

Gedanken zur Theorie in der Ökologie

Broder Breckling, Klemens Ekschmitt, Karin Mathes, Hans-Joachim Poethke, Alfred Seitz und Gerhard Weidemann

Synopsis

The aim of this contribution is to force the discussion on the concepts and methods of ecological theory. It was structured in order to be used as introduction to the papers offered in the section 'Theory in Ecology' (Theorie in der Ökologie).

It is emphasized that theory should not only focus on the application of mathematics but also cover the reflection on basic concepts of ecology and on metatheoretical aspects. This is deduced by tackling first the relation between culture and theory as well as between theory and experiment. Secondly, the possibilities, problems and limits of mathematical models are reflected on a historical background. Finally, some ideas concerning future developments in this field are presented which demonstrate the plurality of approaches and their possible improvement.

ecological theory, experience, experimentation, mathematical paradigm, mathematical models, complexity, singularity, heterogeneity

1. Einleitung

Wissenschaftliche Tätigkeit hat überall dort, wo sie nicht unmittelbar empirischen Charakter besitzt (Beobachten, Datensammeln, etc.), sondern den Bereichen Hypothesenbildung, Auswertung, Synthese oder Darstellung zuzuordnen ist, vorrangig theoretischen Charakter. Dies gilt selbstverständlich auch für die Ökologie. Auch in der ökologischen Forschung erlaubt erst die Theorie, Erfahrungen zu systematisieren und auszuwerten. Sie ermöglicht es, experimentelle Fragestellungen zu entwickeln, deren praktische Untersuchung im weiteren sinnvoll ist. Über die Theoriebildung wird ein Prozeß begründet, der im Wechselspiel zwischen Induktion und Deduktion das produziert, was wir wissenschaftliche Erkenntnis nennen.

Im Augenblick sind nicht nur die theoretischen ÖkologInnen häufig als theoretische PhysikerInnen ausgebildet, auch die Forschungsstrategie und das Methodeninventar der theoretischen Ökologie stammen aus dieser Schwesterdisziplin. Der Forschungsgegenstand der Ökologie unterscheidet sich jedoch in einigen seiner Eigenschaften charakteristisch vom Untersuchungsgegenstand der Physik. Die Einmaligkeit, der Unikat-Charakter von Natur-Ausschnitten, führt immer wieder zu Problemen, sowohl bei der Reduktion empirischer Befunde auf das Wesentliche als auch bei der Bestimmung des Gültigkeitsbereichs von Modellvorstellungen. Deshalb muß die theoretische Ökologie über die Anwendung der von der theoretischen Physik ererbten Strategien hinausgehend ihre eigenen spezifischen Methoden und Forschungsansätze entwickeln. Erst der intensive Dialog zwischen TheoretikerInnen und EmpirikerInnen kann u. E. diese Weiterentwicklung ermöglichen.

Vorrangiges Ziel der Sektion "Theorie in der Ökologie" ist es, herauszuarbeiten, welche Bedeutung und welche Inhalte der Theorie in der Ökologie zukommen, und welche Möglichkeiten der Weiterentwicklung fruchtbar erscheinen. Wir wenden uns damit sowohl an praktisch ausgerichtete ÖkologInnen als auch an TheoretikerInnen und ModelliererInnen. Dabei sollen Vorurteile zwischen theoretisch und praktisch arbeitenden ÖkologInnen ausgesprochen und abgebaut werden, um den Weg für einen produktiven Dialog zu ebnet.

Um ein möglichst breites Spektrum von Ansätzen und Positionen zur Theorie in der Ökologie zur Diskussion zu stellen, erscheint es uns sinnvoll, folgende drei Themenbereiche zu betrachten:

- Geschichte der Wechselwirkung zwischen Theorie und Empirie in der Ökologie
- Mathematisierbarkeit von Natur
- Weiterentwicklung der Theorie in der Ökologie

Die Idee und Konzeption dieses Themenschwerpunktes basiert auf langjähriger Beschäftigung mit empirischer Ökologie und mathematischer Modellierung und entstand in einem intensiven Gedankenaustausch zwischen der Bremer Arbeitsgruppe Weidemann und der Mainzer Arbeitsgruppe Seitz.

2. Zur Geschichte der Wechselwirkung zwischen Theorie und Empirie in der Ökologie

Die Natur erscheint uns als eine Fülle konkreter Gegebenheiten, Ereignisse und Zusammenhänge. Jeder Ausschnitt der Natur stellt dabei ein Unikat dar. Dies gilt über alle beobachtbaren Größenordnungen der belebten Natur, von den Einzellern bis zum globalen Maßstab der Weltkarte. Insofern erscheint uns jeder Naturgegenstand einzigartig und in der Ganzheit seiner Merkmale unvorhersehbar und unwiederbringlich.

