

M. Zebisch

## Vom Landschaftsmuster zur ökologischen Bewertung

Bericht von zwei Konferenzen der IALE in Amerika und Europa.



Marc Zebisch  
Technische Universität Berlin  
Institut für Landschafts- und Umweltplanung  
FG Landschaftsplanung, insbes. Landschaftspflege und Naturschutz  
Franklinstraße 28/29  
Skr. FR 2-6  
10587 Berlin

E-Mail: [zebisch@ile.tu-berlin.de](mailto:zebisch@ile.tu-berlin.de)

## 1. Einleitung

Landschaftliche Prozesse und Funktionen stehen in starker Wechselwirkung mit der Gestalt der Landschaft. Neben der Komposition der Landschaft rückte in den letzten Jahren zunehmend auch die räumliche Konfiguration der Landschaftselemente in das wissenschaftliche Interesse. Methoden zur Quantifizierung von Landschaftsmustern wurden entwickelt, Zusammenhänge zwischen Landschaftsmustern, Prozessen und Funktionen untersucht sowie erste Ansätze zur Integration von Landschaftsmaßen in die ökologische Bewertung vorgestellt. Dieser Themenkomplex war Gegenstand von zwei Konferenzen der IALE (International Association for Landscape Ecology) in Amerika und Schweden/Estland. Im Folgenden sollen Ansätze und Trends der auf den Konferenzen vorgestellten diesbezüglichen Projekte reflektiert und dabei auf die Unterschiede zwischen dem amerikanischen und dem europäischen Verständnis von Landschaftsökologie eingegangen werden.

## 2. Grundsätzliches zur Landschaftsökologie

Landschaftsökologie hat eine lange Tradition, die bis zu dem deutschen Biogeographen TROLL (1950) zurückreicht. Dennoch ist Landschaftsökologie auch eine sehr junge Wissenschaft. Besonders in Amerika hat sich, initiiert durch FORMAN und andere Wissenschaftler, Mitte der 80'er Jahre eine sehr lebendige Richtung der Landschaftsökologie entwickelt, die besonderes Augenmerk auf den Zusammenhang zwischen Struktur und Prozessen (Pattern and Process) in der Landschaft legt (FORMAN & GODRON 1986).

Als Anfang der 90'er Jahre Programme zur Berechnung von Landschaftsmaßen in der landschaftsökologischen Forschung auftauchten, lösten sie eine große Euphorie aus.

Mit ihnen wurde es möglich, sprichwörtlich auf Knopfdruck, Landschaftsstruktur zu quantifizieren. Ziel solcher Maße ist es, die bisher vernachlässigte Landschaftsstruktur in die Erklärung von Prozessen und Phänomenen einzu beziehen. Viele landschaftliche Phänomene haben explizit räumliche Ursachen. Untersuchungen zum Thema Biodiversität und Artenrückgang stellten z.B. fest, dass Habitatzerstörung und Habitatfragmentierung, also räumliche

Phänomene, die wichtigsten Ursachen des Artensterbens sind.

Grundeinheit bei der Landschaftsmusteranalyse ist das patch, eine zusammenhängende Fläche von Elementen gleicher Landnutzung. Neben einfachen Maßen, wie Umfang oder Fläche, können auch verschiedene Formmaße, Maße zur Vernetzung und Isolierung oder zur Verteilung von patches auf verschiedenen Ebenen (patch, Klasse, Landschaft) bestimmt werden. Besonders die amerikanische Landschaftsökologie hat viel zur Forschung über solche Zusammenhänge beigetragen und neue Landschaftsmaße entwickelt (z.B. CAIN ET AL.; 1997; GUSTAFSON & PARKER, 1992).

Die europäische Landschaftsökologie dagegen verkörpert einerseits einen systemorientierten, an der klassischen Ökologie ausgerichteten Ansatz, der mehr auf die Betrachtung der verschiedenen Kompartimente (Geologie, Boden, Vegetation, Klima), als auf räumliche Zusammenhänge zielt. Andererseits besteht auch ein starke Verbindung zur Landschaftsplanung, die sich vor allem in landschaftsökologischen Bewertungsverfahren widerspiegelt (z.B. MARKS ET AL. 1992).

Sowohl in Amerika als auch in Europa sind die Landschaften durch den Einfluss des Menschen einem rapiden Wandel unterworfen. Artenrückgang und Zerstörung visueller Ressourcen sind die Folge.

## 3. Konferenz der amerikanischen Sektion der IALE



Im Mittelpunkt der Konferenz der amerikanischen Sektion der IALE standen einige der Grundfragen der amerikanischen Landschaftsökologie:

- Was ist der Zusammenhang zwischen Landschaftsmustern und landschaftlichen Prozessen?
- In welcher Weise werden diese Betrachtungen vom Betrachtungsmaßstab beeinflusst?
- Liegen gerade in der Maßstabsabhängigkeit neue Informationen?

Diese Fragen wurden vorwiegend anhand konkreter Projekte beleuchtet, die sich mit Analyse und Bewertung des Landschaftswandels beschäftigten. Ein weiterer Schwerpunkt waren Ansätze zur interdisziplinären Landschaftsanalyse und Bewertung für die Integration in die Landschaftsplanung sowie zukünftige Herausforderungen der Landschaftsökologie.

Alle abstracts der amerikanischen Konferenz sind im Internet unter "<http://www.west.asu.edu/LEML/iale2001/>" nachzulesen. Im Folgenden beziehen sich alle Autoreangaben ohne Jahreszahl auf diese abstracts. Autoreangaben mit Jahreszahl beziehen sich auf zusätzliche Literatur, die im Anhang aufgelistet ist.

### 3.1 Landschaftswandel in Amerika

Landschaftswandel und seine Wahrnehmung in Amerika sind so unterschiedlich von den Prozessen in Europa, wie die Landschaften selbst. In den Bereichen des public land stehen traditionell die in Amerika noch reichlich vorhandenen natürlichen und naturnahen Ökosysteme wie Wälder, Feuchtgebiete oder Steppen im Mittelpunkt des landschaftsökologischen Interesses. Hier werden Prozesse wie Waldbrand (mehr als 10 Beiträge), Ausbreitung von Schadinsekten und Habitatfragmentierung durch Einschlag untersucht. Die landwirtschaftlich geprägten Gebiete des private land werden kaum betrachtet, was vermutlich auch an der Tatsache liegt, dass sie sich weitestgehend einer staatlichen Planung entziehen.



