

Grundlagen und Anwendungen einer hierarchischen Systemtheorie

Kai Tobias

Synopsis

A lot of theories developed in different disciplines are based on similar structural principles which are divided into three levels of different system-conditions. The micro-states of a system can be considered in high spatial resolution and can be quantified. The next higher level, called the macro-level allows results of long range validity and thus more "unprecise" statements about the dynamic process of systems. The spread of all kinds of system-states on the micro- and macro-level is determined by the influencing factors belonging to the hyper-level. Its individual performance is regulated by them. According to the scientific preference either the micro- or macro-level can be emphasized in a theory. The general validity of the proposed system-comprehension can be proved exemplarily for different scientific disciplines and it can be postulate their applicability for new subjects. That forms the basis of a concept for their analysis, valuation and for planning.

hierarchy, system, hierarchical system-theory, social-system

1. Einleitung

Die älteste Bedeutung des Begriffes Hierarchie reicht bis in die Ursprünge menschlicher Gesellschaften zurück und bezeichnet die "heilige Herrschaft", also die Stufen geistlicher Würde im System der Priesterherrschaft. Dieses Prinzip wurde später auf die Feudalhierarchien und seit der Industrialisierung mit der Herausbildung entsprechender Leitungsformen auch auf Industriebetriebe, politische Organisationen, Verwaltungen u. ä. ausgedehnt (MARKGRAF 1987).

In den biologischen Wissenschaften wurde das Prinzip der Hierarchie zunächst zur Charakterisierung von Rangordnungen in tierischen Populationen verwendet und später auch auf viele andere Beobachtungen übertragen (RIEDL 1985). Allgemein wird heute unter einer Systemhierarchie die strukturelle Ordnung komplexer Systeme verstanden, deren Bestandteile einfachere Systeme sind. Danach kann ein System z. B. sein:

- in sich geschlossenes, geordnetes und gegliedertes Ganzes ebenso wie
- die Gesamtheit bzw. das Gefüge von Teilen, die voneinander abhängig sind, ineinanderüber-greifen oder zusammenwirken.

Auch die

- Gesamtheit von Anschauungen bzw. Lehrgebäuden,
- Gesellschaftsordnungen bzw. Staatsformen oder
- Methoden bzw. Prinzipien können als Systeme betrachtet werden (WAHRIG 1967).

Vollständig isolierte "geschlossene Systeme" sind Idealvorstellungen, die überwiegend für theoretische Überlegungen in der Physik und der Chemie herangezogen werden. In der Biologie werden ausschließlich "offene" Systeme untersucht, die mit ihrer Umwelt in stofflichen, energetischen und informatischen Wechselwirkungen stehen (VON BERTALANFFY 1971). Entgegen dem 2. Gesetz der Thermodynamik, das die kontinuierliche Zunahme der Entropie im Universum unterstellt, sind lebende Systeme fähig, geordnete Strukturen hoher Prozeßstabilität dauerhaft aufrechtzuerhalten (SCHRÖDINGER 1987, MARKL 1986). Das ist ausschließlich in Systemen fernab vom chemischen Gleichgewicht möglich (EIGEN 1978, PRIGOGINE 1988), die in Bezug auf ihre Umwelt in ein "Fließgleichgewicht" übergehen (VON BERTALANFFY 1942, zit. in HABER 1985).

Da sich alle lebenden Systeme von ihrer jeweiligen Umwelt z. B. in Form von Zellwänden oder durch die Ausbildung einer Haut bzw. eines Felles vor bestimmten Einwirkungen der Umwelt erfolgreich schützen können, sollte man sie vielleicht besser als "halboffene" Systeme bezeichnen. Diese

- setzen sich aus einer bestimmten Menge von Teilkomponenten zusammen,
- werden von ihrer Umwelt beeinflusst und wirken gleichzeitig auch auf diese ein und
- besitzen eine beschreibbare Struktur, also eine Menge von Relationen und Verbindungen zwischen den Teilen und/oder Teilen ihrer Umwelt (BUNGE 1983).