Um sich als Mensch in einer solchen singulären Umgebung zu orientieren, ist ein gedanklicher Umgang erforderlich, der die gegebene Mannigfaltigkeit auf etwas Wiederkehrendes, Wiedererkennbares reduziert. Nur so ist auch ein sprachlicher Austausch von Erfahrungen möglich. Der Naturgegenstand und seine gedankliche Entsprechung sind jedoch etwas prinzipiell Verschiedenes. Die gedankliche Entsprechung existiert nicht voraussetzungsfrei, sondern ist geformt durch den bestehenden Lebenszusammenhang und seine Erfordernisse. So wie verschiedene Qualitäten gesellschaftlicher Lebenszusammenhänge möglich sind, so sind verschiedene Denkkulturen möglich. Dabei kann es sein, daß derselbe Naturausschnitt ganz unterschiedlich aufgefaßt, verstanden und interpretiert wird.

Welche Aspekte von Natur sind für die Gesellschaft wesentlich, und welche Formen benötigt eine Gesellschaft, um das für sie Wesentliche auszudrücken? Erst der historische Rückblick und der interkulturelle Vergleich ergeben einen Eindruck von der Vielgestaltigkeit dessen, was an Naturauffassung möglich und unter gegebenen Umständen gesellschaftlich sinnvoll und plausibel ist.

Daß das, was das Wesentliche des Realen ausmacht, sehr verschieden ausfallen kann, sei anhand eines Beispiels aus einem anderen Kulturkreis kurz skizziert:

Bei den Shipibo/Conibo, einer ethnischen Gruppe im peruanischen Amazonastiefland, wird die Grundlage des gesellschaftlichen Zusammenlebens nicht wie bei uns über den Austausch von Privatarbeiten über den Markt hergestellt, sondern über unmittelbar gemeinschaftliche Tätigkeit. Aus der dabei gewonnenen Erfahrung hat sich in einem mehr als zweitausend Jahre dauernden Prozeß eine von der unseren sehr verschiedene Realitätsauffassung herausgebildet. Ihnen gilt das, was wir als empirisch zugängliche Realität ansehen würden, bloß als oberflächliche Äußerung der sinnlich nicht unmittelbar wahrnehmbaren wirklichen Welt. In der wirklichen Welt drückt sich die Beschaffenheit alles Vorhandenen durch komplizierte, in der Regel symmetrisch angelegte abstrakte Muster aus. Alle Lebewesen, wie auch die meisten Gegenstände, besitzen ein inneres Muster. Ein solches Muster spannt sich auch um das Himmelsgewölbe, das Erdinnere bleibt jedoch musterlos. Spenderin der Muster ist eine mythische Boa, die als Weltschlange den Rand der Erdscheibe umfaßt. Ihre Haut ist Vorlage und Verzeichnis sämtlicher wohlgeformter Muster. Bestimmte Begegnungen können diese Muster beschädigen. Bei einem Menschen würde das dann als Krankheit zum Ausdruck kommen. Eine spirituell ausgebildete Person kann durch eine für den Einzelfall jeweils festzulegende Kombination therapeutischer Maßnahmen und durch ihr Agieren in der übersinnlichen wirklichen Welt die Wiederherstellung einer gestörten Musterstruktur versuchen und in den meisten Fällen auch bewirken. Die kulturspezifische Auffassung von Realität, die uns anfänglich sehr abwegig erscheinen mag, besitzt in ihrem Bereich tatsächlich eine vollständige Wahrheit. Wollten wir dieser Gesellschaft gegenüber erklären, die Welt bestehe tatsächlich aus Konkurrenz, Mutualismus und anderen kausalen Beziehungen, würden wir uns unsererseits dem Eindruck exotischer Abwegigkeit aussetzen.

Jede Art von Naturauffassung bedarf einer axiomatischen Grundlegung, d. h. es müssen als gültig angenommene Prinzipien vorausgesetzt werden. Die axiomatische Grundlegung beinhaltet das, was aufgrund gesellschaftlicher Erfahrung als das Selbstverständliche und Unbezweifelbare gilt. Das, was als Grundvorstellung unbezweifelbar akzeptiert wird, erweist sich bei eingehender Analyse als ein Resultat aus den jeweils bestehenden gesellschaftlichen Verkehrsformen. Wie wissenschaftliche Ideen unmittelbar aus der gesellschaftlich geprägten sozialen Erfahrung entstehen können, zeigt TREPL (1992) anhand des historischen Wandels der biologischen Konzepte von den Organismen und ihrem Zusammenleben in Lebensgemeinschaften. Er kommt zu dem Schluß: "Dieses anhand sozialer Erfahrung gewonnene Bild wird gewissermaßen in die Natur hineingesehen, um dann wieder als naturwissenschaftliche Erfahrungstatsache ... aus ihr herausgelesen zu werden". Einerseits hängt die Theoriebildung vom gesellschaftlichen Kontext ab, andererseits sind Theorie und Empirie ebenfalls untrennbar miteinander verknüpft. Das, was als das Mögliche erwartet wird, spannt den Rahmen

dessen, was als das Reale vorgefunden werden kann. In diesem Sinne kann die Theorie Wahrnehmung und Erkenntnis kanalisieren.

