wird das Ökosystemkonzept letztlich zum theoretischen Konstruktionsprinzip für die Konstruktion der (spezifisch ökologischen) Wahrnehmungsmodelle von Natur und Umwelt. Das Ökosystem wird so zu einem Spezialfall eines allgemeinen Systems und besitzt damit auch alle Eigenschaften, die für allgemeine Systeme gelten und zum Beispiel in der allgemeinen Systemtheorie darzustellen versucht worden sind. KOEHLER (1986: 118) spricht dann auch vom „systemtheoretischen Ansatz in der Ökologie". Dabei wird „vom Forschungsgegenstand ‚Natur' [wird] mit Hilfe von Konzepten der Systemtheorie ein Modell abgeleitet". Die methodische Ökosystemauffassung ist damit Grundlage der **Systemökologie oder systemanalytische Ökologie**[111], wie sie zum Beispiel von LIETH (1990) beschrieben wird.

Lieth sieht in der Systemökologie einen speziellen methodischen Ansatz innerhalb der Ökologie, dessen Forschungsgegenstand allein aus Ökosystemen besteht - zumindest werden keine anderen genannt. Systemökologie oder systemanalytische Ökologie beschäftigt sich also notwendig mit Ökosystemen.[112]

In der Systemökologie wird die Anwendung des Systemkonzeptes mit kausalanalytischen Erklärungsstrategien und mathematischen Formulierungen verbunden: es geht stets darum, „hinreichend genaue Datensätze zu erarbeiten, diese - soweit möglich - kausalanalytisch zu verwenden und dann im nächsten Schritt die quantitativen Aspekte als Gesetze mathematisch zu formulieren" (LIETH 1990: 373).

Über die methodische Ökosystemauffassung ergibt sich zugleich eine methodische Interpretation von Ökosystemforschung. Diese zeichnet sich dadurch aus, daß sie sich über ihre spezifisch systemanalytische Methode definiert und nicht über ihr Forschungsobjekt Ökosysteme. Zielstellung der so verstandenen Ökosystemforschung ist es dann auch, nicht Ökosysteme, sondern allgemeiner „ökologische Sachverhalte in Modellen abzubilden" (STÖCKER 1979: 169).

Von den Vertretern einer methodischen Ökosystemauffassung wird das Ökosystem selbst im Gegensatz zum ontologischen Verständnis wie gezeigt zwar als beobachterkonstruiertes Modellkonzept verstanden oder, wie BRECKLING/WINDHORST (1996: 73) es bezeichnen, „als von der Biogeozönose als dem beobachteten Naturausschnitt abgeleitete Modellvorstellung". Die der Ökosystemdefinition vorgelagerten Modellbildungsschritte und damit die Modellhaf-

[111] Andere Autoren machen hier einen Unterschied und verwenden den Begriff Systemökologie zur Kennzeichnung des methodischen Konzeptes. Ökosysteme sind dann mögliche - aber nicht die einzigen - Forschungsgegenstände der Systemökologie.

tigkeit des „beobachteten Naturausschnitts“ werden aber auch in der theoretischen Diskussion bisher nicht bewußt als solche identifiziert und problematisiert. Dieses macht deutlich, daß auch die Vertreter einer methodischen Ökosystemauffassung, wie für die exakten Naturwissenschaften typisch, in der Tradition des Materialismus letztlich doch von der Realität ihres Forschungsobjektes ausgehen. Aus dem als modellhaft erkannten Ökosystemkonzept wird nicht konsequent auf die Modellhaftigkeit des gesamten Forschungsgegenstandes der Ökologie geschlossen und damit die Grundlage verbaut, die grundlegenden Modellperspektiven innerhalb der Ökologie offenzulegen und zu diskutieren.

Mit dem methodischen Ökosystemverständnis geht ein Verständnis von Ökosystemforschung einher, in dem, ganz im Sinne nomothetischer Wissenschaftsauffassung, bewußt von der Individualität ökologischer Erscheinungen zu abstrahieren versucht wird und die Individualitäten auf verallgemeinerbare Begriffe und Prinzipien zu bringen versucht werden. Nicht das Individuelle, sondern das Allgemeingültige ist von Interesse. Damit wird ein deutlich anderes Ziel verfolgt, als wenn man zum Beispiel einen konkreten See als Ökosystem möglichst vollständig und gerade im Hinblick auf seine Besonderheiten zu beschreiben versucht.

Es läßt sich danach eine systemökologische Ökosystemforschung unterscheiden von einer eher traditionellen, das heißt geographisch historischen Erforschung von Ökosystemen (die dann eigentlich besser als Biogeozönosen bezeichnet werden sollten) in der Tradition idiographischer Wissenschaftsauffassung.

Da der letztere Ansatz dem Anliegen und der Sicht des traditionellen Naturschutzes sehr entgegenkommt und der Naturschutz auch den Umweltschutz und vor allem die Umweltplanung ganz wesentlich prägt, ist dieser Forschungsansatz gerade im Zusammenhang mit Planung der weit häufigere.

6.3.4 Ontologische Ökosystemauffassung: Ökosystem als „realer“ Gegenstand

Die Auffassung von Ökosystemen als realem Forschungsobjekt der Ökologie ist gegenüber der methodischen Auffassung unter deutschsprachigen Ökologen wahrscheinlich die bei weitem vorherrschende (vgl. ELLENBERG et al. 1986, BICK 1989, STUGREN 1986 u.v.a.m.). Das bestätigen auch HIGASHI/BURNS (1991: 1) für die angloamerikanische Fachwelt: „The concept of ecosystem as a physical entity consisting of a regional biota and its environment is the more usual usage today.“ So diagnostizieren REGELMANN/SCHRAMM (1986: 6) dann auch eine „beinahe zwanghafte Ontologisierung systemtheoretisch arbeitender Ökologen“. Dabei finden sich in der Ökologieliteratur kaum Aussagen, in denen das Ökosystem explizit als realer, räumlich konkreter Gegenstand bezeichnet wird. Dieses wird vielmehr indirekt

[112] Nicht alle, die vorgeben, Ökosysteme zu untersuchen, tun dieses auch mit den Methoden der Systemanalyse. Nicht alle Ökosystemforschung ist damit auch gleichzeitig Systemökologie.

deutlich. So führt zum Beispiel REMMERT (1980: 197) unter Bezug auf das Ökosystem aus: „Geflügelte Insekten berühren das System, ohne hierzubleiben".

Nicht alle, die – der ontologischen Ökosystemauffassung folgend – Ökosysteme als reale Objekte ökologischer Forschung untersuchen, tun dieses mit Hilfe systemanalytischer Methoden. Das bedeutet, der Systembegriff wird auch dann verwendet, wenn nicht systemanalytisch gearbeitet wird. Ein Beispiel dafür ist die Klassifikation von Ökosystemen in klassisch biologischer Tradition bei TISCHLER (1993) oder BICK (1989). Folglich werden mit dem Ökosystembegriff auch solche Objekteigenschaften in Verbindung gebracht, die im Sinne der allgemeinen Systemtheorie keine konstituierenden Systemeigenschaften darstellen. Der Gebrauch des Wortes Ökosystem ist nach Auffassung von WIEGLEB (1996) häufig „rein plakativ".

Innerhalb dieser ontologischen Ökosystemauffassungen lassen sich mindestens zwei Gruppen von Ökosystemkonzepten unterscheiden[113]:

1. Ökosystem als Ausdruck für Lebensgemeinschaft + Lebensraum als oberste Ebene in der als natürlich angesehenen Integrations- oder Organisationsstufenfolge der Bezugsgegenstände der Ökologie; neben oder über Individuum, Population und Biozönose bzw. Community (vgl. z.B. RICKLEFS 1980, BICK 1989, STUGREN 1978: 50).

   In der „Integrationsstufenfolge" der konkreten Bezugsgegenstände der Ökologie vom Individuum über die Population und die Lebensgemeinschaften bildet das Ökosystem als Gefüge aus Organismen und abiotischen Faktoren den oberen Abschluß.[114] Hierauf bezogen definiert RICKLEFS (1980: 669) Ökosystem als: „all the interacting parts of the physical and biological worlds". ELLENBERG et al. (1986: 19) bringen diesen Ökosystembegriff auf die kurze Formel „Biozönose + Biotop = Ökosystem". Der Ökosystembegriff wird damit zum Synonym für „Biogeozönose"[115] (SCHAEFER 1992: 48) oder „Holocoen" (FRIEDERICHS 1927).

   Ökosystem bezeichnet damit eine spezifische, sehr komplexe Betrachtungs- oder Forschungsebene der Ökologie, die sich nach HABER (1993: 98) einreihen läßt in die Folge Landschaft, Biosphäre, Biozönose oder Population. Das so verstandene Ökosystem bezeichnet also auch eine bestimmte Betrachtungsdimension und steht damit in enger Korrelation zur topischen Dimension der geographischen Forschung. Den so verstande-

---

[113] Als drittes Konzept läßt sich darüber hinaus noch ein eher allgemeinsprachlicher oder politischer Ökosystembegriff unterscheiden, mit dem eine gewisse Nähe zur empirisch-analytischen Wissenschaftsauffassung angedeutet wird:
- Ökosystem als räumlicher Ausschnitt der Landschaft oder Erdoberfläche in der Tradition der Pflanzengeographie, ohne daß bewußt auf spezifische Systemeigenschaften abgezielt wird.
- Ökosystem gleichgesetzt mit Biotop im allgemeinsprachlichen und häufig (leider) auch im planerischem Sinn

Da dieser Ökosystembegriff in der wissenschaftlichen Ökologie jedoch keine Rolle spielt, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

[114] Im Gegensatz zu der Integrationsstufe Ökosystem ergeben sich bei methodischer Ökosystemauffassung Ökosysteme verschiedener Integrationsstufen (vgl. GLUCH 1977).

[115] Im Gegensatz dazu bezeichnen z.B. BRECKLING/WINDHORST (1996: 73) das Ökosystem als von der Biogeozönose als dem beobachteten Naturausschnitt abgeleitete Modellvorstellung.

nen Ökosystemen werden dann auch Eigenschaften zugeschrieben, die keine Systemeigenschaften im Sinne allgemeiner Systemtheorie darstellen (vgl. TISCHLER 1993). Einheiten, Objekte oder Forschungsgegenstände, die sich nicht auf dieser Integrationsstufe befinden und dennoch Systemeigenschaften besitzen oder systemanalytisch betrachtet werden, werden in Abgrenzung zu diesem Ökosystembegriff häufig allgemeiner als „ökologische Systeme“ bezeichnet.

In der Folge der sich an diesen Integrationsstufen festmachenden Teildisziplinen ökologischer Forschung, wie Autökologie, Populationsökologie, Community-ökologie, bildet die „Ökosystemökologie“ (vgl. Kap. 4.5) als eigene Teildisziplin mit spezifischem Forschungsgegenstand den oberen Abschluß. Teilweise wird auch die Ökosystemforschung mit dieser Ökosystemökologie gleichgesetzt und entsprechend als diejenige Teildisziplin der Ökologie interpretiert, die sich mit der Erforschung von Ökosystemen beschäftigt.

Das Ökosystem als oberste Einheit der natürlichen hierarchischen Integrationsstufenfolge wird häufig gleichzeitig als eigenständige Ganzheit interpretiert. Damit verbunden ist eine holistisch geprägte Vorstellung vom Ökosystem als eine eigenständige Einheit, die sich aus sich heraus von ihrer Umgebung abgrenzt und nicht nach pragmatischen Kriterien vom Betrachter „künstlich“ abgegrenzt wird.

2. Ökosystem als Ausdruck für reale ökologische Gefüge mit spezifischen Komponenten oder Eigenschaften.

   Diese von den Objekteigenschaften her bestimmte ontologische Ökosystemauffassung läßt sich aus der Übertragung der ontologischen Variante der allgemeinen Systemauffassung auf den Forschungsgegenstand der Ökologie Organismus-Beziehung-Umwelt her verstehen. Der Ökosystembegriff wird synonym zum ökologischen System aufgefaßt und zur allgemeinen, unspezifischen Kennzeichnung des Systemcharakters beliebiger ökologischer Sachverhalte verwendet. „Jede Einheit, die alle Organismen in einem gegebenen Areal umfaßt und die mit der physikalischen und chemischen Umwelt in Austausch steht, so daß ein Energiefluß klar definierte Nahrungsketten, Mannigfaltigkeit der biologischen Beziehungen und Stoffkreisläufe schafft, ist ein ökologisches System oder Ökosystem“ (ODUM 1983: 10).

   Ein Ökosystem ist hiernach also zugleich eine abstrakte Klasse mit definierten Eigenschaften zur Klassifikation realer Objekte. Ökosystem in diesem Sinne ist damit ein Klassifikationsmodell, ohne daß es jedoch bewußt als solches behandelt wird (vgl. Kap. Kategorie der Substanz und Klassifikation). Auf die als notwendig und konstituierend angesehenen Elemente, Beziehungen und Eigenschaften wird im nachfolgenden Kapitel noch näher eingegangen.

„Reale“ Ökosysteme als Original ökologischer Modellbildung

Wenn Ökosysteme als realer Untersuchungsgegenstand der Ökologie aufgefaßt werden, bilden sie damit zugleich den Gegenstand oder das Original der ökologischen Modellbildung. „Modelle [...] können als physikalische oder abstrakte Wiedergaben von Strukturen und Funktionen *wirklicher* Systeme definiert werden“ (WALTERS 1983: 450, Heraushebung W.P.). Auch LESER (1984: 356) bezeichnet Ökosysteme ausdrücklich als „in der Realität manifestierte Komplexe“. Dagegen stellen Geosystem und Biosystem für ihn keine Realitäten dar,

„sondern es handelt sich bei ihnen um Teilmodelle einer komplexeren Wirklichkeit“. Auch GNAUCK (1995: 18/19) sieht als Gegenstand oder Original der ökologischen Modellbildung nur das reale Ökosystem, wenn er von der „Bildung eines abstrakten mathematischen Modells des realen, zu steuernden Ökosystems“ spricht. Auch bei MÜLLER/FRÄNZLE (1991: 98) wird das Ökosystem selbst in seiner Modellhaftigkeit nicht mehr hinterfragt: „Da die Raum- und Zeitmaßstäbe von systemanalytischen Untersuchungen nicht grundsätzlich definierbar sind, bleibt es dem Untersuchenden überlassen, anhand seiner speziellen Ziele räumliche, zeitliche und funktionale Systemabgrenzungen bzw. -differenzierungen festzulegen. Dieses führt zu sehr unterschiedlichen gedanklichen Modellen der Untersuchungsgegenstände, die schon aufgrund der notwendigen Abstraktion nie mit den *realen* Ökosystemen übereinstimmen können“ (Heraushebung W.P.).

Ökosysteme werden als Originale von ökologischer Modellbildung gesehen, ohne daß Klarheit darüber zu bestehen scheint, daß sie deshalb nicht notwendigerweise reale Gegenstände darstellen, sondern daß das Original vielmehr eine relative Kategorie ist. Modelle werden häufig als Abbilder realer Gegebenheiten angesehen und daraus – wenn es Modelle von Ökosystemen gibt – gefolgert, daß die Ökosysteme real sein müssen.

Unter Modellierung wird im Kontext ökologischer Forschung in aller Regel die mathematische Beschreibung ökologischer Sachverhalte (Beziehung Organismus-Umwelt) verstanden. „Modelle sind Beschreibungen des Ökosystems mit mathematischen Strukturen“ (STÖCKER 1979: 168) oder, wie METZLER 1987: 26 es ausdrückt, die „Formalisierung der Zusammenhänge in mathematischer Form“. Ökosystemmodelle in diesem Sinne sind also mathematische Abbildungen von Ökosystemen. Da eine geschlossene mathematisch-analytische Behandlung von Ökosystemen aufgrund der vielfältigen, bisher nur z.T. mathematisch abbildbaren Ökosystemeigenschaften ausgeschlossen erscheint, wird dieser Abbildung häufig ein Algorithmenkonzept zugrundegelegt.

Nach der Auffassung von KNIJNENBURG et al. (1980: 489) ist ein „Ökosystemmodell“ dabei ein mathematisches Modell, welches zwar die Struktur des Ökosystems, nicht aber die Umweltstruktur abbildet. Ein „Umweltmodell“ dagegen bildet nach ihrer Auffassung die Struktur der Umwelt mit ab. KNIJNENBURG et al. wollen in einem Ökosystem also nur interne Beziehungen abgebildet wissen und betrachten Ökosysteme damit im Sinne einer synökologischen Ökologieauffassung. Die Betrachtung externer Beziehungen erfolgt für sie dagegen im Umweltmodell.[116]

Der Zweck oder die Funktion von Ökosystemmodellen besteht vielfach darin, das Verhalten und die Entwicklung von Ökosystemen unter sich verändernden Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel infolge anthropogener Eingriffe, zu prognostizieren (MATHES/WEIDMANN 1991). Wenn es um planungs- oder allgemein handlungsorientierte Fragen geht, wird häufig das

[116] Im Gegensatz hierzu schließt für Odum das Ökosystem die Umwelt mit ein. „Das Ökosystem ist die grundlegende Funktionseinheit in der Ökologie, weil es beides umschließt, Organismen und Umwelt“ (ODUM 1983: 11).

Biotop als raumbezogenes Modell eines Ökosystems, verwendet (vgl. BRÖRING/WIEGLEB 1990: 284). Zugleich wird das Biotop aber auch als Modell der Biogeozönose herangezogen - ein Beispiel dafür, daß durch ein Modell zwei unterschiedliche Originale abgebildet werden.

Wenn Ökosystemmodelle immer nur ganz spezifische Ausschnitte des Ökosystems, das heißt der Elemente, Wechselwirkungen und Beziehungen abbilden, kommt der Frage der Aggregation der einzelnen „Teilmodelle“ zu einem „Gesamtmodell“ oder besser zu einem umfassenderen Modell besondere Bedeutung zu. PESCHEL (1978) unterscheidet hierzu zwei methodische Ansätze: den physiologischen und den anatomischen Ansatz.

6.4 Ökosystemkonzepte und die Einflußfaktoren bei ihrer Konstruktion

Der zweite Komplex der Analyse des Ökosystemkonzeptes betrifft, abgeleitet aus den Ebenen oder Einflüssen der Modellierung und modellhaften Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt, die Frage, welche erkenntnistheoretischen Einflüsse die Konstruktion des Ökosystemkonzeptes bzw. der verschiedenen Auffassungen hierzu prägen. Was also sind im übertragenen Sinne die Bauelemente, Werkzeuge und Stilrichtungen der Konstruktion des Ökosystemkonzeptes?

Abhängig davon, welche Einflüsse die Konstitution des Modellkonzeptes Ökosystem bestimmen, das heißt wie die Modellbildungsebenen - von den Erkenntniskategorien bis zur ökologischen Perspektive - interpretiert werden, ergeben sich unterschiedliche Auffassungen des Modellkonzeptes und damit letztlich auch unterschiedliche Ökosystemtheorien.

Der Komplex der Unterscheidbarkeit von Ökosystemauffassungen ergibt sich also, wenn man das Ökosystemkonzept vom Objekt her betrachtet. Dieses gilt sowohl für die ontologische als auch für die methodische Ökosystemauffassung, nach der das Ökosystem als modellhaftes, beobachterkonstruiertes Objekt aufgefaßt wird. Einer solchen **„objektorientierten Ökosystembestimmung“** folgend, werden Ökosysteme dadurch definiert, daß konstitutive Komponenten und Eigenschaften bestimmt werden. Die innerhalb dieser Auffassung relevanten Unterschiede lassen sich in zwei Bereichen festmachen (vgl. Abb. 16):

1. Die in der Konstruktion der Ökosysteme berücksichtigten (definierten) und besonders hervorgehobenen Komponenten (Elemente und Beziehungen bzw. deren spezifische Zusammenfassung zu Kompartimenten); hier wird die Vielschichtigkeit des Ökologiekonzeptes gespiegelt.
2. Die besonders hervorgehobenen Ökosystemeigenschaften;

   hier spiegelt sich der in der Ökologie traditionell schwelende und im Systemkonzept eben nur scheinbar gelöste Konflikt zwischen holistischer und reduktionistischer Forschungslogik.