**Abb. 1:** Landschaftsökologische Themen in Amerika: Siedlungsausbreitung mit großem Flächenverbrauch am Beispiel Phoenix / Arizona

Der Begriff, wie das Phänomen, der "Kulturlandschaft" ist im Amerika quasi inexistent. Einen großen Umfang in der amerikanischen landschaftsökologischen Forschung nehmen dagegen Untersuchungen zur Siedlungsausbreitung (urban sprawl) ein. Anders als in Deutschland wachsen amerikanische Städte, besonders im Westen der USA, immer noch sehr schnell, unkontrolliert und mit einem zunehmenden Flächenverbrauch pro Einwohner. Allein der Großraum Phoenix/Tempe/Mesa, der Austragungsort der Konferenz, hat sich in den letzten 25 Jahren in seiner Ausdehnung mehr als verdoppelt.

### 3.2 Muster, Maßstab, Phänomen

#### 3.2.1 Pattern matters

Das Landschaftsmuster besitzt eine grundlegende Bedeutung.

Darauf hat sich die amerikanische landschaftsökologische Gemeinschaft schon seit Anfang der neunziger Jahre geeinigt.

Etliche Projekte beschäftigten sich mit dem Zusammenhang zwischen Landschaftsmuster, zusätzliche Umgebungsvariablen und bestimmten Phänomenen wie z.B. Windwurf, Waldbrand, Käferausbreitung aber auch sehr oft der Abundanz bestimmter Tier- oder Pflanzenarten. Die Vorgehensweisen ähneln sich stark. Eine Variable (z.B. die Abundanz einer Art) wird als abhängig von einem Set von anderen Variablen angesehen (z.B. Flächengröße, Fragmentierung der Flächen etc.). Dabei werden oft eine ganze Reihe von landscape metrics bestimmt und meist noch einige von der Landnutzung abhängige Parameter (z.B. Offenheit) hinzugezogen. Mit Hilfe verschiedener statistischer Verfahren wird dann die Korrelation zwischen abhängiger Variable und den Erklärungsvariablen getestet, um diejenigen Variablen zu selektieren, die das Phänomen am besten erklären. Da viele metrics, aber auch andere landschaftliche Variablen, schon miteinander korrelieren (Intrakorrelation), werden oft aus dem großen Set von Variablen mit Hilfe der Hauptkomponententransformation (PCA) wenige neue Faktoren extrahiert und diese dann mit der abhängigen Variablen korreliert. Hierbei werden sehr hohe Korrelationen erreicht. Dieses Verfahren geht aber leider auf Kosten der Erklärbarkeit, weil die Faktoren, die aus der PCA hervorgehen nur sehr schwer ökologisch interpretiert werden können (siehe Diskussion am Ende des Artikels).

Die amerikanische Schule der Landschaftsökologie hat tiefe Wurzeln in der Forstwissenschaft.

Entsprechend viele Projekte befassen sich mit den Effekten von Waldstrukturen und Prozessen, wie Waldbrand und Sukzession. Zu diesem Thema fand eine eigene Sitzung statt. Andere klassische Anwendungen sind Projekte, die den Zusammenhang zwischen Abundanz einer Art oder Artengruppen und dem Landschaftsmuster untersuchen. Zum Teil werden daraus auch Habitatmodelle abgeleitet. Als Datenquelle finden, je nach Maßstab, durch Feldarbeit erhobene Daten oder Daten aus Artenkatastern Verwendung. Dabei stellten sich immer wieder Maße zur connectivity (Vernetzung) aber auch die Nachbarschaft zu bestimmten Begleitbiotopen als Schlüsselgrößen heraus.



**Abb. 2:** Landschaftsökologische Themen in Amerika: Muster und Prozesse in natürlichen Ökosystemen am Beispiel des Saguaro National Park / Arizona

Beispiele finden sich bei COLE & LATHROP; HOFFMAN & WIENS; HOWERTER ET AL.; GILADI ET AL.

Mehrere Autoren proklamierten eine extinction threshold (Schwellenwert, ab dem Auslöschung droht) für Habitatanteile und Vernetzung (z.B. BASCOMPTÉ). Z.T. wurden auch modellierte Verbreitungsdaten auf ihre Abhängigkeit zu landschaftlichen Parametern untersucht. Hier besteht die Gefahr eines Kreisschlusses: Implizite Modellannahmen werden extern als Korrelation "erkannt". Letztendlich wird das Modell untersucht, nicht die Wirklichkeit.

Stärker als in Europa werden auch Stoff- und Energieflüsse mit Landschaftsmustern und Landschaftswandel korreliert. So untersuchte z.B. KEPNER ET AL. die Auswirkungen des Landschaftswandels der letzten 25 Jahre in einem Einzugsgebiet bezüglich Hydrologie und Wasserqualität mit dem Modell SWAT. Andere Projekte behandeln den Einfluss auf Kohlenstoff- oder Phosphorhaushalt (z.B. EUSKIRCHEN ET AL.).

Nur wenige Teilnehmer beschäftigten sich mit theoretischen Fragen zu landscape metrics selbst. Von einigen Autoren wurden Untersuchungen zur Limitationen von landscape metrics durchgeführt (z.B. LI & WU) und alternative Methoden zur Bestimmung von Vernetzung (Percolation, Lacunarity) vorgestellt (z.B. DE-CAMINO-BECK & SANCHEZ-AZOFEIFA).

#### 3.2.2 Scale matters

Eine eigene Sitzung beschäftigte sich mit dem Effekt von Maßstabsübergängen. Die Teilnehmer waren sich einig, dass eine grundsätzliche Eigenschaft von Landschaft ihre räumliche und inhaltliche Heterogenität ist. TURNER (2001, S. 7) definiert Landschaften dementsprechend als "eine Fläche, die in mindestens einem Faktor räumlich heterogen ist". Diese räumliche Heterogenität drückt sich auf verschiedenen Maßstabsebenen in unterschiedlichen Landschaftsmustern aus. Prozesse finden nicht nur auf einer Hierarchieebene statt, sondern greifen über verschiedene Skalen ineinander.

Klassischerweise finden Untersuchungen in einem definiertem Maßstab statt. Verändert man den Maßstab (z.B. in dem man die räumliche Auflösung der Daten verändert) erhält man oft völlig verschiedene Ergebnisse. Eine Landschaft kann zum Beispiel bezüglich eines bestimmten Merkmals kleinräumig sehr heterogen sein, aber großräumig homogen oder umgekehrt. In diesem Verhalten nicht ein Problem für die Analyse, sondern eine zusätzliche Information zu sehen, ist eine neue Herangehensweise. Die Hierarchical Patch Dynamics von JOHN & WU sind ein Beispiel für eine skalenübergreifende Behandlung von landschaftlichen Phänomenen. BLASCHKE stellte ein Klassifizierungsverfahren vor, das sich solcher Verfahren bedient. Ein Beitrag von AARON & WIENS untersuchte die Skalenabhängigkeit des Zusammenhangs von verschiedenen Umgebungsvariablen zur Abundanz bestimmter Käferarten.