2. Hierarchie

In sehr unterschiedlichen Bereichen haben hierarchische Betrachtungsweisen von Systemen dazu beitragen können, beobachtete Phänomene der vom Menschen erfassbaren Realität besser interpretieren zu können. So spricht man innerhalb der Wissenschaftsgeschichte von einer Hierarchie der Spracheinheiten (LENNEBERG 1986), in der Verhaltensforschung von einer Motivhierarchie (BISCHOF 1986) und in der Biochemie von einer hierarchischen Organisation der genetischen Molekularsprache (KÜPPERS 1986). Ob diese Hierarchien tatsächlich ein grundlegendes Prinzip der Realität sind und folglich auch so von unserem Gehirn interpretiert werden müssen (RIEDL 1986) oder lediglich einen Abstraktionsprozeß widerspiegeln, der aufgrund von Unzulänglichkeiten menschlichen Erkenntnisvermögens den vorläufig einzigen Zugang wissenschaftlicher Erklärbarkeit der Welt ermöglicht (O'NEILL & al. 1986), wird wohl erst in ferner Zukunft beantwortet werden können. Zunächst soll seine prinzipielle Gültigkeit unterstellt werden, denn gerade in bezug auf ökologische Theorien können Hierarchisierungen zu einer wesentlichen Verbesserung unserer Erklärungsmöglichkeiten beitragen.

Bezüglich der unten aufgeführten Abb. 1 ist es weniger von unterschiedlichen wissenschaftlichen Betrachtungsweisen als vielmehr differierender Klassifizierung abhängig, ob die Stufenfolge der dort abgebildeten Organisationsebenen hierarchisch ist oder nicht. Wenn unterstellt wird, daß eine bestimmte Ebene, z. B. die Zelle, als Bestandteil der darüber befindlichen Ebene des Gewebes angesehen wird, muß eine hierarchische Organisationsform zugrundegelegt werden, denn die einzelne Zelle arbeitet in Abhängigkeit von Informationssignalen, also der des Gewebes. Wenn jedoch eine procaryontische Zelle und ein einfach strukturiertes Gewebe unabhängig voneinander betrachtet werden, sind selbstverständlich keine hierarchischen Abhängigkeiten vorhanden. Ebenso liegen die Verhältnisse eines Individuums zu einer Population.

Auch bezüglich anderer Abgrenzungskriterien können sehr unterschiedliche Auffassungen vertreten werden. Während ein Individuum relativ eindeutig von seiner Umwelt abgegrenzt werden kann, bestehen diesbezüglich bereits auf der darüber befindlichen Ebene der Population einige Schwierigkeiten, die bis zur Ebene der Mensch-Umwelt-Systeme erheblich zunehmen und ab der Ebene des Ökosystems ausschließlich nach pragmatischen Gesichtspunkten durchgeführt werden müssen. Für den submikroskopischen Bereich wurden ähnliche Schwierigkeiten beschrieben (DÜRR 1986).

Aufgrund der bisher verdeutlichten Unzulänglichkeiten kann der alte Streit innerhalb der Ökologie, ob über der Ebene der Population noch abgrenzbare Einheiten existieren und auch erforscht werden sollen, nicht entschieden werden, denn die Antwort darauf hängt von der gestellten Aufgabe ab. Wenn es z. B. darum geht, den Luchs in einem bundesdeutschen Nationalpark wieder einzubürgern, werden zur Beantwortung dieser Fragestellung ausschließlich autökologische Daten dieser Tierart benötigt. Wenn jedoch der Wasserhaushalt dieses Nationalparks bilanziert werden soll, werden Daten über stoffliche Wechselwirkungen der diese Landschaft prägenden Ökosysteme benötigt.

Alle in Abb. 1 dargestellten von der Ökologie untersuchten Systeme werden ganz wesentlich von den Voraussetzungen und Abläufen der nächst höheren Ebenen beeinflusst. Diese auch als ökologische Faktoren bezeichneten Einflüsse lassen sich ebenfalls hierarchisch gliedern. Die Dominanz dieser Faktoren nimmt von der Kosmosphäre über die Atmosphäre zur Hydrosphäre sowie Pedosphäre und schließlich Lithosphäre ab (Tab. 1). Der dominante Einfluß der Kosmosphäre ist vor allem anhand des Klimageschehens erkennbar. Deshalb erfolgt innerhalb der Ökologie die Abgrenzung verschiedener in sich homogener Einheiten im allgemeinen unter Heranziehung klimatischer Parameter, die nötigenfalls durch pedologische Einflußgrößen weiter differenziert werden (WALTER 1979 b, MILLER 1975). Auch die von VAN LEEUWEN (1979/80, zit. in HABER 1985)

klassifizierten unterschiedlichen Dynamiken der Umwelt können als wesentlich von der Kosmosphäre beeinflusst angesehen werden.