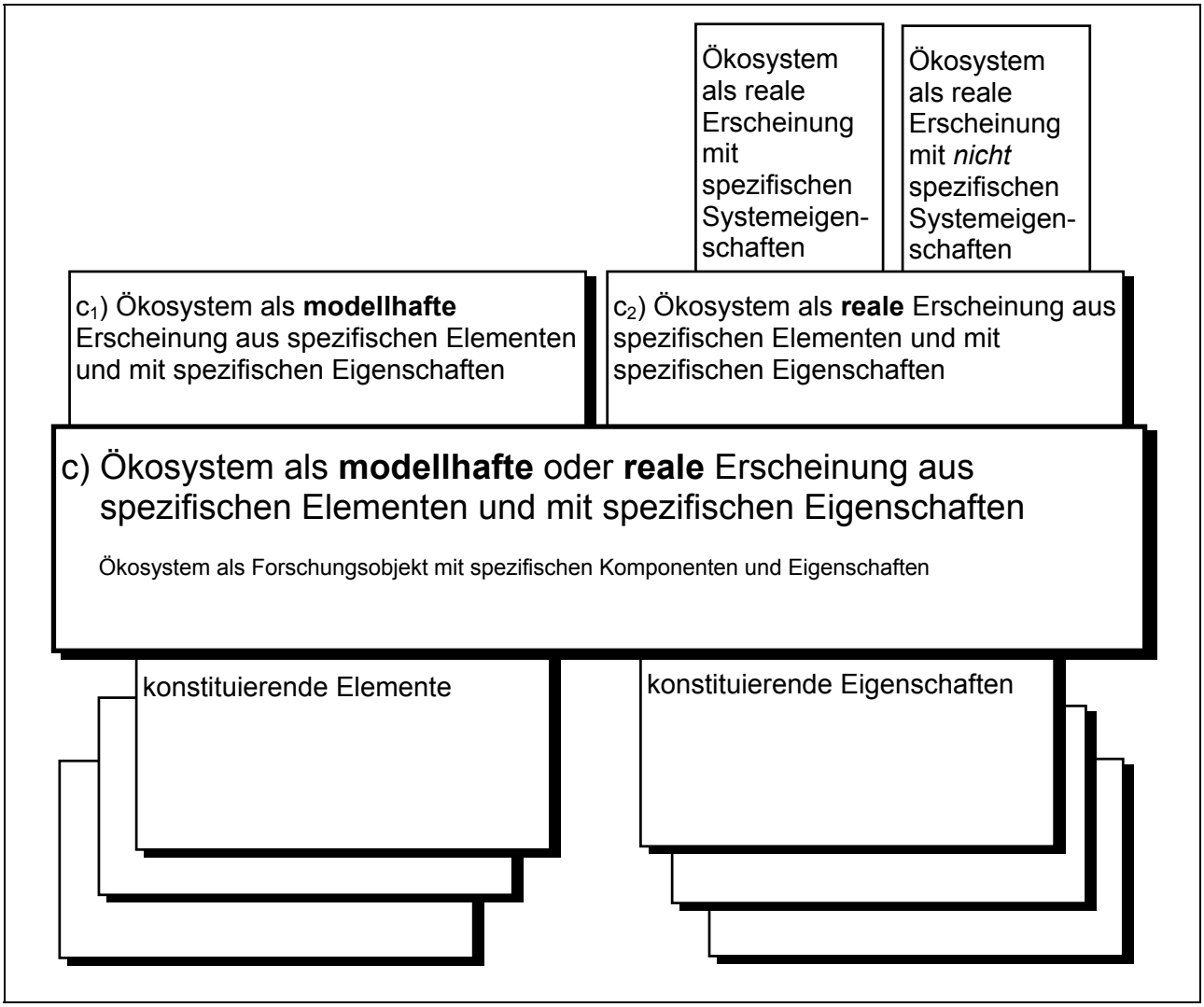


Abb. 16: Ökosystemauffassungen ausgehend von den konstituierenden Elementen und Eigenschaften

Unabhängig davon, ob das Ökosystem als reales Objekt oder als Modell aufgefaßt wird, wird es, wie bereits angedeutet und wie die nachfolgenden Definitionen deutlich machen, immer auch vom Objekt (nämlich dem spezifischen Forschungsgegenstand der Ökologie) her betrachtet und dann als durch spezifische Eigenschaften definiert angesehen.

„An ecosystem is a system open for at least one property, in which at least one of the entities is classed as living“ (DALE 1970: 3).

„Ein Ökosystem ist eine funktionelle Einheit der Biosphäre, d.h. ein Wirkungsgefüge aus Organismen und unbelebten natürlichen sowie anthropogenen Umweltfaktoren, die untereinander und mit ihrer Umgebung in energetischen, stofflichen und informatorischen Wechselwirkungen stehen“ (BICK 1989: 22).

„Ein Ökosystem ist eine funktionelle Einheit aus Biozönose und Biotop“ (ebd.).

Ökosystem: „Abgrenzbare funktionelle Einheit, die als Wirkungsgefüge aus verschiedenen Organismenarten und unbelebten Bestandteilen aufzufassen ist“ (BICK 1989: 5).

„Jede Einheit, die alle Organismen in einem gegebenen Areal umfaßt und die mit der physikalischen und chemischen Umwelt in Austausch steht, so daß ein Energiefluß klar definierte Nahrungsketten, Mannigfaltigkeit der biologischen Beziehungen und Stoffkreisläufe schafft, ist ein ökologisches System oder Ökosystem“ (ODUM 1983: 10).

„Ein Ökosystem ist eine in dynamischem biozönotischem Gleichgewicht befindliche funktionale, energetische Einheit aus abiotischen Faktoren und biotischen Komplexen“ (BAUER/FEGERS/TRIPPEL 1973: 75)

Ähnlich nennen auch LANGER et al. (1988) als Forschungsgegenstände der Ökologie spezifische Systeme nämlich solche, „die durch den spezifischen Zusammenhang von Leben und Umwelt gekennzeichnet sind“.

„Ein Ökosystem ist ein biologisches System, das aus den Wechselwirkungen (aller oder einer begrenzten Zahl) biotischer und abiotischer Compartments (Elemente) untereinander und mit ihrer abiotischen und biotischen Umgebung (definierte Ausschnitte der Biosphäre) in einer diskreten Zeit gebildet wird“ (STÖCKER 1979: 165).

„Verkürzt kann auch formuliert werden: Ein Ökosystem wird gebildet durch die Wechselwirkungen ökologischer Compartments untereinander und mit der Umgebung (STÖCKER 1979: 165, mit Verw. auf KNIJNENBURG et al. 1980).

In diesem Sinne bezeichnen Ökosysteme reale oder modellhafte ökologische Gefüge mit spezifischen Komponenten und/oder Eigenschaften. Ökosysteme bezeichnen damit abstrakte Klassen realer oder modellhafter Erscheinungen mit spezifischen Komponenten und Eigenschaften. Entsprechend der unterschiedlichen existierenden Ökologieauffassungen, das heißt der Interpretation von Organismus-Beziehung-Umwelt (vgl. Kap. 4.5.2) und damit verbunden der unterschiedlichen Interpretationen und Gewichtungen der einzelnen Ebenen oder Einflußbereiche der Modellbildung lassen sich aus dieser objektorientierten Perspektive eine Vielzahl unterschiedlicher Ökosystembegriffe unterscheiden.

6.4.1 Das Ökosystemkonzept zwischen holistischer und reduktionistischer Forschungsperspektive

Mit der Anwendung oder Übertragung des allgemeinen Systemkonzeptes auf die ökologische Forschungsperspektive wurde auch die mit dem Systemkonzept verbundene Hoffnung übernommen, zwischen den holistischen und reduktionistischen Forschungsstrategien, die sich innerhalb der Ökologie gegenüberstanden, zu vermitteln.

So erhob Tansley die Forderung, die Ökosysteme so zu konstruieren, daß sie mit den Mitteln der Physik zu behandeln sind. Diese Forderung Tansleys verdeutlicht die mechanistisch-

reduktionistische Forschungstradition, in der das analytische Systemdenken und damit zumindest auch in Teilen das Ökosystemkonzept steht.

Auch Ludwig v. BERTALANFFY (1949), der häufig als der Begründer der allgemeinen Systemtheorie bezeichnet wird, verfolgte mit der Anwendung seiner „Systemauffassung" auf den lebenden Organismus, den zentralen Forschungsgegenstand der Biologie und später (1960) auf überorganismische Gefüge, den Gegenstand der Ökologie, das erklärte Ziel, die biologischen Wissenschaften zu exakten Wissenschaften zu entwickeln und sieht in der Systemauffassung lebender Organismen eine „Grundlage der exakten Biologie" (BERTALANFFY 1949: 127). Die biologischen Ganzheiten sollten durch das Systemkonzept operationalisiert und dadurch auch mit den Methoden der exakten Wissenschaften analysierbar werden.

Zugleich aber sollte mit dem Systemkonzept auf der anderen Seite trotz aller analytischer Reduktion nicht das Ganze aus den Augen verloren werden, das bedeutet „mit dem Blick aufs Ganze zu reduzieren auf Physik" (TREPL 1987:186). Dabei war die Reduktion des realen Objektes im Ökosystem zwar bewußt, zugleich wurde das reduzierte Ökosystem jedoch als Modell oder Indikator für das Ganze betrachtet. Das Ökosystemkonzept diente damit immer auch als Mittel zur Verwissenschaftlichung (im Sinne materialistischer Wissenschaftsauffassung) einer bisher überwiegend der holistischen Forschungsperspektive anhängenden Ökologie.

Über den Ökosystembegriff werden damit zwei aus ganz unterschiedlichen wissenschaftstheoretischen Traditionen entsprungene Ökologiekonzepte, nämlich das auf Einheit gerichtete holistische und das auf Differenz gerichtete mechanistische, scheinbar vereint. Auch heute noch wird das Ökosystemkonzept häufig als der neue „dritte Weg" bezeichnet (MATHES 1997), von dem man sich erhofft, daß er den Widerspruch zwischen dem holistischen und dem reduktionistischen oder dem idiographischen und dem nomothetischen Forschungsansatz innerhalb der Ökologie zu überwinden hilft. Die Systemanalyse soll als Technik fungieren, um die Ganzheit als Synthese von Teilen, das heißt Elementen und Beziehungen darzustellen. Natur soll zerlegt und gleichzeitig als Ganzheit betrachtet werden.

Auch TREPL (1987: 187) sieht in der Ökosystemforschung den Versuch, beiden Polen gerecht zu werden. Einerseits sieht er durch die Ökosystemforschung die ganzheitlichen und organismischen Vorstellungen ‚verwissenschaftlicht' weitertransportiert, auf der anderen Seite kann seiner Meinung nach als Ökosystemforschung im strengen Sinne nur das verstanden werden, was alle Gegebenheiten und Prozesse eines zu untersuchenden Ausschnittes der Realität der Natur ‚auf Physik reduziert'. Tatsächlich jedoch entwickeln sich unter dem Dach des Ökosystembegriffs eine Vielzahl unterschiedliche Konzepte, die in der Regel entweder dem einen oder dem anderen Pol zuzuordnen sind (vgl. Tab. 9). So betont MESSERLI (1986: 34) dann auch ausdrücklich die Notwendigkeit einer Doppelstrategie in der Ökosystemforschung, nämlich „den analytischen und den holistischen Weg".

Tab. 9: Merkmale des holistischen und reduktionistischen Ökosystemkonzeptes

holistisches Ökosystemkonzept	reduktionistisches Ökosystemkonzept
Ökosystem als reales, selbstreferentielles System	Ökosystem als analytische Einheit
Systemgrenzen vom System selbst gesetzt	Abgrenzung von Außen pragmatisch gesetzt
System als eigenständige Wesenheit/Entität	System als Analysestruktur, real sind nur die Individuen

Die holistische Variante der Ökosystemtheorie trägt dabei zugleich wesentliche Züge des organismischen Ökologiekonzeptes, wie dieses zum Beispiel bei Odum deutlich wird. So propagiert Odum den „Blick vom Ganzen zu den Teilen" (ODUM 1980: XVI). Für HAMPICKE (1979: 37) lebt bei Odum „der Organizismus unter der Oberfläche weiter".

Vor dem Hintergrund dieser beiden auseinanderstrebenden Forschungsperspektiven spannt sich nun das Feld der konstituierenden Ökosystemkomponenten und -eigenschaften.

6.4.2 Konstituierende Ökosystemkomponenten und die Einflußfaktoren bei ihrer Konstruktion

Folgt man der zuvor vertretenen Auffassung vom Ökosystem als Modellkonzept, bedeutet dies, daß Ökosysteme nicht als natürlich gegeben angesehen werden können, sondern daß sie, wie alle Modelle, als solche bereits konstruiert sind. Die Abgrenzung und Festlegung der Systemeinheiten bzw. Systemkomponenten unterliegt also bereits der Entscheidung des modellierenden Subjekts, das heißt dem Ökologen bzw. der Wissenschaftlergemeinschaft eines Ökologen.

Für die Ökosystemanalyse und -modellierung folgt daraus, daß die Konstruktionsbedingungen, also die Methodik und die Kriterien der Festlegung der Systemkomponenten sowie der äußeren Abgrenzung der Ökosysteme besondere Bedeutung erlangt. Ein Umstand, der bisher in der Ökosystemforschung noch viel zu wenig Beachtung findet: „One of the most neglected problems in systems studies is the choice of the entities or parts which compose the system" (DALE 1970: 4) [117].

Die Art und Weise der Festlegung der Ökosystemkomponenten ist einerseits abhängig von der Interpretation der ökologischen Forschungsperspektive (Organismus-Beziehung-Umwelt) und den dahinterstehenden erkenntnistheoretischen Einflüssen sowie andererseits vom

[117] Das liegt wohl vor allem daran, daß das Ökosystem mehrheitlich als reales Objekt aufgefaßt wird und nicht als bereits konstruiertes Modell (vgl. HIGASHI/BURNS 1991).

Zweck der Ökosystembetrachtung. Die unterschiedlichen Modellierungsansätze von Organismus-Beziehung-Umwelt, die unter dem Dach und der Überschrift „Ökologie“ zu unterschiedlichen Ökologiekonzepten führten, werden also in den Ökosystemen widergespiegelt, indem die Systemkomponenten auf unterschiedlichste Weise abgebildet werden. Ziel der Analyse des Ökosystemkonzeptes muß es sein, die in der Ökosystemkonstruktion enthaltenen Entscheidungen transparent zu machen und die relevanten erkenntnistheoretischen Einflüsse der Modellkonstruktion aufzuzeigen.

Als mögliche Systemkomponenten kommen je nach Ökologieauffassung sehr unterschiedliche Erscheinungen oder Klassen von Erscheinungen, wie materielle Gegenstände, Beziehungen/Wechselwirkungen oder sogar Prozesse in Frage. Der allgemeinen Systemtheorie folgend werden die Komponenten häufig in zwei Gruppen aufgeteilt, nämlich in Elemente und Beziehungen bzw. Wechselwirkungen (vgl. u.a. BICK 1989: 22, ODUM 1983: 10 oder DALE 1970: 3).[118] Diese beiden Komponenten sind systemkonstituierend und damit notwendige Bedingung, damit eine Erscheinung als System im Sinne der allgemeinen Systemtheorie bezeichnet werden kann (vgl. Kap. 4.4.4). Dieses gilt unabhängig davon, ob die Systemhaftigkeit der ökologischen Erscheinungen als real gegeben oder bewußt konstruiert angesehen werden.

Wenn zum Beispiel ODUM (1983), GLUCH (1977) oder HABER (1978) eine strukturelle und eine funktionale Betrachtung von Ökosystemen unterscheiden bzw. von einem strukturellen und funktionalen Forschungsansatz in der Ökologie oder der Ökosystemforschung sprechen, macht dieses deutlich, daß den beiden Gruppen von Komponenten nicht immer die gleiche Bedeutung beigemessen wird. Bei struktureller Betrachtung rücken die Elemente als systembestimmend in den Vordergrund und bei funktionaler Betrachtung entsprechend die Beziehungen und Prozesse. In diesen beiden Zugängen zum Ökosystemkonzept spiegeln sich wieder die beiden Traditionslinien der Ökologie. Während die strukturelle Betrachtung in der Tradition der historischen Ökologie und damit der idiographischen Wissenschaftsauffassung steht, steht die funktionelle Betrachtung eher in der Tradition der nomothetischen Wissenschaftsauffassung.

MESSERLI (1986: 23f) unterscheidet für die Ökosystemforschung im Rahmen des schweizerischen MAB-Programms mit Verweis auf HOENTSCH/HAASE (1979) insgesamt fünf Betrachtungsweisen, die die Ökosystemkonstitution, das heißt die Festlegung der Elemente und Beziehungen bestimmen:

„1. Die **historische** Betrachtungswiese fragt nach den Ursachen und Bedingungen der Entwicklung der gegenwärtigen Strukturen.

[118] Liegt dem Ökosystemverständnis ein hierarchisches Systemkonzept zugrunde, wie im Zusammenhang mit der in letzter Zeit verstärkt diskutierten Hierachietheorie (vgl. Kap. 6.4.3.1), werden aus den Systemkomponenten, die dann wieder als Systeme oder Subsysteme aufgefaßt werden, Holons und Sub-Holons (vgl. F. MÜLLER et al. o.J.)

2. Die **strukturelle** Betrachtungsweise erfaßt das substantielle Inventar und das räumliche Gefüge.
3. Die **funktionale** Betrachtungsweise untersucht die aktuellen Wirkungsbeziehungen und die die Systemrelationen tragenden Prozesse.
4. Die **dynamische** Betrachtungsweise analysiert das Gesamtverhalten und die aktuelle Entwicklung des Systems (Simulationsmodell).
5. Die **prospektive** Betrachtungsweise schließlich setzt sich mit möglichen und wahrscheinlichen Entwicklungstrends und deren signifikanten Auswirkungen auseinander (Szenariotechnik)."

Diese fünf Betrachtungsweisen lassen sich direkt in Bezug zu den Kategorien der Erkenntnis setzen (vgl. Kap. 4.2) und weisen damit auf die jeweils hervorgehobenen Erkenntniskategorien in den aus diesen Perspektiven konstruierten Ökosystemen und deren Einfluß auf die Festlegung der Ökosystemkomponenten.

Begreift man die Ökosystemkomponenten als zweckbezogen und auf konkrete Fragestellungen hin zu definierende Einheiten, wird die Zahl der systemkonstituierenden Elemente und Beziehungen immer eine endliche sein. „Ein betrachtetes Ökosystem ist jeweils ein begrenzter, ein endlicher Ausschnitt des Beziehungsgefüges der Natur" (STÖCKER 1979: 167). Es wird also nicht davon ausgegangen, daß in Ökosystemen alles mit allem in Beziehung steht und deshalb nichts isoliert betrachtet werden kann oder darf. Vielmehr soll nach dem methodischen Ökosystemverständnis aus der unübersehbaren Vielfalt der Wechselwirkungen und Beziehungen der Elemente, je nach Fragestellung immer eine spezifische Menge an Elementen und Relationen hervorgehoben werden. Damit wird bewußt auf einen Ganzheitsanspruch der Analyse und Abbildung verzichtet.

Der Allgemeinen Modelltheorie folgend, ist die Modellbildung und damit in diesem Fall die genaue Definition der als Elemente und Beziehungen verstandenen Erscheinungen bestimmt durch das Original einerseits und andererseits durch das Subjekt und dessen Zwecksetzungen bei der Modellbildung. Das Original ergibt sich im wesentlichen aus der Interpretation der ökologischen Forschungsperspektive und ist damit ebenfalls bereits subjektabhängig. Die Systemelemente werden abgeleitet aus dem, was vom Modellsubjekt jeweils unter Organismus und Umwelt[119] verstanden wird, und die Systembeziehungen werden entsprechen aus den möglichen Interpretationen ökologischer Beziehungen hergeleitet.

[119] Das was im Zusammenhang mit dem Ökologiekonzept, vor allem wenn es um Autökologie oder die Ökologie von Biozönosen geht unter Umwelt verstanden wird, nämlich vor allem die abiotischen Faktoren, wird in aller Regel als im Ökosystem integriert angesehen. „Das Ökosystem ist die grundlegende Funktionseinheit in der Ökologie, weil es beides umschließt, Organismen und Umwelt" (ODUM 1983: 11). Zugleich wird das Ökosystem in der Regel als von der Umwelt oder Umgebung relativ abgegrenzt betrachtet, nicht ohne daß Beziehungen zwischen Ökosystem und Umwelt bestehen. Die Umwelt der Organismen wird ins System integriert und eine andere Umwelt, im Sinne von Umgebung, bleibt draußen.

Entsprechend der Unterteilung der Ökosystemkomponenten in Elemente und Beziehungen läßt sich die Analyse von Ökosystemkonzepten in zwei Schritte aufteilen:

1. Die Analyse der Festlegung der Systemelemente (und deren Stellung zueinander), das heißt die Bestimmung der Ökosystemstruktur („standing crop“)

   => Art, Bestand, Menge der aktuell relevanten Elemente

2. Die Analyse der Festlegung (Qualifizierung und Quantifizierung) der Beziehungen zwischen den Elementen, das heißt die Bestimmung der Ökosystemfunktionen (im Sinne eines analytischen Funktionsbegriffs)

   => Stoffwechsel und Energieaustausch der Gemeinschaft[120]

6.4.2.1 Elemente

Systemelemente sind nach DALE (1970: 4) „entities or parts which compose the system“. Geht man davon aus, daß diese Erscheinungen oder Teile nicht als Systemelemente naturgegeben sind, sondern als solche festgelegt werden, ist es wenig sinnvoll, Listen möglicher Elemente aufzustellen, wie dieses in vielen Lehrbüchern praktiziert wird (vgl. z.B. ODUM 1989), sondern es ist von viel größerem Nutzen Kriterien zu formulieren, nach denen die Festlegung geschieht.

Als grundsätzlich unterscheidbare Kriterien zur Festlegung von Systemelementen oder Systemeinheiten nennt DALE (1970: 4) ähnlich wie MESSERLI (1986) taxonomische, strukturelle und funktionale. Als taxonomisch bestimmte Elemente können zum Beispiel Individuen, Populationen oder Arten eingesetzt werden. Strukturelle Merkmale von Elementen beziehen sich auf morphologische Lebensformen und betreffen zum Beispiel die Unterscheidung von Baumschicht, Strauchschicht, Krautschicht. Nach funktionalen Kriterien bestimmte Systemelemente oder Einheiten genießen in der heutigen Ökosystemforschung besondere Aufmerksamkeit. Ein Beispiel hierfür ist die Unterscheidung von Produzenten, Konsumenten und Destruenten.

Schon diese drei möglichen Perspektiven der Bestimmung von Ökosystemelementen machen deutlich, daß man nicht von für alle Betrachter und alle Zwecke gleichen oder sogar real gegebenen Ökosystemelementen ausgehen kann, sondern daß die Ökosystemelemente als nach bestimmten Kriterien konstruierte Einheiten angesehen und bewußt gemacht werden müssen. Nur wenn die Kriterien für die Bestimmung der Ökosystemelemente offengelegt und damit nachvollziehbar werden, ist ein inhaltlicher Vergleich von Ökosystemen und daran anknüpfend auch von Ökosystemmodellen möglich. Wird das Ökosystem jedoch als real gegeben vorausgesetzt, erübrigt es sich, über dessen Konstruktionskriterien und damit die Festlegung der Systemelemente Rechenschaft abzulegen.

