

Otto Stüdemann

Aspekte der Geoökologie

Unter Mitarbeit von
Sandra Ody, Sabine Kappes und Silvia Kastell

und mit Beiträgen von
Barbara und Klaus Bohne, Joachim Kudoke,
Mandy Merhold, Frank Schmidt, Joachim Schmidt
und Isidor Storchenegger

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Otto Stüdemann (geb. 1944 in Hohensalza) studierte Meliorationswesen (Dipl.-Ing.) in Rostock, promovierte dort 1972 über Witterung-Ertragsmodelle für Winterweizen und Kartoffeln (Dr. agr., Agrarmeteorologie). Zwei Jahre als Projektant und Standortgutachter im Meliorationsbau; 1979-80 Starschor an den Universitäten Odessa und Jerewan; 1983 Dipl. Erwachsenenpädagogik; 1984 Promotion zum Dr. sc. über die Theorie der geographischen Forschungsmaßstäbe und die Kennzeichnung von Klimamikrochoren für die landwirtschaftliche und kulturtechnische Standortkunde; 1985 Facultas docendi für die Fachgebiete Standortkunde, Agrar- und Hydrometeorologie; zahlreiche Forschungsaufenthalte und Lehrtätigkeiten an den Hochschulen in Debrecen, Szczecin und Wrocław; 1990 Lehrauftrag in Giessen; 1991-96 Gastlehrtätigkeiten zur Agrarmeteorologie und Landschaftsökologie an der Univ. Kiel; 1992 Berufung zum ordentlichen Professor für Agrarmeteorologie an die Univ. Rostock; ab 1992 Leiter der Forschungsgruppe „Angewandte Meteorologie und Umweltsystemanalyse“ an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Univ. Rostock.

Lehrfächer: Grundkurs Meteorologie für Ingenieure, Agrarmeteorologie und Agrarraumstrukturierung für Agrarökologen, Hydrometeorologie, Dynamik und Chemie der Atmosphäre, Theoretische Grundlagen der Landschaftslehre, Standortkunde, Landschaftsökologie, Umweltsystemanalyse.

Forschungsgebiete: Synökologie, Klimafolgenforschung (subregionale anthropogene Klimaveränderungen, geographisches Muster der standortspezifischen phytotoxischen Ozonwirkung), Stadtklimatologie, Human-Biometeorologie, Kulturtechnik (on- und off-site Effekte der Bodenerosion, Abflussspenden), Standortkunde (meteorologische Bemessungsgrößen).

Gedruckt auf holz- und säurefreiem Papier, 100 % chlorfrei gebleicht.

© Weißensee Verlag, Berlin 2008
Kreuzbergstraße 30, 10965 Berlin
Tel. 0 30 / 91 20 7-100
www.weissensee-verlag.de
e-mail: mail@weissensee-verlag.de

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Germany

ISBN 978-3-89998-127-8

Mitarbeiter dieses Buches

- Beese, Manja** - Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Gutachterin Umweltverträglichkeitsprüfungen Immissionen; Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein GmbH, 18209 Bad Doberan
- Bohne, Barbara** - Dipl.-Ing., Geohydraulikerin; Inst. Umweltingenieurwesen, Univ., 18051 Rostock
- Bohne, Klaus** - Prof. Dr. habil., Bodenphysiker; Univ., 18051 Rostock; schrieb 2005: An Introduction into Applied Soil Hydrology. Catena Verlag, Reiskirchen, 231 pp., ISBN 3-923381-51-4
- Himmelreich, Anke** - Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Projektbearbeiterin u. Qualitätsmanagementbeauftragte Sachgebiet Altlasten; PRO UMWELT & Partner Jaggi & Teßmann GbR, 19055 Schwerin
- Kappes, Sabine** (geb. Eckert) - Dr. agr., Pflanzenphysiologin; Leiterin der Freilandforschung; Bioativ-GmbH, 18109 Groß Lüsewitz (bei Rostock)
- Kastell, Silvia** - Dr. agr., Landschaftsökologin; Leiterin Fachabteilung Immissionsschutz; Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein GmbH, 18209 Bad Doberan
- Krüger, Dörte** - Dipl.-Ing., Landeskultur und Umweltschutz; Doktorandin Landschaftsökologie; AG Landschaftsökologie, Univ., 26129 Oldenburg
- Kudoke, Joachim** - Doz. Dr. habil., Vegetationsökologe; Biestower Damm 54, 18059 Rostock
- Merhold, Mandy** - Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Sachverständige für Immissionsschutz; Ing.-Büro Dr.-Ing. Wilfried Eckhof, 16356 Ahrensfelde
- Noß, Christian** - Dr.-Ing., Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Gerinnehydrauliker; Inst. Umweltingenieurwesen, Univ., 18051 Rostock
- Oद्या, Sandra** - Dr. agr., Landschaftsökologin, Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Gymnasiallehrerin für Biologie, Chemie und BF Physik; Inst. Umweltingenieurwesen, Univ., 18051 Rostock
- Rosenbaum, Ulrike** - Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Forschungsstipendiatin; Forschungszentrum Jülich GmbH, Inst. für Chemie und Dynamik der Geosphäre – Agrosphäre (ICG 4), 52425 Jülich
- Schmidt, Frank** - Dr.-Ing., Dipl.-Ing., Landeskultur u. Umweltschutz; Projektleiter Geowissenschaften/Umwelt; Beak Consultants GmbH, 09599 Freiberg
- Schmidt, Joachim** - Dipl.-Biologe, Evolutions- u. Populationsdynamik; Geographische Fakultät, Philipps-Univ., 35032 Marburg
- Storchenegger, Isidor** - Prof. Dr. sc. techn., Kulturtechnik u. Gewässerregulierung; Gerinnehydrauliker, Inst. Umweltingenieurwesen, Univ., 18051 Rostock
- Stüdemann, Gudrun** - Deutschlehrerin; Alt Sievershagen 15, 18069 Lambrechtshagen
- Stüdemann, Otto** - Prof. Dr. habil., Angewandte Meteorologie und Umweltsystemanalyse; Standortkundler; Inst. Umweltingenieurwesen, Univ., 18051 Rostock

Geleitwort

des Umweltministers des Landes Mecklenburg-Vorpommerns a. D.

Der Autor hat gemeinsam mit seinen Mitarbeitern und Co-Autoren ein Buch vorgelegt, das sowohl wissenschaftlich als auch politisch ist. Der offensichtlich bewusst gewählte Titel „Aspekte der Geoökologie“ bietet viele Freiräume für neue Darstellungen und die Entwicklung der Geoökologie als komplexe Wissenschaftsdisziplin. Gleiches gilt für die, oftmals auch in methodischen Abschnitten, abgeleiteten Erwartungen und Forderungen an die Politik.

OTTO STÜDEMANN verfolgt bei aller Detailliertheit in Methodik und Analytik der Geoökologie stets den holistischen Ansatz, sowohl in der Analyse von Prozessen, Zuständen und Parametern als auch in der Ableitung von Empfehlungen an Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Auf der Grundlage allgemeiner wissenschaftstheoretischer und eigener Erkenntnisse wird die Geoökologie definiert und ihr Beitrag zum Wissensfortschritt an Beispielen gezeigt.

