©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Laufener Seminarbeitr. 2/03, S. 85-99 • Bayer. Akad. f. Naturschutz u. Landschaftspflege - Laufen/Salzach 2004

Erfassung und Beurteilung von Wassereinzugsgebieten auf Landschaftsebene mit GIS und Fernerkundung: Landschaftsstruktur als Indikator

Hermann KLUG, Thomas BLASCHKE

Zusammenfassung

Durch die für die Mitgliedsstaaten der EU verbindlichen Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (EU-Kommission 2000, Richtlinie 2000/60/EG)(WRR) wird in mehreren Beitrittsstaaten eine bis dahin kaum gekannte, naturräumlich definierte Planungsebene eingeführt, die über administrative Grenzen hinweg verläuft. Fernerkundungsdaten und GIS-Methoden sind zur Erfüllung der Aufgaben der WRR (z.B. Bereitstellung automatisierter Datenerfassungsmethoden, Erstellung und Aktualisierung von Landschaftszuständen) unverzichtbar. Dafür werden Indikatoren benötigt, um insbesondere Veränderungen in Art und Intensität der Landnutzungen, Auswirkungen punktueller oder linearer Infrastruktureinrichtungen, Folgen moderner Freizeitnutzungen usw. zu klassifizieren. Während stoffliche Veränderungen meist punktuell vor Ort gemessen und anschließend interpoliert werden, spielen Landnutzung und Landschaftsstruktur eine besondere Rolle für den langfristigen Ressourcenschutz. Landschaftsstrukturmaße (LSM) beschreiben dabei spezifische Arrangements von Nutzungen. Die Landnutzung dient gleichsam als Superindikator und das räumliche Anordnungsgefüge der Einzelelemente wird hinsichtlich ihrer Größen, Formen, Verteilungen und Nachbarschaften analysiert. Auf der landschaftlichen Ebene können direkte stoffliche und funktionale Veränderungen kaum flächendeckend direkt erfasst werden. So wird das räumliche Wirkungsgefüge verwendet, um z.B. sich gegenseitig beeinflussende Distanz- und Nachbarschaftsbeziehungen und -funktionen unterschiedlicher Nutzungen zu quantifizieren und Konfliktpotenziale frühzeitig aufzuzeigen.

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Wasserrahmenrichtlinie fordert die Zusammenarbeit zwischen gemeinschaftlicher, einzelstaatlicher und lokaler Ebene, die die Einbeziehung der Öffentlichkeit einschließt. Sie soll Lösungen zu grenzüberschreitenden Wasserproblemen leisten, aquatische Ökosysteme und die direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme wie auch Feuchtgebiete schützen (EU-KOMMISSION 2000). Die Verschlechterung des Zustandes von Oberflächen- und Grundwasser auf Gemeinschaftsebene soll verhindert und ein guter Zustand hinsichtlich der Wasserqualität angestrebt werden. Neu ist damit einerseits der Aspekt, dass Planung nicht mehr ausschließlich auf Gemeinde, Kreis-, Bezirks- und Landesebene stattfindet. Zum anderen tritt Ressourcenmanagement und eine Vorsorgeperspektive in den Vordergrund.

Der Fokus der Informationsbereitstellung für politische und sozioökonomische Entscheidungsfindungen kombiniert mit einer integrierten Bewertung der Landschaft führt zur Entwicklung landschaftsökologischer Modelle. Ergebnisse der Modelle sind Indikatoren, die den Zustand des Wassereinzugsgebietes (WEG) räumlich explizit beschreiben. Da die hydrologischen Systeme vom räumlichen Anordnungsmuster (Englisch: *pattern*) der Landschaftskomponenten (Strukturelemente) auf Basis der Landnutzung und deren interaktiv ablaufenden Prozessen beeinflusst werden und umgekehrt diese beeinflussen, sollen landschaftliche Funktionen und Prozesse hinsichtlich ihrer raum-zeitlichen Veränderungen analysiert werden. Dazu dienen so genannte Landschaftsstrukturmaße (Englisch: *landscape metrics*), die die räumliche Verteilung der Landschaftselemente quantifizieren (BLASCHKE, 2000).

Zur praktischen Umsetzung der WRR sind räumlich explizite Deskriptoren für ein konkretes Monitoring und zur Erstellung eines Bewirtschaftungsplanes notwendig. In diesem Beitrag wird die Bedeutung „der Landschaftsebene“ diskutiert und die Analyse der Landschaftsstruktur auf dieser Maßstabsebene vorgestellt. Andere, hier nicht behandelte Bereiche im Zusammenhang mit der WRR sind äußerst wichtig. Angesichts der gebotenen Kürze werden nur einige Aspekte hervorgehoben, die für die Planung neue Impulse geben und die Erfassung und Beurteilung von Wassereinzugsgebieten sowie deren Charakter unterstützen können. Dabei wird auf prinzipielle Probleme in Zusammenhang mit Quantifizierungen räumlicher Anordnungen eingegangen. Insbesondere werden bestehende Interpretationsprobleme von Landschaftsstrukturmaßen für die Bewertung von Landschaftszuständen angeführt.

Diese Betrachtungsweise setzt angesichts der Größe der Planungsräume und der Datenvielfalt praktisch zwingend den Einsatz Geographischer Informationssysteme (GIS) und Fernerkundung voraus. Auch in der WRR ist der Aufbau von Informationssystemen vorgeschrieben. Es werden Ansätze diskutiert, mit denen unter Zuhilfenahme von GIS und Fernerkundung sozioökonomische und umweltbedingte Einflüsse auf die Landschaft dargestellt und bewertet werden können. Ferner werden Entwicklungsrichtungen für ein Wassereinzugsgebietsmanagement in einer integrierten, holistischen Betrachtung der Land-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

schaft herausgestellt. Insbesondere wird auf die in der WRR erfassten und benötigten Informationen Bezug genommen, die zur Entscheidungsunterstützung dienen können.

2. Die Landschaftsebene: Notwendigkeit von GIS und Fernerkundung

2.1 Landschaftsebene

Der Begriff Landschaftsebene (Englisch: *landscape level*) ist mit einer jahrzehntelangen Forschungstradition insbesondere in der deutschsprachigen Geographie und Landschaftsökologie verbunden. Ob es den spezifischen Landschaftsmaßstab gibt, ist umstritten. Von einigen nordamerikanischen Ökologen wird dies bezweifelt (ALLEN 1998), da der Begriff auf die menschliche Komponente ausgerichtet ist und die spezifische Maßstabsebene der Landschaftsökologie (*landscape level*) nicht zuletzt durch eine sozialisierte Wahrnehmung von Landschaft bzw. Landschaftsästhetik manifestiert ist. Sie ist auf dem Skalenniveau (*level*) angesiedelt, auf dem der Mensch agiert, auf dem er seinen Einfluss geltend macht, auf dem er die durch ihn hervorgebrachten, und die Kulturlandschaft determinierenden physisch-materiellen Gegebenheiten schafft. Das was u.a. LAVERS und HAINES-YOUNG (1993) als *landscape level* bezeichnen, wird von verschiedenen Biologen und Ökologen abgelehnt. Vor allem ALLEN (1998) argumentiert in seinem Aufsatz *„…the landscape level is dead“*, dass in ökosystemarer Sicht diese Zentrierung nicht gerechtfertigt wäre, da verschiedene Organismen ihre Umwelt eben auf unterschiedliche Arten und in unterschiedlichen Skalen wahrnehmen. Die menschliche Betrachtungsweise und der daraus resultierende Maßstab wäre demzufolge nur einer von vielen. Europäische Ansätze der Landschaftsforschung und die deutschsprachige Landschaftsökologie hingegen gehen davon aus, dass *der* Landschaftsmaßstab durch menschliche Interaktion und Einflussnahme definiert ist und typischerweise durch eine Gebietsgröße von einigen Kilometern bis wenigen zehner Kilometern Durchmesser bestimmt ist (FORMAN 1995).

2.2 Diskretisierung und Quantifizierung

Die spezifische Maßstabsebene der Landschaftsökologie (*landscape level*) ist darüber hinaus durch eine sozialisierte Wahrnehmung von Landschaftsästhetik manifestiert. Dieser Maßstab der menschlichen (Inter-)Aktion ist auch Grund für die kartographische Einteilung realer Objekte (*„crisp entities“*) in flächenhafte, linienhafte und punktartige Erscheinungen, wie z.B.: Städte, Felder, Parkplätze, Autobahnen, kleinere Straßen, Hecken, Flüsse, Grenzlinien und Baumgruppen. Festzuhalten ist aus dieser zunächst theoretisch anmutenden Diskussion: Landschaft besteht aus vielfältigen Elementen, Eigenschaften und Zusammenhängen. Es geht um das Erkennen von Zusammenhängen interdisziplinärer Strukturen zwischen biotischen wie abiotischen Komponenten der Umwelt, die in Wechselbeziehung zueinander stehen und in ihrem Verhalten Regelhaftigkeiten und/oder Gesetze erkennen lassen. Da wir viele Parameter und Prozesse bei der Untersuchung größerer Gebiete (Wassereinzugsgebiete!) nicht direkt messen können, müssen diese über die Landnutzung als eine Art „Superindikator“ modelliert werden. Die Landnutzung ist entsprechend der Analysen regelmäßig zu aktualisieren.

Verschiedene Autoren verstehen unter Landschaft einen beliebig großen räumlichen Ausschnitt der Erdoberfläche, der durch einheitliche Struktur und gleiches Wirkungsgefüge seiner Komponenten bestimmt ist (z.B. STÜDEMANN und ECKERT 1999, JESSEL 1998, JACSMAN und SCHILTER 1995). Die Betrachtungsebene wäre dann durch den Stoffwechsel zwischen Gesellschaften und Natur festgelegt. Das Konzept der Landschaft und die landschaftsökologische Arbeitsweise betont in jedem Fall die Integration aller für die Betrachtungsebene notwendigen Komponenten, den Landschaftszusammenhang. Der „nordamerikanische Ansatz der Landschaftsökologie“ (vereinfacht nach BLASCHKE 1997) fokussiert dagegen vor allem auf quantitativen Methoden der Landschaftsanalyse, insbesondere der in diesem Beitrag angewandten *„landscape metrics“* (TURNER 1990, FORMAN 1995, GUSTAFSON 1998, BLASCHKE 2000, TURNER et al. 2001). Darin wird die Landschaftsstruktur durch so genannte Landschaftsstrukturmaße (LSM; im englischen: *landscape metrics*) quantifiziert. In diesem reduktionistischen und anfangs stark pragmatischen Ansatz wird implizit vorausgesetzt, dass die Landnutzung und die spezifische Anordnung der kartierten Einheiten die Landschaftsstruktur widerspiegelt. Dazu müssen zu einem oder mehreren Zeitpunkten GIS Daten vorliegen, die sich häufig direkt oder indirekt auf Fernerkundungsaufnahmen stützen.

