

Ralf-Uwe SYRBE, Dresden
Matthias RÖDER, Dresden
Olaf BASTIAN, Dresden

Regionalisierungsansätze in der Landschaftsbewertung – dargestellt am Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet –

Summary

The demand for good ecological analyses and plans for large landscape areas (e.g. for planning purposes on a regional level) is increasing, and therefore the necessity of appropriate methodological approaches, too. Presently, fine-scaled data, models and methods dominate, however, which can't be easily adapted to other scales. Since spatial landscape structures are subjected to certain hierarchies, suitable approaches of regionalization should consider these facts. Depending on the dimensions of landscape structures, processes and functions, dispositions and areas of influences different methods for the regionalization of analysis and evaluation methods are necessary. As an alternative to a simple aggregation of results from methods working at small dimensions such possibilities are described which enable the transition of data and evaluation procedures from one scale to another. As an example, the „Upper Lusatian Heath and Pond Area“ (which is situated in the lowlands of Saxony) is represented and assessed with the help of selected methods. The results are able to support landscape planning in a medium scale. Three examples are described detailed, further approaches which can also be applied for the landscape assessment are mentioned.

1 Einführung und Problemstellung

Die anthropogene Beeinflussung der Umwelt und die damit verbundenen Probleme sind weltweit im Wachsen begriffen. Damit müssen auch Analyse, Bewertung und Planung der Landschaft immer größere Räume berücksichtigen. Während lange Zeit mit Hilfe der leistungsfähiger werdenden Rechentechnik ein Einsatz kleinräumig gültiger Verfahren auch zur Bearbeitung großer Flächen möglich erschien, werden nun aber die Probleme offensichtlich, die einer fortgesetzten Maßstabsübertragung prinzipielle Schranken setzen.

Gerade weil es immer leichter zu werden scheint, punktuell erhobene Daten in große Räume zu extrapolieren, bröckelt die Basis tatsächlich ermittelter Werte ebenso wie die Bereitschaft, dafür angemessene finanzielle Mittel bereitzustellen. Mit der Fülle „groß gerechneter“ Datensätze wird es auch schwieriger, ökologische, räumliche und zeitliche Hierarchien der Landschaft adäquat zu berücksichtigen. Ab einem bestimmten Niveau der Regionalisierung von Daten und Verfahren müssen daher zwangsläufig die Bezugseinheiten größer und die Aussagen abstrakter werden. Der Verlust an Detailaussagen sollte jedoch kompensiert werden durch einen Gewinn an Übersichtsinformation und die Berücksichtigung lateraler oder großräumiger Prozesse und Zusammenhänge.

Durch die historische Entwicklung der Landschaftsökologie und -planung bedingt, existieren nur wenige Bewertungsverfahren, die ohne weiteres auf größere Bezugsräume angewendet werden können. Insbesondere wird die Ebene von Landes- und Landschaftsrahmenplanung nicht durch die bekannten Verfahren aus der großmaßstäbigen Landschafts- und Flächennutzungsplanung abgedeckt. Im Folgenden werden Methoden diskutiert, um nicht nur Daten, sondern auch gut erprobte Verfahren oder ihre Ergebnisse auf das Niveau des mittleren Maßstabes zu übertragen.

2 Räumliche Dimensionen von Prozessen und Funktionen

Je nach den zugrunde liegenden Prozessen sind Landschaftsfunktionen sehr unterschiedlichen Hierarchiestufen zuzuordnen. Für die Modellierung und Bewertung lassen sich dabei drei räumliche Aspekte differenzieren:

1. die Größenordnung ähnlich ausgestatteter Areale, die Abhängigkeit von klein- oder auch großräumig veränderlichen Eingangsgrößen sowie Nachbarschaftseffekte (Disposition),
2. der Wirkungsbereich der zugrunde liegenden Funktionen und Prozesse (Stoff- und Energieumsätze, Bewegung, Verhalten), der mikroskopische bis regionale Größenordnungen annehmen kann und
3. die durch Nutzung bestimmter Funktionen bzw. durch ihre sekundären Auswirkungen (Eutrophierung, Überschwemmungen, Versauerung etc.) betroffenen Gebiete, die bis zur globalen Ebene reichen können.

Ordnet man verschiedene Landschaftsfunktionen nach den drei genannten Aspekten (Abb. 1), so fällt auf, dass sich Gruppen bilden lassen, die ähnliche räumliche Eigenschaften aufweisen. In Abhängigkeit davon sollten für die Landschaftsbewertung auch unterschiedliche Regionalisierungsmethoden gewählt werden, die den raumstrukturellen Eigenschaften der jeweiligen Funktion am besten gerecht werden.

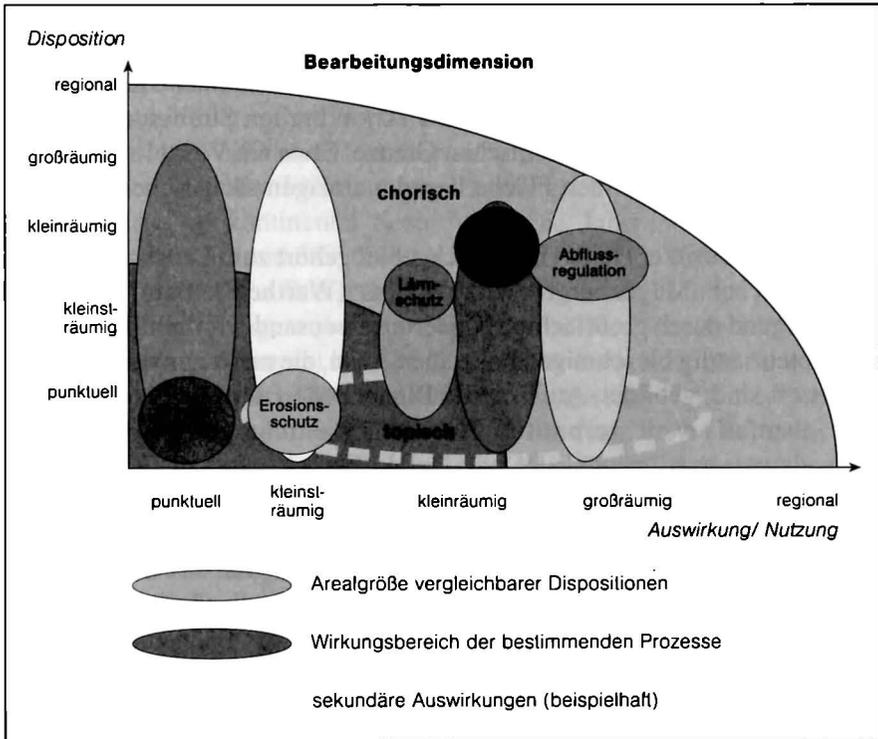


Abb. 1: Räumliche Aspekte ausgewählter Landschaftsfunktionen

Methodisch bedeutsam ist außerdem, dass zur Bestimmung des Handlungsbedarfes die endgültigen Bewertungsaussagen zwar räumlich konkretisierbar sein sollen, diese aber trotzdem nicht immer flächendeckend erforderlich sind. Daher ist oft eine Bearbeitung in zwei Genauigkeitsstufen sinnvoll: zunächst überblicksweise (chorisch) zur Identifizierung kritischer Bereiche und darin dann detailliert (topisch) zur konkreten Verortung möglicher Maßnahmen oder Festlegungen.

Zur Übertragung punktuell gültiger Verfahren auf höhere Maßstabsebenen ist die explizite Berücksichtigung lateraler Wirkungen und Verflechtungen ein entscheidendes methodisches Mittel. Während solche Einflüsse oft aus Gründen der Einfachheit in kleineren Räumen vernachlässigt werden, können regionale Untersuchungen damit den auftretenden Unschärfen durch fehlende Detailinformationen und mangelnde Ortsbezogenheit prinzipielle Vorteile entgensetzen. Hierzu erwies sich eine systematische Zusammenstellung raumstruktureller Merkmale als hilfreich, die sich schrittweise aus der Analyse lateral beeinflusster Prozesse und ihrer strukturellen Parameter gewinnen ließ (SYRBE 1999a).

3 Vorstellung des Untersuchungsgebietes

Das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet befindet sich im Osten Sachsens und erstreckt sich von der Schwarzen Elster, welche die Städte Kamenz und Hoyerswerda verbindet, in einem etwa 20 km breiten Streifen 60 km ostwärts bis zur Neiße an der polnischen Grenze. Etwa ein Viertel seiner mehr als 1000 km² umfassenden Fläche liegt im einzigen sächsischen Biosphärenreservat.