Eine solche Wechselwirkung zwischen Theorie und Empirie wird von JAX & ZAUKE (1992) dargestellt. Sie zeigen, daß der wissenschaftliche Streit um die Existenz und die Beschaffenheit mariner Benthos-Gemeinschaften durch die implizite theoretische Annahme verursacht war, Lebensgemeinschaften besäßen eine maßstabsunabhängige innere Homogenität. Die nicht explizite Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Beobachtungs-Maßstäbe hat historisch zu scheinbar widersprüchlichen empirischen Ergebnissen und zu allerlei fruchtlosen Diskussionen geführt.

Einen anderen Zugang zur Entstehung unseres Naturverständnisses wählt SUUTALA (1992). In einer ideengeschichtlichen Analyse macht sie anschaulich, wie ein abstraktes Denkmuster in der abendländischen Denktradition, nämlich die Bildung von begrifflichen Gegensatzpaaren und die jeweilige Zuweisung in die Kategorien gut und böse, seine Entsprechung darin findet, daß der Mensch als gut und die Natur als schlecht gedacht werden, was im gesellschaftlich praktizierten rücksichtslosen Umgang mit der uns umgebenden natürlichen Umwelt zum Ausdruck kommt.

3. Mathematisierbarkeit von Natur: Möglichkeiten, Probleme, Grenzen

Das abendländische naturwissenschaftliche Weltbild gründet sich wesentlich auf das Kausalitätsprinzip. Dieses impliziert, daß ein empirischer Zusammenhang in unterschiedliche, gedanklich jeweils vollständig voneinander trennbare Aspekte gegliedert werden kann. Es beinhaltet nicht nur die konsequente Trennung zwischen Beobachter und Beobachtetem, sondern gilt auch auf der Ebene des Objekts selbst, das in verschiedene, voneinander losgelöste Aspekte zergliedert wird. Ein Phänomen gilt dann als entziffert, als aufgeklärt, wenn es in quantitativ definierbare Ursache-Wirkungs-Beziehungen zerlegt werden kann. Ist das nicht der Fall, wird nach anderen, weiter auflösenden Zusammenhängen gesucht. In diesem Sinne ist das Kausalitätsprinzip als Elementarform zu verstehen, aus der die empirisch wahrgenommenen Phänomene als Kausal-Ketten, Kausal-Schleifen oder Kausal-Netze zusammengesetzt gedacht werden können. Ausdrucksform dieser Denkweise ist die Mathematik.

Ähnlich den abstrakten Mustern der Shipibo/Conibo postulierte GALILEI eine andere abstrakte, hinter den Dingen stehende Realität, die als das Wesentliche den empirischen Zusammenhang konstituiert, von diesem aber gedanklich vollständig trennbar ist: "Die Philosophie ist in dem großen Buch niedergeschrieben, das immer offen vor unseren Augen liegt, dem Universum. Aber wir können es nur lesen, wenn wir die Sprache erlernen und uns die Zeichen vertraut gemacht haben, in denen es geschrieben ist. Es ist in der Sprache der Mathematik geschrieben, deren Buchstaben Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren sind." (GALILEI, Saggiatore). Diese Sichtweise wurde zu einem wesentlichen Fundament der Naturwissenschaften und bildet die Grundlage für die mathematische Beschreibung natürlicher Zusammenhänge.

Die mathematische Formulierung von Kausalbeziehungen führt auf Gleichungen oder Gleichungssysteme. Erfüllen diese bestimmte, sehr restriktive mathematische Anforderungen, so lassen sich die Gleichungen analytisch lösen, und das Verhalten des Modells läßt sich exakt berechnen. Für die Anwendung solcher Modelle bringt dies mit sich, daß sich uns die untersuchten Zusammenhänge entweder schon als sehr einfach strukturiert darstellen, oder daß sie erst auf das 'Wesentliche' reduziert werden müssen.

Erst mit der allgemeinen Verbreitung schneller elektronischer Rechenanlagen wurde der Weg gangbar, auch das Verhalten komplexer Systeme zu berechnen. Die Techniken der numerischen Simulation haben es ermöglicht, auch solche Beziehungen theoretisch untersuchen zu können, die vorher lediglich empirisch zugänglich waren, und deren Theorie vorher spekulativ bleiben mußte. Wenn es darum geht, Konsequenzen aus vernetzt gedachten Zusammenhängen zu verstehen, liefert die Systemtheorie ein Instrumentarium, um Kausalzusammenhänge über mehrere Schritte hinweg quantitativ zu verfolgen. Auf dem Wege einer systemtheoretischen Beschreibung ist im Prinzip jede Art von Wirkungszusammenhang darstellbar, so daß dementsprechend jede kausal interpretierbare Veränderung nachgebildet werden kann. In den sechziger und siebziger Jahren herrschte deshalb in der Systemtheorie die optimistische Erwartung vor, jede beliebige Dynamik treffend erfassen zu können. Viele sahen insbesondere während der Zeiten des 'International Biological Program' die Ökologie an der Schwelle, ihren Gegenstandsbereich umfassend kausal zu durchdringen und die gefundenen Kausalbeziehungen so integrieren zu können, daß eine prognostische Potenz in wesentlichen Bereichen der ökologischen Forschung erreicht würde.