Diese *„landscape metrics“* bietet eine nahezu unüberschaubare Vielzahl an Maßen an (GUSTAFSON, 1998; BLASCHKE, 2000; MCGARIGAL, 2002; MCGARIGAL et al. 2004), die in diversen Softwarelösungen implementiert sind (LANG et al. 2003). Heute steht weniger die Entwicklung weiterer Algorithmen im Mittelpunkt der Forschung als vielmehr Arbeiten zur Interpretation der Maßzahlen, deren Verhalten und Übertragbarkeit sowie auch zur Vergleichbarkeit unterschiedlicher Testgebiete (LANG et al. 2002, KLUG et al. 2003).

Alle LSM basieren auf der Abgrenzung kleinster, für den jeweiligen Betrachtungsmaßstab als relativ homogen geltender räumlicher Einheiten (vgl. Abbildung 1). Wassereinzugsgebiete sind typischerweise einige bis hunderte Quadratkilometer groß und enthalten je nach Betrachtungs- und Kartiermaßstab eine ausreichende Anzahl räumlicher Einheiten an Landnutzung, Landbedeckung oder Habitaten. Damit kann deren spezifische Anordnung räumlich-quantitativ analysiert und charakterisiert werden.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

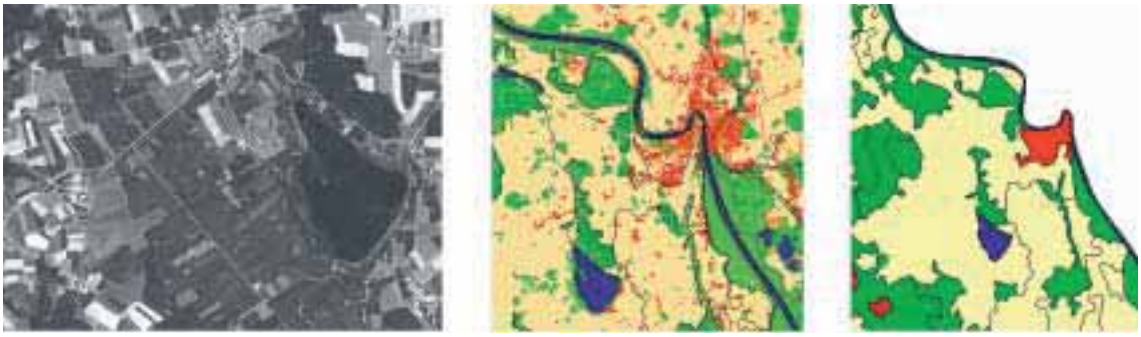


Abbildung 1

Ableitung homogener Einheiten der Landnutzung. Beispiel der starken Abstraktion von der Informationsvielfalt einer Fernerkundungsaufnahme (links: panchromatisches Satellitenbild mit 4 m Bodenauflösung), zu einer satellitenbildgestützten Landbedeckungsklassifikation (Mitte) im Vergleich mit vorliegenden ATKIS Daten der Landnutzung (rechts) für einen Ausschnitt im Gebiet des Abtsdorfer Sees bei Laufen (Oberbayern)

2.3 Dimensionsstufen

Wassereinzugsgebiete bestehen aus Subsystemen, deren Summe (bestimmter Funktionen und Prozesse) zusätzliche emergente Eigenschaften aufweisen, als die bloße Summe der Einzelelemente. Prinzipiell können sie – unter vereinfachenden Rahmenbedingungen wie z. B. ausschließlich oberirdischer Abfluss – auf Basis digitaler Geländemodelle abgleitet werden (MOORE und GALLANT 1991, MOORE et al. 1993). Auch hierfür existieren diverse Softwareprodukte wie z.B. SAGA (http://134.76.76.30/saga/html/index.php). Wassereinzugsgebiete liegen damit in hierarchischen Systemen vor, die mit der Dimensionsstufenlehre nach HERZ (1974) dargestellt werden können. Es wird zugrunde gelegt, dass verschiedene ökologische Prozesse der Erde unterschiedliche Reichweiten und Wirkungsgrade besitzen. Diese sind unterteilt in räumliche Größenordnungen der untersuchten Objekte sowie eine bestimmte Intensität bei der Analyse und Synthese.

Topische Dimension: Diejenige Betrachtungsstufe der Landschaftsökologie, in welcher die landschaftsökologischen Grundeinheiten („Tope“) ausgeschieden und untersucht werden. Diese elementare Grundeinheit wird in ihrer Verbreitung als homogen angenommen, auf Grundlage dessen weitere Analysen mit Landschaftsstrukturmaßen erfolgen können.

Chorische Dimension: Der Maßstabsbereich der zur Untersuchung von Ökotopgefügen beiträgt, in dem die Verbreitung eines Merkmals als mehr oder weniger homogen angenommen wird („Chore“). Es wird die Theorie zugrunde gelegt, dass eine Chore mit einer maßstäblichen Verbreitung von etwa Kleineinzugsgebieten mit Analysemaßstab von etwa 1: 50 000 aus Elementen der Tope aufgebaut wird.

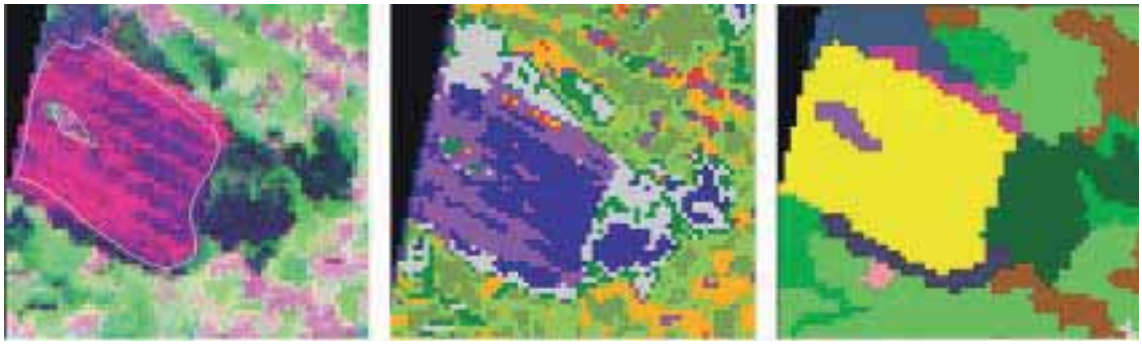
Regionische Dimension: Analysebereich der geographischen Dimensionen, die Flächenabgrenzungen auf Basis der Choren vollziehen und einen Geltungsbereich im Rahmen von Untersuchungen von größeren Einzugsgebieten in Tal- und Gebirgslandschaften aufweisen (gen. Makrochoren).

Geosphärische Dimension: Die Geosphärischen Dimension wird je nach Aggregationsniveau auch als Megachore, Georegion und gesamte Geosphäre bezeichnet, in der gesamtirdische Prozesse Betrachtung finden.

Innerhalb eines Maßstabsbereichs einer geographischen Dimension sind die Inhalte der untersuchten Objekte vergleichbar. Sie besitzen damit die gleiche Aussagekraft hinsichtlich des Wesens der Objekte. In einem abgegrenzten Forschungsmaßstab werden gleichartige Methoden zur Erreichung des Kenntnisziels angewandt. Für die Ebene der Wassereinzugsgebiete hat sich im deutschsprachigen Raum bisher kein spezifisches Methodenspektrum etabliert.

Notwendige Grundlagen für Analyse und Monitoring sind angesichts der Ausdehnung der WEG meist Fernerkundungsdaten (BLASCHKE 2002). Die verfügbaren Sensoren mit unterschiedlicher räumlicher, spektraler und zeitlicher Auflösung sowie die Brauchbarkeit der Produkte im Rahmen der Analyse von WEG werden u. a. in ASPINALL und PEARSON (2000) diskutiert. Die Fernerkundungsdaten dienen primär der Generierung von relevanten ökologischen Einheiten (Objekten) auf Basis von Klassifikationen und Segmentierungen (vgl. Abbildung 2), die heutzutage zunehmend auf Basis objektbasierter Methoden (z. B. eCognition) generiert werden. Fernerkundung war bisher stark auf pixelbasierten Auswertungen der Daten fixiert. In Kombination mit GIS bieten sich jedoch zunehmend objektbasierte Methoden an, um die raumstrukturellen Eigenschaften der WEG zu charakterisieren. Diese Anforderungen und die a priori mittel- bis kleinmaßstäbige Betrachtung führen zunehmend zu einem Einsatz von Verfahren aus dem Bereich GIS und Fernerkundung. In aktuellen Tendenzen der Bildverarbeitung wachsen beide Komponenten stark zusammen (BLASCHKE und STROBL 2001) und es entsteht eine Arbeitsrichtung, die als objektbasierte Bildverarbeitung bezeichnet werden kann. Dieser Ansatz findet derzeit fast ausschließlich auf Basis von Bildsegmentierungen Anwendung. Es

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



Objekt im Vektordatenbestand | pixelbasierte Klassifikation | objektbasierte Klassifikation

Abbildung 2

Vergleich einer pixelbasierten mit einer objektbasierten Klassifikation mit Referenz des Objektes im Vektordatenbestand

stellt sich immer mehr heraus, dass bei hochauflösenden Daten, vor allem also bei Luftbildern bzw. Orthophotos, die Pixel meist deutlich kleiner sind als die Erkenntnisobjekte. LANG et al. (2003b) stellen klassische Luftbildinterpretation mit anschließendem Digitalisieren einer objekt-basierten, auf Bildsegmentierung beruhenden Methode gegenüber und unterstreichen die prinzipielle Eignung im Landschaftsmonitoring.

3. Strukturbeschreibung und -analyse von Wassereinzugsgebieten

3.1 Die Erfüllung der Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie mit Landschaftsstrukturmaßen

In diesem Beitrag kann kaum auf Einzelaspekte der WRR wie z.B. Monitoring und mengenmäßige Kontrolle der Wasserentnahme/-führung etc. eingegangen werden. Vielmehr geht es um die Betrachtung flächenhafter ökologischer Zusammenhänge, die die Gewässergüte beeinflussen. Zu diesem Zweck legen die Autoren die Annahme zugrunde, dass die explizite Anordnung von Flächen (*patches*) in der Betrachtung und Erfüllung von Landschaftsfunktionen und Potenzialen essentiell ist (vgl. Abbildung 3). Um Aussagen über die Landschaftszustände formulieren zu können ist es notwendig, die Prozesse und Funktionen der Kompartimente der Landschaft (Boden, Wasser, Klima/Luft, Relief, menschliche Einflussnahme) und deren Interaktionen zu verstehen. Dies ist nach O'NEILL et al. (1988) auf Grund folgender Hypothese möglich: *„aspects of spatial pattern [...] can be correlated with ecological processes"*.