Das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet gehört zum Lausitzer Teil des saalezeitlichen Magdeburger Urstromtales (Warthe-Stadium) und wird überwiegend durch großflächige Niederterrassensande mit zahlreich eingeschalteten sandig bis lehmigen holozänen Auen, die meist nur wenige Meter eingetieft sind, gebildet. Aufsitzende Binnendünen und vermoorte Senken sind ebenfalls weit verbreitet. Nur selten durchragen altpleistozäne Schmelzwassersedimente oder präglaziale Flussschotter in Form flacher Geländeschwellen oder auch lokale Grundgebirgsanteile mit Einzelerhebungen die jüngeren Schichten (MANNSELD u. RICHTER 1995). Im Untergrund treten verschuppte Braunkohlenflöze auf. Im Süden geht das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet mit einem sanften Anstieg in die Gefildezone über. Hier wird die quartäre Decke dünner und liegt einer flächenhaften kaolinitischen Verwitterungsdecke des Grundgebirges auf.

Die Böden mit sandigen Substraten werden entsprechend ihres Bodenwasserhaushaltes, ihrer Nutzung und Reliefposition durch zahlreiche Typen (z.B. Regosole, Podsole, Braunerden, Gleye) und deren Übergangsformen vertreten. Auf vernässten Flächen dominieren anmoorige Böden und Moore und in den Auen Pseudogleye, Gleye und Vegas aus sandigen bis lehmigen Substraten.

Bedingt durch den Tieflandscharakter (130 bis 155 m über NN) mit flachem Relief kommt dem Wasserhaushalt somit eine entscheidende Bedeutung bei der standörtlichen Differenzierung zu. Auf den trockeneren Terrassenflächen und Dünen dominieren ausgedehnte Kiefernwälder (sog. Kiefernheiden), während in den grundwassernahen Auen und Senken schon im Mittelalter Teiche angelegt wurden und heute noch Fischerei und Landwirtschaft betrieben wird. Die aktuelle Flächennutzung (vgl. Tab. 1) ist immer noch in hohem Maße an die naturräumlichen Gegebenheiten angepasst. Dies ist in Verbindung mit der sehr dünnen Besiedelung eine der wichtigsten Grundlagen für den großen Reichtum an wertvollen Biotopen und seltenen Arten.

Hervorzuheben sind solche Lebensräume wie naturnahe Kiefernwälder (u.a. auf Dünen), Erlenbrüche und Moore, Zwergstrauchheiden, Mager- und Trockenrasen, Verlandungsvegetation an Teichen, Feuchtgebüsche, Seggenrieder, Feucht- und Nasswiesen. Als Charakterarten der Flora gelten u.a.

Arnika, Glockenheide, Königsfarn, Sumpfporst, Tieflandsfichte, Wassernabel, Mittlerer Sonnentau, Geflecktes Knabenkraut, Moor-Veilchen. Im Gebiet besitzt der Fischotter die vitalste Population in Mitteleuropa; die Zahl der Amphibien-, Reptilien- und vor allem Brutvogelarten (z.B. Seeadler, Kranich, Weißstorch, Rohrdommel) ist beträchtlich. Auch die Wirbellosen sind in großer Fülle mit bemerkenswerten Arten vertreten.

Das Klima ist kontinental beeinflusst. Die Jahresmitteltemperaturen liegen zwischen 8,3 und 8,6° C (Januar -0,9 bis -0,6° C, Juli 18,1 bis 18,8° C), vgl. MANNSFELD u. RICHTER (1995). Im Jahresdurchschnitt fallen etwa 650 mm Niederschlag, wobei ein Gradient von Nordwesten (600 mm/a) nach Südosten (700 mm/a) besteht. Im Sommer kommt es häufig zu Konvektionsniederschlägen. Die Gras-Referenzverdunstung (ET_0) des Gebietes liegt im Mittel etwas über 600 mm/a und die reale (ET_r) bei etwa 500 mm/a. Die Abflusspende im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet beträgt demnach etwa 4,7 l/(s.km²). Die Wasserführung der Fließgewässer ist in hohem Maße vom Witterungsgeschehen im südlich vorgelagerten Oberlausitzer Bergland abhängig und wird durch Talsperren, Wehre und Grabensysteme reguliert.

Tab. 1: Flächennutzung im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet (Stand 1992)

Flächennutzung	Flächenanteil [%]
Wald und Gehölze	38,3
Acker und Sonderkulturen	29,1
Wiesen und Weiden	16,3
Wasserflächen	6,9
Siedlung und Infrastrukturflächen	5,1
Sonstige	4,3

Als räumliche Bezugsgrundlage der folgenden Darstellungen dienen Naturraumeinheiten eines mittleren Maßstabes, so genannte Mikrogeochoren, die mit durchschnittlich 13 km² selbst heterogen sind und damit als Beispiel auch für andere heterogene Bezugseinheiten (Landschaftseinheiten, größere Rasterflächen, administrativ abgegrenzte Gebiete o.ä.) gelten können. Das Untersuchungsgebiet entspricht einer höherrangigen Naturraumeinheit, die durch zweistufige Aggregation von 85 Mikrogeochoren (nach ihrer geökologischen Zusammengehörigkeit mittels „naturräumlicher Ordnung“, vgl. RICHTER 1968) ermittelt wurde. Durch diesen „Weg von unten“ wurde

die ursprünglich durch naturräumliche Gliederung ausgewiesene Naturraumeinheit (MANNSFELD u. RICHTER 1995) untersetzt und ihre Grenzen präzisiert.

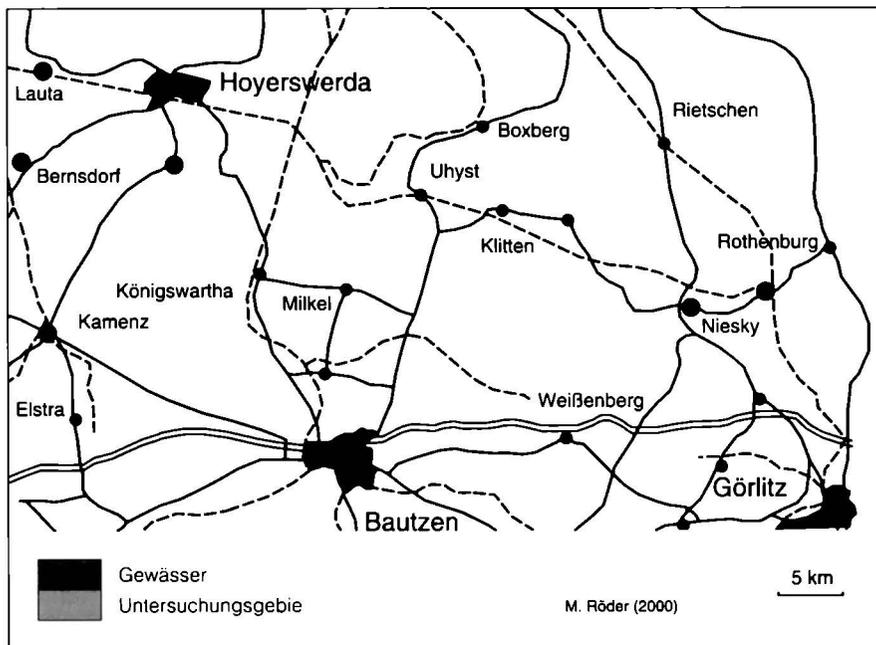


Abb. 2: Topographische Übersicht des Untersuchungsgebietes

4 Bewertungsmethoden heterogener Räume

Legt man der Landschaftsbewertung Bezugseinheiten zugrunde, die hinsichtlich eines der drei in Abschnitt 2 genannten Aspekte für eine Funktion signifikant heterogene Eigenschaften aufweisen können, so gibt es prinzipiell drei Wege, um zu einem einheitlichen Ergebnis zu gelangen (BASTIAN u.a. 1999, leicht verändert, vgl. Abb. 3).

1. *Gesamträumlicher Ansatz*: Dabei wird jede Bezugseinheit undifferenziert – aber unbedingt unter Berücksichtigung ihrer Raumstruktur – mit regionalisierten Daten und Verfahren bewertet.
2. *Teilräumlicher Ansatz*: Die Bezugseinheit wird als Ganzheit behandelt, hinsichtlich deutlich unterscheidbarer Eigenschaften während einzelner Verfahrensschritte aber in Teilräumen differenziert bearbeitet. Ggf. unterschiedliche Teilergebnisse werden später integriert. Diese Teilräume müssen nicht in jedem Fall konkret verortet werden, u.U. genügt auch

die Kenntnis der unterschiedlichen Eigenschaften (Teilraumtypen) und prinzipieller Lagemerkmale.