Für das Programm der Systemtheorie ergaben sich in verschiedenen Bereichen, so auch in der Ökologie, praktische wie theoretische Schwierigkeiten. Verschiedene dieser Schwierigkeiten werden von DEANGELIS (1992), WISSEL (1992) und v. GLEICH & SCHRAMM (1992) diskutiert. WISSEL zeigt u. a. auf, daß zu komplexe Modelle, die sich der Realität weitmöglichst anzunähern suchen, ungeeignet sind, ein Verständnis für die

modellierten Zusammenhänge zu vermitteln. Wenn die Vielzahl der berücksichtigten Einzelheiten zu groß wird, verhindert dies, daß der Einfluß der einzelnen Details auf das Modellverhalten erkannt werden kann. Die Komplexität des Modells erschwert dann eine kausale Analyse in ähnlicher Weise, wie die Komplexität der Natur selbst.

Häufig ist eine grundlegende Voraussetzung für eine kausale Analyse, die dauerhafte Identität der Teile des Systems, in realen Naturausschnitten nicht ausreichend gegeben. Das, was makroskopisch als Wirkungszusammenhang erscheint, entsteht aus einer Fülle sich verändernder Details, deren Konstanz auf keiner Abstraktionsebene hinreichend analytisch festgelegt werden kann: Die Natur zwingt den Betrachter, für Unvorhergesehenes, für Überraschungen, für einmalige Ereignisse immer offen zu sein.

DEANGELIS geht auf die Beschränkungen von Kompartiment-Modellen ein und stellt einen Modelltyp vor, der einen Gegenpol zu den klassischen Zustandsvariablen-Modellen bildet. Er versucht, der Vielzahl an Freiheitsgraden in natürlichen Systemen durch individuenorientierte Simulation gerecht zu werden und damit ein prinzipielles Problem des Kompartiment-Ansatzes auszuräumen.

In der Situation sich stark unterscheidender und wechselhafter Einzelercheinungen gewinnt die Tatsache Bedeutung, daß das Kausalitätsprinzip selbst einen vollständig abstrakten Charakter besitzt. Es ist nicht zwingend, nur konkrete Objekte und deren Veränderung kausal zu interpretieren. Wenn wir nicht in der Lage sind, kausale Beziehungen zwischen konkreten Einzelercheinungen aufzufinden, wenn sich die Forderung nach strikter Reproduzierbarkeit nicht einhalten läßt, so kann es möglich sein, einen solchen Zusammenhang auf einer nächst höheren Abstraktionsebene zu formulieren. Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist der statistische Ansatz: Auch wenn ein Einzelexperiment zu einem kausal nicht interpretierbaren Ausgang führt, kann sich für die Fiktion einer ins Unendliche fortgesetzt gedachten Wiederholung ähnlicher Experimente ein deterministisch fixierbarer Erwartungswert formulieren lassen. Wo auf der Ebene des Einzelexperiments kein präziser Ausgang gefunden wird, kann auf der Ebene von Gesamtheiten so etwas wie eine 'response surface' oder ein 'response space' bestimmt werden. Die kausale Aussage gilt also nicht für das Einzelereignis, sondern für eine Meta-Ebene, die aus den Einzelereignissen abstrahiert wird. In der individuenorientierten Modellierung lassen sich solche Aussagen durch vielfach wiederholte Modell-Läufe mit jeweils neu und zufällig gesetzten Parameterkonstellationen, durch sogenannte Monte-Carlo-Simulationen erzielen.

Einen anderen Weg der Interpretation von einmaligen Ereignissen hat die Chaostheorie eröffnet. Durch die Auffindung mathematischer Formen, die chaotische Dynamik modellieren, konnte gezeigt werden, daß sich auf der Basis des Kausalitätsprinzips, also auf der Basis identischer und konstanter Ursache-Wirkungs-Beziehungen, singuläre, nicht wiederholbare Zustandsfolgen generieren lassen. Die Chaostheorie stellt Methoden zur Verfügung, um auch hinter einmaligen, unvorhersehbaren Ereignissen, ein deterministisches Wirk-Muster zu identifizieren, und das Kausalitätsprinzip als Grundannahme zu retten.

Einen konsequent kritischen Standpunkt nehmen hier v. GLEICH & SCHRAMM ein. Sie diskutieren, ob nicht die Abwendung vom mathematischen Paradigma "wissenschaftstheoretisch eher geboten und forschungspragmatisch für die Weiterentwicklung der Ökologie als Wissenschaft auch fruchtbarer wäre". Zu dieser Aussage gelangen sie über die Erörterung der Gegenstandsgemäßheit der Mathematik-/Modell-basierten galileisch-cartesianischen Wissenschaftslinie und der Begriffs-/Erfahrungs-basierten aristotelischen Linie. Einen Ausweg sehen sie in der Hinwendung zur naturgeschichtlichen aristotelischen Linie in der Ökologie.