Aus dem Bestreben, streng wissenschaftlich zu arbeiten, werden z. T. breit angelegte Definitionen, Interpretationen und Nutzungen wissenschaftstheoretischer, natur- und ingenieurwissenschaftlicher Begriffe erläutert. Gut ausgewählte Beispiele machen Axiome, Paradigmen, Methodologie und Analytik der Geoökologie sowie dessen Gegenstand: Systeme, Strukturen und Prozesse, verständlich. Damit erreicht das Buch für das Studium der Geoökologie nicht nur für Studenten, sondern auch für Wissenschaftler und Praktiker eine große gesamtgesellschaftliche Bedeutung. Aus geoökologischer Sicht werden Klimawandel, Windkraftnutzung, Bodenerosion, Dränbemessung, Fließgewässerhydraulik, ökologische Bewertung von Mooren, Ozon-Biomonitoring und human-biometeorologische Wirkungsfaktoren neu vorgestellt bzw. entwickelt; das komplexe Denken wird induziert.

Durch die Mitarbeit von 17 Wissenschaftlern wurde ein Buch komponiert, das theoretisch und methodisch anspruchsvoll, praxisorientiert und politisch ambitioniert ist. Gegenstände und Aufgaben der Geoökologie zu Beginn des 21. Jahrhunderts werden klar definiert. In kurz dargestellten Visionen von Wissenschaft und Gesellschaft plädiert der Autor für rationale Analysen der Situation, die zu neuartigen Erkenntnissen, Technologien und Verhaltensweisen führen. Die Mitarbeiter hoffen auf **Akzeptanz des holistischen geoökologischen Weltbildes**, auf die Entwicklung eines entsprechenden geoökologischen Bewusstseins **und von tragfähigen Grundwerten der Gesellschaft**. Sie erwarten, dass die Geoökologie wesentlich dazu beitragen kann, dass verantwortliche Politiker und andere Führungskräfte das Paradigma der Nachhaltigkeit begreifen und praktizieren, weil letztlich „**ökologische Weisheit**“ über die Zukunftsfähigkeit menschlicher Kulturen entscheidet. Sie möchten die nächste Generation motivieren, ihre Intelligenz zu nutzen, um humanistische Ideale Allgemeingut werden zu lassen.

Die Autoren haben sich zum Ziel gesetzt, dass Studenten geoökologisch orientierter Studiengänge, Wissenschaftler und Praktiker auch durch dieses Buch befähigt werden, Gesetzmäßigkeiten in Natur und Gesellschaft zu erkennen. Sie empfehlen es ebenso Mitarbeitern der politischen Entscheidungsträger. Ich würde es darüber hinaus den Entscheidungsträgern selbst empfehlen, obwohl die wissenschaftlichen Methoden und die Sprache manchmal schwer verdaulich sein mögen.

Dem Buch sind aus wissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht eine interessierte Leserschaft und eine weite Verbreitung zu wünschen.

Vorwort

So viele Propheten – So viele Visionen!

Anfang des 21. Jahrhunderts kann und darf kein informierter Mensch mehr Bilder und Modellszenarien katastrophaler Auswirkungen anthropogener Aktivitäten auf unsere Umwelt verdrängen. Sowohl globale Veränderungen als auch die Vernichtung der Lebensräume von Menschen, Tieren und Pflanzen stellen irreversible Schäden dar. Millionen Menschen sind hilflos den negativen Effekten der auf Maximalgewinn orientierten Wirtschaftssysteme, den Glaubenskriegen und der Willkür von Despoten ausgeliefert. All diese Konflikte führen zur Zerstörung unserer Umwelt.

Statt der unfruchtbaren Diskussionen über Inhalte von Wissenschaftsgebieten, wer diese in welchen wissenschaftlichen Organisationen vertreten soll, über Definitionen und die Stellung von Parteien zur Wissenschaftsentwicklung, muss die Entwicklung der Methodologie und der Analytik der prozessorientierten Geoökologie im Vordergrund der wissenschaftlichen Arbeit stehen. Axiome und Paradigmen sind auf Gültigkeit und ihre gesellschaftliche Relevanz zu prüfen. Der enorme Zuwachs an Detailkenntnissen auf vielen geoökologischen Gebieten einerseits und die ungelösten Umweltprobleme andererseits erfordern eine Entwicklung wissenschaftstheoretischer Grundlagen der Geoökologie.

Unter Beachtung der bekannten theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre und der hier formulierten Axiome, Paradigmen und Forschungskonzepte wird dieser Abhandlung folgende Definition der Geoökologie zugrunde gelegt:

Die Geoökologie ist eine holistische Wissenschaft, deren Gegenstände Geoökosysteme und ihre Abbildungen in der Realität aller Raum-Zeit-Strukturen der Geosphäre sind. Sie werden mit Hilfe von Inventar-Prozess-Strukturanalysen auf Systemstabilität und Systemveränderung untersucht und für Handlungsmaxime definiert.

Auf der Grundlage disziplinärer Erkenntnisse der ökologischen, sozioökonomischen, mathematischen, Natur- und Politikwissenschaften werden durch die wissenschaftsspezifische Methodik und Analytik der Geoökologie die stofflichen, energetischen, funktionalen, prozessualen und gesellschaftlichen Zusammenhänge der Veränderung der Umwelt analysiert, prognostiziert und mit Hilfe von Computer-Simulationen und -Animationen dargestellt. Der gesellschaftliche Auftrag der Geoökologie besteht in der Ausarbeitung von Vorschlägen für die Erhaltung der Lebensgrundlagen und die Verbesserung der Umweltqualität.

Die Holistik, ein Wesensmerkmal der Geoökologie, ist von so großer aktueller Bedeutung, dass nur durch die Formulierung und Akzeptanz neuer Paradigmen eine Entwicklung der Methodologie und Analytik der Geoökologie möglich ist und eine politische Wirksamkeit dieser Wissenschaft erzielt werden kann.

Warum wird zum Beispiel die Klimaveränderung sowohl als regionales als auch globales geoökologisches Phänomen nicht auf die Unfähigkeit der Weltpolitik, anthropogene Einflüsse zu minimieren, und auf konkrete natürliche Veränderungen der Atmosphäre zurückgeführt?

Als eindeutige anthropogene Veränderungen des Klimas gelten:

- die stoffliche Zusammensetzung des gasförmigen und Partikelaerosols der Atmosphäre und die damit verbundene Erhöhung des natürlichen Treibhauseffektes,
- die Zunahmen der Stoffkonzentrationen im Nebelwasser und im Niederschlagswasser (feuchte und nasse Depositionen),
- die Veränderung des Quantenfluxes verschiedener Wellenlängenbereiche der Strahlung durch photochemische Dissoziation anthropogener Emissionen.

Gegner der Vernunft erringen immer wieder Siege, weil Laien die Klimaveränderung in Medien fast ausschließlich an CO₂-Konzentrationen und Temperaturschwankungen sowie deren Effekten festmachen und die Kausalität von Schwankungen und Veränderungen nicht erläutern können. Sie verweisen auf Temperaturverhältnisse in geschichtlicher Zeit und entledigen sich und die Politiker ihrer Verantwortung, einer anthropogenen Klimaveränderung im Sinn oben genannter Merkmale mit allen ihnen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten entgegenzuwirken. Nach dem holistischen Ansatz der Geoökologie können Definitionen der natürlichen Klimaschwankung und der anthropogenen Klimaveränderung auf der Basis des gegenwärtigen Erkenntnisstandes gegeben werden. Der Definitionsstreit wird aber aus Kapitalinteresse und mangelndem Wissen geführt. So ist das geoökologische Phänomen „Klimawandel“ nach STEHR (zit. MÜLLER-JUNG 2006) primär kein Umweltproblem mit einer gesellschaftlichen Komponente, sondern ein gesellschaftliches Problem, das eine „Umweltkomponente“ hat. Der UN-Klimabericht des „Weltklimarates“ (IPCC) 2007, vorgelegt in Paris, in dem eine Klimaveränderung fast ausschließlich auf die anthropogene Zunahme der CO₂-Konzentration proklamiert wurde, hält einer wissenschaftlichen Prüfung nicht stand. Der französische Präsident CHIRAC (2007) forderte in diesem Zusammenhang auf der Basis von Vernunft und des Nachhaltigkeitsparadigmas eine **„Revolution des Bewusstseins, eine Revolution der Wirtschaft, eine Revolution des politischen Handelns“ und eine unabhängige „vollwertige UN-Umweltorganisation“**.