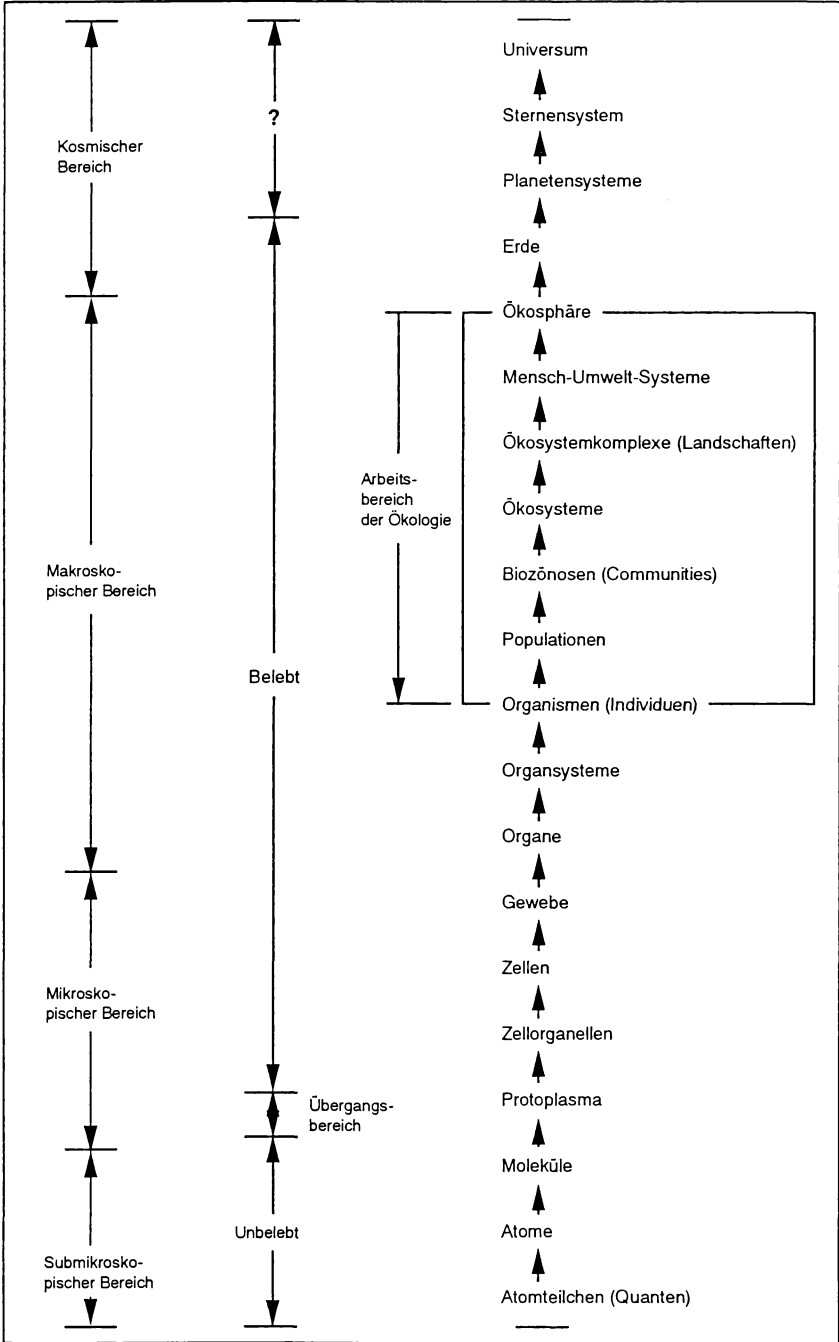


Abb. 1: Stufenfolge der Organisations-Ebenen bzw. Ganzheitsniveaus der Materie (nach MILLER 1985 und HABER 1978 a)

Tab. 1: Herkunft und Gliederung der unbelebten (abiotischen) Ökosystembestandteile oder "ökologischen Faktoren" (nach HABER 1985)

Kosmisch-irdische Wirkungsbereiche	Physikalische Merkmale, Vorgänge oder Erscheinungen *	Stoffliche Zustände	Ökologische Faktoren
Kosmosphäre (Weltraum)	Strahlung; Schwerkraft, Magnetismus		Licht, Wärme, Feuer, ionisierende Strahlung
Atmosphäre (Luftkugel)	Konvektion; Wind; Kondensation; Diffusion	Stoffe im überwiegend gasförmigen*) Aggregatzustand	Wind; Sauerstoff, Kohlendioxid, Stickstoff, Wasserdampf u.a.
Hydrosphäre (Gewässer)	Lösung; Diffusion; Verdunstung; Erstarren; Strömung; Gezeitenbewegung	Stoffe im überwiegend flüssigen (wässrigen*) Aggregatzustand	Wasser; in Wasser lösliche Stoffe; Wasserstoffionenkonzentration (pH)
Lithosphäre (Erdrinde)	Härte; Relief; Schichtung; Dichte; Massenbewegung; Tektonik, Vulkanismus	Stoffe im überwiegend festen*) Aggregatzustand	Unlösliche Stoffe; Gestein; Boden
	*) Reflexion, Absorption an allen Grenzflächen	*) bei Normalbedingungen	