Die drei genannten Beiträge zu diesem Themenbereich beschäftigten sich mit der Kontroverse zur Anwendung mathematischer Modelle in der Ökologie und spiegeln gleichzeitig diese Kontroverse selbst wider.

4. Die zukünftige Rolle der Mathematik in der Theoretischen Ökologie (D. L. DeAngelis)

I do not think that a universal mathematical framework in ecology is possible in the same way that Maxwell's equations provide a framework for electrodynamics. Instead, there will be a plurality of approaches. Some may be better than others in certain situations. Since there is no overall mathematical paradigm, many of the most important ideas in ecological theory will come from outside mathematics. We should not be constrained in our development of theory by a small set of mathematical approaches that we are familiar with, but should focus first on understanding the biological mechanisms behind the phenomena we are studying. Nevertheless, mathematics will be able to contribute powerful analytic and numerical techniques for deducing the consequences of assumptions and sometimes may even influence the thinking of ecologists in a deep way through new ideas such as catastrophe theory and chaos theory.

In the foreseeable future there will be many valid approaches to applying mathematics in ecological theory. It is important that, despite this Babel of mathematical tongues, we communicate with each other and avoid the danger of separating into isolated groups. We should see diversity of approaches as a strength rather than a weakness of ecological theory. A vital area of research is the exploration of the situations under which one or

an other type of modeling approach has greater validity. This is an area where mathematicians can be especially useful.

I believe that other areas of future importance may be the following:

1. Large system simulation. There will be increasing societal pressure for ecologists to devote attention to urgent environmental problems such as the fate and effects of chemical toxicants in the environment. Addressing such problems will require the development and use of large systems models. Based on past experience with such large models, there is legitimate scepticism concerning their usefulness, particularly since it is often difficult for one person to comprehend as a whole such a model. It is important that we find ways of making these models "transparent" and easy to use. A hybridization of the best approaches from systems engineering with biological science may be necessary to develop such models.
2. Indirect effects. Indirect effects (effects other than the directly foreseeable effects of an action) are clearly important in ecological systems. We need to find ways of predicting indirect effects. There are a number of basic issues here. At the philosophical level, what, precisely, do we mean by indirect effects? Are there inherent mathematical limits to prediction of such effects?
3. Connections between theory and experiment. Ecological theory often works in a vacuum because theories about ecological systems are difficult to test. However, the difficulty does not mean that it is impossible. Small scale experimentation, such as with chemostats, is often feasible and some large scale experiments have been done (e.g., whole lake manipulations). It is the responsibility of theorists to propose feasible experiments to test their theories and models.

5. Zur Weiterentwicklung der Theorie in der Ökologie

Für die zukünftige Entwicklung wäre zu wünschen, daß die Ökologie eine Situation überwindet, in der auf der einen Seite empirisch orientierte ÖkologInnen mit Skepsis beobachten, wie auf der anderen Seite theoretisch ausgebildete PhysikerInnen die Ökologie als Anwendungsfeld mathematischer Techniken erschließen, ohne daß sich eine gemeinsam entwickelte Zielrichtung und Entwicklungs-Perspektive herausbildet, sondern eine theoretisch und eine empirisch geprägte Forschung nebeneinander herlaufen.

Um die Entwicklung einer gemeinsamen Basis zu ermöglichen, wäre es wünschenswert, verschiedene, bisher innerhalb der Ökologie mit weniger Aufmerksamkeit bedachte Problemstellungen verstärkt in die Diskussion aufzunehmen. Dies betrifft insbesondere die weitere Aufarbeitung der Entwicklung und der Ideengeschichte der Ökologie. Es wird dabei bedeutsam sein, den Zusammenhang von Ökologie und Gesellschaft grundlegend zu reflektieren. Welche Bedeutung die Tatsache hat, daß die wesentlichen gesellschaftlichen Abläufe bei uns geschlechtsspezifisch geprägt sind, ist hinsichtlich der Auswirkungen für die Ökologie als Wissenschaft bisher faktisch undiskutiert. Nach konventioneller Auffassung ist die Entwicklung der Ökologie eine historische oder eine soziologische Fragestellung, aber kein Untersuchungsgegenstand innerhalb der Ökologie selbst. Es kommt jedoch darauf an, daß diejenigen, die die Geschichte dieser Wissenschaft machen, dies im Rahmen einer fachöffentlichen Diskussion reflektieren. Natur ist auf jedweder axiomatischen Grundlage nur approximativ erfassbar, und das erfordert den Freiraum, Natur-Verständnis als selbstorganisierenden und kreativen Prozeß zu begreifen, den wir gleichzeitig weitertreiben und beobachten, in dem wir also sowohl als Subjekt wie als Objekt agieren.