3. *Einzelflächenbezogener Ansatz*: Es erfolgt eine zunächst isolierte Betrachtung kleinster, weitgehend homogener Bestandteile – jedoch unter Berücksichtigung ihrer Nachbarschafts- und Lageverhältnisse innerhalb der sie umfassenden Einheiten – mit anschließender Aggregation der separat gewonnenen Ergebnisse.

Wie in Abb. 3 angedeutet wird, sollte sich die Auswahl der geeigneten Methode nicht nur an den verfügbaren Daten und Verfahren, sondern am tatsächlichen Wirkungsbereich und den anderen räumlichen Aspekten der untersuchten Funktionen orientieren. Für Funktionen mit großem Wirkungsbereich bieten sich eher die gesamt- oder teilräumliche Herangehensweise an, während kleinräumig wirksame Prozesse eine Bewertung mit dem einzelflächenbezogenen Ansatz nahe legen.

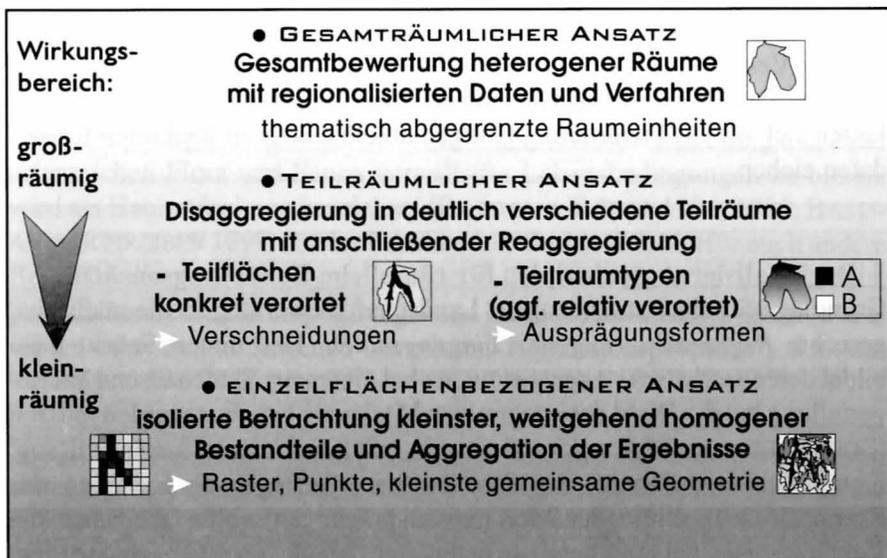


Abb. 3: Bewertungsansätze für heterogene Räume

Nach dem einzelflächenbezogenen Ansatz werden gemessene oder simulierte Einzeldaten über punktuell-kleinräumig gültige Modelle bzw. Verfahren bearbeitet und zunächst entsprechend differenzierte Ergebnisse ermittelt. Dieser Ansatz wird der holistischen landschaftsökologischen Betrachtungsweise für größere Flächen nur dann gerecht, wenn laterale Verflechtungen, Lagebeziehungen und räumliche Strukturmerkmale im Hinblick auf die Umgebung der eigentlich bewerteten Einzelflächen von

vorn herein (z.B. über geeignete Landschaftsmaße, vgl. SYRBE 1999b) berücksichtigt werden. Der größte Teil der bekannten Verfahren muss für diese Herangehensweise daher noch um entsprechende Komponenten erweitert werden. Keineswegs trivial für eine Bearbeitung größerer Räume ist die dann notwendige Aggregation der unterschiedlichen, teilweise einander widersprechenden Einzelergebnisse. Einfache statistische Mittelwert- bzw. Schwerpunktberechnungen oder die Klassifizierung nach scharfen Schwellenwerten können, wie auch das Beispiel 5.1 zeigt, zu systematischen Verfälschungen führen. Besser geeignet sind kombinierte Angaben zu Leit- und Begleitwerten (wie in BASTIAN u.a. 1999) oder anwendungsbezogene Ausweisungen ausgewählter Ergebnisse.

Die beiden räumlichen Herangehensweisen bauen auf einer funktionsgerechten Aggregation der Eingangsdaten auf. Dabei lassen sich die räumlichen Strukturen der insgesamt betrachteten Landschaftsausschnitte (Anordnung und Größenverhältnisse) mit einbeziehen. Die Bearbeitung der Daten erfolgt mit speziell für heterogene Räume entwickelten oder angepassten Verfahren. Ihre Ergebnisse sind jedoch als Gesamtaussagen direkt nutzbar. Die dafür erforderlichen, abstrakteren Modelle und Verfahren lassen sich oft aus kleinräumig gültigen ableiten oder an konkreten Einzeldaten eichen.

5 Regionalisierungsprinzipien für räumliche Bewertungsansätze

Grundlage für eine raumbezogene Landschaftsbewertung ist die maßstabsgerechte *Regionalisierung der Eingangsdaten*. Den ersten Schritt dazu bildet deren *statistische Aggregation*, wobei einerseits Skalenart und Werteverteilung bei der Wahl der integrativen Merkmale beachtet werden müssen (SCHRÖDER u.a. 1994) und andererseits oft *geschichtete Aussagen* (sog. Kompositionsmerkmale) den Einzelwerten überlegen sind. Neben der Komposition (auftretender Merkmalsausprägungen) sollte aber auch die *Konfiguration* entsprechend ausgeprägter Areale quantifiziert werden. Beide Kriterien der Raumstruktur ermöglichen *Typisierungen*, die sich bereits am gewählten Bewertungsverfahren orientieren müssen und den Bearbeitungsaufwand deutlich senken können. Typenzuordnungen können dabei mit Hilfe so genannter „Fuzzy-Sets“ (vgl. SYRBE 1996) auch unscharf vorgenommen werden, wenn entsprechende Auswertungsverfahren zur Verfügung stehen.

Müssen aufgrund zu starker bewertungsrelevanter Unterschiede Bezugsflächen geteilt werden, so ist es oft ausreichend, wenn nur Größe und Zuordnung entsprechender *Teilraumtypen* bekannt sind (5.2). Werden weitere Faktoren auf Teilraumbasis bearbeitet, bietet sich zunächst eine geometri-

sche Verschneidung der Teilflächen an. Unter *Berücksichtigung relativer Lagebezüge* (ausgedrückt als Korrelation zu einem „Ordnungsparameter“ – z.B. das Relief) ist aber auch eine korrekte Bewertung ohne kartographische Unterteilung der Bezugseinheiten möglich (SYRBE 1998).

Zur *Regionalisierung von Verfahren* eignen sich vor allem Modellansätze, die per se räumlich angelegt sind, wie z.B. *Gebietsbilanzen* (5.2) und andere empirische *Flächenmodelle* (5.4). Einige Verfahren lassen sich durch Verallgemeinerung punktbezogener Parameter (z.B. Flächenanteile, Hanglängen, Dichte von Einzelelementen) und die zusätzliche Einbeziehung von Lateraleffekten (vgl. 2) zu räumlich gültigen *Strukturmodellen* (5.3) erweitern. Werden typisierte Merkmale bearbeitet, so lassen sich damit *Regelmodelle* entwickeln, die in Form von Matrizen oder Programmen sehr effektiv eingesetzt werden können (5.1). Unschärfe Regeln oder Daten werden mittels Fuzzy-Systemen bearbeitet, wofür inzwischen eine Vielzahl von leicht handhabbaren Softwareprodukten zur Verfügung steht (SCHMIDT 1998).

5.1 Flächenanteilsbilanzierung: Habitatfunktion

Die Ausstattung einer Landschaft mit Biozönosen bzw. ihre Fähigkeit, einer artenreichen Flora und Fauna vorteilhafte Lebensbedingungen zu bieten, wird als Habitatfunktion bezeichnet (BASTIAN u. RÖDER 1996, 1999, BASTIAN u. SCHREIBER 1999). In der Fachliteratur finden sich hierfür auch andere Begriffe, die entweder Synonyme darstellen oder ähnliche Sachverhalte beschreiben, z.B. „Ökotoptbildungs- und Naturschutzfunktion“ (MARKS u.a. 1992) oder das umfassende „biotische Regulationspotential“, d.h. das Vermögen eines Naturraumes bzw. einer Landschaft zur Aufrechterhaltung der Lebensprozesse, der biotischen Diversität und Komplexität sowie der Stabilität der Ökosysteme (HAASE 1978, BASTIAN u. HAASE 1992). Unabhängig von den Spezifitäten der jeweiligen Definitionen geht es um äußerst vielschichtige und komplizierte, schwierig zu erfassende und zu bewertende Parameter, zumal unter den Bedingungen von Heterogenität und mittlerem Maßstab.