Basierend auf der Hypothese, dass das Arrangement von Landnutzungen und deren zugrunde liegenden Prozesse einen entscheidenden Einfluss auf die Wasserqualität haben, werden horizontale Flächenparameter miteinander in Beziehung gesetzt. Es wird hierbei von der Annahme ausgegangen, dass punktuelle Emissionsquellen durch entsprechende Ver- und Gebote eliminiert werden und damit nicht zur Beeinträchtigung der Gewässer beitragen. Im Mittelpunkt des Beitrags stehen die diffusen Emissionen durch Austrag von Nähr- und Schadstoffen aus der Landwirtschaft, hervorgerufen durch Wind, Erosion und Zwischenabfluss (*interflow*). Um die letztgenannten Prozesse quantifizieren zu können, ist eine quantitative Erfassung und statistische Beschreibung von ökologisch relevanten räumlichen Einheiten Voraussetzung.

Im Folgenden wird eine Auswahl der Forderungen der WRR beleuchtet und dem gegenübergestellt inwieweit GIS, Fernerkundung und Landschaftsstrukturmaße zur Erfüllung dieser Forderungen eine tragende Rolle spielen können.

Abbildung 3

Signifikanter Zusammenhang zwischen der Anordnung der Landnutzungseinheiten und der Gewässergüte am Beispiel von Erosionserscheinungen. Die Länge der Pfeile spiegelt die potenzielle Austragsgefährdung wider

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Die Forderung der WRR nach einer kompletten GIS-Aufnahme eines Einzugsgebietes einschließlich der Erstellung und Aktualisierung von Landschaftszuständen und deren Monitoring kann über Fernerkundungsmethoden und Überführung der klassifizierten Einheiten in ein GIS geleistet werden. Die temporale Dynamik wird über automatische oder semi-automatische Verfahren der Veränderungsdetektion (*change detection*) identifiziert und die Intensität der Änderung quantifiziert und/oder klassifiziert. Daraus können landschaftsökologische Modelle die Herkunft sowie die resultierenden Effekte und Auswirkungen der Veränderungen in der Zeit abgeschätzt werden. Während Veränderungen bisher meist über Pixel-zu-Pixel Vergleiche von Fernerkundungsdaten quantifiziert wurden, werden aktuell Verfahren entwickelt, über Einbeziehung vorhandener GIS-Daten und flächenhafte oder lineare Veränderungen über Regelwerke zu realisieren. Die Landnutzung/-bedeckung wird dabei über Einzelpixel hinaus als Objekte betrachtet und über *rule bases* in Fernerkundungsumgebungen wie eCognition (objektorientiert) oder Erdas Imagine (rasterbasiert) klassifiziert. Die Kombination mit GIS erlaubt daher auch externes, nicht direkt in den Fernerkundungsdaten „sichtbares“ Wissen einzubeziehen. Durch die Kombination und Integration neuer Auswerteansätzen können semi-automatisch anthropogene Auswirkungen auf den Zustand der Landschaft und in der Folge auf den Zustand der WEG abgeschätzt werden. Damit wird die Entwicklung konkreter Managementpläne unterstützt. Über Risikokarten und Ausweisung von Optimalzuständen der Landnutzung/Landbedeckung in der Landschaft (vgl. KLUG 2002) sowie Szenarien können Handlungsoptionen aufgezeigt werden. Ferner sind Methoden der „guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft bekannt und helfen den Schadstoffaustrag zu minimieren.

Die Festlegung der Maßnahmenprogramme für die einzelnen Flussgebietseinheiten wird aus den Risikokarten und dem daraus abgeleiteten Handlungsbedarf deduziert. Die Maßnahmenprogramme orientieren sich an den akuten Gefährdungsflächen. Diese müssen auf Grundlage des zugrunde liegenden Potenzials der Fläche umgewidmet werden. Ob diese Umwidmung auch stattgefunden hat, lässt sich über Veränderungsindikatoren im geforderten sechsjährigen Monitoring ermitteln. Resultierend aus den Handlungsoptionen und den sozioökonomischen Bedingungen der Region werden über partizipatorische und transdisziplinäre Vorgangsweisen Bewirtschaftungspläne aufgestellt, die wiederum über ein Monitoring aktualisiert werden müssen.

Wie zuvor dargestellt, sind die Aspekte von Wassereinzugsgebieten und die spezifischen Anforderungen an GIS, Fernerkundungsdaten sowie deren Auswertemethoden vielfältig; daran schließen sich Landschaftsanalyse und Monitoring an. Es wird festgehalten, dass die Kombination von GIS, Fernerkundung und Landschaftsökologie zur Bewältigung der genannten Aufgabenbereiche geeignet ist. Nachfolgend wird erläutert, welche Methoden seitens der Detektierung von Prozessen, Funktionen, Potenzialen und Risiken einer Fläche herangezogen werden können.

3.2 Einzugsgebiete als funktionale Einheiten vielfältiger Umweltprozesse

Wassereinzugsgebiete sind in der WRR die elementaren funktionalen Einheiten. Sie integrieren auf einer großen Fläche vielfältige Funktionen und diverse umweltbedingte Prozesse sowie – implizit – auch anthropogene Einflüsse (HASLAM und NEWSON 1995, WALKER und REUTER 1996, HAMBLIN 1998, COMMITTEE ON WATERSHED MANAGEMENT 1999). Wie kurz dargelegt, orientieren sich WEG weder an lokalen, regionalen oder administrativen Grenzen, sondern an Reliefbedingungen. Aus dieser Erkenntnis ergeben sich neue Herausforderungen an die landschaftsökologische Analyse. Grenzüberschreitende Betrachtungsweisen sind notwendig und relativ neu, ebenso wie die obligatorischen Reportpflichten an die EU. Schwierigkeiten ergeben sich u.a. durch die unterschiedliche Struktur der nationalen politischen Systeme und bei der Integration unterschiedlicher Daten. Wie bereits diskutiert, ist durch die räumlich explizite Betrachtungsweise die Fernerkundung im Zusammenspiel mit Methoden aus GIS und Landschaftsökologie prinzipiell dafür prädestiniert, wenngleich Fernerkundungsdaten auch Limitationen aufweisen, insbesondere bei zeitlich hochauflösend benötigten Daten oder zeitlichen Kontinua, bei sehr hohen räumlichen Auflösungen und z.B. bei der Einbeziehung vertikaler Strukturen. Eine ausgewählte Zusammenstellung von Potenzialen und Limitationen der Fernerkundung untergliedert nach Observationsschwerpunkten gibt Tabelle 1.

Tabelle 1

Potenzial und Limitationen der Fernerkundung

Potenzial	Limitationen
Meteorologie und Klimatologie	
• Temperaturverhalten verschiedener Oberflächen • Verlauf und Intensität von Wärmeströmungen • Bildung von Kaltluftseen	• Grobe Auflösung der thermalen Sensoren • 3-Dimensionalität der Luftmassen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Potenzial und Limitationen der Fernerkundung

Land- und Forstwirtschaft	
• Kartenwerke und Planungsgrundlagen zur wirtschaftlichen Nutzung • Waldschadensforschung • Aufnahme der Landnutzung/ Landbedeckung • Abdeckung großer, grenzübergreifender Gebiete • Berechung von Vegetationsindizes • Erkennung von Fruchtarten • Erfassung der Vitalität und der Ertragsaussicht der Pflanzenbestände • Nutzungskartierung, die Zustandserhebung und die Ertragsabschätzung • Kontrolle des Anbaus und von Subventionen	• Limitierte Möglichkeit der Aufnahme vertikaler Strukturen • Momentaufnahmen der Landnutzung/ Landbedeckung, d.h. keine zeitlich kontinuierlichen Aufnahmen • Limitierte Möglichkeit der Aufnahme kleinteiliger Strukturen auf Grund der geometrischen Auflösung (z.B. Einzelbäume, Hekken, schmale lineare Strukturen) • Meist nur mit hyperspektralen Daten möglich
Bodenkunde	
• Detektierung von Drainagerohren • Analyse der Bodenfeuchte	• Nur oberste wenige Zentimeter analysierbar, Vegetation schirmt ab
Hydrologie	
• Kartierung von Wasserflächen im Küstenbereich • Wasserverschmutzung, Umweltüberwachung • Schwebstoffverteilung • Uferrandstreifenkartierung	• Gewässerkartierung nur auf obere Wasserschicht begrenzt. • Zeitliche Auflösung bzw. adhoc-Aufnahmen schwierig • 3-Dimensionalität des Wasserkörpers • Nur bei sehr hoch räumlich auflösenden Sensoren, evtl. zusätzlich hyperspektrale Daten notwendig
Relief	
• Extrahierung von DGM	• Stark verkürzte bis verhinderte Aufnahme von steilen Flächen (z.B. Gebirge), Vegetation (Wald) muss korrigiert werden
Geologie und Mineralogie	
• Gesteinstypen und den tektonischen Aufbau einer Landschaft • Interpretation von Textur • Preiswerte Erstellung von Geodaten	• Nur oberste Boden- bzw. Gesteinsschicht direkt analysierbar

Fernerkundungsdaten sind die Basis zur Klassifikation von Landbedeckungseinheiten und zur quantitativen Berechnung von Parametern und Indizes (z.B. Vegetationsindizes, Feuchtigkeitsindizes, etc.). Zu den GIS-Auswertefunktionalitäten kommen Möglichkeiten von Berechungen auf den klassifizierten und/ oder extrahierten räumlichen Einheiten mit Landschaftsstrukturmaßen hinzu. Diese Berechungen auf Grundlage der Struktur (spezifische Anordnung, Größe, Gestalt, Art und Anzahl) haben zum Ziel, über die resultierenden Werte, Zusammenhänge von Prozessen (Beziehungen zwischen den einzelnen Kompartimenten eines Ökosystems durch Energieumsätze, Materie- und Stoffflüsse), Funktionen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

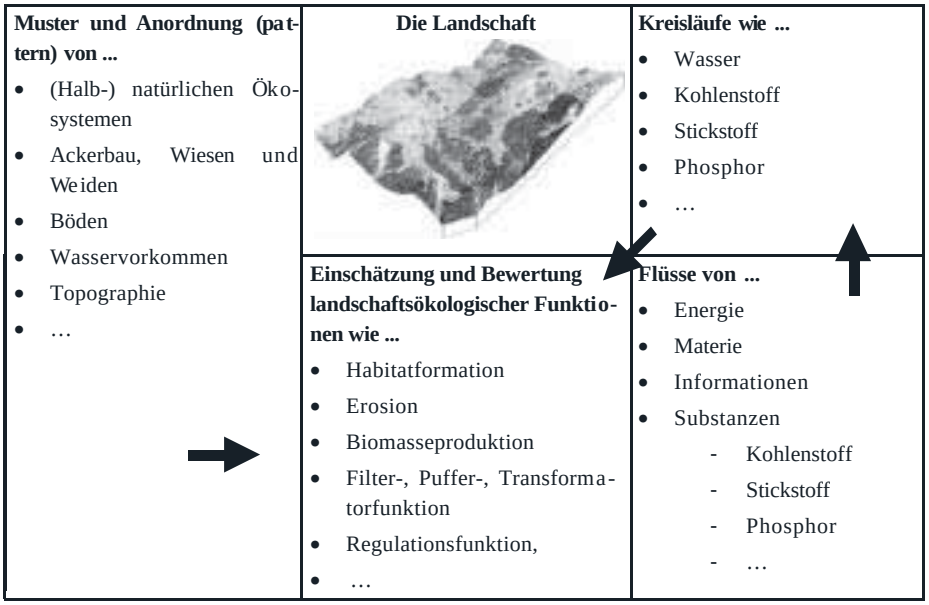


Abbildung 4

Zusammenhang von Pattern, Kreisläufen und Flüssen zur Einschätzung und Bewertung landschaftsökologischer Funktionen in der Landschaft

(Spezifische Interaktionen zwischen Subsytemen, Energie- und Materialflüsse) und Veränderungen (Zeitabhängige Änderung der Strukturen, Prozesse und Funktionen) zu indizieren und daraus Schlussfolgerungen für das Gesamtsystem abzuleiten (vgl. Abbildung 4).