Das Buch enthält wissenschaftstheoretische Aspekte, Aspekte der theoretischen Grundlagen der Geoökologie und vielfältige Beispiele aus Lehre, Forschung und Praxis, die auch abstrakte Formulierungen verständlich machen. Das Studium des Buches wird durch Eingliederung von Grundlagenwissen und zahlreiche inhaltliche Verflechtungen und Verweise erleichtert. Aus methodisch-didaktischen Gründen wurden überwiegend Beispiele aus einer Großlandschaft, aus dem nordostdeutschen Raum der jungpleistozänen und holozänen Bildungen, ausgewählt. Der Leser wird so in die Lage versetzt, das umfangreiche Wissen und die gewonnenen Erkenntnisse über einen Ausschnitt der Geosphäre durch die schöpferische Synthese selber zu erschließen.

Ziel dieses Buches ist es, Studenten von Studiengängen, die sich in irgend einer Form mit unserer Umwelt natur- und/oder gesellschaftswissenschaftlich auseinandersetzen, dem interessierten wissenschaftlichen Nachwuchs und den praktisch arbeitenden Akademikern in Umweltschutz, Landeskultur, Ökologie und Politik eine Anleitung zum wissenschaftlichen Denken, z. B. das Denken in Kategorien, zur methodischen Arbeitsweise und zum Erkennen von Gesetzmäßigkeiten in Natur und Gesellschaft zu geben. Schlussfolgernd soll erkannt werden, dass nur eine umfassende Ausbildung auf wissenschaftlich hohem Niveau den Menschen befähigt, als Geoökologe wirksam tätig zu sein. Den Mitarbeitern der politischen Entscheidungsträger sei dieses Buch ebenfalls empfohlen.

Die Inhalte des Buches sind durch die Mitarbeit der Doktorinnen Sabine Kappes (geb. Eckert), Sandra Ody und Silvia Kastell aus meiner Arbeitsgruppe „Angewandte Meteorologie und Umweltsystemanalyse“ sowie zahlreicher Diplomandinnen und Diplomanden der Ingenieurfachrichtung „Landeskultur und Umweltschutz“ der Universität Rostock sowie durch Zuarbeiten befreundeter Wissenschaftler entstanden. Die gewählten Schwerpunkte resultieren aus Erfahrungen langjähriger Lehr-, Forschungs- und Gutachter Tätigkeiten und aus der Analyse des sich neu entwickelnden Umweltbewusstseins.

Verpflichtet fühle ich mich meinen Lehrern und Freunden

Herrn Professor Dr. habil., Dr. h. c. (mult.) Manfred H. **OLBERTZ** - Begründer der unikalenen Studiengänge „Meliorationswesen“ (1962) und „Landeskultur und Umweltschutz“ (1990) in Deutschland

Herrn Professor Dr. habil. Günter **WERTZ** - Hydromelioration u. Gewässerregulierung

Herrn Dozent Dr. habil. Joachim **KUDOKE** - Vegetationskunde, Pflanzenökologie

Herrn Professor Dr. habil. Gerhard **REUTER** – Bodenkunde

sowie den Kollegen der **Rostocker Schule der Standortkunde** (DBG 2001, DWD 2007)

Prof. Klaus BOHNE, Dr. Peter DAHMS, Prof. Klaus JANZEN, Dr. Petra KAHLE, Dr. Alfred KIRCHNER, Doz. Hermann KÖNKER, Prof. Hermann KRETSCHMER und Prof. Peter MENNING.

Einen Dank richte ich an die langjährig tätigen Mitarbeiter Harry DANCKERT, Brit HINRICHS, Marianne KIETZMANN, Herbert KNOLL, Thea LARDON, Brigitta SCHLOTTMANN, Helga WEILAND und Sven ZELMS.

Meinen besonderen Dank richte ich an:

Herrn Prof. Dr. habil. L. Jonas, Leiter des Elektronenmikroskopischen Zentrums der Univ. Rostock und seinen Mitarbeiter Herrn Fulda.

Die finanzielle Förderung und Unterstützung zahlreicher Projekte erfolgten durch den Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), Ministerien und Ämter verschiedener Konstellationen für Umwelt, Natur, Geologie (Herr Dr. Sattler) und Landwirtschaft von Mecklenburg-Vorpommern (Herr Dr. Pille), des Umweltbundesamtes (Herr Dipl.-Meteorologe B. Thees) und des Umweltamtes der Hansestadt Rostock (Frau Dr. Preuß und Herrn Dipl.-Physiker H. Matthäus)

Über die Hinweise zur Gestaltung des Buches und das freundliche Entgegenkommen der Mitarbeiter des Verlages, die unsere Wünsche berücksichtigten, sowie für die repräsentative Drucklegung bedanke ich mich.

Frühjahr 2008

OTTO STÜDEMANN
Universität Rostock, Deutschland

Inhaltsverzeichnis

1	GRUNDVORSTELLUNGEN	17
1.1	DIE IMMANENTEN MERKMALE EINER WISSENSCHAFT	17
1.2	DIE ENTWICKLUNG DER WISSENSCHAFTEN	18
1.3	DIE ANTHROPOGENEN VERÄNDERUNGEN DER UMWELT ALS GEGENSTAND DER GEOÖKOLOGIE	22
1.4	DIE AXIOMATIK DER GEOÖKOLOGIE	25
1.4.1	Einführung	25
1.4.2	Das Denken in Skalen	25
1.4.3	Begriffe zur näheren Beschreibung des Gegenstandes der Geoökologie	26
1.4.4	Begriffe für die Forschungsmaßstäbe der Geoökologie	26
1.4.5	Axiome	28
1.4.5.1	Das planetarische Axiom	28
1.4.5.2	Das chorologische Axiom	33
1.4.5.3	Das landschaftliche Axiom	36
1.4.5.4	Axiome des Holismus	36
1.4.6	Die Bedeutung der Axiomatik für das wissenschaftliche Arbeiten	39
1.5	BASIS DER METHODIK UND ANALYTIK DER GEOÖKOLOGIE	40
1.5.1	Einleitung	40
1.5.2	Grundlegendes Verständnis der geoökologischen Arbeitsweise	42
1.5.3	Die grammatikalische Struktur der Prädikation des Begriffes Landschaft (O. Stüdemann u. G. Stüdemann)	43
1.5.4	Paradigmen der Geoökologie	45
1.6	DIE DIALEKTISCHE EINHEIT VON KATEGORIENLEHRE, METHODENLEHRE UND VERFAHRENSLEHRE	47
1.6.1	Einführung	47
1.6.2	Kategorienlehre	48
1.6.3	Methodenlehre	53
1.6.4	Verfahrenslehre	55
1.6.4.1	Einführung	55
1.6.4.2	Darstellung der Arealheterogenität des Niederschlags im topischen und im chorischen Maßstabsbereich mit Hilfe einer disjunkten hierarchischen Cluster-Analyse (Beispieldarstellung)	56
1.6.4.3	Berechnung autochthoner Ozonbildungspotenziale auf der Grundlage einer Fuzzy-Simulation	67
1.6.5	Die dialektische Einheit von Kategorienlehre, Methodenlehre und Verfahrenslehre – Ein Paradigma der Wissenschaftstheorie	76
2	METHODIK UND ANALYTIK DER GEOÖKOLOGIE	78
2.1	EINLEITUNG	78
2.2	DARSTELLUNG UND ANWENDUNG METHODISCHER HILFSMITTEL FÜR DAS ERKENNEN DER GEOÖKOLOGISCHEN REALITÄT	79
2.2.1	Anwendung des Catena-Prinzips als Erkundungsmethode synergetischer Zusammenhänge	79
2.2.1.1	Einführung	79
2.2.1.2	Catenen für topologische Differenzialanalysen und komplexe Standortanalysen	80