---

[120] „Funktion“ wird hier also im Sinne von Beziehungen und nicht im Sinne von übergeordnetem Zweck verstanden.

Odums Auflistung von Systemelementen macht deutlich, daß die verschiedenen Kriterien, nach denen Ökosystemelemente festgelegt werden können, in Teilen der Ökosystemforschung nicht immer konsequent getrennt werden (vgl. Tab. 10). Dieses ist zwangsläufig vor allem dann der Fall, wenn das Ökosystem nicht als bewußt konstruierte Einheit angesehen wird, sondern als real gegeben vorausgesetzt wird.

Tab. 10: Beispielhafte Unterscheidung von Ökosystemelementen (nach ODUM 1983: 10)

abiotische Elemente
anorganische Substanzen (C, O, N, P, CO_2, H_20 ...)
organische Verbindungen (Kohlenhydrate, Lipide, Aminosäuren ...)
klimatische Faktoren (Temperatur, Luftfeuchte u.a. physikalische Eigenschaften)
biotische Elemente (Organismen)
Produzenten (autotrophe Produzenten)
Konsumenten (Makrokonsumenten oder Phagotrophe)
Destruenten (Mikrokonsumenten oder Saprophyten)

Als wesentliche formale Bedingung für die Definition von Ökosystemelementen wird deren relative innere Homogenität und dadurch bedingte „funktionelle Einheitlichkeit“, das heißt eine bezogen auf die betrachteten Relationen eindeutige Reaktion oder Verhaltensweise des Elementes, angesehen. Das Kriterium der Homogenität kann auch dann gewahrt werden, wenn das Element aus taxonomisch heterogenen, aber ökologisch-funktionell einheitlichen Objekten besteht. „Ein Teil eines Systems wird gerade dadurch zum Element, daß sein innerer Aufbau nicht weiter betrachtet wird, sondern, daß er als (relativ) unteilbarer kleinster Baustein angesehen wird, der nur in seinen äußeren Eigenschaften und in seiner Funktion bestimmt werden kann“ (KNIJNENBURG et al. 1980: 489).

Bedingungen, denen ein Element eines Ökosystems genügen muß, sind:

1. Angabe der äußeren Identitätsmerkmale (Menge von Merkmalen),
2. Angabe der äußeren Unterscheidungsmerkmale (Menge von Merkmalen),
3. Festlegung der inneren Homogenität (Betrachtung als Black Box),
4. Angabe der Funktion im definierten Ökosystem (Abbildung der Menge von Eingangssymbolen auf die Menge der Ausgangssymbole)

   (KNIJNENBURG et al. 1980: 490).

Nach KNIJNENBURG et al. (1980: 490) sind für die Identifikation eines Ökosystemelementes dann drei Schritte notwendig:

1. „Es ist festzustellen, welche Verhaltensmerkmale eines biologischen Objektes entsprechend einer gegebenen ökologischen Fragestellung im definierten Sinne von Interesse sind.
2. Es sind die Funktionen zu ermitteln, die innerhalb des biologischen Objektes für diese Verhaltensmerkmale verantwortlich sind.
3. Es ist das biologische Objekt im Abbild so in Teile zu zerlegen, daß von jedem Teil jeweils eine Funktion realisiert wird, das heißt eine Bezugsgröße des Systems wird qualitativ festgelegt und die Art des Einflusses darauf angegeben."

Dadurch, daß die Ökosystemelemente zweckbezogen konstruiert werden und nicht als real gegeben angenommen werden, müssen sie nicht genau den einzelnen Organismen oder deren Population entsprechen. „Als Elemente eines Ökosystems können bestimmte Teile, Stadien oder Gruppen von Tier- und Pflanzenpopulationen angesehen werden, deren Attribute (Variablen) Biomasse, Proteingehalt, Energiebedarf u.a. sein können" (STÖCKER 1979: 159). Als Ökosystemelemente kommen also auch zum Beispiel Blätter (als Teile von Organismen), phytophage Larven (als organismische Entwicklungsstadien oder Herbivore (als funktionelle Gruppen tropischer Niveaus) in Frage. Durch die äußere und innere Abgrenzung des Systems und die damit verbundene Definition der Elemente wird zugleich eine bestimmte Betrachtungsebene und damit Detaillierung der Analyse festgelegt (Dimension), die von großen funktionellen Gruppen bis zu einzelnen Organismen oder Organismenteilen hinunter reichen kann (vgl. hierarchische Eigenschaften).

Als Ökosystemelemente werden nicht nur spezifisch stoffliche Objekte eingesetzt, sondern auch Prozesse oder ganze Prozeßketten, wie zum Beispiel die Photosynthese oder Abbauvorgänge bestimmter Stoffe (vgl. KNIJNENBURG et al. 1981). Genauso kann auch eine Art, je nach Wuchsform und damit verbundener Funktion im ökologischen Gefüge gleichzeitig durch verschiedene Elemente des Ökosystems abgebildet werden. KNIJNENBURG et al. (1981) führen für dieses Verständnis von Ökosystemelementen den Begriff „Compartment" ein.

Das Ökosystemkonzept impliziert also prinzipiell eine relativ große Freiheit in der Auswahl bzw. Definition der Ökosystemelemente, so daß alle aus ökologischer Perspektive relevanten Objekte (vgl. Kap. 4.5.2) in jeder beliebigen Kombination als Elemente definiert werden können. Es müssen nicht zwingend biotische und abiotische Elemente enthalten sein, und auch die Systemumgebung kann allein aus biotischen Elementen gebildet werden. Bedingung ist lediglich, daß ein Ökosystem mindestens aus zwei, aus ökologischer Perspektive relevanten Elementen gebildet wird, die untereinander in Beziehung stehen. Diese Freiheit in der Auswahl der Ökosystemelemente unterstreicht noch einmal die Wichtigkeit, sich die der Auswahl zugrundeliegenden Entscheidungen bewußt zu machen und sie nach außen zu verdeutllichen.

Welche Elemente schließlich in einem ökosystemaren Modell abgebildet werden oder genauer, wie die Elemente in diesem Modell konkret festgelegt werden oder festgelegt worden sind, ist abhängig von den auf den vorgelagerten Modellebenen getroffenen Entscheidungen. Dieses betrifft vor allem die Interpretation des Systemkonzeptes sowie die Ökologieauffassung, das heißt die Interpretation der Relation Organismus - Umwelt.

6.4.2.2 Beziehungen

Neben den Elementen bilden die Beziehungen oder Wechselwirkungen die zweite Gruppe der ökosystemkonstituierenden Komponenten. Die Betrachtung von Ökosystembeziehungen (funktionale Betrachtungsperspektive) bedeutet immer auch eine Betrachtung in Raum *und* Zeit und ist damit zwangsläufig eine dynamische.

1. Abhängig von der Festlegung der Elemente können die Beziehungen dabei auf verschiedenen (hierarchischen) Ebenen betrachtet werden (vgl. HAUHS/LANGE 1996):
2. Das gesamte Ökosystem und das Umweltsystem als zwei Subsysteme eines übergeordneten Gesamtsystems (Ökosystem als Black Box) (Exo-Perspektive),
3. Elemente innerhalb des Ökosystems (Endo-perspektive),
4. Elemente des Ökosystems und Elemente der Umwelt.

Wie bereits im Zusammenhang mit dem Ökologiekonzept ausgeführt (vgl. Kap. 4.5) können die Beziehungen sehr unterschiedliche Formen annehmen und sich - versteht man sie als Abhängigkeiten verschiedener Eigenschaften - auf ganz unterschiedliche Eigenschaften beziehen. Beziehungen müssen also nicht zwangsläufig an Materie gebunden sein, wie dieses bei Stoffflüssen oder an in der Regel an Stoffflüsse gebundenen Energieflüssen der Fall ist.

In der Ökosystemforschung ist jedoch, bedingt durch die bis heute vor allem auf Produktivität und stoffliche Belastbarkeit gerichtete Fragestellung, die physiologisch-funktionale Forschungsperspektive und die damit verbundene weitgehende Reduzierung der Beziehungen auf Stoff- und Energieflüsse bis heute vorherrschend (vgl. z.B. TISCHLER 1993, LIETH 1990: 373). „In view of the present great interest in productivity, however, attention will be concentrated on ecosystem models produced by such studies, and the properties relevant to them“ (DALE 1970: 5).

Die aus diesem Forschungsansatz heraus abgebildeten Beziehungen bzw. die meßbaren Eigenschaften, durch deren Veränderung die Beziehungen zum Ausdruck kommen, betreffen vor allem Energie, Biomasse, Kohlenstoff, Mineralstoffe, Populationen, Individuen, Wasser und möglicherweise noch Information in der Form genetischen Materials.

Große ökologische Forschungsprogramme, wie das ‚International Biological Programm (IBP)’ oder später das UNESCO-Programm ‚Man and Biosphere (MAB)’ haben jeweils bestimmte Ökosystemeigenschaften und deren Beziehungen, das heißt bestimmte Stoff- oder Energieströme, bevorzugt und dafür andere vernachlässigt. Diese Reduzierung ist

sicher zulässig und auch notwendig, doch scheint zu wenig bewußt zu sein, daß diese Betrachtungen immer nur Ausschnitte wiedergeben können und niemals so etwas wie ein reales System beschreiben.

6.4.2.3 Ökosystemabgrenzung

Mit der Frage der Auswahl und Festlegung der Elemente und Beziehungen des Ökosystems direkt verbunden ist die Frage der äußeren Abgrenzung von Ökosystemen und damit nach dem Verhältnis Ökosystem - Umwelt.

Ökosysteme werden einerseits als offene Systeme betrachtet und gerade im Hinblick auf ihre Beziehungen zur Umwelt analysiert - das ist der Kern der ökologischen Forschungsperspektive, zum anderen werden sie jedoch gleichzeitig als geschlossene Wirkgefüge betrachtet, indem immer nur eine abgeschlossene Zahl von Elementen und Beziehungen erfaßt und abgebildet werden kann. LUHMANN (1988: 21) sieht hierin eine „fundamentale Paradoxie“ in der ökologischen Fragestellungen, nämlich, „daß sie alle Sachverhalte zugleich mit Bezug auf Einheit und mit Bezug auf Differenz, mit Bezug auf Einheit des ökologischen Zusammenhangs und mit Bezug auf die diesen Zusammenhang zerlegende Differenz von System und Umwelt zu behandeln haben“.

Zwischen dem Ökosystem und der Umwelt bestehen endlich viele Kopplungen oder Relationen, die auf endlich viele Elemente der Umwelt verweisen und sie damit indirekt definieren. Auch das Verhältnis von Ökosystem und Umwelt wird also systemtheoretisch betrachtet und abgebildet und die Frage, ob ein Ökosystem offen oder abgeschlossen ist, hängt davon ab, ob die betrachteten Beziehungen und Elemente alle dem Ökosystem zugerechnet werden oder ob sie zum Teil dem Ökosystem und zum Teil der Umwelt zugeordnet werden. So definiert zum Beispiel BICK (1989: 22) ein Ökosystem als „eine funktionelle Einheit der Biosphäre, das heißt ein Wirkungsgefüge aus Organismen und unbelebten natürlichen sowie anthropogenen Umweltfaktoren, die untereinander und mit ihrer Umgebung in energetischen, stofflichen und informatorischen Wechselwirkungen stehen“. Diese Definition impliziert Offenheit als Ökosystemeigenschaft. Dabei deutet die Interpretation der Beziehungen als Wechselwirkungen an, daß Ökosystem und Umgebung gleichzeitig als Einheit begriffen werden („the idea of unity between (biological or living) entity and its environment“ (HIGASHI/BURNS 1991: 2).

Diese Vorstellung von der Einheit von System und Umwelt veranlaßt andere Autoren, Organismen und Umwelt im Ökosystembegriff zu vereinen. So zum Beispiel wenn das Ökosystem als oberste Integrationsstufe ökologischer Gefüge betrachtet wird, in dem Organismen und Umwelt ein Ganzes bilden. Hierauf bezogen definiert RICKLEFS (1980: 669) Ökosystem als: „[a]ll the interacting parts of the physical and biological worlds“. Wenn Umwelt so als Bestandteil des Ökosystems aufgefaßt wird, muß dieses Ökosystem als geschlossen betrachtet werden. Ein anderes Beispiel für abgeschlossenen Ökosysteme ist die Betrach-

tung geschlossener Nahrungsketten und Stoffkreisläufe innerhalb der Systeme (vgl. z.B. TISCHLER 1993).

Geht man davon aus, daß ein System und damit auch ein Ökosystem dadurch zum System wird, da? bei der Betrachtung Elemente und Beziehungen zwischen den Elementen unterschieden werden, hängt die Antwort auf die Frage, ob ein Ökosystem offen oder abgeschlossen ist, allein davon ab, ob die betrachteten Elemente alle als Elemente des Ökosystems betrachtet werden oder ob sie zum Teil dem Ökosystem und zum Teil der Umwelt zugeordnet werden. Die gleichen Elemente und Beziehungen können also sowohl als offenes Ökosystem und Umwelt, als auch als geschlossenes Ökosystem betrachtet werden.

Wenn man allgemeine Kriterien für die Zuordnung von Elementen zur Umwelt formulieren möchte, bietet es sich an, Elemente dann zur Umwelt zu rechnen, wenn die Beziehungen als kausale Wirkbeziehungen betrachtet werden, und sie zum Ökosystem zu rechnen, wenn sie als Wechselwirkungen betrachtet werden (vgl. Kap. 4.5.2.3).

Die Subjektivität der Bestimmung von Ökosystem und ggf. Umwelt und die damit verbundene Offenheit oder Abgeschlossenheit des betrachteten Systems wird deutlich im Netzwerkkonzept („network perspective“) der Ökosystemmodellierung (vgl. z.B. HIGASHI/BURNS 1991). Das Netzwerk ist ein Modellkonzept „in which every entity appears to be part of the relative environment of the others“ (HIGASHI/BURNS 1991: 8).

6.4.3 Ökosystemeigenschaften und die Einflußfaktoren bei ihrer Konstruktion

Es lassen sich eine Vielzahl von Eigenschaften unterscheiden, die immer wieder mit Ökosystemen in Verbindung gebracht werden. Vor dem Hintergrund eines modellistischen Ökosystemverständnises sind diese Eigenschaften vor allem Systemeigenschaften im Sinne der Allgemeinen Systemtheorie und damit Modelleigenschaften und keine ontischen Eigenschaften, auch wenn sie im Rahmen objektbezogener Ökosystemauffassungen häufig als solche behandelt werden.

Für HAUHS/LANGE (1996) existieren sowohl epistemische, d.h. modellhafte Eigenschaften von Ökosystemen als auch ontische. Die epistemischen Eigenschaften sind diejenigen, welche von außen (Exoview) durch Beobachtung und Messung wahrgenommen werden können. Als ontische Eigenschaften bezeichnen sie innere Eigenschaften der Systeme, die durch den außenstehenden Beobachter nicht wahrnehmbar sind sondern eine innere Betrachtungsperspektive voraussetzen (Endoview). Vorausgesetzt, es ist für einen außenstehenden Beobachter grundsätzlich möglich, eine solche innere Betrachtungsperspektive einzunehmen, bleibt diese Perspektive doch eine subjektive und die erkannten Eigenschaften werden immer modellhafte Eigenschaften sein.

Je nach zugrundeliegender Systemauffassung und Ökologieauffassung werden aus den möglichen Eigenschaften bestimmte selektiert und in spezifischer Weise betont. Die festge-

stellten Ökosystemeigenschaften sind also vor allem abhängig von der Betrachtungsperspektive, dem damit verbundenen Theoriehintergrund sowie den sich hieraus ergebenden Analysemethoden. Die Eigenschaften werden festgestellt, weil die Wahrnehmung durch die bewußt oder unbewußt getroffenen Entscheidungen auf vorgelagerten Modellebenen von ihrer Existenz ausgegangen und gezielt nach ihnen gesucht wird.

Die relevanten Modellebenen sind zum einen das Systemdenken und die hierin enthaltenen unterschiedlichen Systemauffassungen und den diesen zuzuordnenden jeweils spezifischen Systemeigenschaften. Zum anderen sind es die ökologische Perspektive mit den in ihr enthaltenen unterschiedlichen Ökologieauffassungen und den damit verbundenen Eigenschaften ökologischer Forschungsgegenstände. Im wesentlichen lassen sich die Ökosystemeigenschaften aus diesen beiden Ebenen rekonstruieren. Zum Teil wirken aber auch direkte Einflüsse von den vorgelagerten Ebenen der Erkenntniskategorien und der Wissenschaftsauffassung auf die Ökosystemeigenschaften.

Bei der Vielfalt existierender Ökosystemauffassungen und damit verbundenen Konstruktionsanweisungen für Ökosysteme, ist es nicht verwunderlich, daß es bisher nicht gelungen ist, eine allgemein anerkannte Theorie über die Eigenschaften von Ökosystemen zu entwic??keln. Obwohl der Begriff Ökosystemtheorie schon seit mehr als 20 Jahren in einer Vielzahl von Lehrbüchern auftaucht, teilen nahezu alle Autoren die Auffassung, daß es die Ökosystemtheorie oder eine allgemeine Ökosystemtheorie bisher nicht gibt.

Die im Zusammenhang mit Ökosystemen immer wieder genannten charakteristischen Eigenschaften sind zum Beispiel:

- Dynamik (ODUM 1983, BICK 1989, TISCHLER 1993).
- Stabilität (GIGON 1983)
- Regulationsfähigkeit (BICK 1989)
- Pufferfähigkeit (STÖCKER 1979)
- Geschichtlichkeit (MESSERLI 1986, HAUHS/LANGE 1996)
- Hierarchie (O'NEILL et al. 1986, JØRGENSEN 1992, STRASKRABA/GNAUCK 1983)
- Selbstorganisation (ODUM 1983, MÜLLER/NIELSEN 1996, PRIGOGINE/STENGERS 1981)
- Ganzheitlichkeit (ODUM 1983, HABER 1978)

Beispielhaft sollen im folgenden die Eigenschaften Hierarchie und Selbstorganisation herausgriffen und vor dem Hintergrund der vorangestellten Modellebenen und der die Modellbildung bestimmenden Einflußfaktoren näher analysiert werden.

6.4.3.1 Beispiel: Hierarchische Struktur

Hierarchie wird als Eigenschaft in zweifacher Hinsicht mit Ökosystemen in Zusammenhang gebracht. Einerseits wird das Ökosystem als bestimmte Stufe im hierarchischen Integrationsstufenkonzept der biologischen Welt begriffen (vgl. z.B. HABER 1978), und andererseits - und das folgt teilweise unmittelbar aus dem ersten - wird die Auffassung vertreten, Ökosysteme hätten eine interne hierarchische Struktur und seien durch hierarchische Funktionsabläufe hierarchisch organisiert (vgl. z.B. STÖCKER 1979). Entsprechend wird mit Verweis auf O'NEILL et al. (1986) in neuerer Zeit häufiger darauf verwiesen, daß eigentlich von einer dualen Hierarchie ausgegangen werden sollte (vgl. z.B. JØRGENSEN 1992: 215). Auf der einen Seite die Stufenfolge ‚Organismus' – ‚Population' – ‚Lebensgemeinschaft' und auf der anderen Seite die Ebenen ‚Funktionale Einheit' – ‚Ökosystem' – ‚Biosphäre'.

Die Hierarchie oder Hierarchizität hat als Ökosystemeigenschaft inzwischen eine solche Bedeutung in der Ökosystemforschung erlangt, daß sie zur Grundlage hierarchischer Ökosystemtheorien („hierarchical theory of ecosystems") geworden ist (vgl. JØRGENSEN 1992, F. MÜLLER 1992, WIEGLEB 1996).

Betrachtet man die Ökosystemeigenschaft Hierarchie vor dem Hintergrund der aufgezeigten Modellebenen und möglichen Einflußfaktoren der Modellierung von Natur und Umwelt, lassen sich zwei Bereiche benennen, aus denen Vorstellungen hierarchischer Struktur oder Organisation auf das Ökosystemkonzept übertragen wurden.

a) Die Vorstellung vom hierarchischen Aufbau der biologischen Welt als Klassifikationsmodell zur Ordnung der Vielfalt des Lebens (vgl. Kap. 4.2.2).

b) Das hierarchische Systemkonzept als eine Auffassung des Systemdenkens, nach dem alle Elemente eines Systems wieder als Systeme oder Subsysteme aufgefaßt werden können (vgl. Kap. 4.4.4).

Auf der Grundlage des in der Regel als ontologische Eigenschaft begriffenen hierarchischen Stufenaufbaus der biologischen Welt wird das Ökosystem zu einer ontologischen Integrationsebene bzw. -stufe zwischen Zelle und Geosphäre oder Biosphäre (vgl. HABER 1978). Über das Hierarchiekonzept erfolgt damit die Einordnung von Ökosystemen in die „Stufenleiter des Lebens". Wird das Ökosystem selbst als methodisches Konzept oder Modellkonzept begriffen, lassen sich Ökosysteme verschiedener Integrationsstufen konstruieren. In diesem Sinne gehen LANGER et al. (1988: 4) davon aus, „daß das Betrachtungsobjekt der Ökologie Ökosysteme verschiedener Hierarchiestufen sind". In einem entgegengesetzten Sinne verstehen HAUHS/LANGE (1996: 99) Ökosysteme als eine spezifische Ebene in dem modellhaft als hierarchisch betrachteten komplexen Systemaufbau der Welt. „In der von uns postulierten hypothetischen Hierarchie komplexer Systeme bilden Ökosysteme nur eine von vielen Organisationsebenen."