Die Umweltdynamik ersten Grades ist die jeweilige Größenordnung eines vorhandenen abiotischen Faktors, wie z. B. die Strahlung, Nährstoffverhältnisse oder mechanische Einflüsse, mit einer für jede Art typischen Optimumkurve. Insofern ist sie eine Größe zur Charakterisierung der Standortgunst eines bestimmten Raumausschnittes (WALTER 1979 a). Die Umweltdynamik zweiten Grades beschreibt die regelmäßigen zeitlichen Veränderungen dieser Standortfaktoren, an die sich die Organismen und Ökosysteme anpassen konnten, weil sie mehr oder weniger gut voraussagbar sind. Dazu gehören in Mitteleuropa z. B. die jahreszeitlichen Wechsel und die Gezeitendynamik.

Durch die Umweltdynamik dritten Grades werden unregelmäßige und unvorhersagbare Veränderungen, die katastrophenartige Ausmaße annehmen können, beschrieben. Dazu gehören u. a. großflächige Windwürfe, Feuer, Spät- oder Frühfrostereignisse sowie die Einwirkung größerer Eismassen auf Wattflächen, die im Abstand einiger Jahre bzw. Jahrzehnte auftreten können und für die lebenden Systeme eine besondere Herausforderung darstellen. Über die Jahrtausende waren nur diejenigen Systeme in der Lage zu überleben, die sich diesen besonderen Bedingungen anpassen konnten (HABER 1985).

Darüber hinaus könnten als Umweltdynamik vierten Grades längerfristige klimatische Wechsel charakterisiert werden, wie sie z. B. die großen Eiszeiten des Quartärs darstellen. Ihre Auswirkungen sind noch immer in der Artenzusammensetzung Mitteleuropas nachweisbar, weil aufgrund unüberwindbarer Barrieren viele Pflanzen- und Tierarten nicht, wie in Nordamerika, vor dem Eis flüchten konnten, um in Zeiten der Wiedererwärmung problemlos in die ehemals bewohnten Räume zurückzuwandern (ELLENBERG 1978). Weiterhin könnten als Umweltdynamik fünften Grades globale katastrophenartige Ergebnisse aufgefaßt werden, wie sie die im Abstand einiger Jahrmillionen nachweisbaren "Faunenschnitte" verdeutlichen. Diese Beispiele dürfen gezeigt haben, daß bei der Interpretation ökologischer Zusammenhänge historische Ereignisse berücksichtigt werden müssen (TAYLOR 1989, GIGON 1987, FENCHEL 1987).

3. Hierarchische Systemtheorie

Als Versuch einer Synthese des bisher Gesagten soll im folgenden die hierarchische Systemtheorie vorgestellt und bezüglich ihrer Anwendbarkeit an zwei Beispielen geprüft werden.

Der Zustand eines Systems kann in Anlehnung an GROSSMANN (1983) anhand dreier hierarchisch angeordneter "Zustands"-Ebenen beschrieben werden, die unterschiedliche Kenntnistie-

fen repräsentieren. Hierbei wird berücksichtigt, daß ein System-Zustand entweder für kurze Zeiträume in hoher räumlicher Auflösung oder für längere Zeiträume ohne räumliche Differenzierbarkeit jeweils unter Berücksichtigung allgemeiner, das System im ganzen beeinflussender Rahmenbedingungen beschrieben werden kann.

Diese Betrachtungsweise soll anhand Abb. 2 verdeutlicht werden. In Anlehnung an physikalische Systembetrachtungen (JORDAN 1948) wird der System-Zustand in einer Makro- und in einer Mikro-Ebene betrachtet, zwischen denen Wechselwirkungen bestehen, die durch die Pfeile gekennzeichnet sind (vgl. auch GROSSMANN 1987).

