

Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – ein systemanalytischer Ansatz

Gerd Lutze, Alfred Schultz, Joachim Kiesel

1 Einführung

Innerhalb der Landschaftsökologie wird ‚Landschaftsstruktur‘ im Allgemeinen als die Gesamtheit der Landschaftskomponenten und -elemente, die eine Landschaft aufbauen, sowie deren räumliche Anordnung und Verbindung definiert (Turner und Gardner 1991; Bastian und Schreiber 1999). Die aktuelle Landschaftsstruktur ist das Ergebnis der räumlichen und zeitlichen Wechselwirkungen zwischen den Geofaktoren einschließlich Klima sowie der anthropogen bedingten Landschaftsnutzung und kann als integrierender Indikator für natürliche und nutzungsbedingte Folgewirkungen dieses Wechselspiels im Landschaftsmaßstab aufgefasst werden. Die Landschaftsstruktur ist eine skalen-, aber auch beobachterabhängige Eigenschaft von Landschaften und stellt in gewisser Weise das ‚Gedächtnis‘ einer Landschaft hinsichtlich der erfolgten Nutzungs- und Bewirtschaftungseinflüsse dar.

Ein wesentlicher Zweck von Landschaftsstrukturuntersuchungen besteht darin, eine Situationsbeurteilung hinsichtlich der langfristigen Verträglichkeit von Nutzung und Beanspruchung auf der einen und der natürlichen Leistungsfähigkeit einer Landschaft auf der anderen Seite zu unterstützen. Als Leitgedanke für die Nutzung und Entwicklung von Landschaften wird heutzutage das Prinzip der Nachhaltigkeit angesehen. Dahinter verbirgt sich eine Vielzahl von ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen. Im Kern geht es darum, im Rahmen der biophysikalischen und sozioökonomischen Bedingungen solche Nutzungsformen und -intensitäten für Landschaften zu finden und zu praktizieren, die auf den Menschen bezogene, notwendige existenzielle Ressourcen und Werte für jetzige und zukünftige Generationen gewährleisten (WCED 1987). Beansprucht die Nutzung die natürlichen Ressourcen nur innerhalb ihrer Reproduktionsgrenzen und entspricht die biotische Ausstattung dem naturräumlichen Erwartungswert, kann die Landschaft als ‚integer‘ oder auch als ‚intakt‘ bezeichnet werden. Allerdings besteht hier ein noch unübersehbarer Mangel an belastbaren Bewertungsgrundlagen bzw. -maßstäben.

Eine wichtige Aufgabe der landschaftsökologischen Forschung besteht deshalb auch darin, ein geeignetes Methodenreservoir, mit dem nutzungsbezogene Konflikte erkannt, verhindert oder gelöst werden können, bereit zu stellen.

Eine nachhaltige Entwicklung zu sichern, kann erfahrungsgemäß kein starres Konzept sein, das nur eine einzige Handlungsoption erlaubt. Landschaften mit ähnlichen topographischen und klimatischen Bedingungen haben sich in der Vergangenheit nutzungsbedingt durchaus unterschiedlich entwickelt, was durch ihre unterschiedliche Struktur sichtbar wird. Hinsichtlich wichtiger funktioneller Aspekte – wie der Produktion von Biomasse, der Aufrechterhaltung von Wasser-, Stoff- und Energiekreisläufen, der Funktionstüchtigkeit der natürlichen Entsorgungssysteme und der Vermittlung ästhetischer Reize – können sie dennoch als vergleichbar leistungsfähig eingeschätzt werden.

Die Leitplanken, zwischen denen eine nachhaltige Entwicklung stattfinden kann, sind allerdings nicht beliebig verschiebbar. Der potenzielle Handlungsspielraum ist gewissermaßen auch in der aktuellen Landschaftsstruktur verschlüsselt. Eine besondere Herausforderung besteht in der naturräumlich bestimmten Definition dieser Leitplanken.

Der vorliegende Beitrag soll die grundlegende Hypothese für die Herausbildung unterschiedlicher Landschaftsstrukturen im Kontext von landschaftlicher Vorprägung und Nutzungseinflüssen darstellen und Methoden für modellgeleitete Landschaftsstrukturuntersuchungen skizzieren.