Mehr zur Theorie von Skalenübergängen z.B. bei PICKETT; SUTTON; QI; MÜLLER & REICHE; HAY; SCHOOLEY & WIENS; WU (1999); WU ET AL. (2000).

Beispiele für Projekte, die explizit Skalenabhängigkeit berücksichtigen: ALBERTI ET AL.; ANDISON & BANDALOO; BERT & FREEMARK; CHEN; GUO ET AL.; JACKSON ET AL.; JAGER ET AL.; JENERETTE ET AL.; KRAWCHUK & TAYLOR; MCKENZIE ET AL.; SCHULTE & MLADENOFF; SILBERNAGEL & ALLEN;

THOPSON & MCGARIGAL; WAGNER ET AL.

Bei allen Untersuchungen wurde eines klar: Der Maßstab hat einen erheblichen Einfluss auf die landschaftsökologische Analyse (scale matters). Die Abhängigkeiten müssen noch intensiv erforscht werden. Die Untersuchung von Landschaft kann nicht auf einen Maßstab beschränkt werden. Betrachtungen skalenübergreifender Phänomene, sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht, müssen weiter vorangetrieben werden.

### 3.3 Ökologische Bewertung und Monitoring

Zusammenhänge zwischen Landschaftsparametern und wichtigen Prozessen und Funktionen erlauben mit Hilfe von Algorithmen die Bewertung von Landschaften sowie die Untersuchung landschaftlicher Veränderungen.

Im wesentlichen wurden nur zwei Projekte vorgestellt, die dieses ehrgeizige Ziel verfolgen. Dahinter stehen aber eine Reihe von Institutionen, die sich schon länger mit Fragen zu Landschaftsmustern und Prozessen beschäftigen.

Aufbauend auf dem Projekt "Mid-Atlantic Integrated Assessment" der amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA (<http://www.epa.gov/maia/index.html>) stellte eine Gruppe um K. RIITERS UND E. SMITH verschiedene Teilprojekte zur integrierten ökologischen Bewertung einer ganzen Region vor. Dabei wurden Aspekte von Klimawandel, Flussgebietsmanagement und Biodiversität betrachtet. Auch mögliche Auswirkungen von Landschaftswandel auf die ökologische Stabilität werden untersucht.

Ein zweites Projekt präsentierte K. MCGARIGAL, der "Vater" von FRAGSTATS, einem Programm zur Bestimmung von Landschaftsmaßen. Hier geht es um die Bewertung der Biodiversität in einer Region. Mit Hilfe von Expertenwissen wird die Habitateignung einer ganzen Reihe von Leitarten modelliert und daraus Aussagen zur Biodiversität aggregiert. Dieses Projekt ist allerdings erst in der Startphase. Auch in Europa (siehe Konferenz in Schweden) laufen verschiedene Bemühungen zur operationalisierten ökologischen Bewertung in verschiedenen Maßstäben, bis hin zu gesamteuropäischen Ansätzen. Solche Projekte sind wichtig, bergen aber einige Schwierigkeiten in sich (siehe Diskussion am Ende des Artikels).

### 3.4 Quo vadis ? Die TOP10 Vorschläge wichtiger Landschaftsökologen

Herr WU, einer der verantwortlichen Organisatoren, fragte vor Beginn der Konferenz bedeutende Vertreter der internationalen Landschaftsökologie nach ihrer "Top10" Wunschliste für das nächste Jahrhundert. Unter anderem wurde gefordert:

- Mehr Forschung und Zusammenarbeit bei der Suche nach der Bedeutung von Landschaftsmaßen, deren Limitation und Möglichkeiten (ANTROP).
- Standardisierung von Bewertungsprozessen um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten (HOBBS).
- Verbesserung der Datenvalidierung und der Datenqualität.
- Mehr Feldarbeit und Experimente über den Zusammenhang zwischen Prozessen und Landschaft.
- Mehr Berücksichtigung biologischer Daten ("Without biological data, no amount of GIS work, metrics development, etc. will actually help much!" HOBBS).
- Integration sozioökonomischer Prozesse (NAVEH).

Landschaftsökologie, so, wie sie die Amerikaner verstehen, mit dem Schwerpunkt auf die Landschaftsstruktur, ist eine sehr junge Wissenschaft. Aus den Antworten wird klar, dass noch einiges an Grundlagenforschung geleistet werden muss, um die Anwendung fundiert und vergleichbar zu machen. Das Heranziehen weiterer Faktoren, wie z.B. der Sozioökonomie, bietet die Chance, Landschaft als komplexes System zu sehen, als das Total Human Ecosystem (THE), wie es NAVESH bezeichnet. Es birgt aber auch die Gefahr der Unübersichtlichkeit. Die Breite ist eben immer noch der Feind der Tiefe ...

## 4. Konferenz der europäischen Sektion der IALE



Die Europäische Konferenz der IALE fand erstmalig in zwei Ländern statt -

Schweden und Estland. Dies stellt einen (nicht nur) symbolischen Brückenschlag zwischen West- und Osteuropa dar. Veränderungen und Entwicklungen in der Landschaft lassen sich in Estland vor dem Hintergrund einer in großen Teilen brachgefallenen Landwirtschaft gut diskutieren. Dort hat sich, wie in ganz Osteuropa, nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion ein deutlicher Landschaftswandel vollzogen, der im Zuge der EU-Osterweiterung möglicherweise seine Vorzeichen ändern wird, denn Estland ist einer der vier osteuropäischen Kandidaten, die spätestens 2005 in die EU aufgenommen werden sollen.

Landschaftswandel in Europa zeigt vornehmlich zwei Gesichter: Einerseits die Intensivierung von Agrarlandschaften mit guten Anbaubedingungen wie: Vergrößerung der Schläge, Beseitigung von Landschaftselementen, höherer Dünger- und Pestizideinsatz und Verengung der Fruchtfolge. Andererseits die Marginalisierung ganzer Landstriche, die sich unter den veränderten Marktbedingungen der Agenda 2000 nicht mehr ökonomisch rentabel bewirtschaften lassen. Eine Polarisierung der Landschaft mit deutlichen Auswirkungen auf Biodiversität, Landschaftsbild und Stoffhaushalt ist die Folge.