2.2.1.3	Catenen für geoökologische Komplexanalysen auf der landschaftlichen Ebene.....	83
2.2.2	Zur Bedeutung von Ordnungsprinzipien hierarchischer pflanzensoziologisch- ökologischer und pflanzengeographischer Gliederungen für den Erkenntnisgewinn über die geökosystemare Realität	98
2.2.2.1	Einleitung	98
2.2.2.2	Maßstabsabhängige Ordnungsprinzipien	98
2.2.3	Die ökologisch-soziologische Artengruppe „Vegetationsform“ als kategorialer Begriff der Geoökologie	104
2.2.4	Zur Aussage landschaftstypischer endogener und exogener Formen der Oberflächengestalt für geoökologische Fragestellungen	109
2.2.4.1	Einführung.....	109
2.2.4.2	Morphogenetische Einheiten in Jungmoränen-Landschaften Nordostdeutschlands ...	110
2.2.5	Darstellung und Anwendung maßstabsgebundener geoökologischer Arbeitsmethoden.....	114
2.2.5.1	Einführung.....	114
2.2.5.2	Topologische Arbeitsweisen	114
2.2.5.3	Chorologische Arbeitsweisen.....	117
2.2.5.4	Regionische faktorielle Analyse	118
2.2.5.5	Hologäische Bilanzmethoden	121
2.2.6	Inventar-Prozess-Strukturanalysen geoökologischer Phänomene.....	124
2.2.6.1	Einleitung	124
2.2.6.2	Prozessstruktur der Festlegung von Metall-Ionen in Umweltsystemen – Bestimmung ihrer Bioverfügbarkeit.....	125
2.2.6.3	Wasserbewegung in porösen Medien unter dem Einfluss von thermischen Gradienten (K. Bohne).....	127
2.2.6.4	Grundgesetze des Transports von Wasser und gelösten Stoffen im Boden – Prozesse der Stoffausbreitung (K. Bohne)	129
2.2.6.5	Raum-Zeit-Skalen meteorologischer Prozesse und luftgebundener Stofftransporte ...	135
2.2.6.6	Das Phänomen hoher Konzentrationen des bodennahen Ozons in Reinluftgebieten an der südlichen Ostseeküste	140
2.2.6.7	Mittlere Wasserhaushaltsbilanz eines Flussgebietes	141
2.2.6.8	Genese, Degradierung und Renaturierung von Niedermooren	142
2.2.7	Die Stellung der Umweltsystemanalyse in der Systematik der Forschungs- maßstäbe	156
3	GEGENSTÄNDE UND AUFGABEN DER GEOÖKOLOGIE ZU BEGINN DES 21. JAHRHUNDERTS	157
4	ANGEWANDTE GEOÖKOLOGIE.....	161
4.1	LANDSCHAFTS- UND WITTERUNGSKLIMATISCH ABHÄNGIGE PARAMETER VERTIKALER WINDPROFILE UND LEISTUNGSBERECHNUNG GROßER WINDKRAFTANLAGEN (WKA).....	161
4.1.1	Einleitung	161
4.1.2	Einige Grundlagen der Kennzeichnung von Windprofilen	163
4.1.3	Windleistungsberechnungen nach Prozessräumen	167
4.1.4	Überlegungen zur Standortwahl und Hinweise zur Leistungsberechnung von WKA...	172
4.2	DIE GEOÖKOLOGISCH DETERMINIERTE DRÄNBEMESSUNGSABFLUSSPENDE DER ENTWÄSSERUNG MINERALISCHER BÖDEN ALS TEIL EINES UMWELT- UND STANDORTGERECHTEN BODENWASSERMANAGEMENTS	173
4.2.1	Einleitung	173
4.2.2	Alte und neue Paradigmen der Dränung	174

4.2.3	Ableitung der geoökologisch determinierten Dränbemessungsabflussspende.....	180
4.2.3.1	Ökologische Nässe und Bodenverdichtung anzeigende Vegetation.....	180
4.2.3.2	Kennzeichnung und Beurteilung der Vernässung sowie der ökologischen und technologischen Nässe mit Hilfe bodenkundlicher Daten	183
4.2.3.3	Ermittlung der Regenspenden q_{Rmax} des dränbemessungswirksamen Zeitraumes....	190
4.2.4	Die geoökologisch determinierte Dränbemessungsabflussspende (q_G)	198
4.2.5	Zusammenfassung – Das standort- und umweltgerechte Bodenwassermanagement	199
4.3	DIE PROZESSSTRUKTUR UND DIE ON- UND OFF-SITE STOFFPFADE DER BODENEROSION DURCH WASSER.....	200
4.3.1	Einleitung	200
4.3.2	Grundvorstellungen.....	200
4.3.3	Inventar-Prozess-Strukturanalyse	203
4.3.4	Die im Gelände kartierbaren Effekte des Stofftransportes	210
4.3.5	Ableitung eines Bodenmanagements zur Einschränkung der Bodenerosion	211
4.3.6	Analyse von Modellen der Bodenerosion (ROSENBAUM 2006)	212
4.4	HYDRAULIK NATURNAHER FLIEßGEWÄSSER-GEOÖKOTOPE (I. STORCHENEGGER).....	222
4.4.1	Einführung (O. Stüdemann u. I. Storchenegger).....	222
4.4.2	Energielinie, Schubspannung, Fließgeschwindigkeit	224
4.4.3	PRANDTL'S Phänomenologie der turbulenten Strömungen	227
4.4.3.1	Logarithmisches Fließgesetz für breite Rechteckprofile.....	232
4.4.3.2	Logarithmisches Fließgesetz für den Rauherinne-Abfluss nach SCHEUERLEIN	232
4.4.4	Empirische Fließformeln – Potenzgesetze	232
4.4.5	Gegliederte Profile – Rauigkeitsunterschiede auf Wandungen.....	237
4.4.5.1	Betrachtung der Schubspannungen	237
4.4.5.2	Betrachtung der Gewichtsanteile.....	239
4.4.5.3	Überlagerte Rauheiten.....	239
4.4.5.4	Der Einfluss von Uferbewuchs.....	241
4.4.5.5	Bewegliche Sohle und Sedimenttransport.....	244
4.4.6	Ungleichförmiger Abfluss	252
4.4.7	Modellberechnung des Sedimenttransportes in einem naturnahen Fluss	254
4.4.8	Zur Hydraulik kleiner naturnaher Fließgewässer (C. Noß).....	259
4.5	KLIMAKENNZEICHNUNGEN FÜR GEOÖKOLOGISCHE SYSTEME UNTERSCHIEDLICHER SKALENEbenen	264
4.5.1	Einleitung	264
4.5.2	Kennzeichnung von prozessbezogenen Raumskalen des Klimas am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern	265
4.5.2.1	Grundlagen	265
4.5.2.2	Statistisch gesicherte Arealheterogenität des Niederschlags im mikrochorischen Maßstab	273
4.5.2.3	Atmosphärischer Ausschöpfungsanspruch und standortspezifisches Wasserdefizit... ..	276
4.5.2.4	Hydroklima-Mikrochorenkarte von Mecklenburg-Vorpommern	278
4.5.3	Phänologie	281
4.6	STANDORTDIAGNOSE, MONITORING UND MONITORINGSYSTEME	287
4.6.1	Einleitung	287
4.6.2	Ökologische und naturschutzfachliche Standortdiagnose in Mooren mit Hilfe von Laufkäfern (J. Schmidt).....	297
4.6.2.1	Laufkäfer als pedobiologische Indikatoren	297