Landschaftsstrukturmaße stellen zu einem spezifischen Zeitpunkt den Zustand und die Komponenten der Landschaft auf Basis der Landnutzung und seiner Strukturelemente dar. LSM ermitteln die Anzahl an Flächen und deren Verbreitungs- und Anordnungseigenschaften sowohl für eine einzelne Landnutzungsklasse (z. B. Anzahl, Flächen, Verteilung, Entfernungen aller Einzelflächen der Klasse „Feuchtgebiete“ oder für die gesamte Landschaft. Die LSM oder *landscape metrics* sind zunächst rein deskriptiv und wertfrei. Interessant wird jedoch der Vergleich zwischen Landschaftsausschnitten und zwischen Zeitpunkten. Letztere Zeitreihen dienen der Dokumentation von Veränderungen der Elemente wie Bäume, Hecken, Gebüsche sowie der Landnutzungsflächen in deren Größe, Verbreitung und Anordnung. Diese Veränderungen haben nach dem *„pattern process relationships“* nach FORMAN (1995) Bedeutung für den Zustand des WEG. Das treibende Veränderungspotenzial liegt in den zugrunde liegenden Prozessen, die wiederum durch äußere Einflüsse (anthropogen oder natürlich) gesteuert werden. Welche Landschaftsstrukturmaße potenziell zur Indikation von Veränderungen oder der Detektion von Prozessen herangezogen werden können, zeigt das folgende Kapitel.

3.3 Anwendungsgebiete von Landschaftsstrukturmaßen im Kontext der WRR

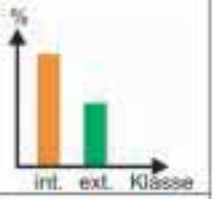
Eine Reihe von Autoren identifizieren Indikatoren zur Bewertung von Landschaften (FORMAN und GODRON 1986, FORMAN 1995, TURNER 1989, RIITERS et al. 1995, u.a.). Eine Vielzahl dieser ist in diversen Softwarelösungen implementiert und in Geographischen Informationssystemen oder so genannten „stand alone“ Produkten leicht umzusetzen (LANG et al. 2003a). Nach ASPINALL und PEARSON (2002) haben nur wenige derzeit existierende LSM eine direkte Relevanz zur Bewertung von WEG. Die Aufgabe der LSM kann daher im Wesentlichen nur in einem zusätzlichen Beitrag zur Erfassung von (landschafts-)ökologischen Beziehungen bestehen (MALANSON 1993).

Zur Zustandsbeschreibung, Charakterisierung, Veränderungsindikation und -evaluierung wird ein multipler Indikatoransatz als zielführend erachtet. Im Folgenden wird ein in sieben Gruppen gegliedertes Set an Landschaftsstrukturmaßen vorgestellt, die potenziell zur Charakterisierung von WEG herangezogen werden können. Diese Gruppen reflektieren die Hauptaspekte der Strukturanalyse nach MCGARIGAL (2002), TURNER et al. (2001), und LANG et al. (2002) um entscheidende Zustandsparameter möglichst umfassend zu beschreiben. Eine Mehrzahl der Kategorien (Fläche, Form, Kantenanalyse, Kernanalyse, Proximityanalyse, Diversitätsanalyse und Subdivisionanalyse) beschreiben Form und Konfiguration des Landschaftsmusters. Ferner befinden sich unter den genannten Kategorien Diversitätsmaße, die die Komposition der Landschaft auf Landschaftsniveau (*landscape level*) beschreiben. Eine detaillierte Erläuterung der Kategorien geben LANG und KLUG (2003).

In der folgenden Tabelle erfolgt die Zuordnung der Landschaftsstrukturmaße auf Grundlage spezifischer Prozessschutzziele. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass Bewertungs- und Analyseverfahren auf Grundlage von konkreten ökologischen Fragestellungen zielführend sind. Dies stellten auch LANG et al. (2002) im Kontext des Natura 2000 Monitoring heraus.

Tabelle 2

Landschaftsstrukturmaße im Kontext von Fragestellungen zur Wasserrahmenrichtlinie.
F: Fließgewässer, W: Wald, A: Acker, IW: Intensivwiese, IWE: Intensivweide, EW: Extensivwiese, EWE: Extensivweide

Fragestellung zur WRR	Ökologische Aussage	Metric, Maßerläuterung, Probleme	Visuelle Darstellung
Wie viel intensiv bzw. extensiv genutzte Fläche wird von einer Landnutzungsklasse im WEG eingenommen?	Je intensiver eine Fläche genutzt ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit des Austrages. Hinweise auf mögliche Gefahrenquellen bezüglich Stoffausträge aus der Landwirtschaft.	**Total Class Area (CA)** **PLAND** PLAND gibt den Prozentanteil einer Fläche am Gesamtgebiet wider; CA die absolute Größe. Aufgrund des relativen Maßes ist PLAND besser zur Analyse geeignet als CA.	
Hat die Veränderung einer Flächeneinheit im Vergleich zweier Aufnahmezeitpunkte durch Zunahme, Abnahme oder Verschwinden einen positiven Effekt auf die Wasserqualität?	Je extensiver die Fläche bewirtschaftet wird, desto geringer die Gefahr eines Stoffaustrages.	**Area** Für eine objektive Analyse sind die Potenziale der Fläche mit in das Maß zu integrieren, da bei hohem Potenzial die Schadstoffpufferung hoch und damit die Austragsgefährdung gering ist.	neg. t0 pos. t1
Wie viele extensiv/intensiv genutzte Flächen grenzen direkt an Gewässer an? *(auch standardisiert im Vergleich zur maximal möglichen Anzahl angrenzender Flächen)*	Extensive Landnutzung wird als Pufferstreifen / Schutzgürtel um Wasserkörper gefordert, um den Sediment- und Nährstoffaustrag durch Erosion zu dezimieren. Die Anzahl der Flächen intensiver Landnutzung, die an ein Gewässer angrenzen, im Vergleich zu denjenigen extensiver Landnutzung geben einen Überblick über die mögliche Intensität des Nährstoffaustrages. Ein Bezug zur Kontaktlänge der Fläche mit dem Gewässer ist notwendig.	**Patch Density (PD)** **Number of patches (NP)** PD drückt die Anzahl der Patches bezogen auf eine Flächeneinheit aus und ermöglicht damit als relatives Maß, im Gegensatz zu NP, eine Vergleichbarkeit verschiedener Analysen. Die Abgrenzung der Flächeneinheiten muss auf Basis ökologischer Fragestellung erfolgen und ist kritisch für die ökologische Relevanz der Aussagen aus der Berechnung.	intensiv: 2 extensiv: 3 max. mögl. 5
Handelt es sich um eine agrarisch, forstlich oder urban geprägte, um eine insgesamt intensiv oder extensiv genutzte, um eine gegliederte oder um eine ausgeräumte Landschaft?	Charakterisierung der Intensität der Landschaftsnutzung. Die Anzahl der Flächen intensiver Landnutzung im Vergleich zu extensiver Landnutzung als Grobmaß zur Intensität.	**Patch Density** **Number of Patches** Die Interpretation kann durch wenige große Flächen fehlgeleitet werden, so dass eine Interpretation nur im Zusammenhang mit der Flächengröße eine gesicherte Aussage bietet.	intensiv: 5 extensiv: 5

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 2

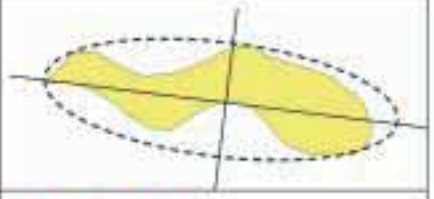
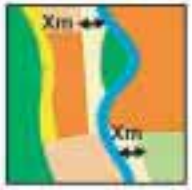
Landschaftsstrukturmaße im Kontext von Fragestellungen zur Wasserrahmenrichtlinie.
F: Fließgewässer, W: Wald, A: Acker, IW: Intensivwiese, IWE: Intensivweide, EW: Extensivwiese, EWE: Extensivweide

Fragestellung zur WRR	Ökologische Aussage	Metric, Maßerläuterung, Probleme	Visuelle Darstellung
Wie groß ist die an ein Gewässer angrenzende Fläche bei hydrologischer Ausrichtung der Fläche auf das Gewässer?	Im Falle einer intensiv genutzten Parzelle können kumulative Effekte vor allem bei Reliefeinfluss zur starken Beeinträchtigung des Gewässers führen.	**Area** Die Interpretation ist schwierig, wenn die Fläche nur teilweise an das Gewässer angrenzt und Tiefenlinien keine Berücksichtigung finden.	
Wie lang ist die Kontaktlänge zwischen Gewässer und intensiver Landnutzung?	Maß zur Einschätzung der potenziellen direkten Austragsgefährdung von Schadstoffen entlang der angrenzenden Landnutzung. Um die mengenmäßige Bedeutung des Austrages abzuschätzen müssen auch Reliefaspekte und Größe der Fläche mit in das Maß einfließen.	**Total Edge (TE) bezogen auf die gesamte Kontaktfläche** *(ähnlich Edge Density (ED)), angegeben in Meter* Standardisierung: maximal mögliche Kontaktfläche des Gewässers mit seiner Umgebung.	
Inwiefern trägt der Vorfluter zur Retention von Wasser bei?	Die Verlängerung des Flusslaufes bedeutet mehr Wasservolumen auf kleinerer Fläche und damit höheres Retentionsvermögen. Daraus ergibt sich eine geringere Hochwassergefahr sowie durch die längere Kontaktzeit des Wassers im Gebiet ein höheres Filter-, Puffer- und Transformatorvermögen von Schadstoffen.	**Kurvigkeit der Flüsse** = Total Edge (TE) in Bezug zur euklidischen Fließlänge; **Edge Density (ED)** TE misst die absolute Kantenlänge des Fließgewässerkörpers. Edge density (ED) standardisiert hingegen die Kantenlänge auf ein Flächenmaß (m^2), was bei einem Vergleich von Landschaften unterschiedlicher Größe notwendig ist.	
Inwieweit ist die betrachtete Landschaft anthropogen überprägt?	Die Komplexität der Flächen nimmt in einer anthropogen überprägten Landschaft ab. Einfache Formen werden in agrarisch geprägten Kulturlandschaften erwartet. Natürliche Waldgebiete weisen eher komplexere, zerlappende Formen auf. Wenig komplexe ("geometrische") Strukturen und eine niedrige Fraktale Dimension spiegeln potenzielle Intensivgebiete wieder.	**Shape** **Fraktale Dimension** **PAFRAC** Die Fraktale Dimension zeigt die Komplexität der Flächenformen (patch shape), ebenso wie PAFRAC.	