In fünf Sitzungen (Theoretische Aspekte und Modellierung, Kulturelles Erbe in sich verändernden Landschaften, Landschaftswandel, Landschaftsmanagement und -Pflege, Stadtökologie) beschäftigte sich die europäische Konferenz der IALE mit verschiedenen Fragestellungen, wie z.B.:

- Mit welchen landschaftlichen Veränderungen sehen wir uns in Europa konfrontiert?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Biodiversität, anderen integrierten landschaftlichen Attributen und den verschiedenen Landschaftsparametern, wie Landnutzung und Landschaftsstruktur?
- Welche Landschaftsparameter können als Index dienen, um Veränderungen der Landschaft zu überwachen und zu bewerten?
- Wie können solche Bewertungsschemen in den Planungsprozess einbezogen werden?
- Welche Anforderungen ergeben sich daraus für die Landschaftsgestaltung?

Im Folgenden soll eine Auswahl von Projekten vorgestellt werden, die sich mit diesen Fragestellungen in ganz

unterschiedlicher Weise und in verschiedenen Maßstäben beschäftigen.

Zu dieser Konferenz gibt es eine Veröffentlichung mit kurzen Artikeln zu den jeweiligen Projekten (MANDER ET AL., 2001) Auch hier beziehen sich alle Angaben ohne Jahreszahl auf diese Veröffentlichung. Autorenabgaben mit Jahreszahl beziehen sich auf zusätzliche Literatur, die im Anhang aufgelistet ist. Anfang 2002 soll auch ein special issue der Zeitschrift *Landscape and Urban Planning* mit ausgewählten Beiträgen dieser Konferenz erscheinen.

#### 4.1 Bedeutung des Begriffes "Landschaft"

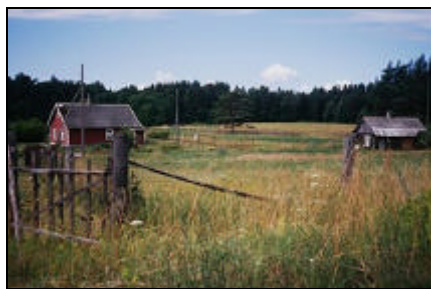


**Abb. 3:** Landschaftsökologische Themen in Europa: Erhalt und Entwicklung der Kulturlandschaft; traditionelle Grünlandwirtschaft in Estland.

Warum Landschaft? Landschaft ist ein integrierendes Objekt. Es vereint verschiedene Elemente, Funktionen und Zeitebenen zu einem komplexen Ganzen. Auf Grund des hohen Integrationsgrades eignet sich Landschaft als Indikatorfläche für ökologische und sozio-ökonomische Zustände und Prozesse. Sie alle hinterlassen Spuren in der Landschaft, deren Erscheinungen erfasst, analysiert und bewertet werden können. Immer wieder wurde die Bedeutung von Landschaft als Einheit, als Ganzes betont ("Das Ganze ist mehr als die Summe aller Teile") und zugleich die Schwierigkeit hervorgehoben, dieser Ganzheit bei der Analyse und Bewertung gerecht zu werden (z.B. VAN MANSVELT, ANTROP, DONNER). Die zunehmende Bedeutung dieses Begriffes in der Politik, wie sie sich z.B. in der Europäischen Landschaftskonvention (<http://www.nature.coe.int/english/main/landscape/conv.htm>) ausdrückt, war Gegenstand des Vortrages von DELBAERE. Er betonte die Bedeutung von Landschaften als Lebensraum, als Träger von regionalen Identitäten und als Vermittler zwischen Stadt und Land. Er forderte gemeinsame Visionen über Landschaften und mehr Synergien zwischen europäischen, nationalen und subnationalen Projekten.

#### 4.2 Mit welchen landschaftlichen Veränderungen sehen wir uns in Europa konfrontiert?

Fast alle Projekte, die sich mit Landschaftswandel beschäftigen, haben eine Analyse der Veränderung der Landschaft im Rahmen Ihres Untersuchungsgebietes durchgeführt. Meist wurden dazu Satellitenbilder, historische Luftbilder oder historische Karten herangezogen. Aus einem Vergleich von historischen Quellen und aktuellen Datensätzen lassen sich Veränderungen der Landnutzung in einem GIS automatisch oder semi-automatisch ermitteln. "Die Zukunft einer Landschaft liegt in Ihrer Vergangenheit" (LEWAN) war ein Satz, der die Motivation für die historische Analyse erläutert.



**Abb. 4:** Landschaftsökologische Themen in Europa: Marginalisierung und Extensivierung der Landwirtschaft in Ungunstgebieten; Aufgegebenes Gehöft in Estland.

In ganz Europa fand im letzten Jahrhundert eine Intensivierung der landschaftlichen und landwirtschaftlichen Nutzung statt. Dies ging aber nicht unbedingt mit der Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche einher, sondern drückte sich eher im Verschwinden von Feldbegrenzungen, Fragmentierung und Zerschneidung von naturnahen Habitaten durch Strassen und durch Siedlungsausbreitung aus. In den "Kerngebieten" der intensiven Landwirtschaft dauert dieser Trend an. An den Rändern allerdings, und damit sind sowohl die geographischen Ränder von Europa, als auch die landwirtschaftlich weniger geeigneten Regionen gemeint, zeichnet sich eine zunehmende Marginalisierung ab. Dies bestätigt auch die FAO Agrarstatistik für Europa: In den letzten 40 Jahren ging der Anteil von Ackerland um 10%, der von Weideland sogar um 11% zurück, während im selben Zeitraum der Anteil der Wälder um 10% stieg (<http://www.fao.org>). Dieser Trend wurde z.B. für Estland von PETERSON & PÜSSA, für Spanien von BOLANOS ET AL. und für Norwegen von SIKKEL, bestätigt.

#### 4.2.1 Wie können solche Veränderungen quantitativ beschrieben werden?

Auch wenn die europäische Auffassung von Landschaftsökologie von der amerikanischen z.T. erheblich divergiert (siehe Schlussfolgerungen), nutzen beide im Wesentlichen die selben Methoden zur Quantifizierung von Landschaftsattributen. Aus den oben beschriebenen Trends zum Landschaftswandel geht hervor, dass neben der proportionalen Zusammensetzung der Landschaft auch ihre Struktur ein wichtiges Kriterium zur Beschreibung des Landschaftszustandes und zur Analyse und Bewertung der Auswirkungen von Landschaftswandel ist. Landscape metrics erlauben Teilaspekte von Struktur, wie Flächengrößen, Randlängen oder Flächenfragmentierung zu quantifizieren. Solche Landschaftsmaße wurden in sehr vielen Projekten eingesetzt, um landschaftliche Phänomene (z.B. die Abundanz von Leitarten) zu erklären. Anders als in Amerika werden in Europa aber weniger komplexe metrics, wie zum Beispiel zur räumlichen Gleichverteilung (contagion index), verwendet. Stattdessen werden einfache, interpretierbare Maße, wie z.B. die durchschnittliche Flächengröße oder Randlängen, vorgezogen.