4.6.2.2	Laufkäfer als Zielgruppe des Naturschutzes	298
4.6.2.3	Laufkäfer in Mooren – Indikation und naturschutzfachliche Wertsetzung	299
4.6.2.4	Schlussfolgerungen	301
4.6.3	Faunistische Untersuchungen in kleinstrukturierten Landschaften für eine naturschutzfachliche Diagnose (F. Schmidt)	302
4.6.3.1	Einleitung	302
4.6.3.2	Erfassung und Bewertung der Avifauna	302
4.6.3.3	Fledermäuse	311
4.6.3.4	Heuschrecken	312
4.6.4	Monitoring zum Wasserhaushalt einer auf litoralem Versumpfungsmoor gewachsenen Regenmoorkalotte - Beispiel Naturschutzgebiet „Hütelmoor“ bei Rostock (B. Bohne u. K. Bohne).....	313
4.6.4.1	Einführung (O. Stüdemann u. B. Bohne).....	313
4.6.4.2	Monitoring zur Dynamik hydrometeorologischer sowie geohydrologischer und geochemischer Bilanzgrößen der Regenmoorkalotte „Hütelmoor“	319
4.6.4.3	Schlussfolgerungen	336
4.6.5	Das Rostocker hierarchische Ozon-Biomonitoringsystem zur Ableitung pflanzenphysiologisch begründeter Ozonrichtwerte und des standortspezifischen phytotoxischen Ozonwirkungspotenzials.....	338
4.6.5.1	Veranlassung und Ziele	338
4.6.5.2	Entwicklung der Systemstruktur	340
4.6.5.3	Bestimmung des standortspezifischen Ozonwirkungspotenzials.....	347
4.6.5.4	Prozessstrukturen der ozonbedingten Schadensgenese auf den organismischen Organisationsstufen einer Pflanze (S. Ody, S. Kappes, O. Stüdemann)	351
4.6.5.5	Nachweise der Genese und Klassifizierung ozonbedingter phytotoxischer mikroskopischer und makroskopischer Schadsymptome.....	353
4.6.5.6	Bestimmung von pflanzenbezogenen Ozongrenzwerten und standortspezifischen Ozonrichtwerten.....	360
4.7	EFFEKTIVE ERHOLUNG, FÖRDERUNG DER GESUNDHEIT UND GENESUNG DURCH BEACHTUNG HUMAN-BIOMETEOROLOGISCHER FAKTOREN (M. MERHOLD U. O. STÜDEMANN).....	363
4.7.1	Einleitung	363
4.7.2	Genese human-biometeorologischer Faktoren und Wirkungskomplexe.....	365
4.7.3	Human-biometeorologische Indizes	369
4.7.3.1	Windchill-Index.....	369
4.7.3.2	Hitze-Index.....	370
4.7.3.3	Index der gefühlten Temperatur T_{gef} nach BLAU & THEES (2000).....	371
4.7.3.4	Rheuma-Index nach MERHOLD (2006).....	372
4.7.3.5	Erkältungs-Index nach MERHOLD (2006).....	373
4.7.3.6	Herz-Kreislauf-Index nach MERHOLD (2006).....	377
4.7.4	Human-Bioklimate in Mecklenburg-Vorpommern	379
4.7.4.1	Strand- und Küstenklimate.....	382
4.7.4.2	Klimate der Offenlandschaften	384
4.7.4.3	Waldklimate	384
4.7.4.4	Stadtklimate	385
4.7.5	Human-biometeorologische Gliederung von Mecklenburg-Vorpommern	387
5	VISIONEN.....	391
	LITERATURVERZEICHNIS	393
	BEGRIFFSERLÄUTERUNGEN	415

1 Grundvorstellungen

1.1 Die immanenten Merkmale einer Wissenschaft

Das fundamentale Werk „Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre“ von NEEF (1967), erschienen im Verlag VEB Hermann Haack, Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha/Leipzig, beginnt in der Einleitung mit den Sätzen: „Jede Wissenschaft hat einen bestimmten Gegenstand, hat ein Objekt. Jede Wissenschaft hat zugleich einen bestimmten gesellschaftlichen Auftrag. Beide zusammen ergeben die Stellung der einzelnen Wissenschaft im Gesamtsystem der Wissenschaften.“ Für einen Geoökologen stellt sich unsere Umwelt als ein anthropogenes geosynergetisch - ökologisches Wirkungsgefüge dar. Es prägt die Individualität eines geographischen Ortes oder eines beliebig großen geographischen Raumes. Maßstabbereiche der Kategorien „Raum“ und „Zeit“ geben den Inhalt und die Größe des Untersuchungsgegenstandes – Standort, Landschaft, Region, Geosphäre – und damit auch den Forschungsmaßstab an.

Die Geoökologie ist durch folgende wissenschaftsimmanente Merkmale definiert:

- Fragestellungen, Aufgaben und Ziele;
- Gegenstand, Forschungsobjekt;
- axiomatische Grundlagen, Paradigmen, Lehrsätze;
- fachspezifische Kategorien, in sich geschlossene Begriffssysteme;
- Methodik und Analytik;
- Ergebnisdarstellung;
- spezifische Wirksamkeit.

1.2 Die Entwicklung der Wissenschaften

Die Analyse der Entstehung von Wissenschaftsdisziplinen zeigt einige Grundsätzlichkeiten:

1. Aus etablierten Wissenschaften werden Axiome und Lehrsätze in zu entwickelnde Wissenschaften übernommen, ohne dass neue spezifische Ansätze, Paradigmen oder Axiome formuliert werden. Das hat zur Folge, dass die bisherigen Definitionen, Methoden und Verfahren für die Entwicklung neuer Denkstrukturen ungeeignet sind. Über Umwege und uneffektive Diskussionen wird festgestellt, dass es zur Lösung hochgradig komplexer Aufgaben keine „interdisziplinäre Wissenschaften“ gibt. Dieses Konstrukt ist in sich unlogisch. Definitionsstreitigkeiten werden auf der Basis des Alten geführt, weil die Beteiligten zu dem Zeitpunkt der Entwicklung einer Wissenschaftsdisziplin noch nicht in der Lage sind, das Wesen des Neuen zu verstehen. Die Erfahrung fehlt. Oft mangelt es auch an Bereitschaft, einen Paradigmenwandel anzuerkennen, Paradigmen anderer Disziplinen zu akzeptieren oder neue zu formulieren. Auf diese Weise wird ein wissenschaftliches Potenzial zur Entwicklung der Wissenschaft vergeudet. Über einen langen Zeitraum kann der wissenschaftstheoretische Fortschritt nur über aufwändige Korrekturen erreicht werden.
2. Die Entwicklung der Wissenschaft verläuft alternierend in zwei Phasen. In einer Phase werden durch zunehmend speziellere, defizile Methoden, höhere technische und finanzielle Aufwendungen immer mehr Kenntnisse und Erkenntnisse gewonnen (**Phase der vertikalen Entwicklung der Wissenschaft**). Zu einem Zeitpunkt wird dann festgestellt, dass zur weiteren Erforschung eines Gegenstandes bzw. Phänomens Nachbarschaftsdisziplinen einbezogen werden müssen, weil für die Bearbeitung der neuen Fragestellungen die bisherigen Lösungswege nicht ausreichen. Da auch die Theorien von Nachbarschaftsdisziplinen nicht für die Lösung dieser Aufgaben geeignet sind, wird es erforderlich, neue axiomatische Grundlagen und Lehrsätze zu formulieren. Das heißt, dass auf der Basis des Alten, auf zunächst niedrigem Niveau neue Denkstrukturen entwickelt werden. Diese Phase ist durch einen enormen Innovationsschub gekennzeichnet (**Phase der horizontalen Entwicklung der Wissenschaft**). Als Beispiel kann die Entwicklung der Photochemie der Troposphäre gezeigt werden (Abb. 1.2-1).