Als flächendeckend verfügbares Datenmaterial wurden die Ergebnisse der von den Naturschutzbehörden veranlassten selektiven Kartierung wertvoller Biotop in Sachsen (Maßstab 1:25000, LfUG 1993) sowie die aus den Dokumentationsblättern der Mikrogeochoren entnehmbaren Angaben zum Natürlichkeitsgrad der Vegetation (BASTIAN in SMU 1997) verwendet. Hierbei handelt es sich um Indikatoren, die einerseits die naturschutzfachlich besonders bedeutsamen Areale hervorheben und andererseits den ökologischen Zustand des gesamten Naturraumes (Stärke des menschlichen Einflusses auf die Pflanzenwelt bzw. Grad der Umwandlung der natürlichen

Vegetation, daraus resultierende Belastungen sowie das Selbstregulationsvermögen der Landschaft) widerspiegeln. Dem mittleren Maßstab und der Heterogenität der Bezugsräume entsprechend wird mit Dominanz- und Kombinationsmosaiktypen des Natürlichkeitsgrades der Vegetation (SCHLÜTER 1992) gearbeitet.

Aus den Angaben zur selektiven Biotopkartierung wurden die Anteile wertvoller Biotope pro Naturraumeinheit sowie Größenverhältnisse (Erreichung der biototypenspezifischen Minimalareale) und Biotopverbund bzw. Isolationsgrad als wichtige Merkmale herangezogen. Der Aggregation zur synoptischen Habitatfunktion dienen ökologische Verknüpfungsmatrizes (Tab. 2, 3). Dabei gingen die Einzelmerkmale nicht gleichrangig in die Berechnung ein, sondern das Merkmal „Anteil wertvoller Biotope“ erhielt ein größeres Gewicht. Von Fall zu Fall wurden außerdem wertrelevante Zusatzinformationen zur Modifikation des Endergebnisses verwendet, z.B. Typenzugehörigkeiten der wertvollen Biotope und herausragende Vorkommen seltener / gefährdeter Arten wie Moor-Weilchen (*Viola uliginosa*), Seeadler (*Haliaeetus albicilla*), reichhaltige Wasservogelgemeinschaften. Abb. 4 gibt die realen Verhältnisse recht gut wieder. Höchste Werte erreichen u.a. die großen Wald-, Moor- und Teichgebiete sowie Abschnitte von Flussauen, z.B. von Spree und Schwarzer Elster. Ausgeräumte Agrargebiete, besonders im lössbeeinflussten südlichen Randgebiet, weisen hingegen nur sehr geringe Werte auf.

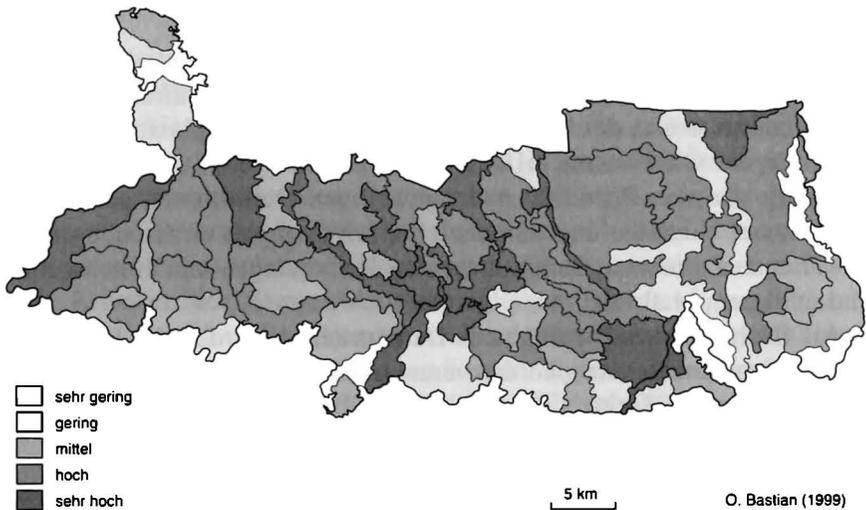


Abb. 4: Habitatfunktion der Mikrogeochoren im Untersuchungsgebiet

Allerdings muss eingeräumt werden, dass mit der Aggregation zwangsläufig ein Informationsverlust einher geht, weil die Eingangsgrößen im Endergebnis nicht mehr erkennbar sind. Transparenter bliebe die Aussage, wenn die Einzelbeurteilungen zusätzlich ersichtlich sind, z.B. tabellarisch, als Zahlencode oder visualisiert. Trotz aller grundsätzlichen Bedenken (zur Bewertungsproblematik vgl. BASTIAN 1997, AUHAGEN in BASTIAN u. SCHREIBER 1999) und datenhärenten Mängeln (eingeschränkte Qualität und Vollständigkeit des 1. Durchganges der selektiven Biotopkartierung) erbrachte dieses Verfahren wesentlich plausiblere Resultate als eine zum Vergleich durchgeführte Berechnung eines mittleren Biotopwertes (Multiplikation der Wertstufen 1 bis 5 mit den jeweiligen Flächenanteilen und Bildung des gewogenen Mittels) über alle Einzelbiotope pro Bezugseinheit (Mikrogeochore). Hierzu wurde die für Sachsen flächendeckende „Biotop- und Landnutzungskartierung aus Color-Infrarot-Luftbildern“ (Daten in digitaler Form) verwendet und anhand eines eigens angefertigten Bewertungsschlüssels (BASTIAN 1997) den Biotoptypen Wertstufen zugeordnet. Die so erzielten Ergebnisse bewegten sich mehr oder weniger um den mittleren Wert (Stufe 3) und korrelierten keineswegs mit den Resultaten aus o.g. Verfahren. Hier zeigt sich in aller Schärfe das Dilemma eines „up-scaling“ durch Aggregation einzelflächenbezogener Aussagen mittels mathematischer Methoden, insbesondere durch Mittelwertbildung, wobei im konkreten Falle allerdings mehrere Ursachenkomplexe für die Unterschiede zu benennen sind, die teilweise auch für das zuerst beschriebene Verfahren der Verknüpfungsmatrizes gelten:

1. Mangelhaftigkeit der Eingangsdaten

Bei der Biotopkartierung per Luftbild sind – abgesehen von Fehlbestimmungen – entscheidende wertrelevante Merkmale, wie die spezifische Ausprägung (z.B. Artenkombination) meist nicht erkennbar, was die Zuordnung von Wertstufen bei zahlreichen Biotoptypen erschwert oder ganz in Frage stellt. So ist der hohe Rang von Biotopen aus der selektiven Kartierung nicht immer auch aus dem Luftbild ersichtlich. Auch erwächst der Wert mancher Einzelbiotope erst aus ihrem Zusammenhang innerhalb größerer Biotopkomplexe.

2. Subjektivität von Aggregations- und Bewertungsverfahren

Wertzuzuweisung, Wichtung der Eingangsgrößen und Verknüpfungsregeln (Rechenoperationen) unterliegen in starkem Maße subjektiven Erwägungen. Zudem gehen in die Berechnungen verschiedene Parameter ein, die zuvor bereits aufbereitet, klassifiziert bzw. bewertet worden sind (z.B. Klassifikation des Natürlichkeitsgrades, Umwandlung qualitativer Aussagen in Ordinalzahlen).

3. Eingeschränkte Eignung der Bezugseinheiten

Die Ausscheidung der Naturraumeinheiten (Mikrogeochoren) erfolgte primär anhand abiotischer Merkmale. Wiewohl Vegetationsdecke und Biotopmuster auch die Standortbedingungen widerspiegeln, so bedingt doch die überwiegend starke anthropogene Überprägung, dass aktuelle Flächennutzung, reale Vegetation und gegenwärtige Ausstattung mit Biotopen höchstens sehr lose mit den (abiotischen) Eigenschaften des Naturraumes korrelieren. Ferner sind die Bezugsräume relativ groß und hinsichtlich Flächennutzung und Biotopbestand meist sehr heterogen, was im Hinblick auf aggregierte Bewertungszahlen i.d.R. nivellierend wirkt.