#### 4.3 Wie beeinflussen landschaftliche Parameter die Landschaftsfunktionen

##### 4.3.1 Zielgröße Wasser- und Stoffhaushalt

Auch wenn wasser- und stoffhaushaltliche Untersuchungen bei dieser Konferenz unterrepräsentiert waren gab es einige interessante Beiträge.

RYSZKOWSKI stellte eine Untersuchung zu dem Zusammenhang zwischen Landschaftsstruktur und Stoffhaushalt vor, in dem er besonders auf die Wirkung von Waldinseln in der Agrarlandschaft als "biogeochemische Barrieren" hinwies (siehe auch RYSZKOWSKI ET AL. 1999). STEINHARDT & VOLK referierten über die Bedeutung von zeitliche und räumliche Skalen in der Prozessmodellierung von Wasser- und Stoffflüssen und klassifizierten hydrologischer Modelle nach ihrer Skalenebene.

##### 4.3.2 Zielgröße Biodiversität

Der weitaus größere Teil der Projekte beschäftigte sich mit dem Einfluss des Landschaftszustandes auf die Biodiversität.

Eine ganze Reihe von Projekten präsentierten Ergebnisse von Feldstudien über die Korrelation von Landnutzung und verschiedenen Landschaftsmaßen, zu Abundanz, Diversität und Aktivität von bestimmten Leitarten und Leitartengruppen. Häufig wurden dafür Insekten wie Laufkäfer, Spinnen, Bienen oder Heuschrecken herangezogen (z.B. PURTAUF ET AL.; SCHNEIDER & FRY; SEPP; BUREL ET AL.; JEANNERET & SCHÜPBACH). Je nach betrachteter Art oder Artengruppe spielten andere Faktoren eine Rolle.

Für bestimmte Arten war nur die Landnutzung ausschlaggebend, für andere eher die Landschaftsstruktur in Form von Nachbarschaftsverhältnissen zu anderen Landnutzungen oder Randlängen von Hecken etc. (siehe z.B. auch BUREL ET AL., 1998). Auf Artenebene fällt es schwer, einen allgemeingültigen Zusammenhang zwischen Biodiversität und Landschaftsparametern zu postulieren (BROTONS & ROSELL). Für spezifische Fragestellungen in definiertem Maßstab spielen jedoch Landnutzung und Landschaftsstruktur eine z.T. erhebliche Rolle (siehe auch BROTONS & HERRANDO, 2001). Anders verhält es sich mit Projekten, die die Artenvielfalt in einer größeren Gruppe ermitteln, z.B. die Vielfalt an Gefäßpflanzen oder die Vielfalt an Vogelarten in bestimmten Testflächen (z.B. WRBKA & MOSER). Hier lassen sich große Sets von Indikatorarten zusammenstellen, die in ihrer Gesamtheit immer wiederkehrende Reaktionsmuster auf landschaftliche Parameter zeigen (siehe auch WRBKA ET AL., 1999).

#### 4.3.3 Zielgröße kulturelles Erbe und menschliche Wahrnehmung

Landschaftswandel, vom Menschen hervorgerufen, wirkt nicht nur auf den Naturhaushalt, sondern auch wieder auf den Menschen zurück. Eine eigene Sitzung widmete sich diesem Thema. Konkrete Untersuchungen zum Umgang mit Stätten des kulturelles Erbes wurden vorgestellt. Ansonsten blieben die meisten Vorträge theoretisch und betonten die Bedeutung der Landschaft als kulturelles Erbe, als Identifikationsobjekt. Wird die Landschaft verändert und verliert dadurch ihr traditionelles Gesicht, ist auch die regionale Verwurzelung der Bevölkerung in Gefahr. Dies kann durchaus auch Auswirkungen auf die soziale Integrität der Gesellschaft haben (z.B. ARNESEN, VAN MANSVELT).

Eine konkrete Studie belegte die erschwerte Zugänglichkeit von Landschaften in Norwegen im Zuge von

landwirtschaftlicher Extensivierung mit Hilfe von Kostenoberflächen (BAKKESTUEN ET AL.).

SARLÖV-HERLIN & FRY analysierten den Zusammenhang zwischen der Struktur von Waldrändern und der optischen Wirkung sowie die Habitataignung und stellten fest, dass die optimale Konfiguration aus Sicht der Biodiversität nicht immer mit der optimalen Konfiguration für ein attraktives Landschaftsbild übereinstimmt (siehe auch FRY & SARLÖV-HERLIN, 1997).

Insgesamt kann festgestellt werden, dass nahezu alle Projekte, die nach Abhängigkeiten zwischen Phänomen und landschaftlichen Parameter suchen, sowohl lokale, die Landnutzung betreffende Attribute (z.B. Hemerobie), als auch strukturelle, die räumlichen Zusammenhänge betreffenden Attribute, berücksichtigen.

#### 4.4 Bewertung des Landschaftszustandes mit Hilfe von Indikatoren

Aus dem bisher geschilderten geht hervor: Landschaftswandel kann wesentliche Landschaftsfunktionen nachhaltig beeinflussen. Will man die Auswirkungen des Landschaftswandels für größere Gebiete in aggregierter Form analysieren und bewerten, ist man auf die Verwendung von Indikatoren angewiesen. Die Verwendung von bestimmten Arten oder Artengruppen als Indikator für spezifische Fragestellungen ist in der Landschaftsplanung mittlerweile gängige Praxis. Dementsprechend bietet sich Zusammenstellungen von Indikatorarten an. Die Kartierung solcher Arten erlaubt aggregierte Aussagen zu Themen wie Biodiversität oder Hemerobie. Allerdings ist eine flächendeckende Kartierung relativ zeit- und kostenaufwendig.