2 Systemtheoretischer Forschungsansatz

2.1 Der Landschaftsbegriff aus Sicht der Systemtheorie

Nachhaltigkeits- bzw. Integritätsbetrachtungen in Landschaften sind von sehr komplexer Natur und besitzen einen ausgeprägten prospektiven Aspekt. Die Einschätzung, ob eine Entwicklung als nachhaltig bezeichnet werden kann, kann deshalb nicht allein das Ergebnis einer Momentaufnahme von unterschiedlichen räumlichen Mess- oder Beobachtungsgrößen sein, sondern sollte deren Herausbildung und zu erwartende Veränderungen einschließen. Es gilt daher, den zeitlichen und sachlichen Kontext, in dem diese Größen stehen, zu berücksichtigen.

Für diese unverzichtbaren vorausschauenden Betrachtungen sind modellbasierte Abwägungen notwendig. Dafür ist es erforderlich, den Landschaftsbegriff in geeigneter Weise zu formalisieren, d. h. Variablen bzw. Landschaftskomponenten, die die Landschaft beschreiben (Zustandsvariablen) und solche, die die Veränderungen hervorrufen (Triebkräfte) zu identifizieren sowie passende Wirkhypothesen abzuleiten und zu quantifizieren.

Eine Begriffsbestimmung von Landschaft, die einen Weg für diese Formalisierung eröffnet, findet man in Anlehnung an Haase et al. (1991). Danach ist Landschaft ein von der Naturraumausstattung vorgeprägter und von der Landnutzung und -bewirt-

schaftung unterschiedlich gestalteter Ausschnitt einer Region. Landschaft bildet eine Raum-Zeit-Struktur, in der sich die Wechselwirkungen zwischen Natur und Gesellschaft vollziehen. Geographisch betrachtet ist Landschaft ein Mosaik von Topen innerhalb eines chorischen Zusammenhangs und funktionell ein Ensemble von Ökosystemen, einschließlich Nutzökosystemen.

Die Definition von Haase et al. (1991) lässt sich gut in einen systemtheoretischen Kontext einbetten. Landschaft wird als komplexes hierarchisches System betrachtet, das durch eine begrenzte Menge von Zustandsvariablen bzw. Indikatoren in einer für Nachhaltigkeitsbetrachtungen hinreichenden Weise identifizier- und beschreibbar ist. Dabei ist die Zustandsbeschreibung der Landschaftsstruktur ein wichtiger Teil, der mittels der Abbildung der Landschaftskomponenten erfolgt. Durch die Begrenzung der Variablenmenge wird eine erhebliche Vereinfachung gegenüber der realen Landschaft in Kauf genommen, die jedoch eine wichtige Voraussetzung für die mathematische Modellierung und den damit angestrebten Erkenntnisgewinn ausmacht. Der betrachtete Gebietsausschnitt bildet die räumliche Systemgrenze; die vom Klima und der speziellen Landschaftsnutzung ausgehenden Wirkungen stellen die Modelltriebkräfte dar; die einzelnen Ökosysteme in der Landschaft schließlich entsprechen den interagierenden Komponentenmodellen. Der Übergang (Skalensprung) von der topischen Dimension der Ökosysteme zur chorischen Dimension der Landschaft erfolgt durch die Analyse der räumlichen Verteilungsmuster der Zustandsvariablen – also durch Landschaftstrukturanalysen auf der räumlichen Skalenebene der Landschaft. Durch die hierarchische Dekomposition des ‚Systems Landschaft‘ wird überdies eine gewisse Modularität erreicht, die sowohl Möglichkeiten für die Kapselung einzelner sektorbezogener Komponentenmodelle als auch Orientierungen für die sektorbezogene empirische Datengewinnung bietet.

