

## 1 Ökologische Landschaftsbewertungen - Entwicklung, Probleme, Beispiele

### 1.1 Entwicklung, Stand und Perspektiven der Landschaftsbewertung

*Eckhard Müller und Martin Volk*

#### 1.1.1 Einleitung

Das Spannungsverhältnis zwischen Beherrschung und Bewahrung der Umwelt läßt sich im abendländisch-christlichen Kulturkreis bis zu alttestamentarischen Quellen zurückverfolgen: 1. Mose 1.28. : „Seid fruchtbar und mehret euch und füllet die Erde und macht sie euch untertan,...“ und 1. Mose 2.15.: „ Und Gott der Herr nahm den Menschen und setzte ihn in den Garten Eden, daß er ihn baute und bewahrte.“ Hier können wohl die Wurzeln einer anthropozentrischen Umweltsicht gesehen werden. Mit spürbarer Inanspruchnahme der Landschaft bzw. ihrer Kompartimente durch den Menschen erfolgt zunehmend eine Bewertung ihrer Eignung, der Folgen ihrer Benutzung oder gar Ausbeutung bis hin zur Schutzwürdigkeit und Gestaltung, was durch die Komplexität der Landschaft eine besondere Problematik darstellt.

#### 1.1.2 Grundlagen für die landschaftsökologische Bewertung

Die Diskussion um den Begriff bzw. um die Definition von *Landschaft* prägte über Jahrzehnte hinweg die Entwicklung der Landschaftsökologie in der Geographie. Diese Diskussion hatte aber auch wesentliche Fortschritte für die Entwicklung der *Landschaftsbewertung*, bzw. der Frage nach dem *Wert der Umwelt*, als Kern der landschaftsökologischen Fragestellung zur Folge. Daher soll zunächst kurz auf das Verständnis von Landschaft und Bewertung eingegangen werden.

**Verständnis von Landschaft.** Einen wichtigen Punkt bildete bei der Diskussion um den Landschaftsbegriff die Frage, ob es sich bei der Landschaft um ein Individuum oder einen Typ handelt (vgl. PAFFEN 1953; SCHMITHÜSEN 1964). Für die Landschaftsphysiologie (PASSARGE 1912) bildete die Landschaft die Synthese einer Vielzahl von Einzelementen - in der Naturräumlichen Gliederung lehnte man sich dieser Vorstellung später wieder an. Die Synthese sollte somit auch für die Landschaftsökologie eine zentrale Bedeutung erlangen.

Ein weiterer wichtiger Faktor wurde innerhalb der Diskussion um den Landschaftsbegriff für die Geographie als "Raumwissenschaft" behandelt: die Dimension. TROLL (1950) definiert Kleinlandschaften als typische räumliche Anordnungen von Physiotopen- und Ökotope zu einem Mosaik, wobei bei dieser Definition die kleinsten räumlichen Einheiten (Physiotope und Ökotope) selber also nicht berücksichtigt werden. NEEF (1967a) stellt dem gegenüber, daß die Größe und die damit zusammenhängende Ausgliederung von Ganzheiten kein Definitionsmerkmal der Landschaft sein könne (vgl. auch CAROL 1957). NEEF (1967a) versteht unter Landschaft "einen durch einheitliche Struktur und gleiches Wirkungsgefüge geprägten konkreten Teil der Erdoberfläche". Diese Definition schließen sich wohl bis heute - mit geringen Abweichungen - die meisten Fachleute an, da sie in ihrer Aussage den Kern der landschaftsökologischen Betrachtungsweise trifft.

Es muß jedoch festgehalten werden, daß diese innerhalb der Geographie geführte Diskussion um ihren zentralsten Begriff bei den Nachbardisziplinen eher Verwirrung als Klärung herbeigeführt haben könnte (FINKE 1994). Aus diesem Grund sollte den Fragen der Allgemeingültigkeit, der zeitlichen Abhängigkeit und des Genauigkeitsanspruches von Bewertungen entsprechend den theoretischen Aussagen von NEEF (1967a): „ Geographische Landschaft ist ein *Kompositum*, ein sich aus *verschiedenen Bildungsprozessen* und *verschiedenen Kausalzusammenhängen* ergebendes materielles System.“ „ Alle geographischen Systeme existieren in *Raum* und *Zeit*.“ „ Alle geographischen Grenzen sind *Grenzen im Kontinuum*.“ „... sie sind *Linien* oder *Säume* des Gestaltwandels.“ Beachtung geschenkt werden.