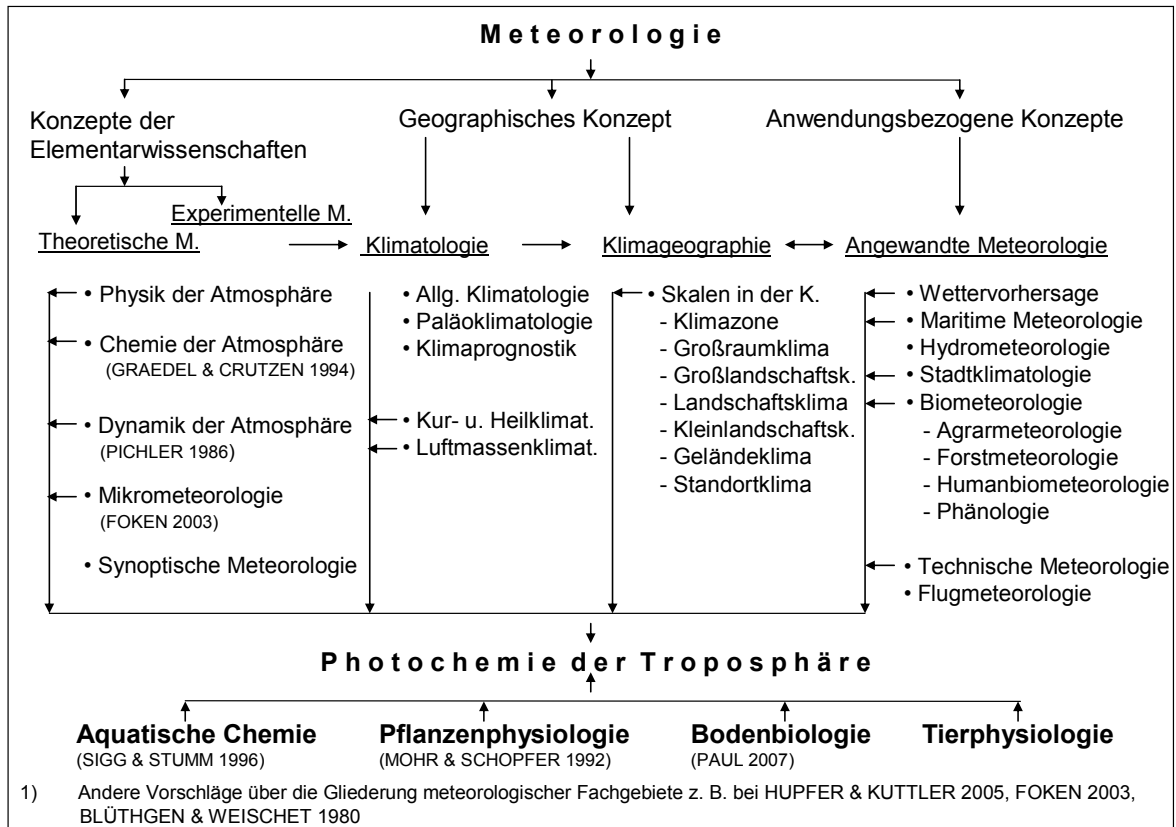


Abb. 1.2-1: Entwicklung der Wissenschaften – von der Meteorologie des Aristoteles (350 v. u. Z.) bis zur Photochemie der Troposphäre¹

3. Über die Bedeutung von Grundlagenfächern für die Entwicklung einer Wissenschaft, deren Gegenstand komplexer ist und dementsprechend eigener theoretischer Grundlagen bedarf, schreibt der Professor der Physikalischen Chemie und Naturphilosoph OSTWALD (1853 - 1932) 1910 (zitiert von BERG 1996): „Die Biologie ist eine autonome Wissenschaft, aber der Biologe muss die Mittel und Wege der allgemeinen Chemie und Physik kennen, wenn er die Mittel und Wege des Organismus erfassen will.“ Infolge grundlegender Arbeiten des Professors für Theoretische Physik SCHRÖDINGER (1887 - 1961), wie z. B.: „What is life“ (Cambridge 1944), beschäftigen sich Physiker und Mathematiker mit den Biowissenschaften (s. BERG 1996).

Der Paradigmenwandel und die Formulierung paradigmischer Ansätze seit der Mitte des 20. Jh. zeigen die Entwicklung der Landschaftsforschung zur Geoökologie als eine selbstständige Wissenschaft (Tab. 1.2-1).

4. Derzeitig als erforderlich erachtete Inhalte des Studiums der Geoökologie, charakterisiert durch ausgewählte Stichworte, zeigen, dass ein Geoökologe ein hoch spezialisierter Akademiker sein muss, um die Komplexität geoökologischer Phänomene natur- und sozialgesetzlich erklären zu können. Er muss weiterhin in der Lage sein, Konzepte für Umweltmaßnahmen zu entwickeln und Bewertungen von Zuständen unserer Umwelt vorzunehmen (Tab. 1.2-2).

Tab. 1.2-1: Die Paradigmen der Landschaftsforschung

Paradigmischer Ansatz	Gegenstand der Untersuchung
geographische Landschaftsforschung Mitte des 20. Jh. Landschaft als Paradigma verstanden.	Struktur, Funktionsweise, Dynamik des Naturraumes und dessen anthropogen-technische Überformungen
ökologischer Forschungsansatz TROLL 1939, 1950: „Landschaftsökologie“; TROLL 1970: „Geoökologie“	integrative Verbindung von geo-, biowissenschaftlichen und ökologischen Untersuchungsmethoden zur Erforschung von Prozessen in Landschaften
Verbindung von Ökologiekonzept und Landschaftskonzept führte zum System-Paradigma und zur Entwicklung des Geoökosystem-Konzeptes NEEF 1955/56, 1967; SOČAVA 1974; HAASE & RICHTER 1980; LESER 1983: „Geoökokomplex“	geophysikalisch-geochemisch-ökologische Organismus-Umwelt-Beziehungen; Verknüpfung von geoökologischen Analysen und Differenzialanalyse der Geokomponenten (Bodenform, Reliefform, Hydromorphie, Vegetation, Geländeklima); HAASE & BARSCH 1977: technogene Wirkungsbeziehungen im Geoökokomplex
holistischer Ansatz der Landschaftsforschung RICHTER 1967, 1968; HERZ 1968; HAASE 1979; NAVEH & LIEBERMANN 1984; FORMAN & GODRON 1986; HABER 1993	ökologische und geosynergetische Beziehungen (HAASE 1979) führen zur Untersuchung von dissipativen Prozessstrukturen: Selbstorganisation des geosynergetisch-ökologischen Wirkungsgefüges evolvierender Systeme (gleichgewichtnahe Prozessstrukturen)

„Das wichtigste Kriterium für ein abgeschlossenes Wissenschaftsgebiet ist das Vorhandensein einer präzise formulierten, in sich widerspruchsfreien Axiomatik, die zugleich mit den Begriffen auch die gesetzmäßigen Beziehungen innerhalb des Systems festlegt.“ (HEISENBERG 1985).