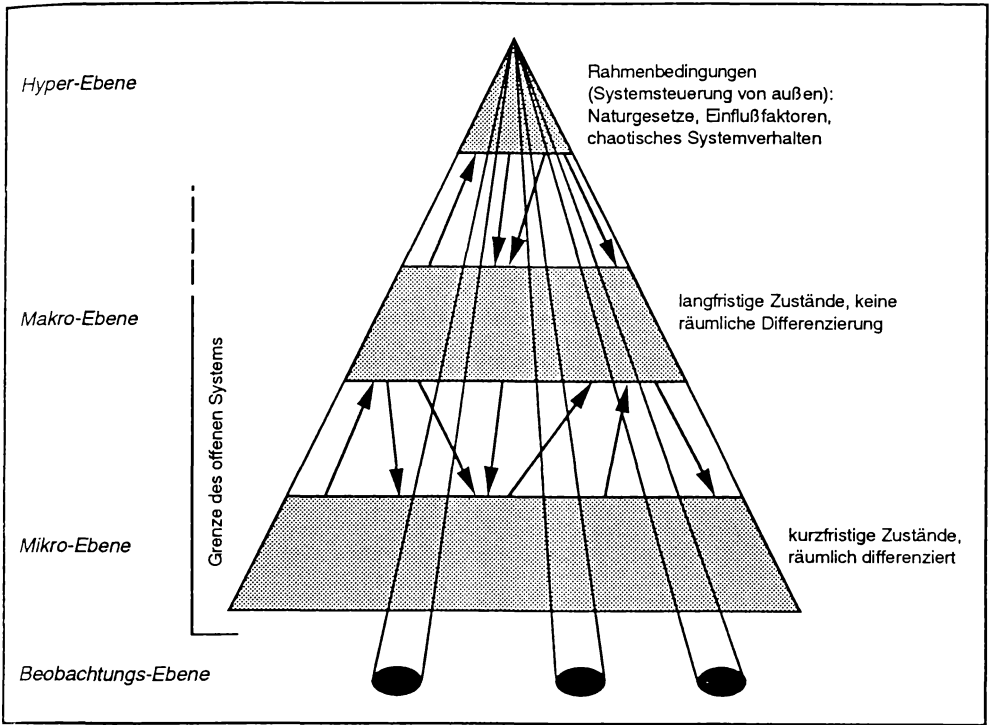


Abb. 2: Hierarchische Beschreibung von System-Zuständen (nach GROSSMANN 1987)

Bei der Erforschung von Systemen ist es allgemein die Absicht, die langfristig aufrechterhaltenen "Normal"-Zustände der Makro-Ebene zu erklären. Aufgrund der angewendeten reduktionistischen Vorgehensweise werden jedoch Prozesse der Mikro-Ebene untersucht, die meist sehr vielfältig sind und räumlich begrenzt Gültigkeit haben. Nur durch die Interpretation ihres Zusammenwirkens werden Aussagen über den Makro-Zustand eines Systems möglich. Ein Waldökosystem wird durch die Analyse einzelner Baumindividuen untersucht, die - genetisch bedingt - sehr unterschiedlich auf sich verändernde Standortfaktoren reagieren können. Anhand der so gewonnenen Einzelergebnisse werden Aussagen über den Gesamtzustand des Waldes hergeleitet.

Da es sich bei den meisten untersuchten Systemen um offene Systeme handelt, wird in der hierarchischen Systemtheorie über Makro- und Mikro-Ebene die sog. Hyper-Ebene gestellt, die die Summe der die Mikro- und Makro-Zustände eines Systems beeinflussenden Rahmenbedingungen umfaßt. Dazu zählen die Naturgesetze, die Standortfaktoren und chaotisches Systemverhalten, das zu neuen Ausgangsbedingungen führt, die wiederum grundsätzliche Systemveränderungen zur Folge haben können.

Zur Verdeutlichung dient uns die Theorie der doppelt differenzierten Landnutzung (HABER 1972, TOBIAS 1990). In dieser Theorie werden die unterschiedlichen Überlebensstrategien von Ökosystemen als optimale Anpassung an vorhandene Umweltgegebenheiten verstanden. HOLLING (1973) spricht in diesem Zusammenhang von Lebensfähigkeit eines Systems ("viability"), die im tropischen Regenwald durch andere Prozesse beeinflusst wird als im nemoralen Buchenwald.

Allein die hohe Standortgunst konnte im Bereich der Tropen zur Entwicklung eines sehr artenreichen Regenwaldes beitragen, der durch einen relativen Gleichgewichtszustand und persistente Stabilität gekennzeichnet ist (HABER 1979 b). Gegenüber nicht voraussagbaren Veränderungen (Umweltdynamik dritten Grades) sind diese Ökosysteme sehr empfindlich, und es werden extrem lange Zeiträume benötigt, bis ein ursprünglich vorhandener Zustand wieder erreicht ist.