Was die Schwerpunktsetzung praktischer Vorhaben betrifft, erwarten wir, daß die Rolle von räumlicher Heterogenität, zeitlicher Variabilität und von Singularitäten im Ablauf ökologischer Prozesse zu einer zentralen Frage werden wird. Probleme sind um so weniger entscheidbar, je stärker die zugrundeliegenden Prozesse durch Singularitäten gekennzeichnet sind und je unterschiedlicher der Ausgang von Fall zu Fall ist. Wenn wir das Verhältnis zwischen Unvorhersehbarkeit von Entwicklungen und ihrer reproduzierbaren theoretischen Abbildung in einem disziplinär akzeptierten Konsens klären können, erhalten wir damit gleichzeitig eine wichtige Grundlage für die weitere Formulierung ökologischer Arbeitsschwerpunkte. Es sollte sich dann eine Typologie solcher Problemstellungen in der Ökologie ableiten lassen, die entscheidbar sind und solcher, die nicht entscheidbar sind. Und es sollte versucht werden, zu Verallgemeinerungen darüber zu kommen, unter welchen Voraussetzungen ökologische Vorgänge prognostisch behandelt werden können und welche Aspekte grundsätzlich einen approximativ-beobachtenden Zugang erfordern.

6. Zukunftsperspektiven einer theoretischen Ökologie. Thesen (A. Seitz)

Die entscheidenden Impulse für eine theoretische Ökologie sind relativ alt und beziehen sich hauptsächlich auf die Behandlung von Populationen. Die theoretische Ökologie wird auch in absehbarer Zukunft wenig zu einer Integration ökologischer Forschung beitragen. Die Ursachen dafür sind vielfältig und hängen a) mit den Eigenschaften der Untersuchungsobjekte (ökologische Systeme), b) den zu bearbeitenden Fragestellungen und c) mit den verwendeten Methoden zusammen.

- a) Die Untersuchungsobjekte reichen von relativ deterministischen Laborsystemen bis zum globalen Ökosystem der Erde. Es dürfte unmöglich sein, diese Systeme in einem allgemeinen Ansatz theoretisch zu behandeln, es sei denn er ist so allgemein, daß er keinerlei Aussagen liefern kann.
- b) Ökologische Fragestellungen umfassen die Behandlung der Eigenschaften von Individuen, Populationen, Lebensgemeinschaften und Ökosystemen genauso wie die von gesellschaftlichen Aktivitäten. Es sollen also Probleme behandelt werden, die deterministisch, stochastisch und auch in hohem Maße autokorreliert sind.
- c) Die Arbeitsmethoden der theoretischen Ökologie schließen rein verbale, z. T. philosophische Betrachtungen, mathematische Analysen und Computeranwendungen ein. Die Sprachen dieser methodischen Ansätze sind so verschieden, daß selbst unter Theoretikern Verständigungsschwierigkeiten bestehen.

Dennoch werden in Zukunft von einer theoretischen Betrachtung ökologischer Probleme wesentliche Impulse für die experimentelle Forschung ausgehen, jedoch nicht in Richtung einer Integration der Ökologie zu einer geschlossenen Wissenschaft. Vielmehr wird die Theorie noch mehr dazu führen, daß zusätzliche Aspekte mit in die Betrachtung aufgenommen werden, so daß 'Ökologie' zu einer globalen, nicht mehr überschaubaren 'Universalwissenschaft' zu werden droht. Konkrete Fortschritte sind aufgrund der vorhandenen Kenntnisse bei der theoretischen Aufarbeitung von konkreten, sehr beschränkten Fragestellungen zu erwarten (z. B. Risikoabschätzungen bei kleinen, lokal begrenzten Veränderungen).

Ich erwarte, daß konzeptionell neue theoretische Ansätze zu folgenden Themenkomplexen entwickelt werden:

- Behandlung der Schnittstellen Individuum-Population-Lebensgemeinschaft-Ökosystem. Es besteht die begründete Hoffnung, daß hier Fortschritte bei der kausalen Erklärung der Eigenschaften auf der jeweils nächsthöheren Integrationsstufe durch Untersuchung der darunterliegenden Ebenen gemacht werden können.
- Berücksichtigung der räumlichen, zeitlichen und organismischen Kompartimentierung ökologischer Systeme. Hier können vor allem durch Fortschritte der rapide steigenden Rechenleistungen der Computer (Parallelverarbeitung) schnell Fortschritte erzielt werden.
- Verschmelzung von Biogeographie, Evolutionsbiologie, Populationsdynamik und Populationsgenetik bei der Behandlung von Freilandpopulationen, wobei die 'Populationsbiologie' ihre Stellung als integrierende Kraft festigen wird.