2.2 Hypothesenkonzept für die Analyse von Landschaftsstrukturen

Für den Zweck der Analyse, des Vergleichs und der funktionellen Wichtung von Landschaftsstrukturen wird von der übergeordneten – schon in der Einleitung skizzierten – Hypothese ausgegangen, dass die heutige Struktur einer Landschaft von ihrer geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung und ihrer Nutzungsgeschichte abhängt. Die Partialwirkungen dieser beiden Gruppen auf die Landschaftsstruktur können in Anhängigkeit von den betrachteten Landschaftselementen unterschiedlich ausfallen. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass mit der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung einer Landschaft ihre grundsätzlichen Ausstattungs-, Nutzungs- und Entwicklungspotenziale begrenzt wurden und dass die überprägende Wirkung der Nutzung nur innerhalb dieser Potenziale stattfinden kann. Mit Blick auf diese Hypothese ist die Ermittlung der separaten Anteile von Vorprägung und Nutzung an der Herausbildung einer aktuellen Landschaftsstruktur ein wichtiger inhaltlicher Aspekt der Landschaftsstrukturanalyse. Den Einfluss von Vorprägung

und Nutzung auf die Landschaftsstruktur getrennt zu ermitteln, bedeutet auch, Voraussetzungen für die Bewertung von zukünftigen Nutzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten zu schaffen.

Geomorphologisch-naturräumliche Vorprägung

Die geomorphologisch-naturräumliche Vorprägung bildet quasi den abiotischen Rahmen sowohl für die biotischen Ausstattungspotenziale (z. B. Arten und Ökosysteme) als auch für die Nutzungspotenziale der Landschaft durch den Menschen (z. B. landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich, Rohstoffgewinnung). Sie umfasst die abiotischen Geofaktoren (z. B. Relief, Boden, Gewässer) und die klimatischen und mesoklimatischen Faktoren. Mit diesen Informationen werden vor allem großräumig typisierende Aussagen zur potenziellen biologischen Vielfalt getroffen (z. B. großräumige zonale Hauptformen der Waldvegetation), ohne dass ein flächenscharfer Bezug auf spezielle Pflanzen- und Tierarten formuliert werden kann. Die großräumig kartierte Artenvielfalt mit ihren beachtlichen Differenzen in den unterschiedlichen Landschaftsräumen, wie sie z. B. aus den Verbreitungskarten der Farn- und Blütenpflanzen (Benkert et al. 1998) bzw. der Brutvogelarten (Nikolai 1993) zu ersehen ist, veranschaulicht hingegen schon ein Produkt aus naturräumlicher Vorprägung und langjährigen Nutzungseinflüssen.

Die indizierenden Gliederungsmerkmale für die Charakterisierung der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung ergeben sich vor allem aus einer geomorphologischen Analyse der Formen und Formeneigenschaften des betrachteten, in Nordostdeutschland glazial geformten Raumausschnittes (z. B. Grundmoränenplatten unterschiedlicher Relief- und Substratverhältnisse, Stauchungsgebiete mit hoher Reliefenergie, Flussauen mit Hangkanten, vermoorte oder sandige Niederungsgebiete) und einer meso- bzw. mikroklimatischen Zonierung (z. B. Temperatur-Niederschlag-Verhältnisse). Der Einfluss der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung ist über längere Betrachtungszeiträume als konstant anzunehmen.

Historischer und aktueller Nutzungseinfluss

Die konkrete Art der Nutzung von Landschaften in der Vergangenheit kann zu unterschiedlichen Überprägungen der geomorphologisch-naturräumlichen Potenziale führen. Technische Eingriffe in den Naturhaushalt und andere Kulturfaktoren können insbesondere kleinräumlich stark variierende Muster von biotischen und infrastrukturellen Ausstattungselementen innerhalb der großräumig abiotisch geprägten Landschaftsräume hervorrufen. Diese Muster können für einen mittel- bis längerfristigen Zeitraum durchaus als permanent angesehen werden (z. B. Wald-Feld-Verteilung, Biotop, Straßen- und Siedlungsnetz). Es sei zumindest angemerkt, dass innerhalb von wenigen Dekaden dennoch bedeutende Veränderungen stattfinden können (z. B. Abholzungen, Verkehrsinfrastruktur und Melioration). Der aktuelle Nutzungseinfluss spiegelt sich insbesondere in den Anbaustrukturen, -früchten und -in-

tensitäten der landwirtschaftlichen Produktion, Störungen durch Verkehr, Lärm, Isolation, Stoffeinträge aus Industrie und Haushalt oder Ausweitung von Siedlungsflächen wider.