Tab. 2: Zwischenwert aus Flächenanteil (F) und Biotopgröße (+ Isolation / Biotopverbund), (G) (aus BASTIAN u.a. 1999, leicht verändert)

F – Flächenanteil in %	> 15	>10–15	>5–10	>2–5	>1–2	>0,5–1	>0–0,5	0
G – Größe								
Ausreichend / gut ausgeprägt ¹	5	5	4	3	2	2	1	1
Durchschnittliche Ausprägung	5	4	4	3	2	1	1	1
Biotop meist zu klein und isoliert	4	4	3	2	1	1	1	1

F – Flächenanteil wertvoller Biotop einschließlich Naturschutzgebiete (pro Mikrogeochore):

G – Biotopgrößen / Isolation / Biotopverbund:

¹ i.d.R. ausreichende Größe der Biotop (in Bezug auf das biotopspezifische Minimalareal), Biotopverbund meist gut ausgeprägt (z.T. größere Waldgebiete, Flusstäler)

Tab. 3: Gesamtwert (Habitatfunktion) (aus BASTIAN u.a. 1999)

N – Natürlichkeitsgrad	G/F (aus Tab. 2)	5	4	3	2	1
Sehr hoch		5	5	5	4	4
Hoch		5	4	4	4	3
Mittel		5	4	3	3	2
Niedrig		5	4	3	2	2
Sehr niedrig		4	3	2	2	1

G/F – Zwischenwert (Tab. 2)

N – Natürlichkeitsgrad der Vegetation / Landnutzung (Dominanz- und Kombinationstypen)

Gesamtwert: 5 = Habitatfunktion sehr gut ...

1 = sehr schlecht ausgeprägt

5.2 Wasserhaushaltsbilanzierung: Analyse der Abflussbildung

Als Abflussbildung wird der Prozess der Transformation des Niederschlages in den Abfluss bezeichnet (DYCK u. PESCHKE 1995). In Abhängigkeit von klimatischen Größen, Boden- und Gesteinseigenschaften, Relief- und Oberflächenmerkmalen sowie Flächennutzung erfolgt diese Transformation in Direktabflüsse (Oberflächen- und Zwischenabflüsse) und Basisabflüsse (verschiedene Grundwasserabflüsse). Die Kenntnis der Abflussbildungsanteile ist u.a. wichtig für die Beurteilung von Grundwasserneubildung, Abflussregulationsvermögen, Erosion oder Stofftransport.

In Wassereinzugsgebieten können Abflussanteile und ihre Verweilzeiten durch Verfahren der Abflussganglinienanalyse (z.B. SCHWARZE 1985), durch tracerhydrologische Methoden (z.B. STICHLER u. HERRMANN 1982) oder Wasserhaushaltsbilanzen ermittelt werden. Für andere Bezugseinheiten (z.B. Naturräume) ist eine Berechnung über die Wasserhaushaltsgleichung (1) methodisch sinnvoll.

$$R_g + R_d = P - E_{Tr} - \Delta S \quad (1)$$

R_g: Grundwasserabflussbildung, R_d: Direktabflussbildung, P: Niederschlag, E_{Tr}: Evapotranspiration, ΔS: Speicheränderung

Große heterogene Räume lassen sich vorteilhaft über mittlere Wasserbilanzen beurteilen. Die Speicheränderung wird dann vernachlässigbar. Mittlere Bilanzen verallgemeinern zwar den Prozess der Abflussbildung relativ stark, bieten aber die Möglichkeit zu repräsentativen räumlichen Vergleichen.

Die Berechnung der mittleren jährlichen Abflussbildung für die Mikrogeochoren des Oberlausitzer Heide- und Teichgebietes basiert auf der Methode von DÖRHÖFER u. JOSOPAIT (1980) mit den Modifikationen von RÖDER (1992) und speziellen, für die Datenbasis entwickelten Überleitungsroutinen. Das Verfahren ist in seinen Grundzügen bereits zur Beurteilung heterogener Räume vorgesehen.

Generell wird zunächst die reale Verdunstung berechnet und über die Wasserhaushaltsgleichung zur Ermittlung der Gesamtabflussbildung benutzt. Anschließend wird ein Quotient ermittelt, mit dessen Hilfe der Gesamtabfluss in Grundwasser- und Direktabflüsse aufgespalten werden kann (vgl. Abb. 5).

Die Methode ist ausführlich in RÖDER (1992) beschrieben.

Nicht maßstabsadäquate Daten (z.B. Bodenmerkmale, Flächennutzung, Hangneigung) müssen mit geeigneten Mitteln aggregiert werden. Dazu wurde eine Excel-Kalkulation mit folgenden Schritten programmiert:

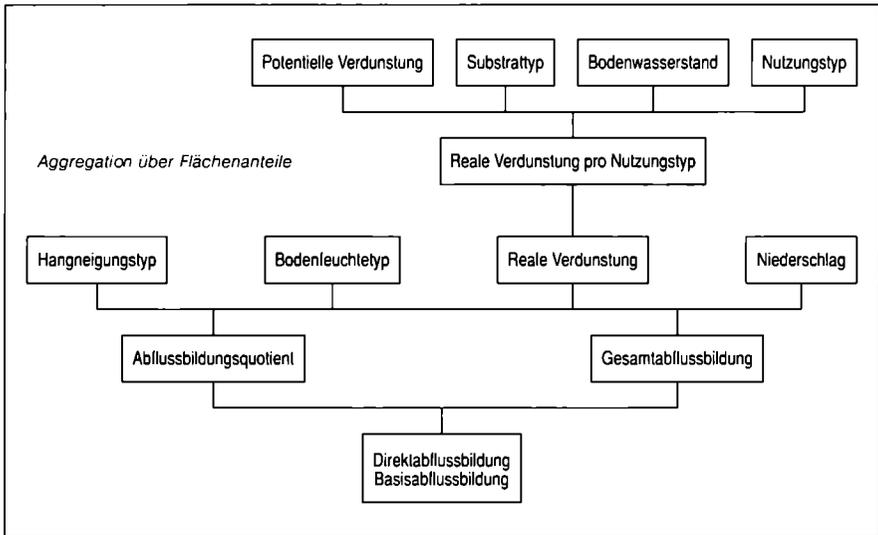


Abb. 5: Wasserhaushaltsbilanzierung für heterogene Raumeinheiten

1. Berechnung der realen Verdunstung für jede mögliche Kombination von Substrat- und Bodenfeuchtetyp für die verschiedenen Nutzungstypen jeder Raumeinheit unter den gegebenen Klimabedingungen,
2. Berechnung des gewogenen Mittels der Verdunstung jeder Raumeinheit nach den Flächenanteilen,
3. Ermittlung der Gesamtabflussbildung jeder Raumeinheit aus der Differenz von mittlerem jährlichem Niederschlag und mittlerer jährlicher Verdunstung,
4. Berechnung des Quotienten von Gesamt- zu Basisabfluss (A/A_u) für jede mögliche Kombination von Hangneigung und mittleren Bodenwasserständen (analog 1),
5. Berechnung des mittleren raumtypischen Abflussquotienten nach den Flächenanteilen der lokalen Abflussquotienten (gewogenes Mittel analog 3),
6. Berechnung der mittleren jährlichen Direkt- und Basisabflussbildung jeder Raumeinheit.

Die Ergebnisse sind in den Abb. 6 und 7 veranschaulicht. Der Basisabflussanteil entspricht der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung und ist vor allem von wasserwirtschaftlichem Interesse. Erwartungsgemäß sind in Räumen mit hohen Grundwasserständen (Flussauen, feuchte Niederungen und größere Teichgebiete) die Basisabflussanteile relativ gering, während auf trockenen Platten und im Bereich von flachen Rücken auch Werte über