Im anderen Fall wird der Forschungsgegenstand der Ökologie ausgehen von einem hierarchischen Systemkonzept als hierarchisch aufgebautes System abgebildet, das sich aus Teil-

systemen zusammensetzt. Das hierarchische Systemkonzept wird als spezifische Analysemethode auf die Forschungsgegenstände der Ökologie angewandt und führt zu hierarchisch organisierten Ökosystemen.[121] In diesem Sinne spricht GNAUCK (1995: 17) dann auch nicht von *dem* hierarchischen Aufbau von Ökosystemen, sondern von der „Verwendung hierarchischer Strukturen zur Ökosystemanalyse". WIEGLEB (1996: 17) bezeichnet die Hierarchietheorie entsprechend als Forschungsprogramm. Wie andere Systeme auch sind Hierarchien danach also zweckgebundene Abstraktionen, die dazu beitragen können, „beobachtete Phänomene der vom Menschen erfaßbaren Realität besser interpretieren zu können" (Tobias 1991: 762).

Das hierarchische Systemkonzept wird im Ökosystemkonzept so zum Beispiel in die hierarchische Grundstruktur aus Primärproduzenten, Konsumenten und Destruenten umgesetzt, die auch als Primärproduzenten-, Herbivoren-, Saprovoren-Teilsysteme betrachtet werden (vgl. STÖCKER 1979: 166). Neben dieser trophischen Hierarchie lassen sich je nach Bezugsaspekt der hierarchischen Systemmethode weitere Hierarchien im Zusammenhang mit dem Ökosystemkonzept unterscheiden. STRASKRABA/GNAUCK (1983: 20/21) nennen zum Beispiel noch die Hierarchie der Organisation und die Hierarchie der Steuerung. RIPL et al. (1997) setzen das hierarchische Systemkonzept in eine Hierarchisierung von Prozessen in Ökosystemen um und verstehen darunter die Ordnung der Unmenge von in der Natur vorkommenden Prozesse nach ihrer Bedeutung für das Gesamtsystem.

Die hierarchische Struktur von Ökosystemen wird als Hauptansatzpunkt zur Erklärung der Selbstorganisation herangezogen (vgl. MÜLLER/FRÄNZLE 1991). Als entscheidend werden hier die Beziehungen zwischen den hierarchischen Ebenen angesehen, wobei die höheren Ebenen Regulationsfunktionen (Constrains) für die darunterliegende übernehmen und dadurch ein Regulationssystem bzw. Constrains-System entsteht (JØRGENSEN 1992).

6.4.3.2 Beispiel: Selbstorganisation

Neben der hierarchischen Struktur wird die Fähigkeit zur Selbstorganisation und Selbstregulation immer wieder als eine spezifische Eigenschaft von Ökosystemen genannt (ODUM 1983, MÜLLER/FRÄNZLE 1991). „Ökosysteme sind (wie ihre Komponenten Populationen und Organismen) zur Selbsterhaltung und Selbstregulation fähig" (ODUM 1983: 47). Verbunden mit der Fähigkeit der Selbstorganisation und -regulation wird häufig die Eigenschaft der zielgerichteten Entwicklung von Ökosystemen (Sukzession zum Klimaxstadium) genannt (vgl. GLUCH 1977, MÜLLER/NIELSEN 1996).

Betrachtet man nun das Phänomen der Selbstorganisation, Sebstregulation und eng damit verbunden der zielgerichteten Entwicklung wieder vor dem Hintergrund der zuvor dargestellten relevanten Ebenen und Einflüsse bei der Modellierung von Natur und Umwelt, so

[121] Der Rückgriff auf das Hierarchische Systemkonzept als Analysemuster finden sich nicht nur in der Ökologie sondern z.B. auch in der Ökonomie (vgl. Mesarovic et al. 1970) oder Fertigungstechnik (vgl. ROPOHL 1975).

lassen sich wesentlich Einflußbereiche angeben, aus denen sich die Eigenschaft rekonstruieren läßt:

a) Die Kategorie der teleologischen Zweck-Mittel-Beziehungen (vgl. Kap. 4.2.7 u. 4.5.2.3.3)

b) Die Kategorie der Wechselwirkungen (vgl. Kap. 4.2.6.2)

c) Das Organismuskonzept als spezifische Form ganzheitlichen Denkens (vgl. Kap. 4.4.2)

d) Das reduktionistische Systemkonzept mit dem Bestreben ganzheitliche Erscheinungen auf Physik zu reduzieren (vgl. Kap. 4.4.4.4).

Das Phänomen der Selbstorganisation ist nicht allein an lebende Organismen oder von lebenden Organismen bestimmte Systeme gebunden. Vor allem aus der Physik und hier insbesondere der Thermodynamik gibt es eine Vielzahl von Ansätzen, Selbstorganisation, Selbstregulation und zielgerichtete Entwicklungen abzubilden und zu analysieren, die zum Teil bis ins 18. Jahrhundert zurückgehen. Nahezu alle Ansätze charakterisieren Selbstorganisation als irreversiblen Prozeß, bei dem durch das kooperative Verhalten von Systemkomponenten eine spezifisch geordnete, komplexe Struktur oder Prozeßfolge entsteht (HEDRICH 1994).

Die Betrachtung von Selbstorganisation als Eigenschaft von Ökosystemen ist eng verbunden mit der Entwicklung der Nichtgleichgewichtsthermodynamik dissipativer Strukturen durch PRIGOGINE (1947). Durch die Erweiterung des 2. Hauptsatz der Gleichgewichtsthermodynamik auf Nichtgleichgewichtszustände gelangt er zur Beschreibung irreversibler Prozesse entsprechend dem von ihm entwickelten ‚Theorem der minimalen Entropieproduktion' (vgl. PRIGOGINE 1985, PRGOGINE/STENGERS 1981).

„Das Phänomen der Selbstorganisation bzw. Selbststrukturierung erscheint aus dem Blickwinkel der Nichtgleichgewichtsthermodynamik als hochgradig nichtlinearer, irreversibler, makroskopischer Prozeß, der durch die kohärente Kooperation einer sehr großen Zahl von mikroskopischen Systemkomponenten unter dem Einfluß stochastischer Fluktuationen zu komplexen Strukturen führt" (HEDRICH 1994: 119). Diese auf physikalische Systeme bezogene Aussage wäre ohne größere Schwierigkeiten auch auf ökologische Systeme übertragbar, ohne daß mit größerem Widerspruch zu rechnen wäre.

Folglich werden auch gerichtete Veränderungen von Ökosystemen als dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik entsprechend betrachtet (MÜLLER/NIELSEN 1996). „Ecosystems generate entropy" (JØRGENSEN 1992: 131). Die Vitalkräfte (Entelechie) der Vitalisten als Erklärung für gerichtete Entwicklung in ganzheitlichen organismischen Ökosystemen werden ersetzt durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und damit durch kausale Wirkbeziehungen und Wechselwirkungen. Der kybernetische Regelkreis wird so zum wichtigen Konstruktionselement von Ökosystemen.

Dieses macht deutlich, daß mit der Übertragung von Prinzipien der Thermodynamik auf Ökosysteme nicht nachgewiesen wird, daß Ökosysteme selbstorganisierend sind, sondern

daß sich allenfalls selbstorganisierende Prozesse in Ökosystemen in der Form geschlossener Regelkreise abbilden lassen.

6.5 Das Ökosystemkonzept zwischen Wissenschaft und Planung

Hauptanwendungsbereich des Modellkonzeptes Ökosystem ist zweifelsohne die Ökosystemforschung, das heißt die an das Ökosystem als Modellbildungsstrategie gebundene wissenschaftliche Erklärung und theoretische Prognose ökologischer Zusammenhänge. „Niemand wird bestreiten, daß ein hervorragendes Ziel der Forschung sein muß, quantitative Gesetzmäßigkeiten in irgendeiner abstrakten Form darzustellen, die es uns ermöglichen, Erscheinungen im Ökosystem in Zeit und Raum vorauszuberechnen (LIETH 1990: 373). Ein wesentliches Mittel hierzu besteht darin, die Parameter und Mechanismen der Ökosysteme zu erfassen und in mathematisch-kybernetischen Modellen abzubilden (GLUCH 1977). Dahinter steckt – wie bei aller empirisch-analytischen Wissenschaft – letztlich die Intention, die Ökosysteme oder einzelne Prozesse praktisch zu steuern und damit beherrschbar zu machen.

Vor diesem Hintergrund wird mehr und mehr der Anspruch erhoben, das Ökosystemkonzept als Modellbildungsstrategie (in der ganzen Fülle seiner Auffassungen) auch direkt zur Grundlage planerischer, das heißt handlungsbezogener Entscheidungen zu machen (vgl. z.B. die Ziele der Ökosystemforschung des Projektzentrums Ökosystemforschung der Uni Kiel, http://pz-oekosys.uni-kiel.de). So sieht zum Beispiel auch HABER (1978: 80) seit den frühen 70er Jahren eine Verstärkung der Bemühungen, das „Konzept des Ökosystems ... zur Grundlage der Nutzung, Entwicklung und Gestaltung des menschlichen Lebensraumes zu machen“.

Das bedeutet, daß das Ökosystemkonzept im Anwendungsbereich der Planung und Entscheidung als Schema für die Konstruktion von Sachmodellen dient, die zu handlungsorientierten Prognosen und Bewertungen herangezogen werden. Ökosystemare Modelle von Natur und Umwelt müssen folglich einerseits in Bezug zu möglichen, das heißt auszuwählenden Handlungen stehen und andererseits in Bezug zu entscheidungsrelevanten Wertmaßstäben.

Aus den beiden Anwendungsfeldern Wissenschaft und Planung ergeben sich also unterschiedliche Anforderungen an die ökosystemare Modellierung. Aus diesem Grunde wird ein konkretes Ökosystemmodell in den seltensten Fällen in gleicher Weise für beide Zwecke geeignet sein. Das bedeutet, es sind für Forschung und Planung jeweils spezifische Ökosysteme zu konstruieren.

Die Bedeutung des Modellzwecks für die Art der Modellbildung wird grundsätzlich auch von HAUHS/LANGE (1996) gesehen. Sie sprechen von einer „Nutzungssicht“ und einer „wissenschaftlichen Sicht“ auf Ökosysteme und kommen zu der Feststellung, daß bei gleichem Objekt unterschiedliche Zwecke der Modellbildung zu unterschiedlichen Modellen führen, die sie verschiedenen Modellklassen zuordnen. „Erstens die Beschreibung von Ökosystemen im

Rahmen einer menschlichen Nutzungstechnologie (Landwirtschaft und Forstwirtschaft oder Naturschutz) und zweitens die Beschreibung von Ökosystemen im Rahmen einer wissenschaftlichen Analyse“ (HAUHS/LANGE 1996: 55).

Vor diesem Hintergrund sehen HAUHS et al. (1996) das Ende einer Ära der naiven Ökosystemmodellierung, die hoffte, durch die Kopplung von Teilmodellen einzelner ökologischer Prozesse und Simulationen von Subsystemen das „reale Ökosystem“ irgendwann als „Ganzes“ „richtig“ und „vollständig“ abzubilden und damit in der Lage zu sein, alle Reaktionen auf Einwirkungen von außen vorhersagen zu können.

Will man die Planungs- und Entscheidungsrelevanz ökologischer Forschung und Modellbildung wirklich erhöhen, wie dieses von Seiten der die Ökosystemforschung betreibenden Wissenschaftlern und sie fördernden Institutionen immer wieder betont wird (vgl. z.B. ZÖLITZ-MÖLLER 1994), geht dieses nur, wenn von ontologischen Ökosystemauffassungen Abstand genommen wird und das Ökosystem ausschließlich als zweckbezogenes Modell aufgefaßt wird. Ein Bewußtsein notwendiger Perspektivität aller ökologischen Wahrnehmung, Erkenntnis und damit auch Modellbildung ist die Voraussetzung dafür, daß der Konstruktionsvorgang des Ökosystems bewußt als solcher wahrgenommen werden kann. Nur dann kann der Anwendungsbereich Planung und mit ihm der Modellzweck Bewertung als Leitschnur der Modellkonstruktion wirksam werden und die Festlegung der Ökosystemkomponenten und Eigenschaften bestimmen.

Man kann nur dann erwarten, daß die Ergebnisse der ökologischen Forschung in politisches Handeln oder in Umweltplanung einfließen, wenn bereits die ökologische Forschung und damit vor allem die ökologische Modellbildung handlungsorientiert, das heißt am Modellzweck Handlung und damit Entscheidung ausgerichtet ist und nicht allein am Modellzweck Erkenntnisgewinn bzw. Erklärung.

Das Ökosystemkonzept ist sowohl offen für wissenschaftliche Ekenntnisgewinnung wie auch für planerische Entscheidung. Dieses bedeutet aber nicht, daß ein und dasselbe konkret konstruierte Ökosystem für beide Anwendungen gleichermaßen einsetzbar ist. Vielmehr müssen die konkreten Ökosysteme gesondert für Forschung und Planung konstruiert werden, um den unterschiedlichen Anforderungen optimal gerecht werden zu können.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage der Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt im Kontext von umwelt- und landschaftsplanerischen Anwendungen und behandelt damit einen ganz wesentlichen Schritt im Planungsprozeß.

In der Umwelt- und Landschaftsplanung ist die Frage, wie Natur und Umwelt „richtig“ oder „angemessen“ zu erfassen sind, nach wie vor weder allgemeingültig befriedigend beantwortet, noch existieren anerkannte und erprobte Verfahrensweisen, wie diese Frage im Einzelfall unter den an der Planung Beteiligten zu klären ist.

Hieraus ergeben sich erhebliche Probleme u. a. bei der Festlegung von methodischen Konventionen bezüglich der Erfassung, Prognose und Bewertung von Natur und Umwelt innerhalb einzelner Planungsverfahren wie beispielsweise für die Eingriffsregelung. Dieses führt dazu, daß die inzwischen unbestritten als notwendig erachtete Harmonisierung und Standardisierung der Methoden und Verfahren bis heute nicht im gewünschten Maße erreicht wurde.

Die im Rahmen der Umwelt- und Landschaftsplanung erforderliche Zusammenarbeit verschiedener naturwissenschaftlicher Fachrichtungen und nutzungsbezogener Interessen hat zur Folge, daß Natur und Umwelt im konkreten Planungsprozeß aus verschiedenen wissenschaftlichen und nutzungsbezogenen ‚Blickrichtungen‘ betrachtet werden und dadurch bedingt verschiedenen Vorstellungen oder Bilder des Planungsgegenstandes aufeinandertreffen. Dieses wiederum führt zu unterschiedlichen Auffassungen darüber, wie der Planungsgegenstand ‚richtig‘ zu erfassen sei.

In der Arbeit wurde versucht, diese unterschiedlichen Blickrichtungen und die daraus resultierenden Auffassungen von Natur und Umwelt an der Schnittstelle zwischen Naturwissenschaft und Umweltplanung systematisch herauszuarbeiten und transparent zu machen. Dabei lagt der Schwerpunkt der Analyse eindeutig bei den naturwissenschaftlichen Auffassungen.

Theoretische Basis der Analyse ist die Allgemeine Modelltheorie Stachowiaks, nach der letztlich alle Wahrnehmung und Erkenntnis als modellhaft aufgefaßt werden kann. Auch die Objekte ökologischer Forschung und Planung können danach immer nur als Modelle wahrgenommen werden, das heißt, sie sind im Prinzip genau wie zum Beispiel mathematische Modelle immer bereits verkürzte Abbildungen eines Gegenstandsbereiches, die durch eine Vielzahl möglicher Perspektiven der Wahrnehmung und Erkenntnis bestimmt sind.

Vor dem Hintergrund der Allgemeinen Modelltheorie wird die Wahrnehmung und Erfassung von Natur und Umwelt als Modellbildungsprozeß interpretiert und die im Planungsprozeß aufeinandertreffenden Blickrichtungen entsprechend als unterschiedliche Modelle, Modellbildungsstrategien oder Modellkonzepte.

Der Allgemeinen Modelltheorie folgend ist Abbildung oder Wahrnehmung von Natur und Umwelt immer subjektabhängig und verkürzend. Das gilt nicht nur für das der Planung zugrundeliegende Modell, sondern bereits für das dem Modell zugrundeliegende Original oder - wenn man so will – für das „reale Objekt“. Die Subjektabhängigkeit wirkt auf zweifache Weise auf die Modellbildung ein: Zum einen bestimmt das Subjekt mit seinen individuellen Vorerfahrungen, seinem theoretischen Hintergrund, seiner Sozialisation innerhalb seiner Forschungsdisziplin mit ihrer spezifischen Perspektive die Wahrnehmung und die Konstruktion des Originals. Zum anderen wird durch das Subjekt der spezifische Zweck der Modellbildung bestimmt.

Das bedeutet, Natur und Umwelt ist einerseits eine Konstruktion bzw. ein Modell der Naturwissenschaft und andererseits ein Modell der Naturnutzung und Planung. Aber nicht nur naturwissenschaftliche Forschung und Planung bzw. Nutzung arbeiten mit unterschiedlichen Modellen, sondern auch *innerhalb* der einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen lassen sich vielfach ganz unterschiedliche Modellkonzepte des scheinbar gleichen Gegenstandes Natur und Umwelt unterscheiden, ohne daß den Vertretern ihre spezifische Modellierung des Gegenstandes immer bewußt zu sein scheint. Allein innerhalb der naturwissenschaftlichen Modellbildung unter dem Dach der „Ökologie“, derer man sich in der Umweltplanung vornehmlich bedient, gibt es eine so große Vielfalt von Modellperspektiven, aus denen der Planungsgegenstand Naturhaushalt betrachtet und abgebildet wird, daß die im konkreten Planungsprozeß zur Diskussion stehenden Modelle häufig bereits von ganz unterschiedlichen Verständnissen der ihnen zugrundeliegenden Objekte bzw. Originale ausgehen.

Vor diesem Hintergrund ist es – bedingt durch die Vielzahl der an der Analyse und Planung von Natur und Umwelt Beteiligten – nicht mehr verwunderlich, daß es zu unterschiedlichen Auffassungen hinsichtlich der „richtigen“ Wahrnehmung und daraus abgeleitet Abbildung und schließlich Erfassung von Natur und Umwelt kommt. In der Mißachtung der Modellhaftigkeit und Perspektivität der Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt liegt damit eine wesentliche Ursache für die großen Schwierigkeiten, sich in der Umweltplanung auf eine jeweils angemessene Abbildung von Natur und Umwelt im Planungsprozeß zu verständigen bzw. sich überhaupt über den Gegenstand zu verständigen.

Voraussetzung für eine erfolgreiche inter- und innerdisziplinäre Verständigung über eine dem jeweiligen Planungsproblem angemessene Modellierung von Natur und Umwelt ist zunächst das Bewußtsein für die Vielfalt der möglichen Perspektiven der Modellbildung zu stärken und dadurch die gegenseitige Akzeptanz der unterschiedlichen Modellbildungsstrategien zu fördern. Daher muß es vor allem gelingen, die Unterschiede in den verschiedenen Modellperspektiven deutlich zu machen und die Berechtigung der Vielfalt von Ansätzen aufzuzeigen.

Für den notwendigen Verständigungsprozeß über die grundlegenden Modelle von Natur und Umwelt bedeutet dies, daß sich die Analyse und Beurteilung nicht allein auf die Modelle im engen Sinne, das heißt die mathematischen und computergestützten Abbildungen, beschränken darf, sondern die vorgeschalteten perspektivischen Verkürzungen mit in die

Analyse einbeziehen muß. Es muß also zunächst bestimmt werden, **wovon** etwas Modell ist, das heißt, das ‚Original' muß genauer analysiert werden.

Die Arbeit zielt vor allem auf diese Objekt- bzw. Originalebene der Modellierung von Natur und Umwelt und liefert einen theoretischen Ansatz, mit dessen Hilfe die unterschiedlichen Perspektiven der ökologischen Modellbildung rekonstruiert und die verschiedenen ökologischen Modellkonzepte systematisch analysiert werden können. Der Ansatz eröffnet damit die Möglichkeit einer systematischen Aufbereitung der ökologischen Modellkonzepte und bietet so die Voraussetzung für die Beurteilung der Modelle hinsichtlich ihrer planerischen Verwendbarkeit.

Als Ergebnis schafft die Arbeit wesentliche Voraussetzungen für einen systematischeren und damit effektiveren Dialog über die angemessene Modellierung von Natur und Umwelt im Zusammenhang mit konkreten umweltplanerischen Fragestellungen:

1. Sie fördert das Bewußtsein für die Modellhaftigkeit aller Wahrnehmung und damit für die eingeschränkte Gültigkeit der eigenen Wahrnehmung und Modellbildung.
2. Sie liefert einen systematischen Überblick über die Vielfalt der die Modellierung von Natur und Umwelt bestimmenden Einflußfaktoren, insbesondere innerhalb der Ökologie und schafft damit eine strukturierte Plattform für den Dialog.
3. Sie stellt den Modellzweck als entscheidendes Kriterium für die Beurteilung der Eignung von Modellen heraus, liefert also einen Schlüssel zur Erklärung der Unterschiedlichkeit der Modellbildung in Wissenschaft und Planung und legt damit den Grundstein für eine Verfahrensweise zur Konstruktion bzw. Auswahl angemessener Modelle.

zu 1)

Abgeleitet aus verschiedenen im weitesten Sinne konstruktivistischen Positionen zur Wahrnehmung und Erkenntnis insbesondere von Natur sowie dem Modellkonzept der Erkenntnis von Stachowiak wird deutlich gemacht, daß alle Wahrnehmung und Erkenntnis von Natur und Umwelt Modellcharakter hat und keine absolute Erkenntnis darstellt.