Tab. 1.2-2: Fächerspektrum eines 12-semesterigen Studiums der Geoökologie mit Grund- und Hauptstudium sowie einer Spezialisierung (ausgewählte inhaltliche Angaben)

<p><u>Mathematische Grundlagenfächer</u> Analytische Geometrie Koordinatentransformation Geodäsie Fernerkundung, Kartographie, GIS Geoinformatik Datenbankenmanagement, Erzeugung digitaler Karten Analysis Vektoranalysis, numerische Verfahren der Stoffausbreitung (analytische Lösungen) Statistik Wahrscheinlichkeitsstatistik, Signifikanztests, multivariate Analyseverfahren</p>
<p><u>Naturwissenschaftliche Grundlagenfächer</u> Physik Mechanik, Thermodynamik, Diffusion u. Turbulenz, Berechnung von Energienutzungssystemen Chemie klimarelevante Gase, photochemische Dissoziation, Löslichkeit von Gasen, fester und flüssiger sowie organischer Stoffe, Methoden der quantitativen Analytik Biochemie und Physiologie der Pflanzen Stoffwechsel, Stress, phytotoxische Effekte</p>
<p><u>Umweltsozialwissenschaften, Ökonomie, Naturschutzrecht, Umweltpolitik</u> sozio-ökonomische Prozesse, Umwelt-Audit</p>
<p><u>Angewandte Natur- und Geowissenschaften</u> Physik und Dynamik der Atmosphäre Prozessräume, luftgebundene Stofftransporte Chemie u. Photochemie der Atmosphäre Ozon, trockene, feuchte und nasse Deposition Human-Biometeorologie Wirkungskomplexe, Klimaplanungshinweiskarten Phänologie der Pflanzen entwicklungsbezogene Bestandesführung Geologie geologischer Bau, Allg. Bodenkunde Mineralien, Verwitterung der Gesteine, Bodengenese, -formen Geomorphologie typischer Landschaften, morphogenetische Einheiten Bodenphysik, Bodenchemie, Bodenbiologie Redoxpotenziale, Bodenfruchtbarkeit Boden- und Geohydrologie Hydromorphie der Böden, Druckverhältnisse und Bewegung des Wassers in der wasserungesättigten und -gesättigten Zone, Grundwasser Hydraulik natürlicher Gerinne, Geohydraulik Ausbreitungsvorgänge, hydraulischer Grundbruch; Kulturtechnik Bewässerung, Entwässerung, Vorflutgestaltungen, Rekultivierungen, Ing.-Biologie Ozeanologie, Hydrologie der Oberflächengewässer Wasserhaushalt, Hydrometrie, Aquatische Chemie Klimaschutz, Bodenschutz, Gewässerschutz, Grundwasserschutz</p>
<p><u>Biowissenschaften und Angewandte Biowissenschaften</u> Hydrobiologie Stress in limnischen Geoökosystemen Ökophysiologie, Synökologie und Vegetationsökologie Allgemeine u. Spezielle Vegetationskunde Methoden zur Erfassung und zur Analyse terrestrischer, aquatischer, amphibischer Vegetationseinheiten und -formen Faunistische Analyse s. o. für wichtige systematische Tiergruppen, -gattungen u. Arten Acker- u. Graslandökologie Fruchtarten u. Anbauzonen der Welt, Wirtschaftssysteme u. -lehre Wald- u. Forstökologie Waldnutzungssysteme u. -lehre, Forstwirtschaft Gewässerökologie u. Fischereiwirtschaft der Flüsse, Seen u. Meere Ökotoxikologie Bioverfügbarkeit, Bioakkumulation und Biomagnifikation, Risikoanalyse, Bewertung von Umweltsystemen, Belastungs- und Grenzwertproblematik</p>
<p><u>Geoökologie</u> Methodik u. Analytik der Geoökologie Axiome und Paradigmen, Lehrsätze, Kategoriensysteme, forschungsmaßstabsbezogene Methoden u. Verfahren (Topologie und Chorologie) Umweltsystemanalyse Sukzessionslehre, hierarchische prozessorientierte Monitoringsysteme, Prozessschutz Forstliche, landwirtschaftliche, kulturtechnische sowie umweltchemische und ökotoxikologische Standortkunde Kennzeichnung und Beurteilung von Standorten für eine standortgerechte umweltverträgliche und situationsbezogene Landnutzung und Bewirtschaftung (topologische Differenzial- u. Komplexanalyse), Standortdiagnostik u. -prognostik Landschaftsökologie Landschaftsgenese, Inventar-Prozess-Strukturanalyse (chorologische Komplexanalyse), Analyse von Stoffpfaden und Stoffbilanzen, geographische Muster von Effekten anthropogener Stoffe und Aktivitäten, Fließgewässer- u. Talraumtypenlehre Stoffstromwirtschaft Zonoökologie Zonobiome u. -ökotone, Populationsdynamik, Evolutionsdynamik Geosphärenökologie Methodik globaler Gliederungssysteme, Energie- u. Stofftransporte und deren Effekte, säkuläre Prozesse, globale Effekte anthropogener Aktivitäten</p>
<p><u>Theorie der Umweltplanung</u> Trendanalysen, strategische Simulationen, Krisenmanagement</p>

1.3 Die anthropogenen Veränderungen der Umwelt als Gegenstand der Geoökologie

In den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts kamen Wissenschaftler, Politiker und damit auch Medienvertreter nicht mehr umhin, die immer deutlicher werdenden anthropogenen Veränderungen der Umwelt zum Gegenstand ihrer Tätigkeit zu machen. Im Vordergrund des Interesses standen folgende Phänomene:

Zu den bekannten, lokal begrenzten **SO₂-Rauchschäden**, die zu Ende des 19. Jahrhunderts definiert wurden, kamen in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts „**neuartige Waldschäden**“ hinzu. Zur Erklärung dieser Vitalitätsminderungen des Waldes und des großflächigen Waldsterbens bedurfte es fast 20-jähriger Forschungstätigkeit. Die **zunehmende Versauerung von Oberflächengewässern und das Fischsterben in skandinavischen Seen** wurde auf Abgasdepositionen und H₃O⁺-Ioneneinträge zurückgeführt. Ursache ist der luftgebundene Ferntransport von Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxiden (NO_x) und Ammonium (NH₄⁺) aus Mitteleuropa. Die Ökotoxizität, z. B. von Stickstoffverbindungen, hängt insbesondere von der H₃O⁺-Konzentration ab. Sie wird durch sauren Regen und Advektionsnebel hervorgerufen. Der **Abbau des stratosphärischen Ozons** in Höhen von 20 - 50 km über der Antarktis durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe hatte sich zur Jahrhundertwende noch nicht verringert. Durch photochemische Dissoziation (z. B. von CFCI₃ und CFCI₂) entstehen Chloratome und Chlormonoxidmoleküle, die hocheffektive ozonzerlegende Katalysatoren sind. Bei Störung des Gleichgewichtsverhältnisses von O₂ und O₃ treten vermehrt UVA- und UVB-Strahlungen auf die Erdoberfläche, weil bei einer geringeren Ozonkonzentration weniger Quanten dieser Wellenlängenbereiche für den Kreislauf des stratosphärischen Ozons benötigt werden. Schädliche Wirkungen erhöhter UVA- und UVB-Strahlungen sind an Mensch, Tier und Pflanze in allen Teilen der Welt beobachtet worden. Die **Zerstörung der Ökosystemstabilität von Gewässern**, nicht nur in der Nähe von Ballungsräumen von Menschen oder Tieren, sondern auch vor den Küsten der Randmeere der Ozeane, erreicht einen Grad, der Wirtschaftszweige verarmen lässt. Phosphor- und Stickstoffverbindungen, Schwermetalle, polychlorierte Biphenyle (PCB) bewirken vielfältigste Imbalancen der Umweltbedingungen, die sich auf allen biologischen Organisationsstufen auswirken können und nicht selten zum Aussterben ganzer Tierpopulationen führen.