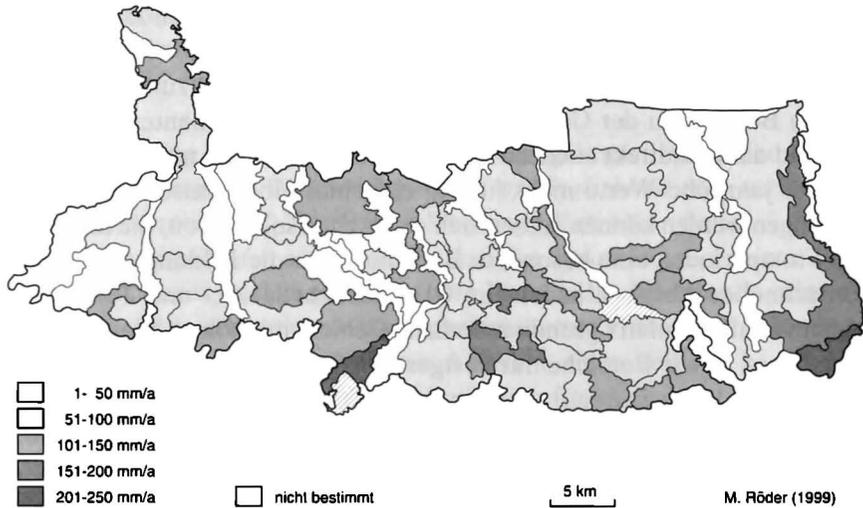


Abb. 6: Mittlere jährliche Grundwasserneubildung

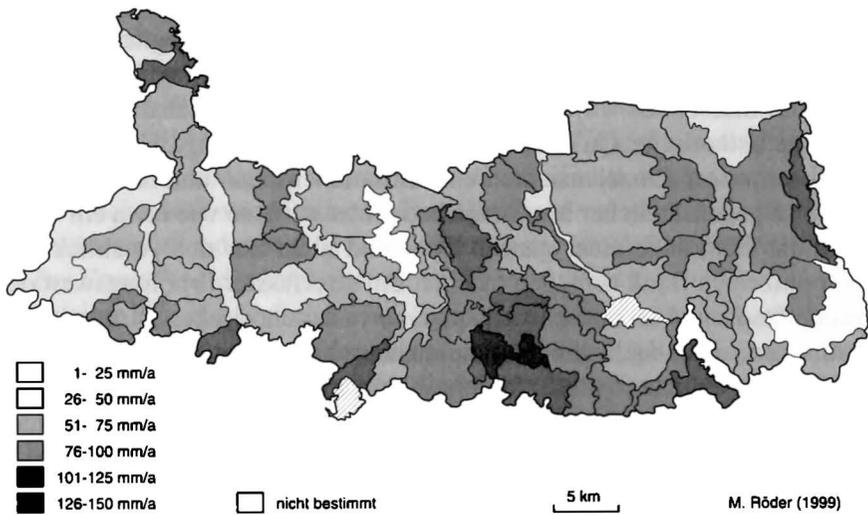


Abb. 7: Mittlere jährliche Direktabflussbildung

200 mm/a erreicht werden können. Die Verdunstung aus Gewässern entspricht in etwa den mittleren jährlichen Niederschlägen, dennoch ist deren Grundwasserneubildung nicht gleich Null, sondern wird durch Zuflüsse und Stauhaltung maßgeblich beeinflusst.

Über die Direktabflussbildung lassen sich Aussagen zum raumspezifischen Beitrag bei der Genese schneller Abflusskomponenten in Gewässern und damit indirekt auch zur Hochwasserproblematik machen. Obwohl mittlere jährliche Werte nicht für ein einzelnes Hochwasserereignis herangezogen werden können, lassen sich so Flächen selektieren, die außerhalb von Frostperioden eine besondere Bedeutung für die Bildung oder Retention schneller Abflüsse haben. Im Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet tragen vor allem relativ grundwassernahe Gebiete mit hohem Wasserbilanzüberschuss, sowie Bereiche mit Festgesteinsdurchragungen und stärkerem Relief (z.B. Hohe Dubrau) und die Stadt Hoyerswerda zu hohen Direktabflüssen bei. Aufgrund der sehr geringen Gesamtabflussbildung in den Auen bleiben deren Beiträge zum Direktabfluss gering.

Mit Hilfe von Abflussganglinienanalysen in repräsentativen Kleingebieten lassen sich die Ergebnisse überprüfen und ggf. verifizieren.

5.3 Bewertung mit Strukturmaßen: landschaftlicher Erholungswert

Der „landschaftliche Erholungswert“ soll für die folgenden Ausführungen auf seine landschaftlichen Merkmale, d.h. unter bewusster Außerachtlassung architektonischer, infrastruktureller und kultureller Ausstattungen bzw. Werte, beschränkt werden. Damit ergibt sich die Möglichkeit, vergleichbare Resultate zu ermitteln, ohne lokale Nutzerbefragungen durchführen zu müssen. Es wird sowohl die naturräumlich als auch die nutzungsbedingte ästhetische Qualität des Landschaftsbildes eingeschätzt, wobei statt bestimmter Einzelansichten eine Zusammenschau unterschiedlicher, teilweise gegensätzlicher Merkmale betrachtet wird, so wie etwa ein Wanderer die Eindrücke einer ganzen Tour und nicht nur den Ausblick von einer einzelnen Bank genießen möchte. Ein so erfasster Erholungswert der Gesamtlandschaft ist maßstabsadäquat *nur* in der chorischen Dimension zu bestimmen, denn nicht die Summe austauschbarer Objekte oder Bilder, sondern die charakteristische Synthese von ungestörten Erlebnissen, Begegnungen, Ansichten können Menschen dazu bewegen, eine Landschaft für längere Zeit zu besuchen, sich zu erholen oder sich mit ihr zu identifizieren.

Für diese Bewertung werden überwiegend strukturelle Parameter oder bereits vorliegende chorische Merkmale (vgl. SMU 1997) herangezogen. Unberücksichtigt bleiben herausragende Einzelelemente und subjektive Momente der „Schönheit“ als eigenständige Teilkategorie, die nur selektiv

in vergleichbarer Weise bestimmt werden könnten. In Anlehnung an HOISL u.a. (1992) wird mit den Kriterien „Eigenart“, „Vielfalt“ und „Natürlichkeit“ operiert, die recht gute Indizien für die „Schönheit des Landschaftsbildes“ abgeben. Die Voraussetzung für ein nachvollziehbares Verfahren sind geeignete, maßstabsgerechte Definitionen der drei Kriterien und ihrer Indikatoren.

In Anlehnung an den allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „Eigenart“ erfasst als *Verbindung von Ursprünglichkeit (des natürlichen und kulturhistorischen Erbes) und Einzigartigkeit einer Landschaft oder ihrer Bestandteile, die nicht durch sinnliche Belastungen beeinträchtigt wird*. Damit wird vermieden, entweder historische Situationen oder das aktuell „typisch gewordene“ Landschaftsbild zur Grundlage nehmen zu müssen, weil damit die subjektive Auswahl eines zeitlich bestimmten Ausgangsniveaus verbunden wäre. Vielfalt wird verstanden als *Anzahl und Verschiedenheit an (nicht störenden) Sichtbeziehungen, Einzelobjekten, Formen, Typen, sowie möglichen Aspekten und Ausprägungen des Landschaftsbildes, die nicht durch flächenhafte Verödung (Ausräumung, Strukturverarmung) beeinträchtigt werden*. Schließlich geht Naturnähe als *Kombinationswert auftretender Natürlichkeitsgrade der Flächennutzung* in die Bewertung ein.

Bei der Formulierung der Definitionen wurde besonderer Wert auf eine Differenzierung positiver und negativer Teilkriterien gelegt. Dies geschah deswegen, weil viele Befragungsergebnisse (z.B. in NOHL u. NEUMANN 1988) zeigen, dass Menschen in der Ablehnung störender oder beeinträchtigender Eindrücke eher übereinstimmen als in der Wertschätzung bestimmter Sachverhalte. Obwohl die „Geschmäcker“ also verschieden sind, kann somit ein relativ hohes Maß an intersubjektiver Gültigkeit erzielt werden. Die Bewertung erfolgt in nutzwertanalytischer Form durch die drei Kriterien, welche sich wiederum aus Einzelindikatoren zusammensetzen, die entweder positiv oder negativ (als Belastung des Landschaftsbildes) wirken.

Zur Ermittlung der landschaftlichen Eigenart wurden der Flächenanteil wertvoller Biotope der selektiven Biotopkartierung Sachsens und zur Ergänzung die Naturschutzflächen als positiver Indikator herangezogen, weil diese Areale die Einzigartigkeit, Bodenständigkeit, landschaftstypische Besonderheiten oder den kulturhistorischen Wert von Landschaftsausschnitten repräsentieren (vgl. LFUG 1993). Dabei ist nicht der naturschutzfachliche Wert dieser Flächen von Bedeutung, vielmehr wird das großflächige Fehlen solcher Landschaftselemente mit einem Verlust an landschaftlicher Eigenart im Sinne obiger Definition gleichgesetzt. Davon wurde ein integrierter Belastungswert abgezogen, der die visuell, akustisch und olfaktorisch (durch Immissionen) störende Wirkung technogener Groß-

objekte und Verkehrsanlagen zusammenfasst. Besonders hohe Werte bekamen nach diesem Kriterium die Teichgebiete Niederspree und Mönau, Räume entlang der beiden Spreearme sowie die Talsperre Quitzdorf. Vergleichsweise schlecht bewertet sind große Waldflächen (im Osten), wobei es sich teilweise um reine Kiefernforste handelt und die Gebiete mit Bergbau oder dichter Infrastruktur, z.B. an der Schwarzen Elster und bei Großdubrau.