Deshalb existieren zahlreiche Bemühungen, die erforschten Zusammenhänge zwischen Landnutzung, Landschaftsstruktur und Biodiversität zur Konstruktion von räumlichen Indikatoren zu verwenden. Die meisten der vorgestellten Projekte sind zunächst Skizzen. Auf allen Ebenen wird aber stark an diesen Indikatoren gearbeitet. Die Vorgehensweise ist ähnlich: Information über Landnutzung und Information über durchschnittliche Flächengrößen, Randlängen etc. werden zu Informationen wie "Vielfalt", "Bedrohung", "Widerstand" verarbeitet und diese zueinander in Bezug gesetzt. ESTRE-GUIL ET AL. stellte das Projekt ENVIP vor (<http://ivflserver.boku.ac.at/envip/home.html>). Dieses Projekt steht in Zusammenhang mit anderen

EU-weiten Projekten, wie z.B. MOLAND ([http://moland.sai.jrc.it/technical\\_tools/frag/moland\\_fra.htm](http://moland.sai.jrc.it/technical_tools/frag/moland_fra.htm)) und beschäftigt sich mit der Entwicklung von Indikatoren zu Biodiversität auf Habitat- und Artenebene aus allgemein verfügbaren Quellen (z.B. CORINE Landnutzungsdaten), die im Rahmen des Monitoring der NATURA 2000 Flächen eingesetzt werden sollen. Ähnliches stellte WEIERS mit dem Projekt SPIN (Spatial Indicators for European Nature Conservation) vom DLR in Köln vor. Zusammen mit sechs Partnerinstitutionen sollen (übrigens ebenfalls für ein Monitoring der NATURA 2000 Flächen) räumliche Indikatoren entwickelt werden, um die Nutzung von Fernerkundungsdaten für naturschutzfachlicher Anwendungen auf verschiedenen Maßstabsebenen stärker operationalisieren zu können. (siehe auch: [http://www.geo.sbg.ac.at/staff/tblasc/hk/overview\\_ht.pdf](http://www.geo.sbg.ac.at/staff/tblasc/hk/overview_ht.pdf)).

Neben diesen zwei Projekten im europäischen Maßstab wurden auch noch zwei Indikatorensysteme für den regionalen Maßstab vorgestellt: ZEBISCH präsentierte ein Indikatorensystem zur Bewertung der Biodiversität auf regionaler Ebene, das an ein Modell zur Generierung von Landnutzungsszenarien gekoppelt ist. Damit können Reaktionen auf landschaftliche Veränderungen simuliert werden. BOCK stellte ein Konzept vor, das Landschaftsausschnitte zunächst unter Verwendung von Indikatoren bewertet, um dann die Landschaft mit Hilfe eines Optimierungsalgorithmus bezüglich einiger Funktionen und Potentiale zu optimieren.

Ein sehr interessanter Projektverbund wurde von WRBKA & MOSER, SCHMITZBERGER ET AL. UND PERTERSEIL vorgestellt. Für ganz Österreich wurde aus Satellitenbildern unter Verwendung von Segmentierungsverfahren eine flächendeckende Kartierung von Kulturlandschaftstypen erstellt (Projekt SINUS: <http://www.pph.univie.ac.at/intwo/enderbericht/graphisch.htm>). Für diese Landschaftstypen wurden räumliche Indikatoren mit Schwerpunkt "Nachhaltigkeit" entwickelt.

Außerdem wurden ausgewählte Flächen bezügeliche Flora und Fauna kartiert, die Abhängigkeiten zu Landschaftsmaßen untersucht und Indikatorarten für definierte Fragestellungen ermittelt. Hier werden schon Schnittstellen zur grobskaligen Landschaftsplanung sichtbar.

Einige Teilnehmer präsentierten komplexe Bewertungssysteme, die auch

sozioökonomische Parameter einschließen.

LENZ stellte ein Indikatorensystem zur Bewertung der Nachhaltigkeit im regionalen Maßstab vor, das 30 Einzelfaktoren umfasst (siehe auch <http://www.fh-mannheim.de/2000/horizonte/lenz.html>). PEEPSON & SEPP berichteten von einem geplanten Indikatoren-System für das Monitoring von Agrar- und Umweltmaßnahmen in Estland, und BALAZS ET AL. erläuterten ein Indikatoren-System zur Bewertung der "ökologischen Sensitivität" in Ungarn.

#### 4.5 Landschaftsplanung und Landschaftsgestaltung

Indikatoren zur Bewertung des Landschaftszustandes spielen auch in einigen europaweiten Projekten eine Rolle, die sich mit der Koordinierung von landschaftsplanerischen Maßnahmen im Rahmen des Naturschutzes beschäftigen.

##### 4.5.1 Ökologische Netzwerke

Mehrere Projekte beschäftigen sich mit ökologischen Netzwerken im Sinne von Biotopvernetzung. Auch hier liegt die Idee der amerikanischen Landschaftsökologen FORMAN & GODRON zu Grunde, Landschaft in Kerngebiete, Korridore, Trittsteinhabitats und die matrix, also den Teil der Landschaft, in den naturnahen Habitat eingebettet sind (z.B. die Agrarlandschaft) zu klassifizieren (FORMAN & GODRON 1986). Viele Initiativen zur Planung von ökologischen Netzwerken beruhen auf der Europäischen Deklaration zur Errichtung Pan- Europäischer Netzwerke: EECODECL von 1993 (<http://www.ecnc.nl/doc/lynx/publications/eecodecl.html>) und die europäischen Konvention zur Landschaftlichen Vielfalt aus dem Jahr 1995 (<http://www.nature.coe.int/english/main/strategy/strategi.htm>). Interessanterweise haben gerade osteuropäische Länder bereits nationale Initiativen dazu entwickelt, so z.B. Polen, die Slowakei und Ungarn. SEPP stellte z.B. das Konzept für Estland vor.

Auf Europäischer Ebene wurde von BUGTER das Projekt GREENVEINS ("Grüne Adern") vorgestellt. In sechs Ländern und 26 Untersuchungsgebieten sollen Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Biodiversität, Vulnerability und Landschaftsstruktur durchgeführt, Indikatoren entwickelt und Maßnahmen zur Politikberatung abgeleitet werden.

Auch das Projekt "Life EConet", präsentiert von PUNGETTI, beschäftigt sich mit Planung und Design von ökologischen Netzwerken in Europa unter Einbeziehung der Bevölkerung ("stakeholder approach") (<http://www.lifeeconet.com>).

BOUWMA & KLIJN stellten das "Pan-European Ecological Network" vor - ein Projekt, das europaweit Flächen, die sich besonders für die Vernetzung anbieten, ausfindig machen will ([http://www.strategyguide.org/at1/at1\\_index.html](http://www.strategyguide.org/at1/at1_index.html); <http://www.ecnc.nl/doc/projects/onprojec.html>).

Die meisten dieser Projekte sind, abgesehen von den ehrgeizigen Initiativen der osteuropäischen Länder, bis jetzt in der Planungsphase. Viele Projekte laufen parallel allerdings mit eher mäßigen Synergieeffekten. Zu Europäischen Netzwerken siehe auch den Artikel von J.F.M. VAN OPSTAL (<http://www.laplanet.de/texte/2001/opstal/opstal.pdf>).