Demgegenüber weisen alle mitteleuropäischen Ökosysteme eine elastische Stabilität auf. Sie reagieren resilient auf Veränderungen der Umweltfaktoren, d. h. sie können einen ursprünglichen Zustand relativ kurzfristig wiederherstellen. Damit sind sie an die Umweltdynamiken Mitteleuropas hervorragend angepaßt. Allerdings kam es infolge der Umweltdynamik vierten Grades zu einer nachhaltigen Artenverarmung, die unter natürlichen Verhältnissen zur Ausbildung von Dominanz-Ökosystemen führen würden (ebd.). Gleichzeitig haben die Eiszeiten jedoch die Standortvielfalt erheblich erhöht, was sich vor allem in den heterogenen lithologischen und pedologischen Verhältnissen widerspiegelt. Insofern ist das Potential an in Mitteleuropa lebensfähigen Arten viel größer als die tatsächlich vorkommenden Spezies. Da der Mensch die bereits vorhandene Standortvielfalt durch unterschiedliche Nutzungseinflüsse erheblich erweitert hat, ist die Artendiversität der Kulturlandschaft gegenüber der ursprünglichen Naturlandschaft stark erhöht (ELLENBERG 1978).

HABER (1979 b) unterscheidet zwischen Alpha-(Arten), Beta-(Struktur) und Gamma-(Raum) Diversität und weist in diesem Zusammenhang auf die Bedeutung letzterer für die Stabilisierung der Kulturlandschaft hin. Besondere Bedeutung kommt der Pedosphäre zu, die durch unterschiedliche Gradienten der Nährstoff- und Feuchteverhältnisse gekennzeichnet ist. Sie übernimmt unter den klimatischen Bedingungen Mitteleuropas die Funktion eines Nährstoffspeichers im Winter, der in der Vegetationsperiode den Pflanzen wieder zur Verfügung steht. Da der tropische Regenwald keiner jahreszeitlichen Periodizität ausgesetzt ist und die klimatischen Bedingungen eine hohe Standortgunst gewährleisten, ist dort die Bedeutung der Pedosphäre als Nährstoff- und Wasserlieferant zu vernachlässigen. Ihre Hauptfunktion liegt in der Verankerung der Phytosphäre, die weitgehend ohne Bodenspeicher den Nährstoffkreislauf abwickelt. Wenn die Pflanzendecke und mit ihr ein Großteil der Nährstoffe durch die in tropischen Regionen üblicherweise praktizierte Brandrodung entfernt werden, dauert es extrem lange, bis die Vegetationsschicht regeneriert ist. Dadurch wird auch die landwirtschaftliche Nutzung erheblich eingeschränkt, weil die geringen Nährstoff-Vorräte innerhalb kürzester Zeit verbraucht sind und bodenchemische Vorgänge eine Laterisierung fördern, wodurch die Bodenstruktur so verändert wird, daß Pflanzenwachstum erheblich beschränkt wird (WALTER 1979 b).

Im tropischen Regenwald hat sich die "Shifting-cultivation" als tragbare Nutzungsform entwickelt, die jedoch zunehmend infolge hohen Bevölkerungsdrucks vernachlässigt wird, womit erhebliche Umweltbelastungen und -zerstörungen einhergehen. Man wird sich m. E. auf alte Nutzungsformen besinnen und sie modernen Entwicklungen anpassen müssen, um die Umweltprobleme des tropischen Regenwaldes überwinden zu können.

Für Mitteleuropa kann dies auf der Grundlage der Theorie der differenzierten Landnutzung bereits heute vorbereitet werden. Aufgrund der herausragenden Bedeutung der Gamma-Diversität und der anhand der klimatischen Voraussetzungen herausgebildeten elastischen Stabilität der Ökosysteme ("Resilience") können Rahmenbedingungen für ressourcenschonende Nutzungsformen definiert werden, wodurch Störungen abgepuffert und ausgeglichen sowie die von menschlichen Nutzungen ausgehenden Umweltbelastungen minimiert werden können (HABER 1979 a, 1979 b).

Da in der Bundesrepublik Deutschland mehr als 50% der Fläche landwirtschaftlich genutzt werden, sind die sich aus der Theorie der differenzierten Landnutzung ergebenden Handlungsvorgaben am weitesten für Agrarlandschaften entwickelt. Sie ging in diesem Zusammenhang auch unter dem Namen doppelt differenzierte Bodennutzung in die Literatur ein, da neben einem räumlichen auch ein zeitlicher Aspekt berücksichtigt werden muß (HABER 1972).