Die Analyse des Ökosystemkonzeptes, das zur Zeit wohl bedeutendste Beispiel für ein im Zusammenhang mit der Umweltplanung relevantes Modellkonzept, zeigt deutlich, daß innerhalb der ökologischen Forschung das Bewußtsein für die Modellhaftigkeit des Forschungsobjektes Ökosystem unter theoretisch arbeitenden Ökologen zwar zum Teil deutlich wird, die Mehrheit aber vom realen Objekt Ökosystem ausgeht. Die damit verbundene Suche nach der absoluten Wahrheit in der realen Welt und die Vorstellung von der eigenen Perspektive als der einzig möglichen ist eines der bedeutendsten Hindernisse für einen konstruktiven Diskurs über die angemessene Modellbildung, nicht zuletzt auch zwischen Naturwissenschaft und Planung.

Aber auch die Vertreter der Ökosystemforschung und theoretischen Ökologie, die das Ökosystemkonzept bewußt als Modellkonzept behandeln, haben bisher kaum die erkenntnis-

und wissenschaftstheoretischen Einflußfaktoren analysiert. Die Vielfalt der existierenden Ökosystemkonzepte kann deshalb nicht systematisch rekonstruiert werden – ein strukturierter Diskurs über das im Einzelfall angemessene Konzept bleibt aus.

zu 2)

Die Arbeit liefert zunächst einen systematischen Überblick über die die ökologische Modellbildung bestimmenden erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Perspektiven und Einflüsse. Dieser Überblick bildet die Grundlage zur Entwicklung einer pragmatischen Methodik, mit deren Hilfe eine ideengeschichtliche und wissenschaftstheoretische Einordnung ökologischer Forschungsperspektiven und ökosystembezogener Modellkonzepte im Umfeld ökologische Planung geleistet werden kann. Diese systematische Einordnung von Modellkonzepten der Ökologie bietet die Voraussetzung für einen fundierten Diskurs über die Angemessenheit, das heißt vor allem die Planungs- und damit Entscheidungsrelevanz ökologischer Modelle.

Die naturwissenschaftliche Modellierung von Natur und Umwelt wird bestimmt durch:

- die Erkenntniskategorien Substanz, Raum, Form, Zeit, Relation und Zweck;
- die idiographische und die nomothetische Wissenschaftsauffassung;
- die Forschungsstrategien Holismus, Reduktionismus und Systemdenken;
- die ökologische Modellperspektive in ihren verschiedenen Varianten.

Die Analyse des Ökosystemkonzeptes und seiner Varianten und Auffassungen vor dem Hintergrund der für die Modellierung von Natur und Umwelt als relevant erkannten Einflußfaktoren macht deutlich, von welchen Grundvoraussetzungen jeweils ausgegangen wird und wo die spezifischen Schwerpunktsetzungen liegen.

zu 3)

Der Allgemeinen Modelltheorie folgend sind Modelle nicht nur Abbildungen von etwas, sondern auch Abbildungen zu einem bestimmten Zweck. Eine Beurteilung von Modellen und Modellkonzepten hat sich danach vor allem an der Frage zu orientieren, **wozu** etwas Modell ist, das heißt den Zweck der Modellbildung zu berücksichtigen. Nicht die möglichst genaue Übereinstimmung mit dem Original oder sogar mit dem „realen Objekt“ ist das entscheidende Kriterium für die Konstruktion oder Auswahl von Modellen, sondern dessen Zweckmäßigkeit. Die jeweilige Auffassung vom Zweck der Modellbildung bestimmt entscheidend die Art der Modellbildung.

Anhand der Analyse der im Zusammenhang mit Umweltforschung und Umweltplanung relevanten Modellzwecke Beschreibung, Erklärung, Prognose, Bewertung sowie ihrer Implikationen hinsichtlich der Modellierung von Natur und Umwelt wird die Unterschiedlichkeit der Fragestellung ökologischer und planerischer Modellbildung deutlich gemacht. Da bei wissen-

schaftlichen Modellen der Zweck der kausalen Erklärung im Vordergrund steht und für die Modellkonstruktion bestimmend ist, sind sie für Zwecke der planerischen Steuerung von Nutzung und der damit verbundenen Bewertung und Entscheidung nicht automatisch geeignet.

Modelle, die den Zweck erfüllen sollen, Sachverhalte zu erklären, müssen das abbilden, was - in der Regel kausal - erklärt werden kann, wofür allgemeingültige Gesetze vorliegen. Modelle dagegen, die den Zweck erfüllen sollen, als Planungsgrundlage zu dienen, müssen das abbilden, was entscheidungsrelevant ist, das heißt, das, für das gesellschaftlich legitimierte Normen als Wertmaßstäbe vorhanden sind. Für den Bereich der Umweltplanung ergeben sich diese Wertmaßstäbe aus den spezifischen Aufgaben und Zielen der verschiedenen umweltplanerischen Instrumente, wie sie insbesondere aus deren gesetzlichen Grundlagen und damit aus den allgemeinen Wertsetzungen einer Gesellschaft abzuleiten sind.

Für eine fundierte Beurteilung ökologischer Modelle bezüglich ihrer Planungsverwendbarkeit ist der Modellzweck Bewertung hinsichtlich der spezifischen Anforderungen einzelner Planungsinstrumente zu konkretisieren. Bisher jedoch sind diese Wertmaßstäbe zu wenig hinsichtlich ihrer Anforderungen an die Modellbildung operationalisiert, als daß aus ihnen direkt Maßstäbe für die Modellierung des Naturhaushaltes abzuleiten wären. Hier sind noch erhebliche Anstrengungen zu leisten, die den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden.

Diese Anstrengungen gilt es auszurichten auf einen Transformationsprozeß, in dem die sich aus den gesetzlich formulierten Planungsinstrumenten ergebenden Anforderungen an die Modellierung von Natur und Umwelt so zu operationalisieren sind, daß sie in einen interdisziplinären Diskurs mit der ökologischen Forschung eingebracht werden können. Die hierfür erforderliche Analyse der Anforderungen muß sowohl die hinter den Instrumenten wie z.B. der UVP, der Eingriffsregelung oder der Landschaftsplanung steckenden unterschiedlichen theoretischen Grundperspektiven der Naturwahrnehmung und -abbildung als auch die praktische Anwendung der Instrumente umfassen.

Literaturverzeichnis

Adam, A. ; Helten, E. ; Scholl, F. (1970): Kybernetische Modelle und Methoden : Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. - Köln ; Opladen

Albert, H. (1971): Modell-Platonismus : Der neoklassische Stil des ökonomischen Denkens in kritischer Beleuchtung. In: Topitsch, E. (Hrsg.): Logik der Sozialwissenschaften. - 7. Aufl., S. 406-434. - Köln ; Berlin

Albert, H. (1991): Traktat über kritische Vernunft. - 5., verb. u. erw. Aufl.. - Tübingen

Albert, H. (Hrsg.) (1972): Theorie und Realität : Ausgewählte Aufsätze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften. - 2., veränd. Aufl.. - Tübingen

Alechin, W.W. (1925): Ist die Pflanzenassoziation eine Abstraktion oder eine Realität?. In: Bot. Jb. Syst., Bd. 60.

Allen, T.F.H. ; Starr, T.B. (1982): Hierarchy: Perspectives for ecological complexity. - Chicago

Allen, T.F.H. ; Hoekstra, T.W. (1992): Toward a unified ecology. - Columbia

Ashby, W.R. (1974): Einführung in die Kybernetik. - Frankfurt a. M.

Aurada, K.D. (1982): Zur Anwendung des systemtheoretischen Kalküls in der Geographie. In: Petermanns Geogr. Mitt., Jg. 126, H. 4, S. 241-249.

Baacke, C. (1985): Die 6-12jährigen. - München

Bamberg, G. ; Baur, F. (1982): Statistik. - 2., überarb. Aufl.. - München ; Wien

Barrows, H.H. (1923): Geography as human ecology. In: Ann. Ass. Amer. Geogr. 13: 1-14.

Barthelmeß, A. (Hrsg.) (1972-1981): Problemgeschichte von Naturschutz, Landschaftspflege und Humanökologie. - Freiburg ; München

Baumann, W. (1955): Das Problem der Finalität im Organischen bei Nicolai Hartmann. - Meisenheim am Glan

Bechmann, A. (1978): Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung. - Bern ; Stuttgart

Bechmann, A. (1981): Grundlagen der Planungstheorie und Planungsmethodik : Eine Darstellung mit Beispielen aus dem Arbeitsfeld der Landschaftsplanung. - Bern ; Stuttgart

Bechmann, A. (1988): Grundlagen der Bewertung von Umweltauswirkungen. In: Storm, P.Ch. ; Bunge, Th. (Hrsg.): Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HdUVP). - 1. Lfg. IX/88, Rdn. 3510, Sp. 1-23. - Berlin

Bechmann, A. (1989): Bewertungsverfahren - der handlungsbezogene Kern von Umweltverträglichkeitsprüfungen. In: Hübler, K.H. ; Otto-Zimmermann, K. (Hrsg.): Bewertung der Umweltverträglichkeit : Bewertungsmaßstäbe und Bewertungsverfahren für die Umweltverträglichkeitsprüfung, S. 84-103. - Taunusstein

Beckner, M. (1974): Reduction, hierarchies and organisms. In: Ayala, F.J. ; Dobzhansky, T. (eds.): Studies in the philosophy of biology : Reduction and related problems, p. 163-177. - Berkeley, CA ; Los Angeles

Bensch, M. (1995): Die "Blut und Boden"-Ideologie : Ein dritter Weg der Moderne. - Berlin ; München

Bernal, J.D. (1970): Wissenschaft : Science in history. Band 4: Die Gesellschaftswissenschaften. - Reinbek b. Hambg.

Bernard, D. ; Kötzle, M. (1991): Interne und externe Faktoren der Entwicklung interdisziplinärer Wissenschaftsbereiche - Mit einer Einführung in die allgemeine Wissenschaftstheorie und einer Darstellung des Fallbeispiels Fachbereich 14. In: Eisel, U. ; Schultz, S. (Hrsg.): Geschichte und Struktur der Landschaftsplanung. - Nachdr. 1995, S. 280-359. - Berlin

Bertalanffy, L.v. (1937): Das Gefüge des Lebens. - Leibzig ; Berlin

Bertalanffy, L.v. (1949): Das biologische Weltbild. Erster Band: Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft. - Bern

Bertalanffy, L.v. (1949): Zu einer allgemeinen Systemlehre. In: Biologia Generalis, Bd. 19, Nr. 1, S. 114-129.

Bertalanffy, L.v. (1960): Problems of life. - New York

Bertalanffy, L.v. (1965): Zur Geschichte theoretischer Modelle in der Biologie. In: Studium Generale, Jg. 18, H. 5, S. 290-298.

Bertalanffy, L.v. (1969): General system theory : Foundations, development, applications. - New York

Bick, H. (1989): Ökologie : Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte. - Stuttgart ; New York

Bobek, H. ; Schmithüsen, J. (1949): Die Landschaft im logischen System der Geographie. In: Erdkunde, Jg. 3, H. 2/3, S. 112-120.

Bobek, H. (1957): Gedanken über das logische System der Geographie. In: Mitt. d. Geogr. Ges. Wien, Bd. 99, S. 122-145.

Bodzenta, E. (1964): Bemerkungen über Entwicklung und Probleme der Sozialökologie. In: Beiträge zur Raumforschung : Festschrift für H. Bobek zum 60. Geburtstag, S. 21-40. - Wien

Bohle, H.W. (1995): Limnische Systeme. - Berlin [u.a.]

Bonhoeffer, K.F. (1948): Über physikalisch-chemische Modelle von Lebensvorgängen. In: Studium Generale, Jg. 1, H. 3, S. 137-143.

Bornkamm, R. (1971): Grundprinzipien der Ökologie. In: Math. naturw. Unterr., Jg. 24, Nr. 8, S. 467-472.

Bossel, H. (1990): Umweltwissen - Daten, Fakten, Zusammenhänge. - Heidelberg [u.a.]

Bossel, H. (1992): Modellbildung und Simulation : Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. - Braunschweig ; Wiesbaden

Breckling, B. ; Ekschmitt, K. ; Mathes, K. ; Weidemann, G. (1991): Realität und Abstraktion : Konzepte der Modellierung ökologischer Fragestellungen. In: Verh. d. Ges. f. Ökol. (Freising-Weihenstephan 1990), Bd. 20/2, S. 787-814.

Breckling, B. ; Mathes, K. (1991): Systemmodelle in der Ökologie: Individuen-orientierte und Kompartiment-bezogene Simulation, Anwendungen und Kritik. In: Verh. d. Ges. f. Ökol. (Osnabrück 1989), Bd. XIX/III, S. 635-645.

Breckling, B. ; Windhorst, W. (1996): Zur Bedeutung der Systemtheorie in der Forschungskonzeption des Projektzentrums Ökosystemforschung (Kiel). In: Mathes, K. ; Breckling, B. ; Ekschmitt, K.: Systemtheorie in der Ökologie : Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie: Zur Entwicklung und aktuellen Bedeutung der Systemtheorie in der Ökologie, Schloss Rauischholzhausen im März 1996, S. 73-79. - Landsberg

Breckling, B. ; Umbach, E. (1996): Konzepte, geschichtliche Entwicklung und wissenschaftstheoretische Hintergründe der Systemtheorie: Einführung. In: Mathes, K. ; Breckling, B. ; Ekschmitt, K.: Systemtheorie in der Ökologie : Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie: Zur Entwicklung und aktuellen Bedeutung der Systemtheorie in der Ökologie, Schloss Rauischholzhausen im März 1996, S. 3-6. - Landsberg

Brodbeck, M. (1959): Models, meaning and theories. In: Gross, Llewellyn (Hrsg.): Symposium on sociological theory. - New York

Bröring, U. ; Wiegleb, G. (1990): Wissenschaftlicher Naturschutz oder ökologische Grundlagenforschung?. In: Nat. u. Landsch., Jg. 65, H. 6, S. 283-292.

Buddensiek, W. ; Kaiser, F.J. ; Kaminski, H. ; Wittekind, H. (Hrsg.) (1979-): Unterrichtsmodelle zur Arbeits- und Wirtschaftslehre und zur Politischen Bildung. - Bad Heilbrunn/Obb.

Bürschel, W. (1990): Zum Begriff modernen ganzheitlichen Denkens : Studie zur Systemtheorie Luhmanns. - Frankfurt

Bunge, M. (1967): Scientific research. Vol. 1: The search for system. - New York [u.a.]

Carol, H. (1956): Zur Diskussion um Landschaft und Geographie. In: Storkebaum, W. (Hrsg.) (1975): Zum Gegenstand und zur Methode der Geographie. - 2., unveränd. Aufl., S. 475-514. - Darmstadt

Clements, F.E. (1936): Nature and structure of the climax. In: Ecology 24: 252-284.

Czayka, L. (1974): Systemwissenschaft : Eine kritische Darstellung mit Illustrationsbeispielen aus den Wirtschaftswissenschaften. - Pullach b. München

Dahl, F. (1908): Grundsätze und Grundbegriffe der biocönotischen Forschung. In: Zool. Anz., Jg. 33, S. 349-353.

Dale, M.B. (1970): Systems analysis and ecology. In: Ecology 51: 2-16.

Dampier, W.C. (1952): Geschichte der Naturwissenschaft in ihrer Beziehung zu Philosophie und Weltanschauung. - Wien ; Stuttgart

Deutscher Verb. f. Wasserwirtsch. u. Kulturbau e.V. (DVWK) (Hrsg.) (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. - Hamburg ; Berlin

Dietrich, G. ; Stöcker, F.W. (Hrsg.) (1980): Fachlexikon ABC Biologie : Ein alphabetisches Nachschlagewerk für Wissenschaftler und Naturfreunde. - Nachdr. d. 3., verb. Aufl.. - Thun ; Frankfurt/M.

Dingler, H. (1969): Die Ergreifung des Wirklichen. - Frankfurt

Dinnebier, A. (1989): Naturbild - Naturverständnis - Naturbegriff. In: Hammermann, W. ; Kluge, T. (Hrsg.): In Zukunft : Berichte über den Wandel des Fortschritts, S. 136-152. - Reinbek

Driesch, H. (1931): Das Wesen des Organismus. In: Driesch, H. ; Woltereck, H. (Hrsg.): Das Lebensproblem, S. 385-450. - Leipzig

Durwen, K.J. (1991): Zum Informationsbedarf der Landschaftsplanung. In: Nat. u. Landsch., Jg. 66, H. 2, S. 104-106.

Eckebrecht, B. (1996): Das Naturraumpotential : Zur Rekonstruktion einer geographischen Fachprogrammatik in der Landschaftsplanung. - Berlin ; München

Eichhorn, W. (1972): Die Begriffe Modell und Theorie in der Wirtschaftswissenschaft. In: Wirtsch.-Wiss. Studium, H. 7, S. 281 ff. (Tl. 1) ; H. 8, S. 335 ff. (Tl. 2).

Eisel, U. (1981): Zum Paradigmenwechsel in der Geographie. In: Geographica Helvetica, Jg. 36, H. 4, S. 176-190.

Eisel, U. (1992): Über den Umgang mit dem Unmöglichen : Ein Erfahrungsbericht über Interdisziplinarität im Studiengang Landschaftsplanung. In: Das Gartenamt, Jg. 41, H. 9, S. 593-605 (Tl. 1) ; H. 10, S. 710-719 (Tl. 2).

Ekschmitt, K. ; Breckling, B. ; Mathes, K. (1996): Unsicherheit und Ungewißheit bei der Erfassung und Prognose von Ökosystementwicklungen. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. 26, S. 495-500.

Ellenberg, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht. - 3. Aufl.. - Stuttgart

Ellenberg, H. ; Mayer, R. ; Schauermann, J. (Hrsg.) (1986): Ökosystemforschung : Ergebnisse des Sollingprojekts 1966-1986. - Stuttgart

Ellenberg, H. (Hrsg.) (1973): Ökosystemforschung : Ergebnisse von Symposien der Deutschen Botanischen Gesellschaft und der Gesellschaft für Angewandte Botanik in Innsbruck, Juli 1971. - Berlin [u.a.]

Endlich, B. (Hrsg.) (1985): Der Organismus der Erde - Grundlagen einer neuen Ökologie. - Stuttgart

Flaschka, H.F. (1976): Modell, Modelltheorie und Formen der Modellbildung in der Literaturwissenschaft. - Köln

Flechter, H.J. (1970): Grundbegriffe der Kybernetik : Eine Einführung. - 5. Aufl.. - Stuttgart

Foerster, H.v. (1981): Das Konstruieren einer Wirklichkeit. In: Watzlawick, P. (Hrsg.): Die erfundene Wirklichkeit : Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? S. 39-60. - München ; Zürich

Fontana, W. ; Buss, L.W. (1996): The Barrier of Objects: From Dynamical Systems to Bounded Organizations. - Santa Fe

Foucault, M. (1980): Die Ordnung der Dinge : Eine Archäologie der Humanwissenschaften. - 3. Aufl.. - Frankfurt a. M.

Franken, R. ; Fuchs, H. (1974): Grundbegriffe zur Allgemeinen Systemtheorie. In: Grochla, E. ; Fuchs, H. ; Lehmann, H. (Hrsg.): Systemtheorie und Betrieb, S. 23-49. - Opladen

Frederichs, G. ; Blume, H. (1990): Umweltprognosen : Methoden und Anwendungsprobleme der präventiven Umweltpolitik. - Berlin

Freye, H.A. (1986): Einführung in die Humanökologie. - Heidelberg

Friederichs, K. (1927): Grundsätzliches über die Lebenseinheiten höherer Ordnung und den ökologischen Einheitsfaktor. In: Naturwissensch. 15.

Friederichs, K. (1934): Vom Wesen der Ökologie. In: Sudhoffs Arch. Gesch. Med. Naturwiss., Bd. 27, H. 3/4, S. 277-285.

Friederichs, K. (1937): Ökologie als Wissenschaft von der Natur oder biologische Raumforschung. In: Bios, Bd. 7. - Leipzig

Friederichs, K. (1957): Der Gegenstand der Ökologie. In: Studium Generale, Jg. 10, H. 2, S. 112-124 ; H. 3, S. 125-144.

Friedland, E.I. (1977): Values and environmental modeling. In: Hall, C.A.S. ; Day, J.W. (eds.): Ecosystem modeling in theory and practice : An introduction with case histories, p. 115-131. - New York

Fuchs, H. (1973): Systemtheorie und Organisation. - Wiesbaden

Fuchs, P. (1992): Niklas Luhrmann - beobachtet : Eine Einführung in die Systemtheorie. - Opladen

Füsgen, P. (1959): Modelle und Modellregeln. In: Wehrtechn. Monatsh., Jg. 56, H. 6, S. 241-252.

Gassner, E. (1993): Methoden und Maßstäbe für die planerische Abwägung : Theorie und Praxis abgeleiteter Bewertungsnormen. - Köln

Gates, D.M. (1980): Biophysical ecology. - New York [u.a.]

Gebhardt, G. (1981): Philosophisch motivierte Thesen zur Rolle der Nichtgleichgewichtsthermodynamik bei Verhaltensstrategien von Ökosystemen und bei der Wechselwirkung Gesellschaft-Biosphäre. In: Unger, K. ; Stöcker, G. (Hrsg.): Biophysikalische Ökologie und Ökosystemforschung, S. 363-382. - Berlin

Geiler, H. (1975): Ökologie der Land- und Süßwassertiere. - Reinbek b. Hambg.

Gerlach, S.A. (1994): Marine Systeme. - Berlin [u.a.]

Gigon, A. (1983): Über das biologische Gleichgewicht und seine Beziehungen zur ökologischen Stabilität. In: Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich, Stiftung Rübel 50, S. 149-177. - Zürich

Gisi, U. (1997): Bodenökologie. - 2., neu bearb. u. erw. Aufl.. - Stuttgart ; New York

Glaeser, B. (1989): Umweltpolitik - Neuansatz in der Spannung zwischen Theorie und Praxis. In: Glaeser, B. (Hrsg.): Humanökologie : Grundlagen präventiver Umweltpolitik, S. 11-24. - Opladen

Glaeser, B. (Hrsg.) (1989): Humanökologie : Grundlagen präventiver Umweltpolitik. - Opladen

Glansdorff, P. ; Prigogine, I. (1971): Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations. - New York

Gleason, H.A. (1926): The individualistic concept of the plant association. In: Bull. Torrey Bot. Club 53: 7-26.