2.3 Methoden der Landschaftsstrukturanalyse

Aus dem Blickwinkel der Systemtheorie sind Landschaften mittelgroße Systeme („medium size systems“). Auf der einen Seite sind sie zu groß, um kausale Ursache – Wirkung – Beziehungen (zu viele Systemelemente, zu komplex) ableiten zu können. Auf der anderen Seite sind sie zu klein, um hoch signifikante statistische Beziehungen (zu geringe Wiederholbarkeit, man findet kaum zwei ‚gleiche‘ Landschaften) ermitteln zu können.

Deshalb hat sich in der landschaftsbezogenen ökologischen Forschung ein umfangreiches, aber spezielles Methodenspektrum etabliert, das Verfahren der räumlichen Datenanalyse, geographische Informationssysteme, Fernerkundung, Landschaftsmaße („landscape metrics“) u. a. umfasst. Das methodische Rückgrat der Landschaftsstrukturanalyse bilden derzeit zweifelsohne die mit spezieller Software aus digitalen Raumdaten berechneten Landschaftsmaße, die die Form, die Zusammensetzung und die räumliche Anordnung von Landschaftselementen beschreiben. Ein Nachteil der gebräuchlichen Maße ist ihre überwiegende Zweidimensionalität. Topographische bzw. orographische Eigenschaften, die erfahrungsgemäß wesentlich zur Ausprägung charakteristischer Muster in der Landschaft beitragen, finden bislang keine oder kaum Berücksichtigung.

Auch wenn in der aktuellen Diskussion der Methoden der Landschaftsstrukturanalyse die computergestützten Verfahren stark in den Vordergrund gerückt sind, so bleiben die Ergebnisse und methodischen Erfahrungen aus den klassischen geographischen, geologischen, standort- und vegetationskundlichen Naturraumerkundungen (Schmidt et al. 1982; Kopp et al. 1982; Haase 1991) doch eine wesentliche Grundlage für aktuelle Strukturanalysen (Kopp 2004; Schlutow 2004).

An dieser Stelle soll kein umfassender Überblick über Verfahren der Landschaftsstrukturanalyse erfolgen. Diesbezügliche Darstellungen findet man z. B. bei Borg und Fichtelmann (1998), bei Blaschke (2000) oder bei Walz (2001, 2004). Hier sollen nur einige charakterisierende Bemerkungen hinsichtlich der Adäquatheit der Verfahren für die Charakterisierung von Landschaftsstruktur formuliert werden.

Parallel zum methodischen Fortschritt in der Landschaftsstrukturanalyse wurde versucht, zahlreiche Theorien, wie Hierarchietätstheorie, Perkolationstheorie, Komplexitätstheorie u. a., für landschaftsökologische Fragestellungen zu adaptieren. Kennzeichnend ist also nicht ein Mangel an Methoden und Theorien, sondern eher, dass es bis jetzt keine wirklich überzeugende Zuordnung von Methoden und ihrem theo-

retischen Hintergrund zu realen Landschaftsprozessen gibt. Sobald konkrete Landschaften untersucht werden, werden eher heuristische Vorgehensweisen gewählt. Heuristisches Vorgehen bedeutet hier, dass mit einer Mischung von Erfahrungen, vorläufigen Hypothesen, vermuteten Analogien und provisorischen Theoriehintergründen gearbeitet wird. Das führt dann dazu, dass die Struktur einer Landschaft z. T. sehr detailliert beschrieben werden kann, dass die Zuordnung der Strukturanalyseergebnisse zu funktionalen Merkmalen dieser Landschaften jedoch einer nicht vernachlässigbaren Subjektivität unterliegt und einen Interpretationsspielraum beinhaltet, der gewöhnlich breiter ausfällt als bei anderen systemtheoretischen Anwendungen.