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 2

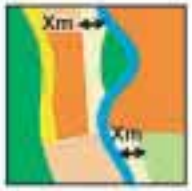
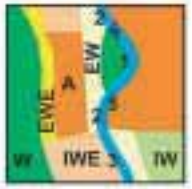
Landschaftsstrukturmaße im Kontext von Fragestellungen zur Wasserrahmenrichtlinie.
F: Fließgewässer, W: Wald, A: Acker, IW: Intensivwiese, IWE: Intensivweide, EW: Extensivwiese, EWE: Extensivweide

Fragestellung zur WRR	Ökologische Aussage	Metric, Maßerläuterung, Probleme	Visuelle Darstellung
Wie stark ist der betrachtete Flusslauf anthropogen geprägt (kanalisiert bis mäandrierend)?	Die Komplexität bzw. Monotonie der Anordnung eines Flusssystems deutet auf den anthropogenen Überprägungsgrad hin. Je komplexer und verzweigter das Flusssystem ist, desto natürlicher und höher der Wert. Einfache Strukturen widerspiegeln meist überprägte Formen wie Kanäle, Gräben, etc.	**Linearity Index nach MAT** *(medial axis transformation)* Das Maß basiert auf einem Flächenmaß. Aufgrund dessen ist es nur auf breiteren, als Polygon (nicht als Linie) dargestellten Flussläufen anwendbar.	
Wie viel potenzielle Retentionsfläche steht zur Wasserrückhaltung zur Verfügung?	Bei Retentionsflächen müssen Randeinflüsse durch Schadstoffe (Wind-, Partikel und Liquidaustausch) berücksichtigt werden. Dabei kann sich die Fläche der unbeeinflussten Retentionsfläche drastisch verkleinern. Der Randeinfluss hängt maßgeblich von Art der Düngung / Insektizidausbringung und dem Gefälle ab.	**Core Area** *(Kernflächenmaß bei Abzug von Randstreifen festgelegter Größe)*	
Wie viel Fläche (in ha) muss von einer dem Fluss zugewandten intensiven Nutzfläche abgezogen werden, um über einen Pufferstreifen das Eintragspotenzial von Schadstoffen zu verringern?	Zu verwendender Pufferstreifen gegenüber einer sich ausschließenden Nutzung (z.B. intensiver Acker direkt angrenzend an einen See). Ermittlung derjenigen Flächenausdehnungen, die innerhalb des Puffers liegen und potenzielle Gefahren bergen. Die Ermittlung des prozentualen Anteils an Schadflächen im WEG zeigt indirekt den Umfang des Handlungsbedarfs und gibt Aufschluss über gegebenenfalls umzuwidmende Teilflächen sowie über die Höhe der Ausgleichszahlungen.	**Core Area Berechnung auf Basis selektierter Flächen** Die Breite des Pufferstreifens zur Berebnung des Randeffekts und der verbleibenden Flächen (core areas) muss entsprechend der Problemstellung und des Betrachtungsmaßstabs gewählt und evtl. für einzelne Fragestellungen separat berechnet werden.	
Wie groß ist der Abstand zwischen dem Wasserkörper und der ihr reliefbedingt zugewandten landwirtschaftlichen Nutzfläche?	Je näher eine intensiv genutzte Fläche an einem Gewässer angrenzt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit des Austrages von Nähr- und Schadstoffen. Je geringer die Distanz desto geringer die Pufferkapazität durch Schutzgürtel oder Pufferstreifen und desto größer die Gefahr der Stoffverlagerung. Die Qualität der Stoffverlagerung wird durch die Flächengröße und das Relief der angrenzenden Fläche beeinflusst.	**Proximity** *(„ökologische Nähe")* **Distanz** Im Gegensatz zu Habitatmodellen und Modellen zum Ausbreitungs- und Wanderverhalten von Tieren ist in diesem Fall eine lineare Ausbreitung der Stoffe dem Gefälle des Gradienten folgend zu vermuten.	

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 2

Landschaftsstrukturmaße im Kontext von Fragestellungen zur Wasserrahmenrichtlinie.
F: Fließgewässer, W: Wald, A: Acker, IW: Intensivwiese, IWE: Intensivweide, EW: Extensivwiese, EWE: Extensivweide

Fragestellung zur WRR	Ökologische Aussage	Metric, Maßerläuterung, Probleme	Visuelle Darstellung
Wie stark ist das Fluss- bzw. Seensystem vom Umland (intensiven Acker- und/oder Grünlandparzellen) isoliert oder eingebunden?	Filter- und Barriereeffekte beugen dem negativen Einfluss vor bzw. verhindern diesen. Je stärker ein Gewässer von diesen Flächen isoliert ist, desto geringere Auswirkungen auf die Wasserqualität sind zu erwarten. Distanzeffekte bewirken eine Ausbreitungsminderung der Nähr- und Schadstoffe durch größere Filterstrukturen und geringere Permeabilitätskoeffizienten.	**Kombination von Distanz- und Isolations-Maßen**	
Sind die Landnutzungseinheiten geklumpt oder kleinteilig dispers verteilt?	Im Allgemeinen wird angenommen, dass in einer kleinteiligen, reich gegliederten Landschaft der Prozesshaushalt ausgeglichener ist, wohingegen große geklumpte Flächen auf große Schläge mit intensiver Nutzung schließen lassen. Viele kleine Flächen ergeben in Summe auch relativ gesehen mehr Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Nutzungen.	**Contagion** *(„Klumpungsgrad")* **PLADJ** *(„Aggregationsgrad einer Klasse")* Contagion misst den Grad der Aggregation von Flächeneinheiten. PLADJ misst den Grad der Aggregierung der betrachteten Klasse. PLADJ misst daher den klassenspezifischen Contagion.	
Wie stark ist das Gefährdungspotenzial einer an das Gewässer angrenzenden Landnutzung?	Je nach Intensität der an das Gewässer angrenzenden Landnutzungseinheit besteht eine unterschiedlich starke potenzielle Beeinträchtigung. So ist ein Übergang von Laub- zum Mischwald ökologisch wesentlich ausgeglichener als ein Übergang vom Acker zum See. Je geringer der Kontrast zweier aneinandergrenzender Flächeneinheiten, desto ausgeglichener sind die Stoffkreisläufe und desto geringer ist das Gefährdungspotenzial des Gewässers.	**ECON** ist ein relatives Maß für die Stärke des Kontrastes zweier angrenzender Flächen bezogen auf ihre gemeinsame Grenzlinie. **CWED** standardisiert ECON auf eine Flächeneinheit, sodass das Maß für unterschiedliche Landschaften vergleichbar wird. Der Grad des Kontrastes der Klassen wird in einem Klassifikationsschemas über eine Matrix definiert. Dabei gilt die Annahme, dass je höher der Kontrast einer Landschaft ist, desto höher ist auch das Gefahrenpotenzial.	

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Im Rahmen der Untersuchung von WEG liefern quantitative Maße standardisierter geometrischer Charakteristiken von Flächen, Umfängen und Distanzen Einblick in die hydraulischen Beziehungen (Fließrichtungen, Retentionsbecken, etc.) und das Zusammenwirken oberflächennaher Komponenten des Geoökosystems. ASPINALL und PEARSON (2000) heben Landschaftsstrukturmaße wie Flächengröße, Anzahl der Flächen, Klumpungs- und Streuungsmaße (Contagion) hervor, die die räumlich überzufällige Häufung („Zusammenballung") von Flächen im Wassereinzugsgebiet widerspiegeln (vgl. auch O`NEILL et al. 1988, TURNER 1989, 1990). Ferner wird die Fraktale Dimension (*fractal dimension*) herangezogen, um die Komplexität der Landschaft zu erkunden (KRUMMEL et al. 1987, O`NEILL et al. 1988). Letztgenannte Maße werden in landschaftsökologischen Studien häufig verwendet und sind in diversen Softwarelösungen implementiert.

Das Maß der Kurvigkeit der Flüsse, Kanäle und Gräben gibt die Struktur der linearen Gewässer wieder und wird als Verhältnis der realen Flusslänge zur direkten flussabwärts gerichteten Länge verstanden (LEOPOLD et al. 1964). Das Verhältnis der Flusslänge zum direkten Flussgefälle ermöglicht eine Aussage über das Rückhaltevermögen bzw. die Wasserspeicherfähigkeit eines Einzugsgebietes.

Die meisten in Tabelle 2 dargestellten Landschaftsstrukturmaße beziehen sich auf Landnutzungs- und/oder Landbedeckungseinheiten. Ausnahme sind die o. g. Indizes von O`NEILL (1988) mit dem Dominanz-Index und Contagion-Index, die auf Basis von Bodeneigenschaften berechnet wurden. Aus den Landbedeckungseinheiten werden anthropogene Prozessstrukturen abgeleitet, die auf die Intensität der Landnutzung und damit der Wahrscheinlichkeit von Schadstoffausbreitungen schließen lassen. Ferner sind auch Bodenparameter wichtige Grundlagen zur Bestimmung des Ausbreitungs-, Transformator- und Pufferverhaltens von Schadelementen in der Landschaft. Folgenden Maßen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Der Dominanz-Index wurde von O`NEILL (1988) zur Ermittlung der Verbreitung homogener Substratflächen auf Bodendaten angewendet. Der Index misst die Ausdehnung, inwieweit eine Substratklasse das WEG beherrscht. Diese kann in Verbindung mit Bewertungsverfahren des Filter-, Puffer- und Transformatorpotenzials Auskunft über den Gefährdungsgrad des WEG gegenüber der Auswaschung von Nitrat, Phosphor und Schwermetallen herangezogen werden (MARKS et al. 1992). Der Contagion Index hingegen zeigt, inwiefern diese Flächen geklumpt vorkommen, oder eher gleichmäßig verbreitet sind. Geklumpt bedeutet z. B., dass potenziell gute Bodeneigenschaften nicht überall im Gebiet vorkommen sondern nur in einem Teilausschnitt und damit evtl. ein Risiko auf den anderen Flächen besteht.

3.4 Von Landschaftsstrukturmaßen zu Indikatoren

Auf Grundlage wissenschaftlicher Methoden und Ansätze müssen Veränderungen qualitativ bewertet werden. Die wissenschaftliche Herausforderung liegt darin, die zuvor diskutierten, zunächst wertfreien Maßzahlen zur Analyse und Charakterisierung der Landschaftsstruktur zu Indikatoren aufzuwerten (LANG et al. 2002; KLUG et al. 2003). Um diesen Prozess zu konkretisieren bedarf es eines weiteren Schrittes; der Inwertsetzung dieser Maßzahlen.