Unter doppelt differenzierter Bodennutzung versteht HABER (1971, 1972) landwirtschaftliche Nutzungen, bei denen etwa 10% der Fläche für naturbetonte (naturnahe und halbnatürliche Ökosysteme), netzartig verbundene Elemente zur Verfügung gestellt werden, an deren Schnittpunkten sich größere Sukzessionsflächen befinden. Ferner sollte in der Kulturlandschaft ein ausgewogenes Acker-Grünland-Verhältnis bestehen, extensive Nutzungsformen mit intensiven wechseln, eine ausgewogene Fruchtfolge (zeitlicher Aspekt) und mosaikartiger Anbau mit einer Vielzahl verschiedener Arten und Sorten (räumlicher Aspekt) vorhanden sein. Die Waldsaumzonen und

die Schutzzonen zu Gewässern ("Pufferflächen") sowie noch vorhandene Hecken und Raine sollten weder verändert noch durch Stoffeintrag beeinträchtigt werden, um so vor allem stenöken Tier- und Pflanzenarten wieder Lebensräume in der Feldflur zu schaffen bzw. zu erhalten.

Zwischen genutzten und wenig bzw. nicht genutzten Bereichen kann sich keine allmähliche Übergangszone von eutrophen nach oligotrophen Standortbedingungen mehr herausbilden, weil die Flächen scharf aneinandergrenzen. Parzellenscharfe Nutzung beeinträchtigt vor allem oligotrophe Bereiche. Deshalb ist es notwendig, in Zukunft wieder intakte Säume zu schaffen, denn dort ist die Siedlungsdichte vieler "Schädlings"vertilger am größten.

Auch VAN LEEUWEN (1966, 1970) betont die Bedeutung von Übergangsbereichen in der Landschaft. Sie werden nach limes convergens (scharfe Grenze und grobe Raster) und limes divergens (feine Raster und unscharfe Grenzen) unterschieden. Die limes convergens sind charakteristisch für mitteleuropäische Landschaften und es gilt, sie teilweise umzuwandeln, um die Stabilität des Landschaftshaushaltes zu erhöhen. Dabei müssen die Erwartungen an die Produktivität der Landschaft teilweise reduziert werden, weil sie sich mit zunehmender Entwicklung der Ökosysteme auf eine größere Zahl von Arten, Strukturen und Zeiträumen verteilen, so daß in "reifen" Ökosystemen weniger leicht ernt- und nutzbare Biomasse anfällt (HABER 1978). Deshalb sind Landschaften mit "Kompromißschwerpunkt" anzustreben, in denen Ökosysteme verschiedener Reifegrade in heterogener Mischung und gegenseitiger Durchdringung vorhanden sind und eine Selbstregulation der Landschaft trotz landwirtschaftlicher Nutzung möglich ist (HABER 1971).

Die Theorie der differenzierten Landnutzung wird vor allem auch bei aktuellen Diskussionen über Umweltprobleme als Möglichkeit ihrer Lösung zugrundegelegt und sollte in nächster Zukunft stärker beachtet werden (SRU 1985). Innerhalb dieser Theorie bilden die von den Standortfaktoren beeinflussten Umweltdynamiken und die menschlichen Einflüsse die Hyper-Ebene, an die die nemoralen Ökosysteme durch resilientes Verhalten (Makro-Ebene) optimal angepaßt sind. Auf der Mikro-Ebene werden notwendige Voraussetzungen definiert, die langfristig zur Entwicklung stabiler Landschaften beitragen.

Literatur

- BERTALANFFY, L. VON, 1971: General system theory. Harmondsworth, Middlesex, England, Penguin Books Australia Ltd.
- BISCHOF, N., 1989: Das Rätzel Ödipus. Piper Verlag, München.
- BUNGE, M., 1983: Epistemologie - Aktuelle Fragen zur Wissenschaftstheorie. Wissenschaftsverlag, Zürich.
- DÜRR, H. P., 1986: Neuere Entwicklungen in der Hochenergiephysik - Das Ende des Reduktionismus. In: DRESS, A., HENDRICH, H. & G. KÜPPERS (Hrsg.): Selbstorganisation - Die Entstehung von Ordnung in Natur und Gesellschaft. Piper Verlag, München: 15-34.
- EIGEN, M., 1976: Wie entsteht Information? Prinzipien der Selbstorganisation in der Biologie. Berichte der Bunsen-Gesellschaft Bd. 80: 1059-1081.
- ELLENBERG, H., 1978: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 2. völlig überarbeitete Auflage. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- FENCHEL, T., 1987: Ecology - Potentials and Limitations. In: KINNE, O. (ed.): Excellence in Ecology. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe.
- GIGON, A., 1987: A Hierarchic Approach in Causal Ecosystems Analysis. In: SCHULZE, E. D. & H. ZWÖLFER (eds.): Potentials and Limitations of Ecosystem Analysis. Ecological Studies 61, Springer Verlag, Berlin: 228-244.
- GROSSMANN, W. D., 1983: System Approaches toward Complex Systems. In: MESSERLI, P. & E. STUCKI (eds.): Colloque internationale MAB 6 - Les Alpes, Modèle et Synthèse. Fachbeiträge zur Schweizerischen MAB-Information Nr. 19, Bern: 25-57.
- GROSSMANN, W. D., 1987: Die dynamische Ebene und Methoden der Aggregation und Disaggregation von Modellen. In: HABER, W. (Hrsg.): Ökosystemforschung Berchtesgaden - Methodentwicklung für Ökosystemforschung als Basis für die Synthesephase im MAB-Projekt 6. Weihenstephan, unveröffentlicht.
- HABER, W., 1971: Landschaftspflege durch differenzierte Bodennutzung. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 48: 19-35.