Für die Bestimmung der landschaftlichen Vielfalt wurden als Indikatoren die Anzahl unterschiedlicher Flächennutzungstypen (positiv) und demgegenüber die Größenordnung ausgeräumter Ackerflächen (negativ) sowie die Anzahl auftretender Hangneigungsstufen (nur positiv) genutzt. Um Tieflandsgebiete mit allgemein geringeren Reliefunterschieden nicht generell zu benachteiligen, wurden auch bestimmte Anteile von Wasser- (> 5%) und Waldflächen (> 10%) als wertsteigernd neben den Neigungsstufen berücksichtigt. Großflächig ausgeräumte Ackerflächen bei Hoyerswerda, in der Aue des Weißen Schöps und im Baruther Becken müssen damit die schlechtesten Werte erhalten. Die größeren Heide- und Teichgebiete, wo aber auch geschlossene Forsten und großschlägige Ackergebiete auftreten, liegen bei mittleren Werten. Hoch eingeschätzt wurden vor allem die Dünen- und Altmoränenzüge im südlichen Bereich sowie solche Auen- bzw. Teichgebiete, die sich durch zusätzliche Waldflächen oder Reliefunterschiede auszeichnen (an Neiße, Schwarzem Schöps und Weigersdorfer Fließ).

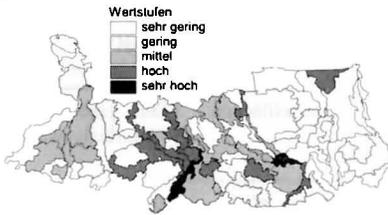
Der Natürlichkeitsgrad wurde von Bastian (vgl. 5.1) übernommen, wobei wieder zwei Teichgebiete herausragen. Ungünstig sind die Werte vor allem für Auen und für die Gebiete im Süden, u.a. wegen ihrer intensiven Agrarnutzung.

Da die Faktoren in gewisser Weise für sich selbst sprechen, zeigt Abb. 8 neben den aggregierten Werten auch die drei Teilergebnisse. Aus der Zusammenstellung der Kriterien und ihrer Definition ergibt sich eine relativ hohe Bewertung der wassergeprägten Naturräume. Vergleicht man jedoch Einheiten ähnlicher natürlicher Ausstattung (Niederungen, Terrassen, Auen) untereinander, so werden charakteristische Differenzierungen sichtbar, die – gemessen an selbst erlebten landschaftlichen Erscheinungen – plausibel sind. Dabei ist natürlich kein Wert einer subjektiven „Korrektur“ unterworfen worden.

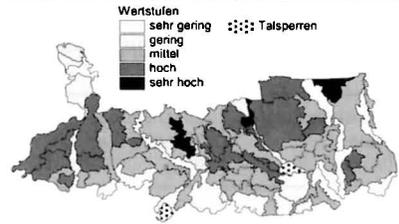
5.4 Weitere Regionalisierungsmöglichkeiten

Neben der bereits angesprochenen Methode zur Auswertung relativer Lagebeziehungen bei der teilräumlichen Vorgehensweise (4) bestehen viele andere Möglichkeiten zur Regionalisierung von Bewertungsverfahren.

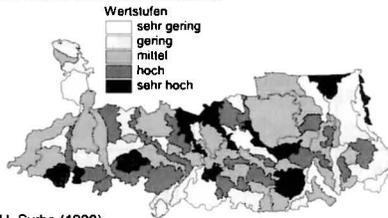
Eigenart der Kulturlandschaft



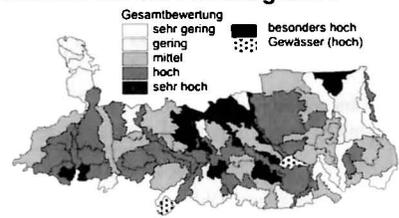
Natürlichkeit des Landschaftsmosaiks



landschaftliche Vielfalt



landschaftlicher Erholungswert



R.-U. Syrbe (1999)

10 km

Abb. 8: Landschaftliches Erholungspotential

Diese sind teilweise schon in einigen großmaßstäbigen Verfahren angelegt, die damit besonders interessante Grundlagen zur Regionalisierung darstellen. Dazu gehörten die „harte“ (räumliche) Kopplung von Landschaftsmodellen, wie sie etwa in Speicherkaskaden oder bei der dreidimensionalen Abflussmodellierung zu finden ist, aber auch „klassische“ geographische Modellansätze, die auf Entfernungs- und Lagefunktionen beruhen (z.B. Thünensche Ringe, Kostenoberflächen, Christaller-Netze). Schließlich lassen sich Methoden mit „weicher“ Logik, z.B. Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme oder Zelluläre Automaten für den Übergang auf höhere Abstraktionsebenen einsetzen, wenn die oben geforderten räumlichen Bezüge herstellbar sind. Letzeres demonstriert das Verfahren von WOLF (1996), wo mit Fuzzy-Zahlen unscharfe Erschließungs- bzw. Nachbarschaftswerte zur Baugrundbewertung genutzt wurden.

Damit gibt es für die Überleitung in den mittleren Maßstab gut geeignete Basisverfahren und -modelle; Tabelle 4 zeigt eine kleine Auswahl von Verfahren, die zu Regionalisierungen (für die angegebenen Bezugseinheiten) empfohlen werden können.

6 Schlussfolgerungen

Obwohl viele Landschaftsfunktionen erst in größeren Arealen wirksam werden, sind die meisten Bewertungsverfahren gezielt für kleinste Räume entwickelt worden. Heterogene Bezugseinheiten erfordern aber unbedingt

Tab. 4: Zur Regionalisierung geeignete Bewertungsverfahren (Auswahl)

Landschafts-funktion	empfohlene Ver-fahren für große Räume	Gültigkeitsbereich in Mitteleuropa	Regionalisie-rungsansatz	geeignete Bezugsein-heiten
Erosionswider-stand	2D/3D-Modell (SCHMIDT u.a. 1996)	Offenland	Einzelflächen	Einzugsgebiete von Kleinfließgewässern
Grundwasserneu-bildung	GEOFEM (GA-BRIEL u.a. 1986)	Festgesteine	teilräumlich, gesamträumlich	Lithofaziesseinheiten, Großlandschaften
	ABIMO (GLUGLA u. FÜRTIG 1997)	Lockergesteine (Tiefeland)	Einzelflächen	Rasterflächen, Natur-räume, Landschaften
Grundwasser-schutz	HÖLTING u.a. (1995)	Locker- und Festgesteine	teilräumlich	geologische Struktureinheiten
	ZEPP, in: MARKS u.a. (1992)	Lockergesteine, bodenbetont	Einzelflächen	Naturräume, Landschaften
Abflussregula-tion	Niederschlags-Abfluss-Modelle	Landflächen	gesamträumlich	Flusseinzugsgebiete
	ZEPP, in: MARKS u.a. (1992)	Landflächen	teilräumlich	Flusseinzugsgebiete, Naturräume, Landschaften
Habitatfunktion	Natürlichkeits-grad nach SCHLÜTER (1992)	Landflächen	teil- oder ge-samträumlich	Biotopkomplexe, Landschaftseinheiten
Baulandeignung	Fuzzy-Zahlen (WOLF 1996)	besiedelter Bereich	Einzelflächen	administrative Einheiten

auf größere Bezugsräume zugeschnittene Bewertungsverfahren. Um diese zu erarbeiten, steht nun eine Palette von Regionalisierungsmethoden zur Verfügung, die je nach Funktionscharakteristik angewendet werden können.

Zunehmend werden Bewertungsergebnisse größerer Räume in kleineren Maßstäben und für heterogene Bezugseinheiten erarbeitet. Damit ist ein hoher Abstraktionsgrad verbunden, wodurch zwar Überblicksinformationen bereitgestellt werden, aber keine konkrete Verortung kleinräumig differenzierter Aussagen möglich ist. Dieses Manko ist auszugleichen, wenn gleichzeitig mehr qualitative Ergebnisse und diese auch im weiteren räumlichen Zusammenhang dargestellt werden können. Damit ist es dann möglich, Gebiete zu ermitteln, die mit groben Angaben hinreichend beschrieben werden können und andere, wo weitere Detailuntersuchungen erforderlich sind. Die qualitativ-komplexen Aussagen dieser chorischen Dimension ermöglichen aber auch neue Anwendungen. Für ein räumlich orientiertes

Landschaftsmonitoring etwa dürfte die teilweise zufällige Varianz gravierender Veränderungen auf Einzelflächen, z.B. bei landesweiten Betrachtungen, mehr Verwirrung als Information bieten; generelle Aussagen bzw. Trends werden nur über entsprechend integrierte Werte erfassbar sein.