Damit wird der Boden naturwissenschaftlicher Forschung verlassen und gesellschaftliche Werte, Normen sowie gegebene Planungskultur in das Gebietsmanagement einbezogen. Die dargestellten Strukturmaße müssen zunächst auf ökologische Relevanz, Sensitivität und Datenabhängigkeit geprüft werden. Dies bedeutet auch, dass eine gewisse Veränderungsspannbreite eines Maßes evtl. als nicht signifikant angesehen wird und Aussagen über die Qualität der Veränderung mit Toleranzbereichen angegeben werden müssen. Das setzt voraus, dass einerseits die zugrunde liegenden Prozesse der Veränderung verstanden sind und andererseits die Annahme getroffen wird, dass die Wertänderungen linear zu interpretieren sind. Aus dieser Prognose sollten folglich Richt-, Grenz- und Schwellenwerte abgleitet werden, die einen Zustand als akzeptabel oder inakzeptabel deklarieren. Ohne hier die Debatte der Problematik von Richt-, Grenz- und Schwellenwerte aus den 80 ern zu wiederholen, müssen diese Schwellenwerte sich am Potenzial der Selbsterhaltung von Funktionen und Prozessen in der Landschaft orientieren. Schwierig ist, den so genannten *„turn over"* zu bestimmen, von dem an sich ein System irreversible verändert. Das Prinzip einer nachhaltigen Landnutzung muss daher sein, sich innerhalb eines akzeptablen Bereiches zu positionieren. Doch gerade die Wertfeststellung der Maßzahlen sowie deren Übertragbarkeit auf andere WEG bergen diverse Probleme.

Quantifizierungen sind zum Teil mit Definitionsproblemen, andererseits mit Interpretationsproblemen verbunden. Während zum Beispiel der Mittelwert einer Menge gut berechenbar und unumstritten ist, ist dessen Bewertung schwieriger oder auch kontextabhängig. Der Mittelwert der Körpergröße aller neu eingeschulten Schüler einer Klasse ist leicht zu messen. Ob ein Wert von 1,17 m „gut" oder „schlecht" bzw. „hoch" oder „niedrig" ist, ist nur im Vergleich mit anderen Daten oder durch Vorgabe gesellschaftlicher Werte möglich.

Die Interpretation von Maßzahlen zur Landschaftsstruktur ist daher nur kontextbezogen möglich (FORMAN 1995, Mc GARIGAL 2002, BLASCHKE 1999). Dies kann aus eigenen Erfahrungen nur gestützt werden und ist nur eins von vielen weiteren Problemreichen. Prinzipielle Probleme der bisher besprochenen Maße sind u. a.: „Bias"-Eigenschaften, Abhängigkeit

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

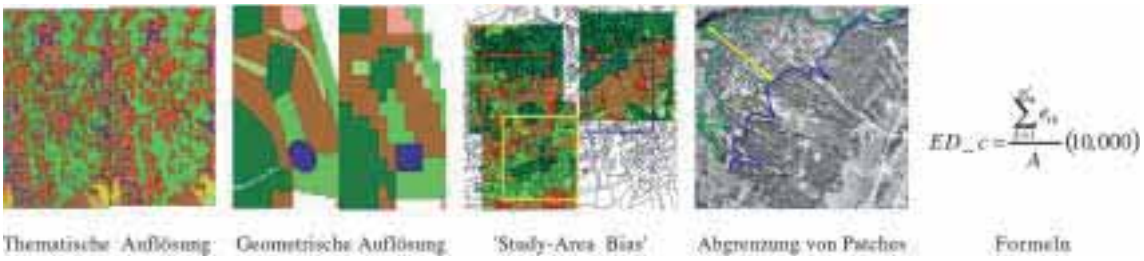


Abbildung 5

Darstellung von Problembereichen die im Zusammenhang mit der Verwendung von LSM auftreten können (Abgrenzung, Identifikation der Patches, Study-Area Bias, Thematische Auflösung, Geometrische Auflösung, Formeln)

von der räumlichen/geometrischen und thematischen Auflösung, Redundanzen, Korrelationen und Duplikationen von Informationen als auch Beeinflussungen in der Wahl des Untersuchungsgebietes und der mathematischen Formeln per se (vgl. Abbildung 5). Ferner bestehen Probleme in der ökologischen Aussagekraft der Maße im Sinne der Frage, was die *Metrics* eigentlich quantifizieren und damit welchen ökologischen Prozess sie widerspiegeln (HAINES-YOUNG und CHOPPING, 1996). Die Indizes geben häufig keine Auskunft über die zugrunde liegenden Prozesse und deren Interaktion mit dem Prozessgefüge, geschweige denn der Sensitivität der Maße gegenüber diesen. Dies bedeutet, dass die Veränderungen in der Landschaft nur mäßig bis gar nicht evaluiert werden können. Ferner bestehen massive Probleme in der räumlich/zeitlichen Übertragbarkeit von LSM, die in landschaftsökologische Methoden verwendet werden (HULSHOFF 1995).

Im Zusammenhang mit der europaweit geltenden WRR werden aber allgemein gültige, nachvollziehbare und übertragbare Maße und Verfahren benötigt. Um den zuletzt genannten Problemen begegnen zu können, wurde auf Grundlage einer umfassenden Literaturstudie von KLUG et al. (2003) eine Datenbank mit derzeit bekannten Landschaftsstrukturmaßen aufgebaut. Die erfassten Parameter geben einen Überblick über Anwendungsmöglichkeiten und Praxisanwendungen. Vorliegende Werte berechneter Maßzahlen sollen auf diese Weise vom jeweiligen Fachexperten analysiert und auf Grundlage der eigenen Erfahrungen und Gebietskenntnis interpretiert werden. Aus dieser Interpretation lässt sich dann gegebenenfalls eine Wertstufung zur Eingrenzung von optimalen bzw. suboptimalen Wertebereichen vornehmen. Die Autoren hoffen, über diese Anwendungsdokumentationen in Testgebieten Landschaftsstrukturmaße hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit beurteilen zu können um die zugrunde liegenden Prozesse zu beschreiben und zu verstehen. Dieser Schritt lehnt sich an jüngste Bestrebungen an, die Aussagekraft und Interpretierbarkeit der LSM zu forcieren (McGARIGAL et al. 2004).

Die zeitliche Dimension wirft neben der weithin bekannten Größe der zeitlichen Auflösung (Wiederholungsrate) weitere Fragen auf, z. B. hinsichtlich der zeitlich punktgenauen Aufnahme, die ein Setting zu einem bestimmten, möglicherweise nicht repräsentativen Zeitpunkt bestimmt. Die Veränderlichkeit einer Qualitätskomponente sowie evtl. saisonale Veränderungen lassen teilweise keine zuverlässige typspezifische Referenzbedingungen bzw. Interpretation für die observierten Komponenten zu.

4. Schlussfolgerungen /Ausblick

Landschaftsstrukturmaße werden zur Charakterisierung eines Wassereinzugsgebietes als notwendig erachtet, sofern die zugrunde liegende These, dass die Landschaftsstruktur als eine Art Indikator stellvertretend für viele Funktionen und Prozesse steht, zutrifft. Dies haben auch LANG et al. (2002) für Natura 2000 Gebiete festgestellt. Landschaftsstrukturmaße können die Charakterisierung, Analyse und Bewertung von Landschaften unterstützen. Sie sind angesichts der geringen Kenntnisse über Verhalten und Transferierbarkeit der Indizes aber derzeit nur bedingt für unmittelbare Schlussfolgerungen geeignet. Es bietet sich jedoch das Potenzial, *landscape metrics* innerhalb eines Monitoringprogrammes einzusetzen (HERZOG et al. 2001).

Es wurden in diesem Beitrag einige Problembereiche der landscape metrics in Bezug auf Korrelationen und Redundanzen dargelegt. Aufgrund der derzeit noch limitierten Erfahrungen über die Verhaltensweisen der Maßzahlen in unterschiedlichen Landschaften ist die Interpretation der Werte sowie die Übertragbarkeit der Maße und der damit zusammenhängenden gebietsübergreifenden Bewertung erschwert. Für weitere Forschungsarbeiten wurde daher von KLUG et al. (2003) eine Indikatorendatenbank aufgebaut, die eine Anwendungsdokumentation integriert. Damit wird der Anwender unterstützt, das Verhalten der Maßzahl und deren Wertebereich abzuschätzen, um daraus entsprechende Interpretationen abzuleiten. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Charakterisierung, Quantifizierung und Interpretation der Landschaftsstruktur Zukunftsaufgaben und Gegenstand der derzeitigen Forschung sind, diese aber nicht trivial ist. Diese Auffassung teilen auch McGARIGAL (mdl. Mitt.) und FORMAN (1995). Es wird parallel zum Ansatz der Dokumentation von

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Landschaftsstrukturmaßen in der Anwendung versucht, letztere direkt auf kontinuierliche, nicht vorprozessierte Rasterdaten (Satelliten- und Luftbilder) anzuwenden (McGARIGAL et al. 2004).

Es fehlen derzeit noch Methoden, die eine generelle ökologische Interpretation der Maße über den Einzelfall hinaus erlauben. Die Interpretation der direkt messbaren Strukturen muss auf das Verständnis von Prozessen gestützt analysiert werden. Die Indikatoren sollen aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung die Zustände und die Entwicklungstrends der Landschaft und damit die Richtung einer nachhaltigen Landnutzung aufzeigen. Daher muss eindringlich darauf hingewiesen werden, dass eine Landschaftsstrukturanalyse kein Selbstzweck sein kann. Aussagen über Zusammenhänge, Funktionen und Prozesse sind dringend gefordert. Herausforderungen und Forschungsschwerpunkte liegen u. a.:

- im Einsatz von neutralen Modellen/Versuchen zum Indexverhalten (Steuerung der Veränderung künstlicher Landschaften und Testen des Verhaltens und der Nachvollziehbarkeit der Maße).
- in der Untersuchung der ökologischen Relevanz/ Eignungsabschätzung bei Bewertungsfragen.
- in der Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten der Strukturindizes in Fachplanungen (UIS, LIS, Monitoring).
- der Weiterentwicklung/Verbesserung der Maßzahlen.
- Bereitstellung semi-automatisierter Verfahren mit internationaler Bindung (z. B. EU-weit im Natura 2000 Kontext).

Abschließend wird betont, dass derzeit eine Diskrepanz zwischen der Vielzahl prinzipiell einzusetzender Maßzahlen und in der Praxis etablierten Maßen und Indikatoren besteht. Daher versteht sich die hier vorgestellte Auswahl als ein erster Schritt. Es erscheint bei Betrachtung der rechtlich verbindlichen Europäischen Wasserrahmenrichtlinie als unbedingt notwendig, diese Ergebnisse durch operationelle Anwendung in der Praxis zu untermauern.