**Verständnis von Bewertung.** Bewertung setzt das Vorhandensein eines wertenden Subjekts und eines bewerteten Objekts voraus, die miteinander in einer Beziehung stehen (in unserem Falle : Wechselwirkung Gesellschaft - Natur). Das Bewertungsobjekt (hier die Landschaft) wird in den meisten Fällen nicht in seiner Totalität sondern über ein Modell erfaßt. Diese notwendige Komplexitätsreduktion kann in einer Zeit- bzw. Kapazitätslimitierung, einer Erfassungs- und Erkenntnislimitierung des Subjektes begründet sein. Je nach Bewertungsziel kann derselbe Bewertungsgegenstand unterschiedliche Bedeutung haben. Eine sinnvolle Abstimmung des räumlichen Bezuges (Maßstab) ist erforderlich.

Wie jedes Lebewesen war und ist der Mensch auf seine Umwelt bzw. auf die Natur als Lebensraum angewiesen. Er nahm "*Bewertungen*" vor, in dem er "Gunst"-Orte auswählte, die ihm sein Überleben gewährleisteten und sein Dasein erleichterten, also einen besonderen *Wert*

für ihn darstellten. Die ständige Suche nach Verbesserungen und Erleichterungen hatte auch den stetigen Ausbau von Kommunikations- und Verbindungswegen zur Folge, so daß sich die Möglichkeiten des Handels, des gewinnbringenden Wirtschaftens entwickelten - und zu einer "schleichenden" *Änderung des Wertbegriffes* führten. Daher hatten bis in die 70er Jahre hinein Landschaftsbewertungen größtenteils das Ziel einer zweckmäßigen, ökonomischen Nutzung der Landschaft und waren auf Ertragssteigerung und effektiven Ressourcenabbau etc. ausgerichtet - dies führte unter anderem zu einer Intensivierung der Landnutzung. Wenig beachtet wurde dabei jedoch, daß die einseitige Nutzung großer Landschaftsteile die Funktionsweise von Ökosystemen stark beeinträchtigt und zudem negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild zur Folge hat.

Seit etwa den frühen 70er Jahre wurden verstärkt Verfahrensansätze für *ökologische Bewertungen* entwickelt. Dabei werden räumliche Strukturen, Nutzungen, Funktionen und Potentiale im Hinblick auf das Leistungsvermögen des Naturhaushaltes der Landschaft beurteilt. KIAS & TRACHSLER (1985) erwähnen allerdings, daß ökologische Bewertungsverfahren immer angreifbar sind, "da die wirklichen Systemzusammenhänge viel komplexer sind als ihre Abbildung im Bewertungsverfahren." Dadurch wird das Problem von Landschaftsbewertungen im allgemeinen deutlich, da sie immer mit anthropogenen Eingriffen in den Naturhaushalt in Zusammenhang stehen. Diese Eingriffe zwingen dann dazu, die im Sinne der Natur eigentlich "wertfreien" Ökosysteme zu *bewerten*.

### **1.1.3 Nutzungsbezogene Bewertung von Landschaftskomponenten**

Besonders Land- und Forstwirtschaft, Fachgebieten, in denen ökologisches Wissen zum Tragen kommt, entwickelten schon relativ früh sehr ausgefeilte Eignungsbewertungsverfahren (vgl. FINKE 1994). Diese Bewertungsverfahren waren jedoch eher auf ökonomische Aspekte orientiert. Auch die in den "reinen" Forschungseinrichtungen entwickelten Verfahren konzentrierten sich vorwiegend auf die *nutzungsbezogene Bewertung von Landschaftskomponenten*, wobei hier aber schon einige ökologische Sichtweisen einfließen.

Zur Bewertung der aufgrund ihrer Eigenschaften als Steuergröße im Landschaftshaushalt wichtigen Komponente *Relief* wurden von den 60er bis in die 80er Jahre hinein zahlreiche Ansätze entwickelt. Dabei handelt es sich um Verfahren, die eine geomorphologische Charakterisierung von Gebieten (z.B. Landkreise) erlauben und eine (geomorphologische) Regionalgliederung ermöglichen. Hier ist hauptsächlich auf die Arbeiten von KUGLER (1977) zur

geomorphologischen Reliefcharakteristik und die Arbeiten zum DFG-Schwerpunktprogramm "Geomorphologische Karte 1:25.000 der Bundesrepublik Deutschland" (vgl. z.B. BARSCH et al. 1978) hinzuweisen. Beide Methoden ermitteln aus der genetischen und skulpturellen Erfassung des Georeliefs die für geoökologischen Fragestellungen relevanten Informationen, wobei sie mögliche Anwendungen für die Praxis geben. Als Beispiele seien hier die Beurteilung des Einsatzes moderner technischer Geräte in der Land- und Forstwirtschaft, der Disposition von Wirtschaftsflächen zur Bodenerosion, des Bebauungspotentials und die Dynamik zur Abflüßbildung genannt. Enthalten sind auch Bewertungen zur Erholungseignung hinsichtlich psychischer und physischer Reizwirkungen durch das Georelief. Trotz der Vereinfachungen und Systematisierungen der genannten Verfahren und der Forderung KUGLERS (1977) nach einer "geoökologischen Geomorphologie", wurden die Erwartungen der Autoren bezüglich einer vermehrten Anwendung geomorphologischer Kartenwerke in der Praxis größtenteils nicht erfüllt. Dies mag wohl an einer noch immer oftmals zu fachspezifischen Betrachtungsweise und schweren "Lesbarkeit" der Karten liegen (vgl. dazu auch FINKE 1980).

