

# **1 Landschaftsökologie als angewandte Wissenschaft mit neuen Methoden und Technologien**

Hans Dieter Kasperidus

## **Einleitung**

Die Landschaftsökologie hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einer Disziplin entwickelt, die auf Basis wissenschaftlich fundierter ökologischer Erkenntnisse und mit Hilfe von integrativen interdisziplinären Methoden Basiskonzepte für ein umweltgerechtes Landnutzungsmanagement bereitstellt. Als ein weltweit etablierter wissenschaftlicher Zweig der Ökologie, der sich schwerpunktmäßig mit dem Menschen und der von ihm beeinflussten und gestalteten Landschaft befaßt (HABER, 1979; NAVEH & LIEBERMANN, 1994), liefert die Landschaftsökologie einen wesentlichen Beitrag zur Operationalisierung und Realisierung des globalen Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung (engl. sustainable development), wie es auf dem Weltgipfel 1992 in Rio de Janeiro in der „Agenda 21“ (UNITED NATIONS, 1992) formuliert und von der globalen Staatengemeinschaft als verpflichtend anerkannt wurde.

Um der großen Herausforderung des Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung gerecht zu werden, muß die Landschaftsökologie ihre Forschung und deren Ergebnisse so ausrichten, daß diese für Planungen und Prozesse der Entscheidungsfindung in der Umweltgestaltung des menschlichen Lebensraumes eingesetzt werden können. Die Landschaftsökologie darf sich daher nicht ausschließlich der Grundlagenforschung zur Wissenserweiterung widmen, sondern muß ebenso unter dem Aspekt der Landschaftsplanung, des Landschaftsdesigns, der Landschaftsentwicklung sowie des Landschafts-, Ressourcen- und Naturschutzes arbeiten (NAVEH & LIEBERMANN, 1994). Das Management des komplexen Mensch-Umwelt-Systems und der lebenserhaltenden Ressourcen kann dadurch wesentlich umweltverträglicher gestaltet werden als es bisher geschehen ist. Mitgetragen wird diese Bemühung durch die rasche Entwicklung der Computer- und Informationstechnologien, die zu einem stark verbreiteten Einsatz von geographischen Informationssystemen (GIS) und von Fernerkundungsmethoden zur Auswertung von Luft- und Satellitenbilddaten geführt hat. Die Bedeutung dieser Instrumentarien für das Landnutzungsmanagement hat in den letzten fünfzehn Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Diese Entwicklung wirkt sich auch auf die Fragestellungen, die Methoden und die Arbeitsrichtungen der Landschaftsökologie aus.

Das UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH stellt sich dieser Herausforderung der landschaftsökologischen Forschung und hat von Anfang an GIS und Fernerkundung in sein Instrumentarium aufgenommen.

## **Der integrative Ansatz der Landschaftsökologie**

Der integrative Ansatz und der Einsatz moderner Technologien stand Pate bei der Entstehung der Landschaftsökologie. Der Geograph C. TROLL (1939) untersuchte mit Hilfe von Luftbildern die Interaktionen der abiotischen, biotischen und anthropogenen Faktoren wie Relief, Wasser, Boden, Vegetation und Landnutzung in einer ostafrikanischen Landschaft.

Er bezeichnete diesen integrierenden Ansatz als „Landschaftsökologie“. Darunter verstand er einen Ansatz, der die Landschaft in ihrem „Totalcharakter“ im Sinne Alexander von Humboldts untersuchte und die gesamte räumliche und visuelle Ganzheit des menschlichen Le-