- HABER, W., 1978: Fragestellung und Grundbegriffe der Ökologie. In: BUCHWALD, K. & W. ENGELHARD (Hrsg.): Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt: Band 1, BLV-Verlags-gesellschaft, München.
- HABER, W., 1979: Theoretische Anmerkungen zur "ökologischen Planung". Verh. Ges. Ökol. 7: 19-28.
- HABER, W., 1985: Erwartungen und Ansprüche an die ökologische Forschung. In: DEUTSCHES NATIONAL-KOMITEE MAB (Hrsg.): Bericht über das III. internationale Seminar "Der Einfluß des Menschen auf Hochgebirgsökosysteme im Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden". 16./17.04.1984 in Berchtesgaden, 2. Auflage, Bonn.
- HOLLING, C. S., 1973: Resilience and Stability of Ecological Systems. Ann. Rev. Ecol. Systems 4: 1-23.
- JORDAN, P., 1948: Die Physik und das Geheimnis des organischen Lebens. - Die Wissenschaft - Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik Bd. 95. Friedrich Vieweg & Sohn Verlag, Braunschweig.
- KÜPPERS, B.-O., 1986: Der Ursprung biologischer Information - Zur Naturphilosophie der Lebensentstehung. Piper Verlag, München.
- LEEUWEN, Chr. G. VAN, 1966: A Relation Theoretical Approach to Pattern and Process in Vegetation. Wentia 15: 25-46.
- LEEUWEN, Chr. G. VAN, 1970: Raum-zeitliche Beziehungen in der Vegetation. Internat. Soc. f. Plant, Geography and Ecology: 63-68.
- LENNEBERG, E. H., 1986: Biologische Grundlagen der Sprache. 2. Auflage. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main.
- MARKGRAF, O., 1987: Qualitative Analyse hierarchischer Strukturen. Akademie Verlag, Berlin.
- MARKL, H., 1986: Natur als Kulturaufgabe. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.
- MILLER, G. T., 1975: Living in the Environment. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- O'NEILL, R. V., DE ANGELIS, D. L., WAIDE, J. B. & T. F. H. ALLEN, 1986: A Hierarchical Concept of Ecosystems. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- PRIGOGINE, I., 1988: Vom Sein zum Werden - Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften. 5. Auflage. Piper Verlag, München.
- RIEDL, R., 1985: Die Spaltung des Weltbildes - Biologische Grundlage des Erklärens und Verstehens. Parey Verlag, Berlin.
- RIEDL, R., 1986: Die Strategie der Genesis. 6. Auflage. Piper Verlag, München.
- RIEDL, R., 1988: Biologie der Erkenntnis. Deutscher Taschenbuch Verlag, München.
- SCHRÖDINGER, E., 1987: Was ist Leben? 2. Auflage. Piper Verlag, München.
- SCHUBERT, E., 1977: Physiologie des Menschen. VEB Fischer Verlag, Jena.
- SRU (DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN), 1985: Sondergutachten Umweltprobleme der Landwirtschaft. Kohlhammer Verlag, Stuttgart.
- TAYLOR, P., 1989: Reversing Models and Generating Theory. Oikos 54: 121-126.
- TOBIAS, K., 1990: Die hierarchische Systemmethode - konzeptionelle Grundlage für die angewandte Ökosystemforschung. Dissertation an der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München.
- WAHRIG, G., 1967: Das große deutsche Wörterbuch. Bertelsmann Verlag, Gütersloh.
- WALTER, H., 1979 a: Allgemeine Geobotanik. Ulmer Verlag, UTB 284, Stuttgart.
- WALTER, H., 1979 b: Vegetation und Klimazonen. Ulmer Verlag, UTB 14, Stuttgart.

Adresse

Kai Tobias
 Lehrstuhl für Landschaftsökologie
 TU München-Weihenstephan

W - 8050 Freising 12

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_2_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Tobias Kai

Artikel/Article: [Grundlagen und Anwendungen einer hierarchischen Systemtheorie 761-768](#)