Analyse der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung

Die Ermittlung der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung einer Landschaft erfolgt in der Regel mit Rayonierungs- oder Klassifikationsverfahren unterschiedlicher Art (rein empirische Verfahren, allgemeine statistische Verfahren wie Clusteranalysen, neuere Verfahren des ‚machine learning‘ oder spezielle algorithmische Berechnungsvorschriften) und manifestiert sich u. a. in so genannten naturräumlichen Gliederungen. Als abhängige Zielgrößen fungieren die tatsächliche Oberflächenbedeckung, die potenziell-natürliche Vegetation, Klimazonen u. a. Als unabhängige Einflussgrößen fungieren mesoklimatische Bedingungen, geomorphologische Merkmale wie quartärgeologische Bildungen, Exposition, Hangneigung, Bodenart und -typ u. a. Nicht selten erfolgt die Ausgrenzung der homogenen Klassen durch die flächenscharfe Überlagerung einzelner Einflussgrößen. Die Analyse der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung findet auf der räumlichen Skala der Gesamtlandschaft statt.

Bei einer kritischen Sicht auf die derzeit angewendeten Naturraum- bzw. Landschaftsgliederungen ist die Lücke zwischen den kleinmaßstäbigen Gliederungen (z. B. von Meyen et al. (1962) für Deutschland und von Marcinek und Zaumseil (1993) für Brandenburg) auf der einen Seite und den auch umfangreich ausgearbeiteten und breit eingeführten mittel- bis großmaßstäbigen Standortkartierungen in der Land- bzw. Forstwirtschaft auf der anderen Seite unverkennbar. Für viele Fragestellungen der Landschaftsforschung, des Naturschutzes und der Regionalplanung ist nicht nur die Problematik der Interpolation vom Punkt in die Fläche relevant, sondern auch die Einordnung kleinräumiger Untersuchungsgebiete in den entsprechenden Naturraum, um z. B. die empirisch ermittelten Befunde zu bewerten bzw. um die räumliche Basis für die Übertragbarkeit in größere Räume zu finden. Untersuchungsgebiete sind aufwandsbedingt oft so klein, sodass auch ihr Bezug auf die relativ großen Areale der kleinmaßstäbigen Gliederungen nur über „Zwischengliederungen“ sinnvoll erscheint. Als ein sehr geeignetes Bindeglied können z. B. die Naturräumliche Gliederung des Landes Mecklenburg-Vorpommern (IWU 1995) und des Freistaates Sachsen (Haase und Mannsfeld 2002) angesehen werden. Trotz der vielen existierenden Gliederungen sollte deshalb weiter darüber nachgedacht werden, wie

spezielle landschaftsökologische Aspekte besser in ihnen berücksichtigt werden können. Dabei erscheint es geboten, auch solche Klassifikationsverfahren zu benutzen, die unscharfe Übergänge zwischen unterschiedlichen räumlichen Einheiten zulassen und Umgebungseinflüsse berücksichtigen. Die von Kiesel und Lutze (2004) beschriebenen Methoden der gleitenden räumlichen Mittel („moving windows“) sind ein methodischer Schritt in diese Richtung.

Analyse des Nutzungseinflusses

Die Kenntnis des historischen Nutzungshintergrundes einer Landschaft ist außerordentlich wichtig für das Verständnis der aktuellen Landschaftsstruktur und beides zusammen für zukünftige Entwicklungspfade und Möglichkeiten einer nachhaltigen Nutzung. Gerade in den europäischen Kulturlandschaften haben vergangene Nutzungs- und Besitzverhältnisse wesentlich zur Herausbildung der aktuellen Landschaftsstruktur beigetragen. Die Knicklandschaften in Ostholstein oder die Flussauenlandschaften der mittleren und unteren Oder sind prominente Beispiele. In der neueren Literatur beschreiben z. B. Cousins und Eriksson (2002) den Einfluss der historischen Nutzung auf die aktuelle biotische Ausstattung in schwedischen Landschaften und Stanfield et al. (2002) den Einfluss der Besitzverhältnisse auf die Diversität der forstlichen Nutzung, die Größe der Landschaftselemente und ihre Konnektivität in Oregon, USA.