bensraumes umfaßte. Landschaft ist danach eine integrierte holistisch zu erfassende Einheit und dementsprechend zu untersuchen. TROLL fordert daher die Zusammenarbeit von physischer Geographie und Ökologie, um jeweils die abiotischen und biotischen Komponenten einer Landschaft zusammenzuführen. Die moderne Landschaftsökologie wendet zur Strukturierung ihres Forschungsgegenstandes das Prinzip der hierarchisch organisierten Systemebenen an, wobei sie sich hauptsächlich mit den Ebenen der Lebensgemeinschaften, der Ökosysteme, der Landschaften und des Mensch-Umwelt-Systems befaßt (vgl. HABER, 1993; MILLER, 1996). In der Theorie der hierarchischen Organisation biologischer Systeme (ALLEN & STARR, 1982; O'NEILL et al., 1986) werden Landschaften als Struktureinheiten verstanden, die in unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Maßstabebenen organisiert sind. Alle diese Ebenen können sowohl unter ökologischen als auch unter sozio-ökonomischen Perspektiven untersucht werden, wobei sich die Ebenen durch unterschiedliche räumliche und zeitliche Dimensionen sowie durch verschiedene Fragestellungen unterscheiden. Vielfältige ökologische Faktoren und anthropogene Eingriffe beeinflussen die Struktur der Landschaft und die in ihr ablaufenden Prozesse. Dadurch werden zum Teil neue Strukturen geschaffen, die zu neuen ökologischen Prozeßmustern führen. Diese Eingriffe erfolgen auf allen räumlichen und zeitlichen Ebenen. Die europäische Landschaftsökologie hat diese theoretischen Ansätze immer mit praktischen Problemen der Landschaftsplanung und der Landespflge verknüpft. Sie versteht sich als wissenschaftliches Instrument dieser aus praktischer Lebensraumgestaltung und -planung resultierenden Anforderungen, die aufgrund der zunehmenden Eingriffe der Industriegesellschaft in die natürlichen Ressourcen, den Landschaftshaushalt und das Landschaftsbild immer wichtiger werden (BUCHWALD, 1963). Daher ist auch der Faktor Mensch ein wichtiger Untersuchungsgegenstand und nicht nur ein Störfaktor im wissenschaftlichen Experiment. LANGER (1973) betont besonders die anthropogenen Wirkungskräfte in einer Kulturlandschaft und die Notwendigkeit, sozio-kulturelle Aspekte in die Untersuchung von Landschaften zu integrieren. Sie beeinflussen nicht nur die natürlichen Geofaktoren, sondern bilden neue Landschaftseinheiten. Dieser Ansatz und die Verbindung naturwissenschaftlicher mit sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung ist heutzutage notwendiger denn je und wird als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung des Konzeptes der Nachhaltigkeit angesehen, obwohl sich mit zunehmender Integration der anthropogenen Aspekte die Komplexität der zu bearbeitenden Probleme erhöht.

### **Landschaftsökologie und Fernerkundung**

Parallel zur Entwicklung der konzeptionellen Basis der Landschaftsökologie wurde die Weiterentwicklung ihrer Werkzeuge und Methoden durch neue, computergestützte Technologien ermöglicht, um dem holistischen Charakter der Landschaftsökologie besser gerecht zu werden und um für die landschaftsökologischen Betrachtungsebenen aktuelle und genaue Raumdaten zu bekommen. Dabei spielt die Fernerkundung eine wichtige Rolle (NAVEH & LIEBERMANN, 1994). Fernerkundungsdaten, wie das Luft- oder Satellitenbild eines bestimmten Landschaftsausschnittes, geben zunächst einmal auf relativ einfache Weise einen Überblick über die Landschaftsstruktur und die Landnutzung eines Gebietsausschnittes zu einem bestimmten Zeitpunkt. Geländeerhebungen ergänzen diese Informationen auf andere Weise, können jedoch nicht diesen Überblick verschaffen und sind in der Regel auch nicht von einer so hohen Informationsdichte. Fernerkundungsmethoden haben in praktisch allen Anwendungsbereichen der angewandten Landschaftsökologie Einzug gehalten (ALEXANDER et al., 1974) und wenn sie „nur“ Kartierungsarbeiten im Gelände unterstützt haben.



Die Ergebnisse, die durch den Einsatz dieser Technologien erwartet werden können, hängen stark ab von der Auswahl der Plattformen und Sensoren, von der Auswahl der Techniken der Informationsverarbeitung sowie von der Informationsreduzierung für die Weiterverarbeitung in anderen Prozessen (vgl. Kap. 3.1, 3.2).

Für jede der landschaftsökologischen Betrachtungsebenen sind unterschiedliche Methoden adäquat, um räumliche Daten bereitzustellen. Für kleinräumige, großmaßstäbige Detailuntersuchungen sind meist Geländekartierungen notwendig, die durch Luftbilder unterstützt werden können. Mit zunehmend kleiner werdendem Maßstab ist eine Kartierung nicht mehr effizient durchzuführen. Hier wird der Einsatz der Fernerkundungsmethoden unabdingbar (vgl. Kap. 5.3).

Mit dem amerikanischen Satellitensystem Landsat Thematic Mapper (TM) und dem französischen Aufnahmesystem SPOT entstand die Voraussetzung für den Einsatz von Satellitenbildern in der Landschaftsökologie, da mit diesen Sensoren eine räumliche und zeitliche Auflösung erreicht wird, wie sie für großräumige landschaftsökologische Fragestellungen relevant ist. Diese beiden Sensoren werden hauptsächlich für mittel- bis kleinmaßstäbige Landnutzungserfassungen eingesetzt (vgl. Kap. 3.1).