##### 4.6 Landschaftsmodellierung

Landschaftsmodellierung versucht Prozesse wie Siedlungsausbreitung, Flächenstilllegung oder Aufforstung modellhaft nachzuzeichnen.

MÜNIER stellte ein Modell für Dänemark vor, das aus Informationen über abiotische Faktoren (Physiotope) Vegetationskarten modelliert. BAUDRY & THENAIL entwickelten ein Modell zur Generierung von Informationen über Art und Intensität landwirtschaftlicher Bewirtschaftung. SEPPELT & VOINOV präsentierten ein Modell zur Abschätzung der Stickstoffbelastung bei unterschiedlichen landschaftlichen Konstellationen, das auch eine Optimierung der Landnutzung bietet (SEPPELT, 2000).

REMM & OJA sowie FRITSCH et al. referierten über Modelle zur Siedlungsausbreitung für Estland bzw. Deutschland. Das Modell von FRITSCH dient der Analyse der Auswirkungen von Landnutzungsveränderungen auf die Hochwasserentstehung.

Das Verfahren von ZEBISCH enthält ein Landschaftsmodell, das Landnutzungs-szenarien für die Bewertung von Biodiversität, Landschaftsbild und Hydrologie generiert.

Auch wenn Landschaftsmodelle noch nicht zu den gängigen Verfahren in der Landschaftsökologie gehören, liegt in ihnen ein großes Potential. Mit ihrer Hilfe können Varianten zukünftiger Entwicklung durchgespielt und ihre

landschaftsökologische Bedeutung bewertet werden. Indizes und andere Bewertungsmethoden können auf ihre Sensitivität gegenüber Landschaftsveränderungen überprüft werden. Die entscheidende Herausforderung liegt in der Auswahl der für den Landschaftswandel verantwortlichen Größen. Vor allem sozioökonomische Parameter müssen oft aus externen Modellen abgeleitet werden.

## 5. Schlussfolgerungen

### 5.1 Zur Bedeutung des Landschaftsmusters

Zumindest in Hinsicht landschaftsökologischer Forschung sind sich Europa und Amerika näher gekommen. Trotz aller berechtigten Kritik an der Verwendung von landscape metrics hat sich auch in Europa eine Erkenntnis durchgesetzt: pattern matters.

Räumliche Aspekte spielen für Artenabundanz, Hydrologie aber auch für das Landschaftsbild eine entscheidende Rolle. Sie ermöglichen eine Annäherung an die von ANTROP geforderte "holistische" Sichtweise von Landschaft, indem sie die für unsere Wahrnehmung so wichtige strukturelle Komponente ansprechen. Besonders bei Betrachtungen zur Biodiversität kommt der Landschaftsstruktur, neben der Landschaftskomposition, eine entscheidende Rolle zu. Landschaftsmaße können auch klassische Bewertungsverfahren um die strukturelle Dimension bereichern. Bei all dem müssen jedoch einige Punkte beachtet werden:

- Viele landscape metrics korrelieren miteinander (Autokorrelation) => wenige metrics mit geringer Autokorrelation wählen.
- Besonders die komplexen metrics sind schwer zu interpretieren => einfache, interpretierbare metrics sind zu bevorzugen.
- Die meisten metrics sind abhängig von Maßstab, Landschaftsausschnitt und grain size (Auflösung) => Bei Vergleichen auf gleiche Rahmenbedingungen achten.
- Metrics messen nur die Struktur. Auf Landschaftsebene werden alle Landnutzungsklassen gleich behandelt => metrics allein reichen nicht aus, strukturelle Informationen müssen durch qualitative Informationen ergänzt werden.

- Metrics verfolgen meist den island biology Ansatz. Eigenschaften der umliegenden "Matrix" werden nicht berücksichtigt => Ergänzung durch Distanzfunktionen, Kostenoberflächen u.ä.

Statistische Verfahren wie die Hauptkomponententransformation sollten nur eingesetzt werden, wenn die resultierenden Faktoren noch interpretierbar bleiben. Werden wahllos und in großem Umfang Erklärungsvariablen herangezogen, wird kein wirkliches Verständnis der Prozesse erreicht. Meist wird lediglich bewiesen, dass in der Summe der Faktoren wohl einige dabei waren, die für das Phänomen verantwortlich sind. Diese stark statistisch geprägte Vorgehensweise hat auch den Nachteil, dass die Ergebnisse nicht, oder sehr schwer auf andere Gebiete übertragbar sind. Gefundene Zusammenhänge sollten mit den Ergebnissen anderer Forschungsgruppen verglichen werden. So führt der Weg vielleicht doch einmal zu einem erweiterten Verständnis der Prozesse. Allerdings wird der Zusammenhang zwischen komplexen Attributen wie Landschaftsmuster und komplexen Phänomenen wie Biodiversität wohl nie so eindeutig zu lösen sein, wie zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Bodenart und potentieller Feldkapazität.

## 5.2 Ökologische Bewertung und Modellierung

Ökologische Bewertung ist wichtig. Sie stellt das Bindeglied zwischen landschaftsökologischer Forschung und der Anwendung in Form von Landschaftsplanung dar.

Besonders bei der Abschätzung der Folgen des Landschaftswandels und der Minimierung negativer Effekte sind operationalisierbare Bewertungsmethoden gefragt. An der, relativ zur Grundlagenforschung, geringen Anzahl der Projekte zeigt sich die Schwierigkeit eines solchen Vorhabens: Das Wissen über Zusammenhänge muss soweit übertragbar sein, dass es für eine oder sogar mehrere Regionen Gültigkeit hat. Grunddaten müssen in hoher Präzision auf aktuellem Stand vorhanden sein, und Zusatzdaten zwecks Validierung zur Verfügung stehen. Für Monitoringprogramme müssen Aktualisierungsmöglichkeiten bestehen. Hier sind entweder Fernerkundungsdaten oder Modelle gefragt. Landschaftsmodelle in Kombination mit Bewertungsalgorithmen sind sinnvolle Werkzeuge, um die Auswirkungen verschiedener Szenarien zum Landschaftswandel zu testen. Sol-

che Modelle müssen validiert und in der Praxis auf Anwendungstauglichkeit getestet werden. Auch müssen die Modell- und Bewertungsannahmen ständig überprüft werden, da, anders als bei z.B. Pflanzenwachstumsmodellen, die Zusammenhänge nicht so "hart" hergestellt werden können und auch nicht mit ausreichender Bestimmtheit erforscht sind.

Die Entwicklung von standardisierten Indizes mit klaren Aussagen ist eine wichtige Möglichkeit zur Vergleichbarkeit von Ergebnissen und Übertragbarkeit von Bewertungsmodellen. Um eine Übertragbarkeit zu gewährleisten, sollten allgemein verfügbaren Daten verwendet werden können und eine hohe Kompatibilität zu alternativen Datenquellen sichergestellt sein.