Während die Analyse der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung vor allem auf der räumlichen Skala der Gesamtlandschaft stattfindet, sind bei der Analyse des Nutzungseinflusses kleinflächigere Raumbezüge zu berücksichtigen. Zu den bedeutendsten Informationsquellen zur flächenhaften Rekonstruktion der historischen Landschaftsnutzung gehören die großmaßstäbigen historischen Flur- und Katasterkarten, die z. B. Krenzlin (1952) zur Rekonstruktion der mittelalterlichen und neuzeitlichen Siedlungs- und Landschaftsstruktur nutzte, und die ersten präzisen Karten (die Schwedische Matrikelkarte im Maßstab 1 : 8 200, Ende des 17. Jahrhunderts), die Karten von Schulenburg (im Maßstab ca. 1 : 100 000, 1778-1786) und schließlich das Preußische Urmesstischblatt (im Maßstab 1 : 25 000, ab 1826 einschließlich seiner Fortschreibungen). Von hohem Aussagegehalt sind auch die später hinzu kommenden historischen Luftbilder. Methodisch erfolgt die Analyse des Nutzungseinflusses analog zu der geomorphologisch-naturräumlichen Vorprägung, wobei die unterschiedlichen Nutzungsausprägungen in dafür geeigneten Variablen oder Kovariablen kodiert werden müssen.

2.4 Datenquellen für Landschaftsstrukturanalysen

Auf der räumlichen Skala der Landschaft stehen flächendeckend im Wesentlichen zwei große Gruppen von Primärdatenquellen für aktuelle Analysen zur Verfügung: satelliten- oder flugzeuggestützte Fernerkundungsdaten und terrestrische Karten.

Für die Analyse früherer Landschaftsstrukturen gilt dies zumindest ausschnittsweise (siehe 2.3). Eine dritte Datenquelle sind Statistiken mit Raumbezug.

Die Vor- und Nachteile – besser: die Unterschiede – einzelner Datenquellen sind vor allem im Zusammenhang mit Geographischen Informationssystemen und Landschaftsmaßen an vielen anderen Stellen ausführlich diskutiert worden (Burrough und McDonnell 1998). Unbestritten ist, dass die unterschiedlichen Raster- und Vektorformate in jedem Fall einen Informationsverlust gegenüber der Realität aufweisen – sei es durch die bildliche Auflösung und/oder Interpretation in Satellitenfernerkundungsdaten, die notwendige skalenbezogene Informationsaggregation in Kartierungen o. a. Ein pauschaler Eignungsvorteil der einen oder anderen Quelle existiert eigentlich nicht. Entscheidend ist, vorab zu klären, welcher Informationsgehalt unverzichtbar ist, welcher Informationsverlust für die interessierende Fragestellung in Kauf genommen werden kann und welche technischen Verarbeitungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Danach ist dann die geeignete Datenquelle auszuwählen.

Fernerkundungsdaten und landschaftsweite terrestrische Kartierungen stellen gewissermaßen einen „Blick von oben“ auf die Landschaft dar. Mit ihrer Hilfe wird mittels Landschaftsstrukturanalysen Typisches auf der räumlichen Skala der Landschaft sichtbar gemacht. Die Variabilität in den tatsächlichen Prozessabläufen und funktionellen Wechselwirkungen (z. B. im Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten und deren Populationen einschließlich ihrer Lebensräume und Lebensgemeinschaften) lässt sich damit allein jedoch nicht immer ausreichend erklären. Was sich lokal wirklich einstellt, hängt auch wesentlich von den feinskaligeren Wechselwirkungen innerhalb der einzelnen landschaftsweit determinierten Arealen in der Landschaft ab. Die Ermittlung dieser Wechselwirkungen erfordert zusätzliche erklärende Informationen. Für diesen eher kleinräumigen „Blick von unten“ eignen sich vor allem Nutzungs- und Bewirtschaftungsinformationen sowie speziell erhobene Vorkommensinformationen von Pflanzen- und Tierarten.