Gloy, K. (1995): Das Verständnis der Natur. Erster Band: Die Geschichte des wissenschaftlichen Denkens. - München

Gluch, W. (1977): Ökosystem, Biogeozönose, Geosystem - Versuch einer Begriffsklärung. In: Arch. Natsch. u. Landsch.-Forsch., Bd. 17, H. 3, S. 169-180.

Gnauck, A. (1995): Systemtheorie, Ökosystemvergleiche und Umweltinformatik. In: Gnauck, A. ; Frischmuth, A. ; Kraft, A. (Hrsg.): Ökosysteme: Modellierung und Simulation, S. 11-27. - Taunusstein

Golley, F.B. (1993): A history of the ecosystem concept in ecology. - New Haven

Grochla, E. ; Fuchs, H. ; Lehmann, H. (Hrsg.) (1974): Systemtheorie und Betrieb. - Opladen

Grossmann, W.D. (1984): Issues, methods and management for interdisciplinary research projects. In: Bericht über das III. Internationale MAB-6-Seminar "Der Einfluß des Menschen auf Hochgebirgsökosysteme im Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden" vom 16.-17. April 1984 in Berchtesgaden, S. 82-94.

Gumin, H. ; Mohler, A. (Hrsg.) (1985): Einführung in den Konstruktivismus. - München

Haber, W. (1978): Fragestellung und Grundbegriffe der Ökologie: Ökosystemforschung - Ergebnisse und offene Fragen. In: Buchwald, K. ; Engelhardt, W. (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt, Bd. 1, S. 74-89. - München

Haber, W. (1989): Notwendigkeit und Funktion von Umweltstandards. In: AdW z. Berlin, Jb. 1988, S. 263-295. - Berlin

Haber, W. (1992): Erfahrungen und Erkenntnisse aus 25 Jahren der Lehre und Forschung in Landschaftsökologie: Kann man ökologisch planen?. In: Duhme, F. ; Lenz, R. ; Spandau, L. (Hrsg.): 25 Jahre Lehrstuhl für Landschaftsökologie in Weihenstephan, S. 1-25. - Freising

Haber, W. (1993): Von der ökologischen Theorie zur Umweltplanung. In: GAIA, Jg. 2, Nr. 2, S. 96-106.

Haeckel, E. (1866): Generelle Morphologie der Organismen : Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Descendenz-Theorie ; 2 Bände. Band 2: Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen. - Berlin

Haeckel, E. (1869): Über Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie. In: Jenaische Ztschr. Naturw., Jg. 5, S. 365.

Haeckel, E. (1879): Natürliche Schöpfungsgeschichte : Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen. - 7. Aufl.. - Berlin

Händle, F. ; Jensen, S. (Hrsg.) (1974): Systemtheorie und Systemtechnik : Sechzehn Aufsätze. - München

Halbfas, H. ; Maurer, F. ; Popp, W. (Hrsg.) (1976): In Modellen denken. - Stuttgart

Hall, A.D. ; Fagen, R.E. (1956): Definition of system. In: General Systems 1: 18-28.

Hall, C.A.S. ; Day, J.W.(. (1977): Ecosystem modeling in theory and practice : An introduction with case histories. - New York ; London

Hampicke, U. (1979): Ökologie und Umweltideologie. In: Immler, H. (Hrsg.): Materialien zur Sozialökologie, S. 34-49. - Kassel

Hanssmann, F. (1987): Einführung in die Systemforschung : Methodik der modellgestützten Entscheidungsvorbereitung. - 3., völlig überarb. Aufl.. - München

Harbordt, S. (1974): Computersimulation in den Sozialwissenschaften. - Reinbek b. Hambg.

Hard, G. (1972): "Landschaft" : Folgerungen aus einigen Ergebnissen einer semantischen Analyse. In: Landsch. u. Stadt, Jg. 4, H. 2, S. 77-152.

Hard, G. (1973): Die Geographie : Eine wissenschaftstheoretische Einführung. - Berlin ; New York

Hard, G. (1982): Ökologie/Landschaftsökologie/Geoökologie. In: Jander, L. ; Schramke, W. ; Wenzel, H.-J.: Metzler, Handbuch für den Geographieunterricht, S. 232-246. - Stuttgart

Hard, G. (1990): Was ist Geographie? : Reflexionen über geographische Reflexionstheorien. In: Karlsruher Mskr. z. math. u. theor. Wirtsch.- u. Soz.-Geogr., Bd. 94. - Karlsruhe

Hartmann, M. (1953): Allgemeine Biologie : Eine Einführung in die Lehre vom Leben. - 4., neubearb. Aufl.. - Stuttgart

Hartmann, M. (1956): Einführung in die allgemeine Biologie und ihre philosophischen Grund- und Grenzfragen. - Berlin

Hartmann, M. (1965): Einführung in die allgemeine Biologie und ihre philosophischen Grund- und Grenzfragen. - 2., unveränd. Aufl.. - Berlin

Hartmann, N. (1950): Philosophie der Natur : Abriß der speziellen Kategorienlehre. - Berlin

Hartmann, N. (1954): Einführung in die Philosophie : Überarbeitete, vom Verfasser genehmigte Nachschrift der Vorlesung im Sommersemester 1949 in Göttingen. - 3. Aufl.. - Osnabrück

Hartmann, N. (1964): Der Aufbau der realen Welt : Grundriß der allgemeinen Kategorienlehre. - 3. Aufl.. - Berlin

Hartmann, N. (1966): Teleologisches Denken. - 2., unveränd. Aufl.. - Berlin

Hassenpflug, D. (1979): Ideologiekritische These zum Umwelt-Begriff der theoretischen Umweltökonomie. In: Immler, H. (Hrsg.): Materialien zur Sozialökologie, S. 50-56. - Kassel

Hassenpflug, D. (1979): Skizze zur theoretischen Fundierung einer Sozio-Ökologie. In: Immler, H. (Hrsg.): Materialien zur Sozialökologie, S. 4-19. - Kassel

Hassenpflug, D. (1985): Ökologie im Spannungsfeld von reduktiver Naturwissenschaft und ganzheitlichem Naturumgang. In: Dinnebier, A. ; Pechan, B. (Hrsg.): Ökologie und alternative Wissenschaft : Ein Vortragszyklus, S. 6-63. - Berlin

Hauhs, M. ; Neal, C. ; Hooper, R.P. ; Christophersen, N. (1996): Summary of a workshop on ecosystem modeling: The end of an era?. In: Sci. Total Environ. 183: 1-5.

Hauhs, M. ; Lange, H. (1996): Ecosystem dynamics viewed from an endoperspective. In: Sci. Total Environ. 183: 125-136.

Hauhs, M. ; Lange, H. (1996): Ökologie und Komplexität. In: Köstner, B. ; Vogt, M. (Hrsg.): Forum für interdisziplinäre Forschung, Bd. 16, S. 45-64.

Hauhs, M. ; Lange, H. (1996): Das Problem der Prozeßidentifikation in Waldökosystemen am Beispiel Wassertransport. In: IHI-Schr. Zittau, Jg. 1996, H. 2, S. 212-222.

Hawley, A.H. (1967): Theorie und Forschung in der Sozialökologie. In: König, R. (Hrsg.): Handbuch der empirischen Sozialforschung. - 2. Aufl., Bd. 1, S. 480-497 u. Anh., S. 759-762. - Stuttgart

Hedrich, R. (1994): Die Entdeckung der Komplexität : Skizzen einer strukturwissenschaftlichen Revolution. - Frankfurt

Helmholtz, H. (1903): Einleitung zu den Vorlesungen über Theoretische Physik. In: Rompe, R. ; Treder, H.-J. (Hrsg.) (1984): Zur Grundlegung der theoretischen Physik, S. 11-62. - Berlin

Hempel, C.G. ; Oppenheim, P. (1948): Studies in the logic of explanation. In: Philosophy of Science 15: 135-175.

Hertz, H. (1894): Über die Prinzipien der Mechanik. - Nachdr.. In: Rompe, R. ; Treder, H.-J. (Hrsg.) (1984): Zur Grundlegung der theoretischen Physik, S. 1-49. - Berlin

Higashi, M. ; Burns, T.P. (1991): Enrichment of ecosystem theory. In: Higashi, M. ; Burns, T.P. (eds.): Theoretical studies of ecosystems : the network perspective, p. 1-38. - Cambridge [u.a.]

Higashi, M. ; Burns, T.P.(. (1991): Theoretical studies of ecosystems : the network perspective. - Cambridge [u.a.]

Hobohm, C. (1994): Kritische Betrachtung einiger Grundbegriffe der Ökologie im Spannungsfeld verschiedener Einflüsse. In: Ztschr. f. Ökol. u. Natsch., H. 3, S. 113-119.

Höffken, G. ; Regn, H.D. ; Schneider, R. ; Vollmer, G. (1976): Modelle - Modellvorstellungen : Anregungen für die naturwissenschaftliche Unterrichtspraxis. - Heidelberg

Hoensch, F. ; Haase, G. (1979): Zur Zielstellung und zu methodischen Problemen für die komplexen territorialen Untersuchungen im Rahmen des Themas I.3 - dargestellt am Beispiel des Modellgebietes Bitterfeld. In: AdW d. DDR (Hrsg.): Methoden der ökonomischen und ausserökonomischen Bewertung des Einflusses des Menschen auf die Umwelt, Symposiumsbericht (17.-24.9.1979). - Leipzig

Hörz, H. (1976): Philosophische Probleme der Modellierung. In: Klix, F. ; Schmelowsky, K.-H. ; Sydow, A. ; Peschel, M. ; Zwick, W. (Hrsg.): Mathematische Modellbildung in Naturwissenschaft und Technik, S. 11-18. - Berlin

Hörz, H. ; Löther, R. ; Wollgast, S. (Hrsg.) (1978): Philosophie und Naturwissenschaften : Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften. - Berlin

Hoffmann, M. (1970): Ökologische und synergetische Landschaftsforschung : Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In: Geogr. Ztschr., Jg. 58, H. 1, S. 1-12.

Hoffmeister, J. (Hrsg.) (1955): Wörterbuch der philosophischen Begriffe. - Hamburg

Hume, D. (1907): Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand. - Leipzig

Hume, D. (1973): Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand. Hrsg. u. übers. v. R. Richter. - Hamburg, (zuerst Leipzig 1907)

Institut für Philosophie Moskva (Hrsg.) (1973): Grundlagen der marxistisch-leninistischen Philosophie. 3. Aufl. - Berlin

Jahn, I. ; Löther, R. ; Senglaub, K. (Hrsg.) (1982): Geschichte der Biologie : Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien. - Jena

Jammer, M. (1965): Die Entwicklung des Modellbegriffes in den physikalischen Wissenschaften. In: Studium Generale, Jg. 18, H. 3, S. 166-173.

Jax, K. ; Vareschi, E. ; Zauke, G.P. (1993): Entwicklung eines theoretischen Konzepts zur Ökosystemforschung Wattenmeer. - Berlin

Jax, K. ; Jones, C.G. ; Pickett, S.T.A. (1997): Die Selbstidentität ökologischer Einheiten - zur intersubjektiven Beschreibung ökologischer Objekte (Arbeitstitel). In: GfÖ-AK ´Theorie in der Ökologie´: Beschreibung und Erklärung von Mustern und Prozessen auf Ökosystem- und Landschaftsebene ; Arbeitstreffen 5.-7.3.1997, Burg i. Spreewald. - Unveröff. Mskr..

Joergensen, S.E. (1992): Integration of ecosystem theories: A pattern. - Dordrecht [u.a.]

Joergensen, S.E.(. (1983): Application of ecological modelling in environmental management : Part A. - Amsterdam

Johannesson, J. (1942): Die Bedeutung des Modells in Mathematik, Naturwissenschaft und Technik. In: Forsch. u. Fortschr., Jg. 18, Nr. 25/26, S. 249-250.

Kalusche, D. (1996): Ökologie in Zahlen : Eine Datensammlung in Tabellen mit über 10.000 Einzelwerten. - Stuttgart [u.a.]

Kampe, D. (1980): Ökologische Modelle. In: Buchwald, K. ; Engelhardt, W. (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt, Bd. 3, S. 105-119. - München

Kant, I. (1989): Werkausgabe in 12 Bänden. Band 10: Kritik der Urteilskraft. - Frankfurt a. M.

Karl, J. (1994): Formale und inhaltliche Anforderungen an die Landschaftsplanung. Teil 1: Wohnbaulandgesetz und Integration in die Bauleitplanung ; Teil 2: Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung in der Bebauungsplanung. In: Natsch. u. Lapla., Jg. 26, H. 5, S. 185-189 (Tl. 1) ; H. 6, S. 221-228 (Tl. 2).

Kattmann, U. (1978): Humanökologie zwischen Biologie und Humanwissenschaften, dargestellt am Beispiel des Ökosystemkonzepts. In: Verh. d. Ges. f. Ökol. (Kiel 1977), Bd. VI, S. 541-549.

Kaulbach, F. (1965): Schema, Bild und Modell nach den Voraussetzungen des Kantischen Denkens. In: Studium Generale, Jg. 18, H. 7, S. 464-479.

Kaule, G. ; Schober, M. (1985): Ausgleichbarkeit von Eingriffen in Natur und Landschaft. - Münster-Hiltrup

Kiemstedt, H. ; Mönnecke, M. ; Ott, S. (1993/1994): Methodik der Eingriffsregelung : Gutachten im Auftrag der LANa ; Thesen- und Fragenkataloge und Protokolle zu drei Expertenkolloquien zum Gutachten. - Unveröff..

Kinzelbach, R.K. (1989): Ökologie, Naturschutz, Umweltschutz. - Darmstadt

Klaauw, C.J.v.d. (1937): Zur Geschichte der Definition der Ökologie, besonders auf Grund der Systeme der zoologischen Disziplinen. In: Sudhoffs Arch. Med. u. Naturw., Jg. 29, S. 136.

Klaus, G. ; Liebscher, H. (Hrsg.) (1976): Wörterbuch der Kybernetik, 4., völlig überarb. Aufl.. - Berlin

Klaus, G. ; Buhr, M. (Hrsg.) (1976): Philosophisches Wörterbuch. Band 1: A-K ; Band 2: L-Z. - 12., ggü. d. 10., neubearb., durchges. Aufl.. - Leipzig

Klaus, G. (Hrsg.) (1968): Wörterbuch der Kybernetik. - 2. Aufl. - Berlin

Kleyer, M. ; Kaule, G. ; Henle, K. (1992): Landschaftsbezogene Ökosystemforschung für die Umwelt- und Landschaftsplanung. In: Ztschr. f. Ökol. u. Natursch., Jg. 1, H. 2, S. 35-50.

Klir, G.J. (1991): Facets of systems science. - New York

Klix, F. (Hrsg.) (1976): Mathematische Modellbildung in Naturwissenschaft und Technik. - Berlin

Klötzli, F.A. (1993): Ökosysteme : Aufbau, Funktionen, Störungen. - 3., durchges. u. erg. Aufl.. - Stuttgart ; Jena

Kloft, W.J. ; Gruschwitz, M. (1988): Ökologie der Tiere. - 2., überarb. Aufl.. - Stuttgart

Knapp, H.G. (1976): Prognose zwischen Theorie und Praxis. In: Ulrich, Hans (Hrsg.): Zum Praxisbezug der Betriebswirtschaftslehre in wissenschaftstheoretische Sicht (Sonderdruck). - Bern ; Stuttgart

Knapp, H.G. (1978): Logik der Prognose : Semantische Grundlegung technologischer und sozialwissenschaftlicher Vorhersagen. - Freiburg i. Br. ; München

Knijnenburg, A. ; Matthäus, E. ; Stöcker, G. (1981): Zur Anwendung des ökologischen Compartmentbegriffs. In: Arch. Natsch. u. Landsch.-Forsch., Bd. 21, H. 1, S. 1-20.

Kochanski, Z. (1979): Kann Biologie zur Physiko-Chemie reduziert werden?. In: Kanitscheider, B. (Hrsg.): Materie - Leben - Geist : Zum Problem der Reduktion der Wissenschaften, S. 67-120. - Berlin

Kocka, J. (Hrsg.) (1987): Interdisziplinarität : Praxis - Herausforderung - Ideologie. - Frankfurt a. M.

Köck, H. (1979): Der Modellbegriff in der Geographie. In: Hefte z. Fachdid. d. Geogr. (HFG), Jg. 3, H. 1, S. 5-12.

Koehler, H. (1986): Systemtheorie und Ökosystemforschung. In: Regelmann, J.-P. ; Schramm, E. (Hrsg.): Wissenschaft der Wendezeit : Systemtheorie als Alternative?, S. 118-128. - Frankfurt (Main)

Körner, S. (1995): Der Aufbruch der modernen Umweltplanung in der nationalsozialistischen Landespflege. - Berlin

Koestler, A. (1970): Jenseits von Atomismus und Holismus - Der Begriff des Holons. In: Koestler, A. ; Smythies, J.R. (Hrsg.): Das neue Menschenbild : Die Revolutionierung der Wissenschaften vom Leben. - Wien

Kraft, B. (1994): Ökologische und anthroposophische Naturbeschreibung : Ein struktureller Theorievergleich. - Berlin

Kraft, V. (1951): Die Grundlagen einer wissenschaftlichen Wertlehre. - 2., neubearb. Aufl.. - Wien

Kratky, K.W. ; Bonet, E.M. (Hrsg.) (1989): Systemtheorie und Reduktionismus. - Wien

Krause, C.L. ; Winkelbrandt, A. (1982): Diskussionsbeitrag zur Bestimmung von Eingriff, Ausgleich und Ersatz. In: Nat. u. Landsch., Jg. 57, H. 11, S. 392-394.

Krauß, G.J. ; Miersch, J. (1983): Chemische Signale : Biochemie - Lebensgemeinschaft - Umwelt. - Köln

Kreeb, K.H. (1990): Methoden zur Pflanzenökologie und Bioindikation. - Stuttgart ; New York

Kreisel, G. ; Krivine, I.L. (1972): Modelltheorie. - Berlin ; Heidelberg

Krings, H. ; Baumgartner, M. ; Wild, C. (Hrsg.) (1973): Handbuch philosophischer Grundbegriffe. Band 2: Gesetz - Relation. - München

Krohn, W. ; Küppers, G. (1992): Selbstorganisation : Zum Stand einer Theorie in den Wissenschaften. In: Krohn, W. ; Küppers, G. (Hrsg.): Emergenz: Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung. - 2. Aufl., S. 7-25. - Frankfurt a. M.

Kühnelt, W. (1965): Grundriß der Ökologie : Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. - Jena

Kühnelt, W. (1970): Grundriß der Ökologie : Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. - 2., neu bearb. Aufl.. - Stuttgart

Küng, G. (1980): Begriff: "Nominalismus/Platonismus". In: Speck, J. (Hrsg.): Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe. Band 2: G-Q, S. 447-451. - Göttingen

Küppers, G. ; Lundgreen, P. ; Weingart, P. (1978): Umweltforschung - die gesteuerte Wissenschaft? : Eine empirische Studie zum Verhältnis von Wissenschaftsentwicklung und Wissenschaftspolitik. - Frankfurt a. M.

Kuhn, T.S. (1973): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. - Frankfurt a. M.

Kulenkampff, A. (1983): George Berkeley. In: Hoerster, N. (Hrsg.): Klassiker des philosophischen Denkens. Band 1. - 2. Aufl., S. 321-350. - München

Kulla, B. (1979): Angewandte Systemwissenschaft : Systemtheoretische Denkweisen und kybernetische Kalküle in verschiedenen Wirklichkeitsbereichen unter besonderer Berücksichtigung ökonomischer Fragestellungen. - Würzburg ; Wien

Kutschera, F.v. (1982): Grundfragen der Erkenntnistheorie. - Berlin ; New York

Kuttler, W. (1995): Ökologie - Zum Etikettenschwindel eines Begriffs. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. 24, S. 3-9.

Lakatos, I. ; Musgrave, A. (Hrsg.) (1974): Kritik und Erkenntnisfortschritt : Abhandlungen des Internationalen Kolloquiums über die Philosophie der Wissenschaft, London 1965. - Braunschweig

Lakatos, I. (1978): Die Geschichte der Wissenschaft und ihre rationale Rekonstruktion. In: Diederich, W. (Hrsg.): Theorien der Wissenschaftsgeschichte, S. 55-119. - Frankfurt a. M.

Lakatos, I. (1974): Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme. In: Lakatos, I. ; Musgrave, A. (Hrsg.): Kritik und Erkenntnisfortschritt, S. 89-189. - Braunschweig

Langer, H. (1970): Die ökologische Gliederung der Landschaft und ihre Bedeutung für die Fragestellung der Landschaftspflege. In: Landsch. u. Stadt, Jg. 1, Beih. 3.

Langer, H. (1980): Mensch-Umwelt als ökologisches System. In: Buchwald, K. ; Engelhardt, W. (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt, Bd. 2, S. 134-146. - München

Langer, H. ; Hoppenstedt, A. ; Froese-Genz, R. (1988): Entwicklung einer vergleichenden Methodik zur ökologischen Beurteilung von Bundesfernstraßen auf allen Planungsebenen. - Unveröff. Forsch.-Ber..

Larcher, W. (1984): Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage. - 4., überarb. Aufl.. - Stuttgart

Lassen, H. (1935): Der Umgebungsbegriff als Planbegriff : Ein Beitrag zu den erkenntnistheoretischen Grundfragen der Umweltlehre. In: Sudhoffs Arch. Gesch. Med. u. Naturwiss., Bd. 27, H. 6, S. 480-493.