Luftbilder, insbesondere Colorinfrarot-(CIR)-Luftbilder, haben sich für die Landnutzungs- und Biotoptypenkartierung im Maßstab 1:10000 bewährt. Dazu wurde eine bundesweit abgestimmte Kartieranleitung und Systematik der Landnutzungs- und Biotoptypen erarbeitet (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, 1995). Die meisten Landesvermessungsämter stellen inzwischen flächendeckend Luftbildmaterial bereit. Da für viele Gebiete in Mitteleuropa auch Luftbilder aus früheren Zeiträumen vorliegen, lassen sich durch den Vergleich dieser historischen Bilder mit aktuellem Material Analysen der Landschaftsveränderung durchführen (vgl. Kap. 5.4.2).

### **Landschaftsökologie und geographische Informationssysteme**

In den vergangenen Jahren hat die Landschaftsökologie auch von den Möglichkeiten der geographischen Informationssysteme profitiert (HERSPERGER, 1994). Erste Einsatzgebiete von GIS waren digitale Überlagerungen von thematischen Karten nach der Overlay-Methode, wie sie MCHARG (1969) für die manuelle Bearbeitung beschrieben hatte. Die auf Zeilendruckern ausgegebenen Ergebnisse der ersten rasterorientierten GIS-Anwendungen waren aus kartographischer Sicht schwer lesbar und im Vergleich zu den heutigen Möglichkeiten noch unbefriedigend. Jedoch konnten schon damals Verbesserungen in der komplexen Auswertung von Karteninformationen im Gegensatz zur manuellen Bearbeitung festgestellt werden (RHIND, 1977). Mit wenig Aufwand konnten für landschaftsplanerische Studien Auswertungen gemacht werden, die manuell nicht möglich waren (STEINITZ & BROWN, 1981).

GIS ist heutzutage in der landschaftsökologischen Forschung unverzichtbar, insbesondere für Erfassung, Analyse, Modellierung und Monitoring von räumlichen Phänomenen in der Landschaft. Die Auswertung statistischer Daten von politischen und administrativen Einheiten wird zunehmend mit Hilfe von GIS im räumlichen Zusammenhang dargestellt. Nach der Pionierphase der GIS-Technologie konzentrierten sich die Anwender auf die digitale Verarbeitung von bisher analog vorliegendem Kartenmaterial und die möglichst originale Wiedergabe durch Drucker oder Plotter. Oft wurde der Einsatz dieser Technologie nur an dieser technischen Leistungsfähigkeit der Hardware gemessen, wobei der Vorteil der Integrationsfähigkeit unterschiedlicher räumlicher Informationsebenen im Hintergrund stand. Heute, nachdem viele Darstellungsprobleme weitgehend gelöst sind, ist die Modellierung von landschaftsbezogenen



Sachverhalten ein wichtiges Gebiet der landschaftsökologischen GIS-Anwendung geworden. Die Simulation von Veränderungen in der Landschaft und die Bewertung der Konsequenzen von nicht vorhersehbaren Modifikationen ist besonders wertvoll. geographische Informationssysteme erlauben nicht nur die Analyse und Darstellung diskreter geographischer Informationen, sondern auch die Bearbeitung kontinuierlicher Informationen wie Höhen-, Grundwasserspiegel-, Niederschlags- oder Luftbelastungsdaten, die keine definierten Grenzen haben. Mit Höhendaten lassen sich dreidimensionale Geländemodelle generieren, die wiederum neue, funktionelle wie auch visuelle Auswertungen erlauben. Die Überlagerung von Satelliten- und Luftbildern mit Geländemodellen führen zu fotorealistischen, dreidimensionalen Landschaftsmodellen. Diese können mit Computerprogrammen animiert und in Form von Movies „durchflogen“ werden (vgl. Kap. 5.4.3).