5. Literatur

ALLEN, T. (1998):
The landscape „level“ is dead: persuading the family to take it off the respirator. In: Peterson, D.; Parker, V. (eds.): Ecological scale. Columbia University Press, New York, 35-54.

ASPINALL, R.J. & D.M. PEARSON (2000):
Integrated geographical assessment of environment condition in water catchments: linking landscape ecology, environmental modelling and GIS. In: Journal of Environmental Management, Vol. 59, pp. 299-319

BLASCHKE, T. (1997):
Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayerischen Salzachauen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 243, Trier.

BLASCHKE, T. (1999):
Quantifizierung der Struktur einer Landschaft mit GIS: Potential und Probleme. In: Walz, U. (Hrsg.), Erfassung und Bewertung der Landschaftsstruktur für Umweltmonitoring und Raumplanung, IÖR-Schriften, Dresden, 9-24.

BLASCHKE, T. (2000):
Landscape metrics: Konzepte eines jungen Ansatzes der Landschaftsökologie im Naturschutz. – In: Archiv für Naturschutz & Landschaftsforschung, H. 9, S. 267-299.

BLASCHKE, T. & J. STROBL (2001):
What’s wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. In: GIS – Zeitschrift für Geoinformationssysteme, H. 6/01, S. 12-17

COMMITTEE ON WATERSHED MANAGEMENT (1999):
New Strategies for America’s Watersheds, 311 pp. Washington DC: National Academy Press.

EU-KOMMISSION (2000):
Richtlinie 2000/60/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie).

FORMAN, R.T. (1995):
Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.

FORMAN, R.T. & M. GODRON (1986):
Landscape Ecology, New York.

GUSTAFSON, E.J. (1998):
Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? In: Ecosystems, H. 1, pp 143-156

HAINES-YOUNG, R.H. & M. CHOPPING (1996):
Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested landscapes. Progress in Physical Geography 20, 418-445.

HAMBLIN, A. (1998):
Environmental indicators for national state of the environment reporting: The Land. Australia: State of the Environment (Environmental Indicator Reports).

HASLAM, M. and M. NEWSON (1995):
The potential role for NELUP in strategic land use planning. Journal of Environmental Planning and Management 38, 137-141.

HERZ, K. (1974):
Strukturprinzipien in der Landschaftssphäre. Ein Beitrag zur Methodologie der physischen Geographie. – Geogr. Ber. 71, S. 100-108.

HERZOG, F.; A. LAUSCH, E. MÜLLER, H. THULKE, U. STEINHARDT & S. LEHMANN (2001):
Landscape Metrics for Assessment of Landscape Destruction and Rehabilitation. Environmental Management Vol. 27, No. 1, 91-107

HULSHOFF, R.M. (1995):
Landscape indices describing a Dutch landscape. Landscape Ecology 10, 101-111.

JACSMAN, J.; SCHILTER, R.C. (1995):
Landschaftsplanung. Aufgaben, Grundsätze, Konzepte und Methoden für eine ökologisch orientierte Raumplanung. 254 S. Zürich

JESSEL, B. (1998):
Landschaft als Gegenstand von Planung: Theoretische Grundlagen ökologisch orientierter Raumplanung. 332 S.

KLUG, H. (2002):
Methodisch-konzeptuelle Landschaftsentwicklung über prozess-orientierte, funktional-haushaltliche landschaftsökologische Leitbilder. – In: SIR-Mitteilungen und Berichte, Band 30/2002, S. 43-52. Salzburg

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

KLUG, H.; T. LANGANKE & S. LANG (2003):
IDEFIX - Integration einer Indikatorendatenbank für landscape metrics in ArcGIS 8.x. - In: S. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner (Hrsg.), Angewandte Geografische Informationsverarbeitung XV, S. 224-233. Salzburg

KRUMMEL, J.R.; R.H. GARDNER, G. SUGIHARA, R.V. O'NEILL & P.R. COLEMAN (1987):
Landscape patterns in a disturbed environment. Oikos 48, 321-324

LANG, S. & H. KLUG (2003):
Interactive Metrics Tool (IMT) – a didactical suite for teaching and applying landscape metrics, Proceedings of the XIII. Symposium on Problems of Landscape Ecological Research Nitra (submitted).

LANG, S.; T. LANGANKE, T. BLASCHKE, U. KIAS; & W. DEMEL (2003b):
Objektbasierte Ansätze zur halbautomatisierten Fortschreibung von CIR-Luftbild Kartierungen – ein Verfahrensvergleich. GIS – Zeitschrift für Geoinformationssysteme (9), S. 17-25.

LANG, S.; T. LANGANKE, H. KLUG & T. BLASCHKE (2002):
Schritte zu einer zielorientierten Strukturanalyse im Natura 2000-Kontext mit GIS. In: S. STROBL, T. BLASCHKE, G. GRIESEBNER (Hrsg.), Angewandte Geografische Informationsverarbeitung XIV, S. 302-307

LANG, S.; H. KLUG & T. BLASCHKE (2003a, im Druck):
Software zur Analyse der Landschaftsstruktur. In: Walz, U., Lutze, G., Schultz, A., Syrbe, R.-U. (Hrsg.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. IÖR Schriftenreihe. Dresden

LAVERS, C. & R.H. HAINES-YOUNG (1993):
Equilibrium landscapes and their aftermath: spatial heterogeneity and the role of new technology. In: Haines-Young, R., Green, D. and Cousins, S. (eds.), Landscape ecology and Geographic Information System, London, 57-74.

LEOPOLD, L.B.; M.G. WOLMAN & J.P. MILLER (1964):
Fluvial Processes in Geomorphology, 522 pp. San Francisco

MALANSON, G.P. (1993):
Riparian Landscapes, 296 pp. Cambridge: Cambridge University Press.

MARKS, R.; M.J. MÜLLER, H. LESER & H.-J. KLINK (1992):
Anleitung und Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL). In: Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 229. Trier

McGARIGAL, K. (2002):
Fragstats Documentation, part 3 (Fragstats Metrics). http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html

McGARIGAL, K.; S.A. CUSHMAN & E. ENE (2004):
Landscape Metrics: A Comprehensive Guide to Their Use and Interpretation, (http://www.umass.edu/landeco/pubs/pubs.html). In prep.

MOORE, I.D. & J.C. GALLANT (1991):
Overview of hydrological and water quality modelling. In: Modelling the Fate of Chemicals in the Environment (I. D. Moore, ed.), Canberra: Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University, 1-8..

MOORE, I.D.; A.K. TURNER, J.P. WILSON, S.K. JENSON & L.E. BAND (1993):
GIS and land surface-subsurface modelling. In: Environmental Modelling with GIS (M.F. Goodchild, B. O. Parks and L.T. Steyaert, eds), pp. 196-230. Oxford: Oxford University Press.

O'NEILL, R.V.; J.R. KRUMMEL, R.H. GARDNER, G. SUGIHARA, B. JACKSON & D.L. DEANGELIS (1988):
Indices of landscape pattern. Landscape Ecology 1, 153-162.

RIITTERS, K.; R. O'NEILL, C. HUNSAKER, J. WICKHAM, D. YANKEE, S. TIMMONS, K. JONES & B. JACKSON (1995):
A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. Landscape Ecology, 10, p. 23-39.

STÜDEMANN, O. & S. ECKERT (1999):
Das „Landschaftliche Axiom" und die „Multiscale analysis" als Grundlagen von Regionalisierung dimensionsspezifischer Prozessfaktoren. In: U. STEINHARDT und M. VOLK (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie. Forschung – Planung – Praxis. Leipzig.

TURNER, M.; R. GARDNER & R. O'NEILL (2001):
Landscape ecology. Theory and practice – pattern and process. – New York.

TURNER, M. (1989):
Landscape ecology: The effect of pattern on process. Annual Rev. of ecological systems 20, 171-197.

TURNER, M.G. (1990):
Spatial and temporal analysis of landscape pattern. Landscape Ecology 3, 153-162.

WALKER, J. & D.G. REUTER (1996):
Indicators of Catchment Health: A Technical Perspective. CSIRO Publishing. Melbourne

Anschrift der Verfasser:

Hermann Klug,
Thomas Blaschke
Landscape Analysis and Resource Management
Research Group (LARG)
Institut für Geographie und Geoinformatik
Universität Salzburg
5020 Salzburg, Austria
hermann.klug@sbg.ac.at

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

PUBLIKATIONEN der ANL

(Stand: Februar 2004)

Preise ⟹ Laufener Seminarbeiträge • Laufener Forschungsberichte ⟸ **Preise**

Laufener Seminarbeiträge (LSB)

(Tagungsberichte)

Zu ausgewählten Seminaren werden Tagungsberichte erstellt. In den jeweiligen Tagungsberichten sind die ungekürzten Vorträge eines Fach- bzw. wissenschaftlichen Seminares abgedruckt.

Diese Tagungsberichte sind ab Heft 1/82 in „Laufener Seminarbeiträge“ umbenannt worden.