Die Suche nach derart operationalisierten ökologischen Bewertungen stellt die aktuelle "Forschungsfront" dar. In Zukunft müssen die verschiedenen Bemühungen koordiniert und abgeglichen werden, wenn man ein solches Werkzeug zur Anwendung bringen will.

Eine weitere Herausforderung ist die Integration sozioökonomischer Ansätze in ein Landschaftsmodell. Die Notwendigkeit dafür ist unbestritten und Ansätze dafür sind vorhanden. Hier gilt es die Balance zu halten, zwischen pauschalen Annahmen und einer Überparametrisierung, die zu Transparenzverlust und mathematischer Instabilität führt. Sollen die Ergebnisse in der Landschaftsplanung Verwendung finden, müssen die Modelle noch vermittelbar sein. KISS nennen die Amerikaner diese Strategie: keep it simple and small.

Für die ökologische Bewertung ist die Auswahl eines geeigneten Untersuchungsgebietes entscheidend. Viele der vorgestellten Untersuchungen wurden für definierte Flusseinzugsgebiete durchgeführt. Gerade für integrierte Projekte, die auch geoökologische und hydrologische Prozesse berücksichtigen, erweisen sie sich als geeignete Einheit, da sich Wasser- und Stoffflüsse schlüssig betrachten lassen. Multiskalare Betrachtungen lassen sich durch die genestete Organisation der Einzugsgebiete hervorragend anstellen. Problematisch ist, dass viele Daten für administrative Einheiten vorliegen, was zu Konsistenzproblemen führen kann.

Auch wenn die Landschaftsstruktur nicht der alleinige Schlüssel zum Landschaftsbegriff ist, hat die Berücksichtigung der Struktur das Spektrum der landschaftsökologischen Sichtweise erweitert, neue Ansätze zur Land-

schaftsbewertung ermöglicht und uns der holistischen Sichtweise ein wenig näher gebracht.

## 6. Literatur

- Bastian, O. (2001). Landschaftsökologie - auf dem Wege zu einer einheitlichen Wissenschaftsdisziplin? *Naturschutz und Landschaftsplanung* 33, 41-51.
- Baudry, J., Burel, F., Thenail, C., & Coeur, D.L. (2000) A holistic landscape ecological study of the interactions between farming activities and ecological patterns in Brittany, France. *Landscape and Urban Planning*, 50, 119-128.
- Burel, F., Baudry, J., Butet, A., Clergeau, P., Delettre, Y., Le Couer, D., Dubs, F., Morvan, N., Paillat, G., Petit, S., Thenail, C., Brunel, E., & Lefeuvre, J.-C. (1998)
- Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes. *Acta Oecologica*, 19, 47-60.
- Brotons, L. und Herrando, S. (2001). Factors affecting bird communities in fragments of secondary pine forests in the north-western Mediterranean basin. *Acta Oecologica* 22, 21-31.
- Cain, D.H., Riitters, K., & Orvis, K. (1997) a multiscale analysis of landscape statistics. *Landscape Ecology*, 12, 199-212.
- Forman, R. T. T. und Godron, M. (1986). *Landscape ecology*, Wiley, New York
- Fry, G. und Sarlov-Herlin, I. (1997). The ecological and amenity functions of woodland edges in the agricultural landscape; a basis for design and management. *Landscape and Urban Planning* 37, 45-55.
- Gustafson, E.J. und Parker, G.R. (1992) Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. *Landscape Ecology*, 7, 101-110.
- Mander, Ü., Printsman, A., und Palang, H., (Hrsg.). (2001). *IALE European Conference 2001: Development of European Landscapes - Conference Proceedings*. Institute of Geography University of Tartu.
- Marks, R., Müller, M.J., Leser, H., und Klink, H.-J., (Hrsg.). (1992). *Anlei-*

zung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes, Vol. Band 229. Selbstverlag des Zentralausschusses für deutsche Landeskunde, Trier.

Ryszkowski, L., Bartoszewicz, A. und Kedziora, A. (1999). Management of matter fluxes by biogeochemical barriers at the agricultural landscape level. In "Landscape Ecology", Vol. 14, S. 479-492.

Seppelt, R. (2000). Regionalised optimum control problems for agroecosystem management. *Ecological Modelling* 131, 121-132.

Turner, M.G., Gardener, R.H., & O'Neil, R.V. (2001). *Landscape Ecology in Theorie and Practice*, Springer-Verlag.

Wu, J. (1999). Hierarchy and scaling: Extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* 25, 367-380. [http://www.public.asu.edu/~jingle/Web\\_Pages/Wu\\_Pubs/Wu\\_1999\\_Scaling/Wu\\_Hier\\_Scaling.html](http://www.public.asu.edu/~jingle/Web_Pages/Wu_Pubs/Wu_1999_Scaling/Wu_Hier_Scaling.html)

Wu, J., Jelinski, D.E., Luck, M., & Tueller, P.T. (2000). Multiscale Analysis of Landscape Heterogeneity: Scale Variance and Pattern Metrics. *Geographic Information Sciences* 6, 6-19. [http://www.public.asu.edu/~jingle/Web\\_Pages/Wu\\_Pubs/PDF\\_Files/2000-Wu\\_GIS.pdf](http://www.public.asu.edu/~jingle/Web_Pages/Wu_Pubs/PDF_Files/2000-Wu_GIS.pdf)

Wrbka, T., Szerencsits, E., Moser, D., & Reiter, K., (Hrsg.). (1999). Biodiversity patterns in cultivated landscapes: experiences and first results from a nationwide Austrian survey. In: Maudsley M. & Marshall J (Hrsg.) *Heterogeneity in Landscape Ecology*. Proceedings of the 1999 annual IALE(UK) conference, Bristol. [http://www.pph.univie.ac.at/intwo/endbericht/publik/wrbka\\_bristol\\_99.pdf](http://www.pph.univie.ac.at/intwo/endbericht/publik/wrbka_bristol_99.pdf)

**Informationen und Fachbeiträge für die Landschaftsplanung**

Ausgabe 2002-03-20

ISSN 1439-9954

**Herausgeber und Redaktion:**

Dr. B. Demuth  
Dipl.-Ing. R. Fünkner

**Kontakt:**

E-Mail: [redaktion@lapla-net.de](mailto:redaktion@lapla-net.de)

Tel.: 030 / 39731 - 896

Fax: 030 / 39731 - 898

**Redaktionsanschrift:**

Landschaftsplanung.NET  
- Redaktion -  
Ringbahnstraße 7  
10711 Berlin