Laszlo, E. (1972): Introduction into systems philosophy. - London

Leinfellner, W. (1980): Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie. - 3. Aufl.. - Mannheim [u.a.]

Lenk, H. (1972): Erklärung, Prognose, Planung : Skizzen zu Brennpunkten der Wissenschaftstheorie. - Freiburg

Lenk, H. (1975): Pragmatische Philosophie. - Hamburg

Lenk, H. ; Ropohl, G. (Hrsg.) (1978): Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm. - Königstein/Ts.

Lenz, R. ; Riedel, B. ; Voerkelius, U. (1990): Landschaftsanalyse mittels Ökosystemtypen und -potentialen und ihre Bedeutung für die Planung. In: Landsch. u. Stadt, Jg. 22, H. 3, S. 84-87.

Lepenies, W. (1976): Das Ende der Naturgeschichte : Wandel kultureller Selbstverständlichkeiten in den Wissenschaften des 18. u. 19. Jahrhunderts. - München ; Wien

Lerch, G. (1985): Pflanzenökologie. - 4., bericht. Aufl. Teil I: Das Pflanzenleben in seiner natürlichen Umwelt ; Teil II: Zur Ökologie von Stoffproduktion und Ertragsbildung. - Berlin

Leser, H. (1978): Quantifizierungsprobleme der Landschaft und der landschaftlichen Ökosysteme. In: Landsch. u. Stadt, Jg. 10, H. 3, S. 107-114.

Leser, H. (1980): Der geoökologische Ansatz in der Umweltforschung: Prinzip und Methodik. In: Forschungsbrücke zwischen Natur- und Sozialwissenschaften im Hinblick auf Umweltpolitik und Entwicklungsplanung : MAB-Seminar vom 13.2.-16.2.1980 in Berlin, S. 40-90.

Leser, H. (1980): Geographie. - Braunschweig

Leser, H. (1984): Zum Ökologie-, Ökosystem- und Ökotopbegriff. In: Nat. u. Landsch., Jg. 59, H. 9, S. 351-357.

Leser, H. (1991): Landschaftsökologie : Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung. - 3., völlig neubearb. Aufl.. - Stuttgart

Leser, H. (1991): Ökologie wozu? : Der graue Regenbogen oder Ökologie ohne Natur. - Berlin [u.a.]

Lieth, H. (1981): Ökosystem und soziales System aus der Sicht des Ökologen. In: Wechselwirkungen zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Systemen agrarischer Intensivgebiete : Beitrag des deutschen MAB-Programms zum Projektbereich 13 (Wahrnehmung der Umweltqualität), S. 28-36.

Lieth, H. (1990): Entwicklung und Ziele der Systemökologie. In: Ztschr. f. angew. Umw.-Forsch., Jg. 3, H. 4, S. 373-393.

Lindeman, R.L. (1942): The trophic-dynamic aspect of ecology. In: Ecology 23: 399-418.

Linne(aus), L. (1758): Systema naturae. - 10. Aufl.. - Stockholm

Losee, J. (1977): Wissenschaftstheorie : Eine historische Einführung. - München

Lucadou, W. ; Kornwachs, K. (1983): The problem of reductionism from a system theoretical viewpoint. In: Z. Allg. Wissenschaftstheorie, Jg. 14, S. 338-349.

Luhmann, N. (1986): Ökologische Kommunikation : Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen?. - Opladen

Luz, F. ; Oppermann, B. (1993): Landschaftsplanung umsetzungsorientiert. In: Gart. u. Landsch., Jg. 103, H. 11, S. 23-27.

Maarel, E.v.d. (1980): Towards an ecological theory of nature management. In: Verh. d. Ges. f. Ökol. (Freising-Weihenstephan 1979), Bd. VIII, S. 13-24.

Mach, E. (1883): Die Mechanik in ihrer Entwicklung : historisch-kritisch dargestellt. - Leipzig

Mach, E. (1883): Die Mechanik in ihrer Entwicklung. - Leipzig

Mader, H.J. (1983): Artenschutz in der Eingriffs- und Ausgleichsregelung am Beispiel eines tierökologischen Bewertungsmodells für Straßentrassen. In: ABN (Hrsg.): Stand und Entwicklung des Artenschutzes in der Bundesrepublik Deutschland, S. 114-129.

Mannsfeld, K. (1979): Die Beurteilung von Naturraumpotentialen als Aufgabe der geographischen Landschaftsforschung. In: Petermanns Geogr. Mitt., Jg. 123, H. 1, S. 2-6.

Margalef, R. (1968): Perspectives in ecological theory. - Chicago ; London

Masterman, M. (1974): Die Natur eines Paradigmas. In: Lakatos, I. ; Musgrave, A. (Hrsg.): Kritik und Erkenntnisfortschritt, S. 59-87. - Braunschweig

Mathes, K. ; Breckling, B. ; Ekschmitt, K. (Hrsg.) (1996): Systemtheorie in der Ökologie : Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie: Zur Entwicklung und aktuellen Bedeutung der Systemtheorie in der Ökologie, Schloss Rauischholzhausen im März 1996. - Landsberg

Mathes, K. (1997): Theorie in der Ökologie. In: Kurzfassung eines Vortrages beim Jahrestreffen 1997 des GfÖ-Arbeitskreises "Theorie in der Ökologie". - n.p.

Maturana, H.R. ; Varela, F.J. (1980): Autopoiesis and cognition : The realization of the living. - Dordrecht [u.a.]

Maturana, H.R. (Hrsg.) (1982): Erkennen: Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit : Ausgewählte Arbeiten zur biologischen Epistemologie. - Braunschweig ; Wiesbaden

Mayntz, R. (1967): Modellkonstruktion: Ansatz, Typen und Zweck. In: Mayntz, R. (Hrsg.): Formalisierte Modelle in der Soziologie, S. 11-33. - Neuwied a. Rh. ; Berlin

Mayr, E. (1967): Artbegriff und Evolution. - Hamburg ; Berlin

Mayr, E. (1984): Die Enwicklung der biologischen Gedankenwelt : Vielfalt, Evolution und Vererbung. - Berlin [u.a.]

McIntosh, R.P. (1976): Ecology since 1900. In: Taylor, B.J. ; White, T.J. (eds.): Issues and ideas in America, p. 353-372. - Norman

McIntosh, R.P. (1985): The background of ecology: Concept and theory. - Cambridge

McIntosh, R.P. (1987): Pluralism in ecology. In: Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 321-341.

Messerli, P. (1986): Modelle und Methoden zur Analyse der Mensch-Umwelt-Beziehungen im alpinen Lebens- und Erholungsraum : Erkenntnisse und Folgerungen aus dem Schweizerischen MAB-Programm 1979-1985 ; Schlussbericht zu Projekt 4.463. - Bern

Metzler, W. (1987): Dynamische Systeme in der Ökologie : Mathematische Modelle und Simulation. - Stuttgart

Meyer, A. (1934): Die Axiome der Biologie. In: Nova Acta Leopoldina. N.F., Bd. 1, H. 4/5, S. 475-551. - Halle a. S.

Meyer-Abich, A. (1934): Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis. - Leipzig

Mittelstraß, J. (Hrsg.) (1980-1996): Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. - Mannheim [u.a.] / Stuttgart [u.a.]

Möller, D.P. (1992): Modellbildung, Simulation und Identifikation dynamischer Systeme. - Berlin [u.a.]

Mohr, H. (1981): Biologische Erkenntnis : Ihre Entstehung und Bedeutung. - Stuttgart

Moreno, J.D. (1980): Begriff: "Pragmatismus". In: Speck, J. (Hrsg.): Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe. Band 2: G-Q, S. 506-510. - Göttingen

Müller, C. ; Müller, F. (1992): Umweltqualitätsziele als Instrumente zur Integration ökologischer Forschung und Anwendung. In: Kieler Geogr. Schr., Jg. 85, S. 131-166.

Müller, F. ; Fränzle, O. (1991): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette: Forschungskonzept und Stand der Arbeiten. In: Verh. d. Ges. f. Ökol. (Freising-Weihenstephan 1990), Bd. 20/1, S. 95-106.

Müller, F. (1992): Hierarchical approaches to ecosystem theory. In: Ecological Modelling 63: 215-242.

Müller, F. ; Fränzle, O. ; Widmoser, P. ; Windhorst, W. (1996): Modellbildung in der Ökosystemanalyse als Integrationsmittel von Empirie, Theorie und Anwendung - eine Einführung. In: Ecosys, Bd. 4, S. 1-16.

Müller, F. (1996): Emergent properties of ecosystems - consequences of self-organizing processes?. In: Senckenbergiana maritima, i.p..

Müller, F. ; Nielsen, S.N. (1996): Thermodynamische Systemauffassungen in der Ökologie. In: Mathes, K. ; Breckling, B. ; Ekschmitt, K.: Systemtheorie in der Ökologie : Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie: Zur Entwicklung und aktuellen Bedeutung der Systemtheorie in der Ökologie, Schloss Rauischholzhausen im März 1996, S. 45-60. - Landsberg

Müller, P. (1980): Biogeographie. - Stuttgart

Müller, R.A. (1983): Verfahren zur Modellierung ökologischer Systeme : Ein Beitrag zur Verbesserung ökologischer Voraussagen. - Hannover

Müller, R. (1983): Zur Geschichte des Modelldenkens und des Modellbegriffs. In: Stachowiak, H. (Hrsg.): Modelle - Konstruktion der Wirklichkeit, S. 17-86. - München

Nachtigall, W. (1978): Einführung in biologisches Denken und Arbeiten. - Heidelberg

Narr, W.D. (1969): Theoriebegriffe und Systemtheorie. - Stuttgart ; Berlin

Naschold, F. (1972): Zur Politik und Ökonomie von Planungssystemen. In: Fehl, G. ; Fester, M. ; Kuhner, N. (Hrsg.): Planung und Information. - Gütersloh

Neef, E. (1966): Zur Frage des gebietswirtschaftlichen Potentials. In: Bartel, H.(Hrsg.)(1983): Ernst Neef - Ausgewählte Schriften, S. 129-137. - Gotha

Neef, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. - Gotha ; Leipzig

Neef, E. (1967): Anwendung und Theorie in der Geographie. In: Petermanns Geogr. Mitt., Jg. 111, H. 3, S. 200-206.

Neef, E. (1970): Zu einigen Begriffen der Ökologie. In: Arch. Natsch. u. Landsch.-Forsch., Bd. 10, H. 4, S. 233-240.

Neef, E. (1971): Ökonomische Bewertung von Geosystemen. In: Bartel, H.(Hrsg.)(1983): Ernst Neef - Ausgewählte Schriften, S. 169-171. - Gotha

Neef, E. (1976): Nebenwirkungen der gesellschaftlichen Tätigkeit im Naturraum. In: Barthel, H.(Hrsg.)(1983): Ernst Neef - Ausgewählte Schriften, S. 180-185. - Gotha

Neuhäusler, A. (1963): Grundbegriffe der philosophischen Sprache. - München

Neumeister, H. (1979): Zur Messung der "Leistung" des Geosystems : Forschungsansätze in der physisch-geographischen Prozeßforschung. In: Petermanns Geogr. Mitt., Jg. 123, H. 2, S. 101-107.

Nickles, T. (1980): Begriff: "Reduktion/Reduktionismus". In: Speck, J. (Hrsg.): Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe. Band 3: R-Z, S. 548-553. - Göttingen

Niemeyer, G. (1977): Kybernetische System- und Modelltheorie : System dynamics. - München

Odum, E.P. (1975): Ecology : The link between the natural and the social sciences. - New York

Odum, E.P. ; Reichholf, J. (1980): Ökologie : Grundbegriffe, Verknüpfungen, Perspektiven ; Brücke zwischen den Natur- und Sozialwissenschaften. - 4., völlig neubearb. Aufl. (Neuausgabe). - München [u.a.]

Odum, E.P. (1980): Grundlagen der Ökologie in 2 Bänden. Band 2: Standorte und Anwendung. - Stuttgart ; New York

Odum, E.P. (1983): Grundlagen der Ökologie in 2 Bänden. Band 1: Grundlagen. - 2., unveränd. Aufl.. - Stuttgart ; New York

Odum, E.P. (1991): Prinzipien der Ökologie : Lebensräume, Stoffkreisläufe, Wachstumsgrenzen. - Heidelberg

Odum, H.T. (1983): Systems ecology: An introduction. - New York [u.a.]

Oeser, E. (1974): System, Klassifikation, Evolution. - Wien ; Stuttgart

O´Neill, R.V. ; DeAngelis, D.L. ; Waide, J.B. ; Allen, T.F.H. (1986): A hierarchical concept of ecosystems. - Princeton, NJ

Ott, J. (1989): Systemtheorie und Ökologie. In: Kratky, K. ; Bonet, E.M. (Hrsg.): Systemtheorie und Reduktionismus, S. 259-270. - Wien

Pechan, B. (1987): Die Bewertung der Natur im ökonomischen System der DDR. - Berlin

Peirce, C.S. (1878): How to make our ideas clear. In: Hartsborne, C. ; Weiss, P. (eds.) (1934): The collected papers of C.S. Peirce. - Cambridge, Mass.

Peschel, M. (1976): Grundprinzip der Modellbildung. In: Klix, F. ; Schmelowsky, K.-H. ; Sydow, A. ; Peschel, M. ; Zwick, W. (Hrsg.): Mathematische Modellbildung in Naturwissenschaft und Technik, S. 1-10. - Berlin

Peschel, M. (1978): Modellbildung für Signale und Systeme. - Berlin

Peschel, M. ; Mende, W. (1983): Leben wir in einer Volterra-Welt? : Ein ökologischer Zugang zur angewandten Systemanalyse. - Berlin

Pestel, E. (1977): Prognose und Systemforschung. In: Mitteilung der Dt. Forschungsgemeinschaft, 1977, Heft 1, S. 3. - Bonn-Bad Godesberg

Peters, R.H. (1991): A critique for ecology. - Cambridge [u.a.]

Plachter, H. (1990): Indikatorische Methode zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes. In: Riecken, U. (Hrsg.): Möglichkeiten und Grenzen der Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen im Rahmen raumrelevanter Planungen : Referate und Ergebnisse eines Symposiums der BFANL, 12.-14. Juni 1989, S. 187-199. - Bonn-Bad Godesberg

Plachter, H. (1994): Schriftliche Stellungnahme zum Protokoll des 1. Expertenkolloquiums im Rahmen des Gutachtens "Methodik der Eingriffsregelung" i.A. der LANa. - Unveröff. Mskr..

Plachter, H. (1996): Bedeutung und Schutz ökologischer Prozesse. In: Verh. d. Ges. f. Ökol., Bd. 26, S. 287-303.

Planck, M. (1914): Dynamische und statistische Gesetzmäßigkeit. Rede auf der Festsitzung der Berliner Universität zum 100. Jahrestag. In: Planck, M.: Physikalische Abhandlungen, Bd. III, 1958. - Braunschweig

Plewe, E. (1952): Vom Wesen und den Methoden der regionalen Geographie. In: Studium Generale, Jg. 5, H. 7, S. 410-421.

Poincaré, H. (1904): Wissenschaft und Hypothese. - Leipzig

Popp, W. (1970): Die Funktion von Modellen in der didaktischen Theorie. In: Dohmen, G. ; Maure, F. ; Popp, W. (Hrsg.): Unterrichtsforschung und didaktische Theorie, S. 49-60. - München

Popper, K.R. (1957): Die offene Gesellschaft und ihre Feinde. Band I: Der Zauber Platons. - Bern

Popper, K.R. (1972): Naturgesetze und theoretische Systeme. In: Albert, Hans (Hrsg.): Theorie und Realität : Ausgewählte Aufsätze zur Wissenschaftslehre der Sozialwissenschaften. - 2., veränd. Aufl., S. 43-58. - Tübingen

Popper, K.R. (1974): Objektive Erkenntnis : Ein evolutionärer Entwurf. - 2. Aufl.. - Hamburg

Popper, K.R. (1976): Logik der Forschung. - 6., verb. Aufl.. - Tübingen

Prechtel, P. ; Burkhard, F.P. (Hrsg.) (1996): Metzler Philosophie Lexikon. - Stuttgart ; Weimar

Prigogine, I. (1947): Etude thermodynamique des Phenomenes irreversibles. - Liege

Prigogine, I. ; Stengers, I. (1981): Dialog mit der Natur : Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens. - 2. Aufl.. - München ; Zürich

Prigogine, I. (1985): Vom Sein zum Werden : Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften. - 4., überarb. u. erw. Aufl.. - München ; Zürich

Primas, H. ; Gans, W. (1979): Quantenmechanik, Biologie und Theoriereduktion. In: Kanitscheider, B. (Hrsg.): Materie - Leben - Geist : Zum Problem der Reduktion der Wissenschaften, S. 15-42. - Berlin

Primas, H. (1994): Endo- and exo-theories of matter. In: Atmanspacher, H. ; Dalenoort, G.J. (eds.): Inside versus outside, p. 163-193. - New York ; Berlin

Radnitzky, G. ; Andersson, G. (1970): Wissenschaftspolitik und Organisationsformen der Forschung. In: Weinberg, A.M.: Probleme der Großforschung, S. 7-64. - Frankfurt a. M.

Radnitzky, G. (1992): Stichwort: Wert. In: Seiffert, H. ; Radnitzky, G. (Hrsg.): Handlexikon zur Wissenschaftstheorie. - München

Raser, J.R. (1976): Theorien, Modelle und Simulationen. In: Lehmann, J. ; Portel, G. (Hrsg.): Simulationsspiele in der Erziehung, S. 11-25. - Basel

Rat v. Sachverst. f. Umweltfr. (SRU) (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft : Sondergutachten März 1985. - Stuttgart

Regelmann, J.P. ; Schramm, E. (Hrsg.) (1986): Wissenschaft der Wendezeit : Systemtheorie als Alternative?. - Frankfurt (Main)

Reichle, D.E.(. (1973): Analysis of temperate forest ecosystems. - 1., corr. reprint. - Berlin [u.a.]

Reise, K. (1980): Hundert Jahre Biozönose : Die Evolution eines ökologischen Begriffes. In: Naturw. Rdsch., Jg. 33, H. 8, S. 328-335.

Remmert, H. (1989): Ökologie : Ein Lehrbuch. - 4., neubearb. u. erw. Aufl.. - Berlin [u.a.]

Rensch, B. (1968): Biophilosophie auf erkenntnistheoretischer Grundlage (Panpsychistischer Identismus). - Stuttgart

Richter, O. (1985): Simulation des Verhaltens ökologischer Systeme: Mathematische Methoden und Modelle. - Weinheim

Rickert, H. (1929): Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung : Eine logische Einleitung in die historischen Wissenschaften. - 5., verb. u. erw. Aufl.. - Tübingen

Ricklefs, R.E. (1980): Ecology. - 2nd ed.. - Sunbury-on-Thames [u.a.]

Riedl, R. (1985): Die Spaltung des Weltbildes : Biologische Grundlagen des Erklärens und Verstehens. - Berlin ; Hamburg

Riedl, R. (1987): Begriff und Welt : Biologische Grundlagen des Erkennens und Begreifens. - Berlin ; Hamburg

Riedl, R. ; Bonet, E.M. (Hrsg.) (1987): Entwicklung der Evolutionären Erkenntnistheorie. - Wien

Rifkin, J. ; Howard, T. (1982): Entropie : Ein neues Weltbild. - Hamburg

Ripl, W. ; Hildmann, C. ; Janssen, T. ; Wolter, K.D. (1997): Systemanalyse für den Ganzheitlichen Umweltschutz : Diskussionspapier zur Abschlußveranstaltung "Systemanalyse und Handlungsstrategien im Umweltschutz" am 10. Februar 1997 in der TU Berlin. - Unveröff. Mskr..

Ripl, W. ; Hildmann, C. (1998): Ökosysteme als thermodynamische Notwendigkeit : Systemökologische Überlegungen. In: Fränzle, O. ; Müller, F. ; Schröder, W. (Hrsg.): Handbuch der Umweltwissenschaften. - Landsberg

Ritter, C. (1862): Allgemeine Erdkunde : Vorlesungen. - Berlin

Rodenstein, M. (1982): Planungstheorie in der Stadt- und Regionalplanung - ein Überblick über die Entwicklung verschiedener Ansätze seit Ende der 60er Jahre. In: Rodenstein, M. (Hrsg.): Diskussionen zum Stand der Theorie in der Stadt- und Regionalplanung, S. 1-59. - Berlin

Rössler, O.E. (1992): Endophysik - Die Welt des inneren Beobachters. - Berlin

Ropohl, G. (Hrsg.) (1975): Systemtechnik, Grundlagen und Anwendung. - München, Wien

Ropohl, G. (1978): Einführung in die allgemeine Systemtheorie. In: Lenk, H. ; Ropohl, G. (Hrsg.): Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm, S. 9-49. - Königstein/Ts.

Rusch, G. (1985): Von einem konstruktivistischen Standpunkt : Erkenntnistheorie, Geschichte und Diachronie in der empirischen Literaturwissenschaft. - Braunschweig ; Wiesbaden

Sachsse, H. (1968): Die Erkenntnis des Lebendigen. - Braunschweig

Salzmann, C. (1974): Die Bedeutung des Modellbegriffs in Unterrichtsforschung und Unterrichtsplanung. In: Roth, L. ; Petrat, G. (Hrsg.): Unterrichtsanalysen in der Diskussion, S. 171-205. - Hannover [u.a.]

Sattler, R. (1986): Biophilosophy : Analytic and holistic perspectives. - Berlin [u.a.]