		€
2/81	Theologie und Naturschutz	2,50
3/82	Bodennutzung und Naturschutz	4,-
5/82	Feldhecken und Feldgehölze	12,50
6/82	Schutz von Trockenbiotopen – Buckelfluren	4,50
2/83	Naturschutz und Gesellschaft	4,-
6/83	Schutz von Trockenbiotopen – Trockenrasen, Triften und Hutungen	4,50
7/83	Ausgewählte Referate zum Artenschutz	7,-
2/84	Ökologie alpiner Seen	7,-
3/84	Die Region 8 - Westmittelfranken	7,50
7/84	Inselökologie – Anwendung in der Planung des ländlichen Raumes	8,-
2/85	Wasserbau – Entscheidung zwischen Natur und Korrektur	5,-
3/85	Die Zukunft der ostbayerischen Donaulandschaft	9,50
4/85	Naturschutz und Volksmusik	5,-
1/86	Seminarergebnisse der Jahre 81- 85	3,50
2/86	Elemente der Steuerung und der Regulation in der Pelagialbiozönose	8,-
3/86	Die Rolle der Landschaftsschutzgebiete	6,-
4/86	Integrierter Pflanzenbau	6,50
5/86	Der Neuntöter – Vogel des Jahres 1985 Die Saatkrähe – Vogel des Jahres 1986	5,-
6/86	Freileitungen und Naturschutz	8,50
7/86	Bodenökologie	8,50
9/86	Leistungen und Engagement von Privatpersonen im Naturschutz	2,50
10/86	Biotopverbund in der Landschaft	11,50
1/87	Die Rechtspflicht zur Wiedergutmachung ökologischer Schäden	6,-
2/87	Strategien einer erfolgreichen Naturschutzpolitik	6,-
3/87	Naturschutzpolitik und Landwirtschaft	7,50
4/87	Naturschutz braucht Wertmaßstäbe	5,-
5/87	Die Region 7 – Industrieregion Mittelfranken	5,50
1/88	Landschaftspflege als Aufgabe der Landwirte und Landschaftsgärtner	5,-
3/88	Wirkungen von UV-B-Strahlung auf Pflanzen und Tiere	6,50
1/89	Greifvogelschutz	6,50
2/89	Ringvorlesung Naturschutz	7,50
3/89	Das Braunkehlchen – Vogel des Jahres 1987 Der Wendehals – Vogel des Jahres 1988	5,-
4/89	Hat die Natur ein Eigenrecht auf Existenz?	5,-
1/90	Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung in der Landschaftsökologie	3,-
2/90	Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen durch Naturschutz	6,-
3/90	Naturschutzorientierte ökologische Forschung in der BRD	5,50
4/90	Auswirkungen der Gewässerversauerung	6,50
5/90	Aufgaben und Umsetzung des landschaftspflegerischen Begleitplanes	3,-
6/90	Inhalte und Umsetzung der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	3,-
1/91	Umwelt/Mitwelt/Schöpfung – Kirchen und Naturschutz	5,50
2/91	Dorfökologie: Bäume und Sträucher	6,-
3/91	Artenschutz im Alpenraum	11,50
4/91	Erhaltung und Entwicklung von Flussauen in Europa	10,50
5/91	Mosaik-Zyklus-Konzept der Ökosysteme und seine Bedeutung für den Naturschutz	4,50
6/91	Länderübergreifende Zusammenarbeit im Naturschutz (Begegnung von Naturschutzfachleuten aus Bayern und der Tschechischen Republik)	8,50
7/91	Ökologische Dauerbeobachtung im Naturschutz	7,-
1/92	Ökologische Bilanz von Stauräumen	7,50
3/92	Naturschonender Bildungs- und Erlebnistourismus	8,-
4/92	Beiträge zu Natur- und Heimatschutz	10,50
5/92	Freilandmuseen – Kulturlandschaft – Naturschutz	7,50
1/93	Hat der Naturschutz künftig eine Chance?	5,-
2/93	Umweltverträglichkeitsstudien – Grundlagen, Erfahrungen, Fallbeispiele	9,-
1/94	Dorfökologie – Gebäude – Friedhöfe – Dorfränder, sowie ein Vorschlag zur Dorfbiotopkartierung	12,50
2/94	Naturschutz in Ballungsräumen	8,-
3/94	Wasserkraft – mit oder gegen die Natur	9,50
4/94	Leitbilder Umweltqualitätsziele, Umweltstandards	11,-
1/95	Ökosponsoring – Werbestrategie oder Selbstverpflichtung?	7,50
2/95	Bestandsregulierung und Naturschutz	8,-
3/95	Dynamik als ökologischer Faktor	7,50
4/95	Vision Landschaft 2020	12,-
2/96	Naturschutzrechtliche Eingriffsregelung – Praxis und Perspektiven	11,-
3/96	Biologische Fachbeiträge in der Umweltplanung	12,-
4/96	GIS in Naturschutz und Landschaftspflege	7,50
6/96	Landschaftsplanung – Quo Vadis? Standortbestimmung und Perspektiven gemeindlicher Landschaftsplanung	9,-
1/97	Wildnis – ein neues Leitbild? Möglichkeiten ungestörter Naturentwicklung für Mitteleuropa	9,50
2/97	Die Kunst des Luxurierens	9,50
3/97	3. Franz-Ruttner-Symposion: Unbeabsichtigte und gezielte Eingriffe in aquatische Lebensgemeinschaften	7,-
4/97	Die Isar – Problemfluss oder Lösungsmodell?	10,-
5/97	UVP auf dem Prüfstand	9,50
1/98	Umweltökonomische Gesamtrechnung	6,50
2/98	Schutz der Genetischen Vielfalt	7,50
3/98	Deutscher und Bayerischer Landschaftspflegetag 1997	7,-
4/98	Naturschutz und Landwirtschaft – Quo vadis?	6,50
5/98	Schutzgut Boden	9,50
6/98	Neue Aspekte der Moornutzung	11,50
7/98	Lehr-, Lern- und Erlebnispfade im Naturschutz	8,50
8/98	Zielarten, Leitarten, Indikatorarten	14,-
9/98	Alpinismus und Naturschutz: Ursprung – Gegenwart – Zukunft	8,50
1/99	Ausgleich und Ersatz	9,50
2/99	Schön wild sollte es sein	9,-
3/99	Tourismus grenzüberschreitend: Naturschutzgebiete Ammergebirge – Außerfern – Lechtaler Alpen	6,-
4/99	Lebensraum Fließgewässer – Charakterisierung, Bewertung und Nutzung (4. Franz-Ruttner-Symposion)	9,50
5/99	Natur- und Kulturraum Inn/Salzach	7,50
6/99	Wintersport und Naturschutz	8,-
1/00	Natur – Welt der Sinnbilder	7,-
2/00	Zerschneidung als ökologischer Faktor	8,50
3/00	Aussterben als ökologisches Phänomen	8,-
4/00	Bukolien – Weidelandschaft als Natur- und Kulturerbe	9,50
1/01	Störungsökologie	7,50
2/01	Wassersport und Naturschutz	6,-
3/01	Flusslandschaften im Wandel: Veränderung und weitere Entwicklung von Wildflusslandschaften am Beispiel des alpenbürtigen Lechs und der Isar	6,-
1/02	Beweidung in Feuchtgebieten	7,-
2/02	Das Ende der Biodiversität? Grundlagen zum Verständnis der Artenvielfalt (5. Franz-Ruttner-Symposium)	8,-
1/03	Moorrenaturierung	8,50
2/03	Erfassung und Beurteilung von Seen und deren Einzugsgebiet mit Methoden der Fernerkundung	8,50

Laufener Forschungsberichte (LFB)

Forschungsbericht 1

JANSEN Antje: Nährstoffökologische Untersuchungen an Pflanzenarten und Pflanzengemeinschaften von voralpinen Kalkmagerrasen und Streuwiesen unter besonderer Berücksichtigung naturschutzrelevanter Vegetationsänderungen 10,-

Forschungsbericht 2

(versch. Autoren): Das Haarmoos – Forschungsergebnisse zum Schutz eines Wiesenbrütergebietes 12,-

€ Forschungsbericht 3

HÖLZEL Norbert: Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen 11,50

Forschungsbericht 4

HAGEN Thomas: Vegetationsveränderungen in Kalkmagerrasen des Fränkischen Jura; Untersuchung langfristiger Bestandsveränderungen als Reaktion auf Nutzungsumstellung und Stickstoff-Deposition 10,50

Forschungsbericht 5

LOHMANN Michael und Michael VOGEL: Die bayerischen Ramsargebiete – Eine kritische Bestandsaufnahme der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 7,-

Forschungsbericht 6

WESSELY Helga und Rudi SCHNEEBERGER: Outdoorsport und Naturschutz (Motivationsanalyse von Outdoorsportlern) 8,50

Forschungsbericht 7

BADURA Marianne und Georgia BUCHMEIER: Der Abtsee. Forschungsergebnisse der Jahre 1990-2000 zum Schutz und zur Entwicklung eines nordalpinen Stillgewässers 4,50

Forschungsbericht 8

Die Ökologische Lehr- und Forschungsstation Straß. Forschungsergebnisse *(auch als CD erhältlich)* 10,-

>> Preisnachlass auf die genannten Preise für
- Berichte der ANL
- Beihefte zu den Berichten
- Laufener Seminarbeiträge LSB
- Laufener Forschungsberichte LFB

>> älter als 6 Jahre: 50%
>> älter als 10 Jahre: 75%

Bestellung:

Bitte hier und/oder auf der vorherigen Seite ankreuzen oder Bestellkarte verwenden!

Ihre Adresse:

.....

.....

.....

Datum, Unterschrift:

.....

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege
Postfach 1261
D-83406 Laufen/Salzach
Tel. 0 86 82 / 89 63 - 32
Fax 0 86 82 / 89 63 - 17
www.anl.bayern.de
e-mail: bestellung@anl.bayern.de

1. BESTELLUNGEN
Bitte den Bestellungen kein Bargeld, keine Schecks und keine Briefmarken beifügen; Rechnung liegt der Lieferung bei. Der Versand erfolgt auf Kosten und Gefahr des Bestellers. Beanstandungen wegen unrichtiger oder unvollständiger Lieferung können innerhalb von 14 Tagen nach Empfang der Sendung berücksichtigt werden.

2. PREISE UND ZAHLUNGSBEDINGUNGEN
Die Kosten für die Verpackung und Porto werden in Rechnung gestellt. Die Rechnungsbeträge sind spätestens zu dem in der Rechnung genannten Termin fällig.
Die Zahlung kann nur anerkannt werden, wenn sie auf das in der Rechnung genannte Konto der Staatsoberkasse München unter Nennung des mitgeteilten Buchungskennzeichens erfolgt. Es wird empfohlen, die der Lieferung beigefügten und vorbereiteten Einzahlungsbelege zu verwenden. Bei Zahlungsverzug werden Mahnkosten erhoben und es können ggf. Verzugszinsen berechnet werden.
Erfüllungsort und Gerichtsstand für beide Teile ist München. Bis zur endgültigen Vertragserfüllung behält sich die ANL das Eigentumsrecht an den gelieferten Veröffentlichungen vor.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Zum Titelbild: Das Bild zeigt ein Anwendungsbeispiel zur Kartierung von submersen Makrophyten im Flachwasserbereich um die Insel Reichenau (Bodensee). Vergleich der Prozessierungsergebnisse von DAEDALUS- Aufnahmen im Juli 2001 und 2002.

Spezielle MIP-Module korrigieren in dieser Anwendung den Einfluss der Wassersäule auf das Reflexionssignal, ermöglichen die Berechnung der Reflexionseigenschaften des Seegrundes und interpretieren diese Spektren dann als Mischsignal aus verschiedenen Sediment- oder Bewuchsklassen. Im Ergebnisbild werden Klassen von bodennahen Makrophyten (*Characeen*) in der Farbe grün, von hoch wachsenden Makrophyten (hier: hauptsächlich *Potamogeton perfoliatus* & *pectinatus*) in rot und unbedeckte Seegrund-Sedimente in blau dargestellt (siehe Beitrag HEEGE et al. S. 67-71).

Laufener Seminarbeiträge 2/03

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN 0175 - 0852
ISBN 3-931175-71-5

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz angehörende Einrichtung.

Die mit dem Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Herausgeber wieder. Die Verfasser sind verantwortlich für die Richtigkeit der in ihren Beiträgen mitgeteilten Tatbestände.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt.
jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der AutorInnen oder der Herausgeber ist unzulässig.

Schriftleitung und Redaktion: Dr. Notker Mallach (ANL, Ref. 12) in Zusammenarbeit mit Dr. Elisabeth Obermaier
Satz: Fa. Hans Bleicher, Laufen
Druck und Bindung: E. Grauer Offsetdruck, Laufen
Druck auf Recyclingpapier (100% Altpapier)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 2_2003

Autor(en)/Author(s): Klug Hermann, Blaschke Thomas

Artikel/Article: Erfassung und Beurteilung von Wassereinzugsgebieten auf Landschaftsebene mit GIS und Fernerkundung: Landschaftsstruktur als Indikator 85-99