### Fazit

Das Potential der Landschaftsökologie ist durch die Synergie der Methoden der Fernerkundung und geographischer Informationssysteme, landnutzungsorientierter Ökosystemtheorie und praktischer Anwendung sehr angewachsen (GOLLEY, 1993). Fernerkundungsdaten liefern aktuelle Informationen über die Landnutzung auch dann, wenn keine Karten vorliegen und wenn der Landschaftswandel eine so rasche räumliche und zeitliche Dynamik entwickelt, daß herkömmliche Kartierungsmethoden zu langwierig und zu kostspielig sind. Beide Situationen finden wir im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld. Zum einen ist dieser Raum innerhalb eines Jahrhunderts durch den Braunkohlentagebau in seiner Landschaftsstruktur, in seinem Landschaftshaushalt und Landschaftsbild in einer Dimension verändert worden, die bisher nur innerhalb geologischer Zeiträume erreicht wurde. Zum anderen haben mit der Wiedervereinigung beider deutschen Staaten diese anthropogenen Eingriffe in die Landschaft oftmals ein abruptes Ende gefunden oder werden nur noch in wenigen Teilbereichen fortgesetzt. Die Stilllegung vieler Tagebaue bringt neue Veränderungen in der Landschaft. Gleichzeitig setzte mit der Wiedervereinigung eine Umgestaltung des urbanen Raumes ein. Diese Landnutzungsveränderungen mit ihren positiven und negativen Effekten sind mit Fernerkundung als Werkzeug gut zu verfolgen. Ein anderer Aspekt ist die Umgestaltung des ländlichen Raumes durch die Umstrukturierung der landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften der ehemaligen DDR zu privaten Betrieben. Daher hat die Fernerkundung im Gebiet der neuen Bundesländer und zur landschaftsökologischen Forschung in diesem Raum einen besonders hohen Stellenwert.

### Literatur

- ALLEN, T. F. H. & T. B. STARR (1982): *Hierarchy - Perspectives for Ecological Complexity*. - Chicago, University of Chicago Press.
- ALEXANDER, L., et al. (1974): *Remote Sensing Environmental and Geotechnical Applications*. - The State of the Art. Engineering Bulletin 45. Dames and Moore, Los Angeles, California.
- BUCHWALD, K. (1963): Die Industriegesellschaft und die Landschaft. - In: *Beiträge z. Landespflege* I, S. 23-41.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1995): *Systematik der Biotoptypen- und Nutzungskartierung (Kartieranleitung)*. - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 45.
- GOLLEY, F.B. (1993): Development of Landscape Ecology and its Relationship to Environmental Management. - In: Jensen, M. E. & P. S. Bourgeron (eds.): *Eastside Forest Ecosystem Health Assessment*. - Vol II, Ecosystem Management: Principles and Applications. U.S.D.A. Forest Service, Missoula, Montana, pp. 37-44.



- HABER, W. (1979): Theoretische Anmerkungen zur ökologischen Planung. - In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band 7, Freising-Weihenstephan, S. 19-30.
- HABER, W. (1993): Von der ökologischen Theorie zur Umweltplanung. - Gaia 2, S. 96-106.
- HERSPERGER, A. M. (1994): Landscape Ecology and its Potential Application to Planning. - In: Journal of Planning Literature, Vol. 9, No. 1, pp. 14-29.
- LANGER, H. (1973): Ökologie der geosozialen Umwelt. - In: Landschaft und Stadt 5, S. 133 -140.
- MCHARG, I. L. (1969): Design with Nature. - Doubleday/Natural History Press, New York.
- MILLER, G. T. (1996): Living in the Environment - Principles, Connections, and Solutions. - In: 9<sup>th</sup> ed. Wadsworth, Belmont, p. 727.
- NAVEH, Z. & A. S. LIEBERMANN (1994): Landscape Ecology: Theory and Application. - 2<sup>nd</sup> ed. Springer Verlag New York.
- O'NEILL, R. V., D. L. DEANGELIS, J. B. WAIDE & T. F. H. ALLEN (1986): A Hierarchical Concept of Ecosystems. - Princeton Univ. Press, Princeton.
- RHIND, D. (1977): Computer-aided Cartography. - In: Trans. Inst. Br. Geogr (N.S.) 2, pp. 71-96.
- STEINITZ, C. & H. J. BROWN (1981): A Computer Modelling Approach to Managing Urban Expansion. - In: Geoprocessing 1, S. 341-375.
- TROLL, C. 1939: Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. - In: Z. Ges. f. Erdkunde. Berlin, S. 241-311.
- UNITED NATIONS (1992): Agenda 21. - In: United Nations Secretariat in New York (eds.): Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, June 3-14, 1992.

**Erfassung und Auswertung  
der Landnutzung und ihrer Veränderungen  
mit Methoden der Fernerkundung  
und geographischen Informationssystemen  
im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld**

Herausgeber

Ellen Banzhaf<sup>1</sup> und Hans Dieter Kasperidus<sup>2</sup>

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

<sup>1</sup> Sektion Angewandte Landschaftsökologie

<sup>2</sup> Arbeitsgruppe Regionale Zukunftsmodelle

Leipzig, Januar 1998