Das Bevölkerungswachstum in Entwicklungsländern und der Dritten Welt sowie der Hungertod in Afrika bei zunehmender klimabedingter und anthropogener Desertifikation des Ackerlandes stellen ein scheinbar unlösbares gesellschaftliches Problem dar. Die betroffenen Regionen zeigen am deutlichsten, wohin Kapitalinteresse und Profitsucht, das zügellose Streben nach Erhöhung des Lebensstandards großer Menschengruppen, Unvernunft, Ignoranz und Politikunfähigkeit führen. Die **Wasserverschwendung**, einschließlich des unsachgemäßen Einsatzes von Bewässerungsanlagen, in mediterranen und semiariden Gebieten **bei sehr begrenztem Wasservorkommen** ist kein ökologisches Problem mehr, es ist zu einem existenziellen Problem von Staaten geworden, das zu militärischen Konflikten führt. Weniger internationales Interesse riefen der **industrielle Abbau von Regenmooren** und die **Entwässerung der Niedermoore** für eine industriemäßige Grünlandbewirtschaftung in Mittel- und Nordeuropa hervor, die aber zur Vernichtung ganzer Landschaften und zu Veränderungen wasser- und luftgebundener Stoffbilanzen führten. **Wald- und Agrarökosysteme wurden zu künstlichen Ökosystemen**, deren Steuerung ohne negative Einflüsse auf die Umwelt bisher nicht gelang.

Die Erforschung von Umweltphänomenen kann nur wegen ihrer Komplexität auf der Grundlage mathematisch-naturwissenschaftlicher, sozio-ökonomischer und gesellschaftlicher Gesetzmäßigkeiten erfolgen. Voraussetzung eines geoökologischen Erkenntnisgewinns ist die Nutzung des Wissens- und Erkenntnisstandes der Einzeldisziplinen, die nach den Axiomen und Paradigmen sowie der Methodik und Analytik der Geoökologie problembezogen synthetisiert werden. Dieser Wissenschaftstransfer muss der Axiomatik der Geoökologie entsprechen. Daraus ergibt sich weiterhin die Notwendigkeit, neue Forschungsstrategien und neue Lehrkonzepte für die Bereiche zu entwickeln, die auf der Geoökologie aufbauen.

Nach dem geökosystemaren Ansatz erfolgt die Erforschung der Umwelt in verschiedenen Raum-Zeit-strukturierten Maßstabsbereichen. Methodik und Analytik, die dieser Zielstellung gerecht werden, sind unter dem Begriff **Umweltsystemanalyse** zusammengefasst. Sie **liefert die Grundlage für die Umweltplanung**, denn diese befasst sich nach OLBERTZ (1993) mit der **Landentwicklung unter künftig zu erwartenden globalen, regionalen und lokalen Bedingungen und Prozessen**.

Befassen sich Lehre und Forschung nur mit der Landschaftsplanung und der Entwicklung des ländlichen Raumes, wird nur ein geographischer Maßstabsbereich, nur eine Forschungsdimension untersucht, werden die Axiome reduktionistischer sowie holistischer Wissenschaftsgebiete nicht berücksichtigt. Das Hierarchiekonzept fordert die Prüfung auf Widerspruchsfreiheit einer Aussage im Vergleich zu Aussagen, die durch Untersuchungen in einem höheren oder niedrigeren Skalenniveau erzielt wurden. Die wissenschaftstheoretische Aufgabe besteht in der Ausarbeitung und Formulierung der **immanenten Merkmale des Wissenschaftsgebietes Umweltplanung**. Die Ausbildungsprofile der Studiengänge für Landeskultur und Umweltschutz, Landschaftsplanung, Geoökologie und anderer relevanter Studiengänge müssen diesem Sachverhalt entsprechen. Das heißt auch, dass konkrete Eingriffe in einen Stoffhaushalt oder Gestaltungsmaßnahmen mit lokalen, regionalen und überregionalen Wirkungen unter einem holistischen Ansatz zu lehren sind.

Die von der OECD empfohlenen Umweltindikatoren zur Kennzeichnung und Beurteilung der natürlichen Potenziale und anthropogenen Gegebenheiten der Partialkomplexe der Geosphäre (Klima, Relief, Gestein und geologischer Bau, Boden, Wasser, Bios) und der Geoökosystemstabilität sind zu Indikatorsystemen nach dem holistischen Axiom der Geoökologie und dem Paradigma der Nachhaltigkeit zu entwickeln und als Kontrollinstrumente in die Umweltplanung aufzunehmen. Eine methodisch-didaktische Leitlinie der Lehre zur **Umsetzung einer weit vorausschauenden Umweltplanung und Sicherung einer evolutionsfähigen Umweltgestaltung** enthält gesellschaftlich geforderte Kontrollmechanismen (Tab. 1.3-1).

Tab. 1.3-1: Die Stellung der Umweltsystemanalyse in der wissenschaftlichen Umweltplanung

Ist-Analyse	1. Planungsstufe Koordinierung technischer, natürlicher, gesellschaftlicher Vorgaben	Soll-Wert-Analyse Entwicklung von Szenarien und deren Simulation	2. Planungsstufe fach- bzw. objektspezifische Vorhabensplanung	Ist-Wert-Kontrolle nach OECD-Kriterien, Umwelt-Audit
Umweltsystemanalyse	Landschaftsplanung, Freiraumplanung, Siedlungsplanung Fachplanungen: Grundwasser- u. Gewässerschutz, Klima-, Boden-, Natur- und Denkmalschutz; Generalverkehrspl.; Umweltverträglichkeitsuntersuchungen; Landwirtschaftliche Anbau- und Fruchtfolgeplanung; Kulturtechnik; Ressourcenmanagement: Siedlungswasserwirtschaft, Abfallwirtschaft u. Deponiebau; Standortsuch- u. Auswahlverfahren; Tourismus	Umweltsystemanalyse als Ist-Analyse z. B.: Definition von „standortgerecht“ und „umweltverträglich“ Schutzszenarien Sensitivitätsanalysen Prognose- und Risikoanalyse Raumnutzungsoptimierung Landschaftsindikatoren Schlüsselindikatoren Schwellenwertüber-/unterschreitung	Bebauungsplan landschaftspflegerischer Begleitplan Flurbereinigungsplan Städtebauliche Rahmenplanung Straßenplanung Grünordnungsplan Management Projektökonomie	Umweltsystemanalyse als Kontrollverfahren Quellen-/Senkenfunktion On-site und off-site Effekte von Prozessen Vitalität u. Qualität Geoökosystemstabilität