2.5 Transdisziplinarität und holistische Perspektiven

Es ist unübersehbar, dass sich mit den wachsenden Möglichkeiten der quantitativen Beschreibung der Landschaftsstrukturen auch ein Trend zu differenzierteren Sichten auf die Landschaft bzw. ihre Komponenten entwickelt. Das ist zweifelsfrei notwendig im Verlaufe des Erkenntnisfortschrittes. Es darf jedoch im Zuge dieses Prozesses nicht aus dem Auge verloren gehen, dass der eigentliche Analysegegenstand, die Landschaft und ihre Komponenten, ein zutiefst komplexes, mehrdimensionales Gebilde darstellt. Auch bei betont methodischen Entwicklungen sollten deshalb die besonderen Charakteristika bzw. Herausforderungen der Landschaftsökologie nach Transdisziplinarität und einer holistischen Perspektive, wie sie von Leser (1997) und von Bastian (2001) eingefordert werden, nicht aus dem Blickfeld rücken. Dabei kön-

nen gerade moderne computergestützte Technologien wesentlich mit dazu beitragen, dass man aus einer „nachbarlichen“ Zusammenarbeit von Teildisziplinen der Landschaftsökologie (meist schon als inter- oder multidisziplinär bezeichnet) zu einer echten Transdisziplinarität kommt, wenn ein holistischer Ansatz verfolgt wird und wenn eine Bereitschaft zu dieser Art von Zusammenarbeit besteht.

3 Schlussfolgerungen

- Um die Ursachen für die Herausbildung unterschiedlicher Landschaftsstrukturen ermitteln und unterschiedliche Effekte isolieren zu können, muss die empirische Datengewinnung bzw. -bereitstellung auf verschiedenen hierarchischen Sach- und räumlichen Skalenebenen erfolgen.
- Fernerkundungs- und andere Geodaten stellen die primären Datenquellen für Landschaftsstrukturanalysen dar. Diese sollten durch spezielle Nutzungs- und Bewirtschaftungsdaten, aber auch durch raumbezogene Statistiken ergänzt werden.
- Landschaftsstrukturanalysen stellen statische Momentaufnahmen dar. Durch die Kombination mit ökologischen Simulationsmodellen innerhalb dieser Raumkulisse lässt sich die Interpretation der Analysen wesentlich verbessern und der für Nachhaltigkeitsbetrachtungen notwendige prospektive Aspekt darstellen.
- Bei der Durchführung von Landschaftsstrukturanalysen sollte eine Überbetonung der technischen Seite vermieden werden. Die derzeitigen Defizite bestehen vor allem bei der verallgemeinerungsfähigen Zuordnung von Strukturparametern zu ökologischen Funktionen.
- Es sollte noch besser gelingen, mithilfe der neuen technisch-methodischen Möglichkeiten den Erfahrungsschatz der klassischen geographischen, geologischen, standort- und vegetationskundlichen Naturraumerkundungen zu nutzen.
- Eine zunehmend quantifizierte Strukturbeschreibung mittels einer breiten Palette von Strukturmaßen, die meist zu detaillierten Darstellungen und Analyseergebnissen führt, sollte den notwendigen holistischen Anspruch der Landschaftsökologie nicht aus dem Auge verlieren.

Danksagung

Diese Arbeit wurde unterstützt durch das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft sowie das Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg.

Literatur

- Bastian, O. (2001): Landscape ecology – towards a unified discipline? *Landscape ecology*, 16, pp. 757-766.
- Bastian, O.; Schreiber, K.-F. (Hrsg.) (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin, 2. Aufl., 564 S.
- Benkert, D.; Fukarek, F.; Korsch, H. (Hrsg.) (1998): Verbreitungsatlas Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen). Gustav Fischer, Jena Stuttgart Lübeck Ulm, 615 S.
- Blaschke, Th. (2000): Landscape metrics: Konzepte eines jungen Ansatzes der Landschaftsökologie und Anwendungen in Naturschutz und Landschaftsforschung. *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung* 39, 267-299.
- Borg, E.; Fichtelmann, B. (1998): Vergleichende Analyse von Formindizes zur Charakterisierung von Landschaftsobjekten unter ökologischen Aspekten. *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung* 4, 108-119.
- Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. (1998): Principles of Geographical Information Systems (Spatial Information Systems). Clarendon, Oxford, 336 pp.
- Cousins, S. A. O.; Eriksson, O. (2002): The influence of management history and habitat on plant species richness in a rural hemiboreal landscape, Sweden. *Landscape Ecology* 17, 517-529.
- Haase, G. (Hrsg.) (1991): Naturraumerkundung und Landnutzung. Geochorische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen. *Beiträge zur Geographie* 34, 373 S. u. Anlagen.
- Haase, G.; Mannsfeld, K. (Hrsg.) (2002): Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, Band 250, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, Flensburg, 214 S.
- Haase, G.; Barsch, H.; Schmidt, R.; Mannsfeld, K. (1991): Theoretische und methodische Grundlagen der chorischen Naturraumerkundung. *Beiträge zur Geographie* 34, 19-25.
- IWU (1995): Landesweite Analyse und Bewertung der Landschaftspotenziale in Mecklenburg-Vorpommern. Studie im Auftrag des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern, IWU – Ingenieurbüro Wasser und Umwelt (unveröffentlicht).
- Kiesel, J.; Lutze, G. (2004): Einsatz der Moving-Window-Technologie zur Ableitung von biotischen und abiotischen Landschaftsindizes – ein skalierbarer Regionalisierungsansatz (in diesem Band).