Saupe, A. (1997): Selbstproduktion von Natur : Die Autopoiesistheorie: Herausforderung für eine feministische Theorie der Gesellschaft. - Berlin

Schäfer, L. (1974): Erfahrung und Konvention : Zum Theoriebegriff der empirischen Wissenschaften. - Stuttgart

Schäfer, L. (1980): Begriff: "Konventionalismus". In: Speck, J. (Hrsg.): Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe. Band 2: G-Q, S. 348-352. - Göttingen

Schaefer, M. (1992): Ökologie. In: Wörterbuch der Biologie, 3. Auflage. - Jena

Schaffer, G. ; Trommer, G. ; Wenk, K. (Hrsg.) (1977): Denken in Modellen. - Braunschweig

Scharf, J.H. (Hrsg.) (1978): Systeme und Systemgrenzen. - Halle/Saale

Schmetterer, L. (1978): Allgemeine Systemtheorie. In: Scharf, J.-H. (Hrsg.): Systeme und Systemgrenzen, S. 63-70. - Halle/Saale

Schmidt, B. (1985): Systemanalyse und Modellaufbau : Grundlagen der Simulationstechnik. - Berlin

Schmidt, H. (1978): Philosophisches Wörterbuch. - 20. Aufl.. - Stuttgart

Schmidt, S.J. (1994): Der Radikale Konstruktivismus: Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs. In: Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. - 6. Aufl., S. 11-88. - Frankfurt a. M.

Schmidt, S.J. (Hrsg.) (1994): Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. - 6. Aufl.. - Frankfurt a. M.

Schmithüsen, J. (1957): Anfänge und Ziele der Vegetationsgeographie. In: Lauer, W. ; Klink, H.-J. (Hrsg.) (1978): Pflanzengeographie, S. 66-108. - Darmstadt

Schmithüsen, J. (1963): Der wissenschaftliche Landschaftsbegriff. In: Mitt. d. flor.-soz. Arb.-Gem., N.F. 10, S. 9-19.

Schmitthenner, H. (1951): Studien über Carl Ritter. In: Frankf. Geogr. Hefte, Jg. 25, H. 4.

Schoenichen, W. (1939): Biologie der Landschaft. - Neudamm ; Berlin

Schramm, E. (1982): Fische und Zahlen : Zur Mathematisierung der Ökologie. In: Wechselwirkungen, Nr. 15, S. 24-27.

Schramm, E. (1983): Gleichgewicht (Ökologie). In: Arch. d. Gesch. d. Naturwiss., Nr. 7, S. 355-358.

Schramm, E. (1985): Naturhaushalt. In: Arch. d. Gesch. d. Naturwiss., Nr. 13, S. 649-652.

Schramm, E. (Hrsg.) (1984): Ökologie-Lesebuch : Ausgewählte Texte zur Entwicklung ökologischen Denkens ; Von Beginn der Neuzeit bis zum Club of Rome (1971). - Frankfurt a. M.

Schröter, K. (1961): Das mathematische Modell und das Modell in den Naturwissenschaften. In: Jung, F. ; Klaus, G. ; Mette, A. ; Raperport, S.M. (Hrsg.): Arzt und Philosophie. - Berlin

Schürmann, H.W. (1977): Theoriebildung und Modellbildung. - Wiesbaden

Schumacher, R. (Hrsg.) (1986): Bodenökologie : Laufener Ökologie-Symposium, 6.-7. Mai 1986. - Laufen/Salzach

Schurz, G. (Hrsg.) (1988): Erklären und Verstehen in der Wissenschaft. - München ; Oldenburg

Schurz, J. (1987): Ökosysteme in systemtheoretischer Hinsicht. In: Chemie f. Lab. u. Betr. (CLB), Jg. 38, H. 9, S. 461-466.

Schwabe, G.H. (1977): Ökosystem : Eine Diskussionsbemerkung. In: Tüxen, R. (Hrsg.): Ber. Int. Symp. Int. Verein. Veg.-Kunde: Vegetation und Fauna, S. 555-563. - Vaduz

Schwabhaeuser, W. (1971): Modelltheorie. - Mannheim [u.a.]

Schwann, T. (1839): Theorie der Zellen. In: Schleiden, M.J. ; Schwann, T. ; Schultze, M. (1987): Klassische Schriften zur Zellenlehre, S. 98-129. - Leipzig

Schwegler, H. (1992): Systemtheorie als Weg zur Vereinheitlichung der Wissenschaften?. In: Krohn, W. ; Küppers, G. (Hrsg.): Emergenz: Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung. - 2. Aufl., S. 27-56. - Frankfurt a. M.

Schweppe-Kraft, B. (1994): Naturschutzfachliche Anforderungen an die Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung. Teil 1: Unsicherheiten bei der Bestimmung von Ausgleich und Ersatz ; Teil 2: Inhalt und Aufbereitung von Planungsunterlagen. In: Natsch. u. Lapla., Jg. 26, H. 1, S. 5-12 (Tl. 1) ; H. 2, S. 69-73 (Tl. 2).

Schwerdtfeger, F. (1977): Ökologie der Tiere : Ein Lehr- und Handbuch in drei Teilen. Band I: Autökologie : Die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt. - 2., neubearb. Aufl.. - Hamburg ; Berlin

Seiffert, H. (1983): Einführung in die Wissenschaftstheorie. Band 1: Sprachanalyse, Deduktion, Induktion in Natur- und Sozialwissenschaften. - München

Seiffert, H. (1983): Einführung in die Wissenschaftstheorie. Band 2: Phänomenologie, Hermeneutik und historische Methode, Dialektik. - München

Seiffert, H. (1985): Einführung in die Wissenschaftstheorie. Band 3: Handlungstheorie, Modallogik, Ethik, Systemtheorie. - München

Seiffert, H. ; Radnitzky, G. (Hrsg.) (1992): Handlexikon zur Wissenschaftstheorie. - München

Simon, H. (1980): Modellmethode und Modellbildung in interdisziplinären Lehrveranstaltungen. In: Simon, H. (Hrsg.): Computersimulation und Modellbildung im Unterricht, S. 235-265. - München ; Wien

Sitte, P. (1978): Die lebende Zelle als System, Systemelement und Übersystem. In: Scharf, J.-H. (Hrsg.): Systeme und Systemgrenzen, S. 195-216. - Halle/Saale

Slobodkin, L.B. (1980): Growth and regulation of animal populations. - 2nd enl. ed.. - New York

Smith, J.E. (1978): The meaning of pragmatism. - New Haven

Smuts, J.C. (1923): Holism and evolution. - London

Socava, V.B. (1974): Das Systemparadigma in der Geographie. In: Petermanns Geogr. Mitt., Jg. 118, H. 3, S. 161-166.

Sprung, L. (1971): Modell und Realität : Die Modelltheorie und -methodik als methologisches Mittel in der Wissenschaft. In: Probleme u. Ergebn. d. Psychol., H. 36, S. 5-38.

Stachowiak, H. (1969): Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. - 2., verb. u. erg. Aufl. - Wien ; New York

Stachowiak, H. (1970): Grundriß einer Planungstheorie. In: Kommunikation 1, Vol. VI, S. 1-18.

Stachowiak, H. (1971): Rationalismus im Ursprung : Die Genesis des axiomatischen Denkens. - Wien ; New York

Stachowiak, H. (1973): Allgemeine Modelltheorie. - Wien ; New York

Stachowiak, H. (1980): Der Modellbegriff in der Erkenntnistheorie. In: Ztschr. f. allg. Wiss.-Theor., Jg. 11, H. 1, S. 53-68.

Stachowiak, H. ; Ellwein, T. ; Herrmann, T. ; Stapf, K. (Hrsg.) (1982): Bedürfnisse, Werte und Normen im Wandel. Band I: Grundlagen, Modelle und Prospektiven. - München [u.a.]

Stachowiak, H. (1990): Der Stellenwert der Selbststeuerung im kybernetischen Modell von Mensch und Gesellschaft. In: Libertas, 1/2, S. 1-26.

Stachowiak, H. (Hrsg.) (1980): Modelle und Modelldenken im Unterricht : Anwendungen der Allgemeinen Modelltheorie auf die Unterrichtspraxis. - Bad Heilbrunn/Obb.

Stachowiak, H. (Hrsg.) (1983): Modelle - Konstruktion der Wirklichkeit. - München

Stegmüller, W. (1969): Problem und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Bd. 1: Wissenschaftliche Erklärung und Begründung - Studienausgabe Teil 4: Teleologie, Funktionsanalyse und Selbstregulation (Kybernetik). - Berlin, Heidelberg, New York

Stegmüller, W. (1969): Erklärung, Voraussage, Retrodiktion : Diskrete Zustandsanalyse ; Das ontologische Problem der Erklärung ; Naturgesetze und irreale Konditionalsätze ; Studienausgabe, Teil 2. - Berlin [u.a.]

Stegmüller, W. (1973): Statistische Begründung. Statistische Analyse. Das Repräsentationstheorem von de Finetti. Metrisierung qualitativer Wahrscheinlichkeitsfelder. Studienausgabe Teil E. - Berlin, Heidelberg, New York

Stegmüller, W. (1975): Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie, Band II. - Stuttgart

Stegmüller, W. (1978): Hauptströmungen der Gegenwartphilosophie, Band I, 6. Aufl.. - Stuttgart

Stegmüller, W. (1983): Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie, Bd. 1: Erklärung, Begründung, Kausalität, 2. verb. u. erw. Aufl.. - Berlin, Heidelberg, New York

Steinbruch, K. (1963): Automat und Mensch. - 2. Aufl.. - Berlin

Steleanu, A. (1989): Geschichte der Limnologie und ihrer Grundlagen. - Frankfurt a. M.

Stenius, E. (1960): Wittgensteins Tractatus. - Oxford

Steubing, L. ; Schwantes, H.O. (1981): Ökologische Botanik : Einführung in die angewandte Botanik. - Heidelberg

Stoddart, D.R. (1967): Organism and ecosystem as geographical models. In: Chorley, R.J. ; Haggett, P. (eds.): Models in geography, p. 511-548. - London

Stöcker, G. (1974): Zur Stabilität und Belastbarkeit von Ökosystemen. In: Arch. Natsch. u. Landsch.-Forsch., Bd. 14, H. 4, S. 237-261.

Stöcker, G. (1979): Ökosystem - Begriff und Konzeption. In: Arch. Natsch. u. Landsch.-Forsch., Bd. 19, H. 3, S. 157-176.

Stöhr, M. (1990): Landschaft und Information : Eine transklassische Reflexion. - Unveröff. Mskr..

Stoff, V.A. (1969): Modellierung und Philosophie. - Berlin/Ost

Stoffl, H. (1976): Grundlagen und Anwendung einer Modelltheorie für Architekten und Planer. - Stuttgart

Storkebaum, W. (Hrsg.) (1975): Zum Gegenstand und zur Methode der Geographie. - 2., unveränd. Aufl.. - Darmstadt

Straaß, G. (1963): Modell und Erkenntnis : Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung der Modellmethode in der Biologie. - Jena

Straskraba, M. ; Gnauck, A. (1983): Aquatische Ökosysteme : Modellierung und Simulation. - Stuttgart

Straskraba, M. (1995): Cybernetic theory of ecosystems. In: Gnauck, A. ; Frischmuth, A. ; Kraft, A. (Hrsg.): Ökosysteme: Modellierung und Simulation, S. 31-52. - Taunusstein

Stugren, B. (1978): Grundlagen der Allgemeinen Ökologie. - 3., erw. u. neubearb. Aufl.. - Jena

Stugren, B. (1986): Grundlagen der Allgemeinen Ökologie. - 4., erw. u. neugest. Aufl.. - Stuttgart ; New York

Sukopp, H. (Hrsg.) (1990): Stadtökologie : Das Beispiel Berlin. - Berlin

Tansley, A.G. (1935): The use and abuse of vegetational concepts and terms. In: Ecology 16: 284-307.

Taux, E. (1986): Die Verwendung erkenntniskritischer Begriffe in der theoretischen Biologie Uexkülls und Bertalanffys. In: Regelmann, J.-P. ; Schramm, E. (Hrsg.): Wissenschaft der Wendezeit : Systemtheorie als Alternative?, S. 83-100. - Frankfurt (Main)

Tenbruck, F.H. (1972): Zur Kritk der planenden Vernunft. - Freiburg i. Br. ; München

Teubner, G. (1982): Generalklauseln als sozio-normative Modelle. In: Stachowiak, H. ; Ellwein, Th. et al. (Hrsg.): Bedürfnisse, Werte und Normen im Wandel, Bd. 1, S. 87-112. - München

Thienemann, A.F. (1956): Leben und Umwelt : Vom Gesamthaushalt der Natur. - Hamburg

Tischler, W. (1965): Agrarökologie. - Jena

Tischler, W. (1978): Ökosysteme: Strukturen und Grenzen. In: Scharf, J.-H. (Hrsg.): Systeme und Systemgrenzen, S. 217-226. - Halle/Saale

Tischler, W. (1979): Einführung in die Ökologie. - 2., überarb. u. erw. Aufl.. - Stuttgart ; New York

Tischler, W. (1993): Einführung in die Ökologie. - 4., stark veränd. u. erw. Aufl.. - Stuttgart [u.a.]

Toulmin, S. (1968): Voraussicht und Verstehen : Ein Versuch über die Ziele der Wissenschaft. - Frankfurt a. M.

Trampe, W. (1990): Grundlagen einer ökologischen Wissenschafts- und Sprachtheorie. - Opladen

Trepl, L. (1985): "Ökologisches Denken" - Zwischen Perfektionierung der Naturbeherrschung, neuem Irrationalismus und emanzipatorischem Anspruch. In: Dinnebier, A. ; Pechan, B. (Hrsg.): Ökologie und alternative Wissenschaft : Ein Vortragszyklus, S. 65-89. - Berlin

Trepl, L. (1987): Geschichte der Ökologie : Vom 17. Jahrhundert bis zur Gegenwart. - Frankfurt a. M.

Trepl, L. (1988): Gibt es Ökosysteme?. In: Landsch. u. Stadt, Jg. 20, H. 4, S. 176-185.

Trepl, L. (1992): Zur Geschichte des Umweltbegriffs. In: Naturwiss., Jg. 79, H. 9, S. 386-392.

Trepl, L. (1994): Was ist "Landschaft"? : Die Landschaft und die Wissenschaft. In: Der Bürger i. Staat, Jg. 44, H. 1, S. 2-6.

Troll, C. (1939): Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. In: Ztschr. d. Ges. f. Erdk. z. Berl., Jg. 74, H. 7/8, S. 241-298.

Troll, C. (1950): Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. In: Studium Generale, Jg. 3, H. 4/5, S. 163-181.

Troll, C. (1968): Landschaftsökologie. In: Tüxen, R. (Hrsg.): Ber. int. Symp. Int. Verein. Veg.-Kunde: Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie, S. 1-21.

Uexküll, J. (1921): Umwelt und Innenwelt der Tiere. - 2. Aufl.. - Berlin

Unger, K. ; Stöcker, G. (Hrsg.) (1981): Biophysikalische Ökologie und Ökosystemforschung. - Berlin

Unger, K. (1981): Zur Simulation der Umweltbedingungen von Pflanzen. In: Unger, K. ; Stöcker, G. (Hrsg.): Biophysikalische Ökologie und Ökosystemforschung, S. 179-183. - Berlin

Varela, F.J. (1979): Principles of biological autonomy. - New York ; Oxford

Vogel, G. ; Angermann, H. (Hrsg.) (1977): dtv-Atlas zur Biologie, Bd. 1. - München

Vogt, R. (1983): Die Systemwissenschaften : Grundlagen und wissenschaftstheoretische Einordnung. - Frankfurt/Main

Wächtler, J. (1992): Leistungsfähigkeit von Wirkungsprognosen in Umweltplanungen. - Berlin

Walters, C.J. (1983): System-Ökologie : Erfassung der Systeme und mathematischen Modelle in der Ökologie. In: Odum, E.P.: Grundlagen der Ökologie in 2 Bänden. Band 1: Grundlagen. - 2., unveränd. Aufl., S. 449-476. - Stuttgart ; New York

Warming, E.B. (1896): Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie : Eine Einführung in die Kenntnis der Pflanzenvereine. - Berlin

Watzlawick, P. (1976): Wie wirklich ist die Wirklichkeit? : Wahn, Täuschung, Verstehen. - München ; Zürich

Watzlawick, P. (Hrsg.) (1981): Die erfundene Wirklichkeit : Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben?. - München ; Zürich

Weber, H. (1937): Zur neueren Entwicklung der Umweltlehre J. v. Uexkülls. In: Naturwiss., Jg. 25, S. 97.

Weber, H. (1939): Zur Fassung und Gliederung eines allgemeinen biologischen Umweltbegriffes. In: Naturwiss., Jg. 27, S. 633.

Weber, H. (1941): Zum gegenwärtigen Stand der Allgemeinen Ökologie mit besonderer Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen den Sinnesreaktionen und den andersartigen Umweltsbeziehungen. In: Naturwiss., Jg. 29, H. 50/51, S. 756-763.

Weber, M. (1904): Die "Objektivität" sozialwissenschaftlicher und sozialpolitischer Erkenntnis. In: Weber, M. (1982): Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre. - 5. Aufl., Hrsg. von J. Winckelmann. - Tübingen

Webster, J.R. (1979): Hierarchical organization of ecosystems. In: Halfon, E. (ed.): Theoretical systems ecology, p. 119-129. - New York

Weichart, P. (1975): Geographie im Umbruch : Ein methodologischer Beitrag zur Neukonzeption der komplexen Geographie. - Wien

Weichhart, P. (1975): Geographie im Umbruch - Ein methodologischer Beitrag zur Neukonzeption der komplexen Geographie. - Wien

Weinberger, C. (1983): Evolution und Ethologie : Wissenschaftstheoretische Analysen. - Wien ; New York

Weingarten, M. (1992): Organismuslehre und Evolutionstheorie. - Hamburg

Weingarten, M. (1993): Organismen - Objekte oder Subjekte der Evolution? : Philosophische Studien zum Paradigmawechsel in der Evolutionsbiologie. - Darmstadt

Weingarten, M. ; Gutmann, W.F. (Hrsg.) (1993): Geschichte und Theorie des Vergleichs in den Biowissenschaften. - Frankfurt a. M.

Wendler, G. (1965): Über einige Modelle in der Biologie. In: Studium Generale, Jg. 18, H. 5, S. 284-290.

Wenzel, M. (1982): Verzeitlichungstendenzen im Vorfeld des Evolutionismus. In: Nat. u. Mus., Jg. 112, H. 1, S. 15-25. - Frankfurt/M.

Westhoff, V. (1972): Die Stellung der Pflanzensoziologie im Rahmen der biologischen Wissenschaften. In: Ber. Int. Symp. Int. Verein. Veg.-Kunde, S. 1-15.

White, M.G. (1956): Toward reunion in philosophy. - Cambridge

Wiegleb, G. (1996): Konzepte der Hierarchie-Theorie in der Ökologie. In: Mathes, K. ; Breckling, B. ; Ekschmitt, K.: Systemtheorie in der Ökologie : Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie: Zur Entwicklung und aktuellen Bedeutung der Systemtheorie in der Ökologie, Schloss Rauischholzhausen im März 1996, S. 7-24. - Landsberg

Wiegleb, G. ; Bröring, U. (1996): The position of materialist emergentism in ecology. In: Senckenbergiana Maritima, i.p..

Wiener, N. (1948): Cybernetics or control and communication in the animal and the machine. - Paris ; New York

Windelband, W. (1924): Präludien : Aufsätze und Reden zur Philosophie und ihrer Geschichte. Band 1 u. 2. - 9., photomech. gedr. Aufl.. - Tübingen

Wissel, C. (1989): Theoretische Ökologie : Eine Einführung. - Berlin [u.a.]

Wißt, H.J. (1981): Darstellung und Beurteilung der Systemtheorie im Rahmen der Wissenschaftslehre. - Düsseldorf

Wöhlke, W. (1969): Die Kulturlandschaft als Funktion von Veränderlichen : Überlegungen zur dynamischen Betrachtung in der Kulturgeographie. In: Geogr. Rdsch., Jg. 21, H. 8, S. 298-308.

Wolbert, P. (1978): Der Grundbegriff des biologischen Objekts und seine Bedeutung für die Begriffe der biologischen Art und des natürlichen Systems. In: Schäfer, W. (Hrsg.): Evolutionierende Systeme III, S. 173-186. - Frankfurt/M.

Wright, G.H. (1974): Erklären und Verstehen. - Frankfurt a. M.

Wüstneck, K.D. (1963): Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs. In: Dt. Ztschr. f. Philos., Jg. 11, S. 1504-1523.

Wüstneck, K.D. (1966): Einige Gesetzmäßigkeiten und Kategorien der wissenschaftlichen Modellmethode. In: Dt. Ztschr. f. Philos., Jg. 14, S. 1452-1467.

Wüstneck, K.D. (1976): Begriffswort: "Modell", "Modellexperiment", "Modellmethode". In: Klaus, G. ; Buhr, M. (Hrsg.): Philosophisches Wörterbuch. Band 2: L-Z. - 12., ggü. d. 10., neubearb., durchges. Aufl., S. 805-811. - Leipzig

Wuketits, F.M. (1983): Biologische Erkenntnis: Grundlagen und Probleme. - Stuttgart

Wuketits, F.M. (1986): Schlüssel zur Biologie. - Düsseldorf ; Wien

Wuketits, F.M. (1989): Formen und Grenzen der Reduktion in den Biowissenschaften. In: Kratky, K.W. ; Bonet, E.M. (Hrsg.): Systemtheorie und Reduktionismus, S. 35-46. - Wien

Ziegler, R. (1972): Theorie und Modell : Der Beitrag der Formalisierung zur soziologischen Theorienbildung. - Wien ; Köln

Zölitz-Möller, R. (1994): Zur Diskussion gestellt: Probleme der Umsetzung geoökologischer Erkenntnisse in die Anwendung. In: Standort - Ztschr. f. Angew. Geogr., Jg. 18, H. 2, S. 12-16.