7. Die ökologische Theorie entwickelt sich Ebenen-übergreifend (B. Breckling)

Die Ökologie umfaßt mit den von ihr bearbeiteten Fragestellungen, untersuchten Objekten und benutzten Methoden ein weites Themenspektrum. Deren Breite und Heterogenität erfordert eine konzeptionelle Vielfalt, die für eine inner-disziplinäre Verständigung praktisch schon einen interdisziplinären Ansatz erfordert. Um eine solche Interdisziplinarität als inner-disziplinäre Verständigung zu ermöglichen, ist eine intensive Diskussion und Fortschreibung der theoretischen Grundlegung der Ökologie eine ständige Aufgabe.

Aufgrund der thematischen Breite, qualitativen Verschiedenheit der Objekte, Skalenbereiche und methodischen Zugänge kann es als wenig aussichtsreich angesehen werden, eine einheitliche ökologische Theorie auf der Ebene der Forschungs-Objekte zu entwickeln. Verallgemeinerungsversuche (unifying concepts), die Ergebnisse aus einem Objekt-Bereich auf Gesamtheiten extrapolieren, sind häufig Quellen für Mißverständnisse und langwierige fruchtlose Diskussionen.

Als wesentlich für die ökologische Theorie kann es deshalb angesehen werden, die Entwicklung eines gemeinsamen Fundaments auf einer meta-theoretischen Ebene voranzutreiben. Die Fragestellungen, die dabei im Vordergrund stehen, zielen weniger auf Aussagen über konkrete Gegenstandsbereiche oder Gesamtheiten, sondern thematisieren, wie in verschiedenen Teilgebieten der Ökologie gearbeitet wird. Das bedeutet, die vertretenen theoretischen Konzeptionen zum Gegenstand der Untersuchung zu machen. Dazu können wir fragen:

- wieweit sind typische Modellvorstellungen und die ihnen zugrundeliegenden Abstraktionsformen an bestimmte Arten von Objektbereichen gebunden ?
- wie wird jeweils die Grenzziehung von Gültigkeitsbereichen vorgenommen, ist im gegebenen Fall die Angabe eines Gültigkeitsbereichs überhaupt ein entscheidbares Problem ?

- Welche Aspekte der Realität werden bei den durchgeführten Abstraktionsvorgängen ausgeblendet und welche alternativen Zugangsmöglichkeiten gibt es ?

Die ökologische Theorie sollte zunehmend einen rekursiven Aspekt gewinnen, sie muß sich nach ihren Entwicklungs- und Fortschrittsbedingungen fragen und deren Entwicklung zum Gegenstand der Überlegung innerhalb der Disziplin machen. Eine Aufgabe der Theorie ist es nicht nur, Aussagen über den Gegenstandsreich der Ökologie verallgemeinernd zu fassen, sie muß sich auch nach den Erkenntnisgrenzen fragen, die in ihrer eigenen Struktur begründet sind.

Um eine möglichst weitgehende Offenheit für neue Entwicklungsrichtungen zu gewährleisten, können verschiedene Bedingungen genannt werden:

- Ein etablierter, mehrheitlich akzeptierter Konsens darf die in der fachlichen Diskussion zugelassene Breite auch unkonventioneller Ansichten nicht schmälern, sondern sollte diese als Bedingung und Anregung für eine Weiterentwicklung der eigenen ggf. weit divergierenden Position verstehen und zu nutzen versuchen.
- Es sollte eine Einsicht in den Zusammenhang erreicht werden, wie gesellschaftliche, zwischenmenschliche Beziehungen die Grundlage für Erkenntnisweisen und das Umgehen mit Naturprozessen prägen. Sich verändernde Gesellschaftszusammenhänge finden ihren Niederschlag als Bedingung der Wissenschaftsentwicklung auch in der Ökologie.
- Als eigenständige Disziplin muß die Ökologie ihren Bezug zu Anforderungen klären, die aus dem politischen Bereich an sie herangetragen werden: Nicht alles, was als Fragestellung möglich ist und gesellschaftlich gewünscht wird, läßt sich in entsprechender Form auf empirischer Grundlage beantworten. Das bedeutet, in der Ökologie ist eine Diskussion um die Frage nach der Entscheidbarkeit bestimmter Arten von Problemstellungen erforderlich. Dabei ist festzustellen, daß angestrebte Aussagen, die für den organismischen Bereich sinnvoll sind, bei dem Versuch, sie auf höhere Systemebenen zu übertragen, häufig zu unentscheidbaren Fragestellungen führen.
- Es sind die Konsequenzen aus der Tatsache bewußt zu machen, daß viele Naturprozesse prinzipiell nur begrenzt prognostizierbar sind. Daher ist für einen bedeutenden Teil ökologischer Probleme ein enger Bezug wünschenswert zwischen Arbeiten zur Analyse von Kausalbeziehungen und Arbeiten, die nicht prognostizierbare, singuläre Aspekte beobachten und beschreiben. Das Eingreifen in viele Naturprozesse erfordert außerdem einen Umgang mit Entscheidungen unter Bedingungen der Ungewißheit. Grundlagen für diesen stark ethisch geprägten Bereich mit zu erarbeiten, ist ebenfalls Aufgabe der Ökologie.
- Ein theoretischer Überblick über die in verschiedenen Teildisziplinen entwickelten Erkenntnis-Ansätze und Denk-Modelle kann mithelfen, Anregungen für den Einzelfall zu geben, die aus dem isolierten Zusammenhang nicht hervorgehen.