- Kopp, D. (unter Mitarbeit von Jäger K.-D und Succow M.) (1982): *Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung am Beispiel des Tieflandes der DDR*. Akademie-Verlag Berlin, 339 S.
- Kopp, D. (2004): *Naturraumerkundung nach dem ostdeutschen Verfahren – ein Übersichtsbeitrag für das nordostdeutsche Tiefland* (in diesem Band).
- Krenzlin, A. (1952): *Dorf, Feld und Wirtschaft im Gebiet der großen Täler und Platten der Elbe*. Forschungen zur deut. Landeskunde 70, Verlag des Amtes für Länderkunde, Remagen, 469 S.
- Leser, H. (1997): *Von der Biodiversität zur Landschaftsdiversität. Das Ende des disziplinären Ansatzes der Diversitätsproblematik*. In: Erdmann, K.-H. (Hrsg.): *Internationaler Naturschutz*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S. 145-175.
- Marcinek, J.; Zaumseil, L. (1993): *Brandenburg und Berlin im physisch-geographischen Überblick*. Geographische Rundschau 45, 556-563.
- Meynen, E.; Schmithüsen, J.; Gellert, J. F.; Neef, E.; Müller-Miny, H.; Schultze, J.-H. (1962): *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg, 1339 S.
- Nikolai, B. (Hrsg.) (1993): *Atlas der Brutvögel Ostdeutschlands – Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen*. Gustav Fischer Verlag Jena Stuttgart, 314 S.
- Schlutow, A. (2004): *Ermittlung von Entwicklungspotenzialen für naturschutzfachlich bedeutsame Vegetationsgesellschaften nach Auffassung von ackerbaulicher Intensivnutzung auf der Grundlage einer Landschaftsstrukturanalyse nach naturräumlichen und nutzungsbedingten Kriterien* (in diesem Band).
- Schmidt, R.; Diemann, R.; Thieme, J.; Bickenbach, J.; Strohbach, B.; Succow, M.; Wünsche, M. (1982): *Erläuterungen zur Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK)*. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Münchenberg der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, 78 S.
- Stanfield, B. J.; Bliss, J. C.; Spies, T. A. (2002): *Land ownership and landscape structure: a spatial analysis of sixty-six Oregon (USA) Coast Range watersheds*. *Landscape Ecology* 17, 685-697.
- Turner, M.; Gardner, R. H. (1991): *Quantitative methods in landscape ecology: an introduction*. In: Turner, M.; Gardner, R. H. (eds.): *Quantitative methods in Landscape Ecology: The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity*. *Ecological Studies* 82, Springer, New York, pp. 3-14.
- Walz, U. (2001): *Charakterisierung der Landschaftsstruktur mit Methoden der Satelliten-Fernerkundung und Geoinformatik*. Logos-Verlag, Berlin, 212 S.

Walz, U. (2004): Landschaftsstrukturmaße – Indizes, Begriffe und Methoden (in diesem Band).

WCED (1987): World Commission on Environment and Development, Our Common Future (Der Brundtland-Bericht). Oxford University Press, 395 pp.