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund eines wachsenden Bedarfes an fachlich gut fundierten Analysen und Planungen für große Landschaftsräume (z.B. für Regionalplanung, Landesentwicklungsplanung, Landschaftsrahmenpläne und -programme) steigen die Anforderungen an adäquate methodische Ansätze und Verfahren. Allerdings überwiegen derzeit bei weitem kleinräumig gültige Daten, Modelle und Verfahren, die sich nicht ohne weiteres in andere Maßstabebenen übertragen lassen. Da die räumlichen Strukturen der Landschaft bestimmten Hierarchien unterliegen, müssen zweckmäßige Regionalisierungsansätze diese Gesetzmäßigkeiten berücksichtigen. Die unterschiedlichen Dimensionen landschaftlicher Strukturen, Prozesse und Funktionen sowie deren Dispositions- und Wirkungsbereiche erfordern differenzierte Methoden zur Regionalisierung von Analyse- und Bewertungsverfahren. Als Alternative zur einfachen Aggregation von Ergebnissen großmaßstäbiger Verfahren werden Möglichkeiten einer Maßstabsübertragung der Daten und Bewertungsprozeduren selbst behandelt. Exemplarisch wird das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet, ein Niederungsgebiet in Sachsen, vorgestellt und mit ausgewählten Verfahren bewertet. Die Ergebnisse können planerische Aussagen in mittleren Maßstäben unterstützen. Drei Beispiele werden ausführlich dargestellt, weitere Ansätze, die ebenfalls zur Regionalisierung bei Landschaftsbewertungen eingesetzt werden können, finden außerdem Erwähnung.

Literatur

- BASTIAN, O. 1997: „Gedanken zur Bewertung von Landschaftsfunktionen – unter besonderer Berücksichtigung der Habitatfunktion“. Berichte der A. Toepfer-Akademie für Naturschutz (NNA). Schneverdingen, S. 106–125.
- BASTIAN, O. u. G. HAASE 1992: Zur Kennzeichnung des biotischen Regulationspotentials im Rahmen von Landschaftsdiagnosen. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 1, S. 23–34.
- BASTIAN, O. u. M. RÖDER 1996: Beurteilung von Landschaftsveränderungen anhand von Landschaftsfunktionen. Untersuchungen am Beispiel zweier Testgebiete im sächsischen Hügelland. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 28 (10), S. 302–312.
- BASTIAN, O. u. M. RÖDER 1999: Analyse und Bewertung anthropogen bedingter Landschafts-

- veränderungen – anhand von zwei Beispielsgebieten des sächsischen Hügellandes. In: Haase, G. (Hrsg.): Beiträge zur Landschaftsanalyse und Landschaftsdiagnose. Leipzig, S. 75–149 (= Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, math.-nat. Klasse, Bd. 59, Heft 1).
- BASTIAN, O. u. K.-F. SCHREIBER (Hrsg.) 1999: Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. Heidelberg, Berlin. (1. Aufl., Jena u. Stuttgart: G. Fischer, 1994)
- BASTIAN, O., SYRBE, R.-U. u. M. RÖDER 1999: Bestimmung von Landschaftsfunktionen für heterogene Bezugsräume. Methoden und exemplarische Ergebnisse aus der Westlausitz. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 31 (10), S. 293–300.
- DÖRHÖFER, G. u. V. JOSOPAIT 1980: Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. In: Geologisches Jahrbuch C 27, S. 46–65.
- DYCK, S. u. G. PESCHKE 1995: Grundlagen der Hydrologie. 3. Aufl., Berlin: Verl. für Bauwesen.
- GABRIEL, B., ZIEGLER, G. u. H. JACOBS 1986: Das Festgesteinsmodell GEOFEMLAW als Grundlage für die neue Methodik der Grundwasserneubildungsberechnung im Festgestein. In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik 26 (11), S. 377–382.
- GLUGLA, G. u. G. FÜRTIG 1997: Dokumentation zur Anwendung des Rechnerprogrammes ABIMO. Mskr. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin.
- HAASE, G. 1978: Zur Ableitung und Kennzeichnung von Naturraumpotentialen. In: Petermanns Geographische Mitteilungen 112, S. 113–125.
- SMU (Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung) (Hrsg.) 1997: Naturräume und Naturraumpotentiale des Freistaates Sachsen. Dresden (= Materialien zur Landesentwicklung 2/1997).
- HOISL, R., NOHL, W. u. S. ZEKORN-LÖFFLER 1992: Flurbereinigung und Landschaftsbild – Entwicklung eines landschaftsästhetischen Bilanzierungsverfahrens. In: Natur und Landschaft 67 (3), S. 105–110.
- LFUG (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie) (Hrsg.) 1993: Biotopkartierung in Sachsen. Kartieranleitung. Radebeul.
- MANNSFELD, K. u. H. RICHTER (Hrsg.) 1995: Naturräume in Sachsen. Trier (= Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 238).
- MARKS, R., MÜLLER, M. J., LESER, H. u. H.-J. KLINK (Hrsg.) 1992: Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes. 2. Aufl., Trier (1. Aufl. 1989), (= Forschungen zur deutschen Landeskunde Bd. 229).
- NOHL, W. u. K.-D. NEUMANN 1988: Landschaftsbilder im Alpenpark Berchtesgaden. MAB-Mitteilungen 23.
- RICHTER, H. 1968: Naturräumliche Strukturmodelle. In: Petermanns Geographische Mitteilungen 112, S. 9–14.
- RÖDER, M. 1992: Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate für Planungen im Maßstab 1:50.000. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 24 (2), S. 54–57.
- SCHLÜTER, H. 1992: Vegetationsökologische Analyse der Flächennutzungs mosaik Nordostdeutschlands – Natürlichkeitsgrad der Vegetation in den neuen Bundesländern. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 24 (5), S. 173–180.
- SCHMIDT, D. 1998: Fuzzy Control Tools und Fuzzy Shells. In: GRABAUM, F. and U. STEINHARDT (Hrsg.): Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic. Leipzig-Halle: Umweltforschungszentrum, S. 87–92 (= UFZ-Bericht 6/98).
- SCHMIDT, J. u. a. 1996: Erosion 2D/3D. Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. Dresden.
- SCHRÖDER, W., VETTER, L. u. O. FRÄNZLE (Hrsg.) 1994: Neuere statistische Verfahren und Modellbildung in der Geoökologie. Braunschweig und Wiesbaden. (Reihe Umweltwissenschaften).

- SCHWARZE, R. 1985: Gegliederte Analyse und Synthese des Niederschlag-Abfluss-Prozesses von Einzugsgebieten. Diss. Univ. Dresden, Institut für Hydrologie und Meteorologie.
- STICHLER, W. u. A. HERRMANN 1982: Environmental isotopes as tracer in water balance studies of mountainous watersheds. In: Proceedings of Berne Symposium on Hydrological Research Basins, vol. 2, S. 357–368.
- SYRBE, R.-U. 1996: Fuzzy-Bewertungsmethoden für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung. In: Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 33, S. 287–316.
- SYRBE, R.-U. 1998: Fuzzy-Bewertungsmethodik für heterogene Naturräume – dargestellt am Beispiel der Erosionsbewertung im Westlausitzer Hügel- und Bergland. In: F. GRABAUM und U. STEINHARDT (Hrsg.): Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic. Leipzig-Halle: Umweltforschungszentrum, S. 145–206. (= UFZ-Bericht 6/98).
- SYRBE, R.-U. 1999a: Landschaftsmaße und ihre Aussagekraft auf der Basis geoökologischer Raumeinheiten im Biosphärenreservat „Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft“. In: WALZ, U. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung der Landschaftsstruktur. Dresden, S. 27–40 (= IÖR-Schriften, Bd. 29).
- SYRBE, R.-U. 1999b: Indikatoren der Landschaftsstruktur zur Erfassung und Bewertung des Landschaftswandels auf der Grundlage geoökologischer Raumeinheiten. In: U. STEINHARDT und M. VOLK (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie. Stuttgart, S.149–161.
- WOLF, W. 1996: Der Einsatz eines Fuzzy-Set-Modells für eine gebietliche Bewertung am Beispiel der „potentiellen Baueignung“. In: Geographische Informationssysteme 6, S. 19–26.