Zum Zusammenhang von

- gesellschaftlicher Eingebundenheit der Entwicklung ökologischer Theorie,
 - der Bedeutung eines meta-theoretischen Ansatzes und
 - der Rolle von Heterogenität für die Entwicklung,
- soll zur Veranschaulichung ein abschließendes Beispiel gegeben werden.

Die Verwendung des Prinzips 'survival of the fittest' ist als Biologismus häufig diskutiert und kritisiert worden. Nachdem im vorigen Jahrhundert die individuelle Konkurrenz eine vorherrschende Erfahrung im ökonomischen Bereich geworden war, lag es nahe, dieses gesellschaftlich selbstverständlich gewordene Prinzip als Interpretationsmuster für Naturvorgänge zu benutzen. Die bestehende gesellschaftliche Realität wurde als Naturprinzip wiedererkannt und affirmativ in die Gesellschaft zurückprojiziert. Heute haben sich die gesellschaftlichen Verhältnisse soweit entwickelt, daß für den ökonomischen Erfolg die langfristige strategische Kalkulation und der Aufbau von Handlungspotentialen an Bedeutung gewinnen. Nicht die Konkurrenz als unmittelbarer Prozeß selbst, sondern die Fähigkeit, mit dem potentiellen Spektrum von Konkurrenz-Situationen umzugehen, ist ökonomisch entscheidend geworden.

Das Prinzip 'survival of the fittest' modifizierend weisen aktuelle Studien heute darauf hin, daß im ökologischen Bereich nicht diejenigen Populationen in der Evolution die erfolgreichsten sind, in denen jeweils die bestangepaßtesten Individuen überleben, sondern diejenigen Populationen, die ein umfangreiches Spektrum an Möglichkeiten realisieren. Dadurch kann ggf. die summarische Gesamtfitness zeitweise gesenkt werden, komplexe Adaptationsprozesse gelingen dafür aber zügiger. Hier läßt sich eine Objekt-Ebene und eine Meta-Ebene unterscheiden. Die Herausbildung solcher Populationen bedeutet die Evolution von Evolutionsfähigkeit.

Betrachten wir nun die Ökologie. Es kann nicht darum gehen, daß zugunsten der "aktuell besten Theorie" alle übrigen Ansätze ausgeschaltet werden. Die "aktuell beste Theorie" ist vielmehr selbst als ein Durchgangsstadium zu begreifen, das einen Beitrag zum Fortkommen des Gesamtprozesses leistet. Dieser Gesamtprozeß entwickelt sich gerade dann am besten, wenn verschiedenartige und konträre Ansätze auf verschiedenen Ebenen zugelassen, gepflegt und miteinander in Beziehung gesetzt werden.

Literatur

- DEANGELIS, D. L., 1992: Mathematics: A Bookkeeping Tool or a Means of Deeper Understanding of Ecological Systems. - Verh. Ges. Ökol. 21: 9-13 (dieser Band).
- v. GLEICH, A. & E. SCHRAMM, 1992: Mathematische Modelle und ökologische Erfahrung. - Verh. Ges. Ökol. 21: 15-21 (dieser Band).
- JAX, K. & G.-P. ZAUKE, 1992: Maßstäbe in der Ökologie - ein vernachlässigter Konzeptbereich. - Verh. Ges. Ökol. 21: 23-30 (dieser Band).
- SUUTALA, M., 1992: Anmerkungen zur Geschichte des abendländischen Naturverständnisses. - Verh. Ges. Ökol. 21: 31-34 (dieser Band).
- TREPL, L., 1992: Zum Verhältnis von Theorie und Empirie in der Vor- und Frühgeschichte der Ökologie. - Verh. Ges. Ökol. 21: 35-41 (dieser Band).
- WISSEL, Chr., 1992: Mathematik - Nur eine andere Sprache? - Verh. Ges. Ökol. 21: 43-47 (dieser Band).

Adressen

Hans-Joachim Poethke
Alfred Seitz
Institut für Zoologie
Joh.-Gutenberg-Universität
Postfach 3980

D-6500 Mainz

Broder Breckling
Projektzentrum Ökosystemforschung
Christian-Albrechts-Universität
Schauenburgerstr. 112

D-2300 Kiel

Klemens Ekschmitt
Karin Mathes
Gerhard Weidemann
FB 2 (Biologie: Ökologie)
Universität Bremen
Postfach

D-2800 Bremen 33

Donald L. De Angelis
Oak Ridge National Laboratory

Oak Ridge, TN 37831
Tennessee, USA

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [21_1992](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Gedanken zur Theorie in der Ökologie 1-8](#)