Die Landschaftskomponente *Boden* besitzt durch ihre Funktion als Lebensraum für Organismen und Pflanzen als Standort und Nährstofflieferant, Stofftransformator und Transportmedium, Filter und Puffer *die* zentrale Stellung im Landschaftshaushalt. NEEF, SCHMIDT & LAUCKNER (1961) bezeichnen daher zu Recht den Bodentyp, neben dem Bodenfeuchteregime und der Vegetation, als ein *ökologisches Hauptmerkmal (ÖHM)*". Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung des Bodens ist es nicht verwunderlich, daß schon früh ein ausgeklügeltes Bewertungsverfahren wie die *Reichsbodenschätzung* (1935 bis nach 1945) entwickelt wurde, die in der Literatur "als Vorläufer heute üblicher kombinierter Verfahren" angesehen wird. Dabei wurde nach einen einheitlichen Schlüssel (ROTHKEGEL 1950) eine umfassende Analyse und Bewertung des natürlichen Produktionspotentials durchgeführt und somit die landwirtschaftliche Anbaufläche des gesamten damaligen Deutschen Reiches erfaßt.

FINKE (1994) betont, daß die Ergebnisse der *Reichsbodenschätzung* "auch heute noch wesentliche Aussagen speziell zur bodenkundlichen, darüber hinaus zur allgemeinen landschaftsökologischen Situation eines Gebietes zu geben vermögen" (vgl. auch ARENS 1960, MERTENS 1964)". Wie Arbeiten z. B. von HEINEKE et al. (1986) zeigen, werden diese Daten auch zunehmend in digitalen Kartenwerken für ökologische Fragestellungen ausgewertet und verwendet. Dennoch zeigen BASTIAN & SCHREIBER (1994) Mängel bei der Verwendung der Bodenschätzung auf, die sich hauptsächlich auf die "fehlende Aktualität" der Bodenschätzung bezie-

hen. Aufgrund der mangelnden Laufendhaltung in den Neuen Bundesländern fehlt ihrer Meinung nach zwangsläufig der seither erzielte Erkenntniszuwachs. Damit bleiben die später durchgeführten Maßnahmen der Landeskultur (wie Boden-, Hydro- und Reliefmelioration) unberücksichtigt. Allerdings wurden bis in die 70er und 80er Jahre standortkundliche Ergänzungen der Bodenschätzung (inklusive Geländeerhebungen) durchgeführt. In den alten Bundesländern ist sie durch von Finanzamt bestellte Bodenschätzer bis heute fortgeführt und aktualisiert worden.

In der DDR wurde mit der *Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK)* (1976 bis 1982) versucht, Beurteilungsgrundlagen für eine standortgerechte Bodennutzung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche zu schaffen. Durch die Ergebnisse der MMK lassen sich heterogene Standortseinheiten durch die Substrat-, Boden- und Bodenwasserverhältnisse, die Struktur der Bodendecke und der Reliefverhältnisse charakterisieren (vgl. z. B. SCHMIDT & DIEMANN 1981) und Bewertungen für die Planung der industriemäßigen Pflanzenproduktion ableiten (LIEBEROTH 1980).

1952 beginnend wurde die *forstlichen Standortskartierung* (der DDR, Maßstab 1:10.000, KOPP 1975, SCHWANECKE 1983) durchgeführt, wobei die dargestellten forstlichen Standortformen auf der Verknüpfung von Boden-, Substratwasser-, Relief- und Klimaformen beruhen und Zusammenhänge mit der Vegetationsform herausgearbeitet werden. In den Erläuterungen werden wichtige Kennwerte und Zusammenhänge dieser Komponenten dargestellt. Ziel der forstlichen Standortserkundung ist es, im weitesten Sinne eine Beurteilungsbasis für die standortgerechte waldbauliche Planung (Baumwahl nach Bestockungszieltypen, Aufforstungsverfahren, Düngungsempfehlungen, Meliorationen), also vorrangig zum biotischen Ertragspotential bereitzustellen. Leider hat sich die Forstliche Standortskartierung in den einzelnen Ländern eigenständig entwickelt und trägt „trotz einer Kartieranleitung des AK Standortskartierung weiterhin sehr individuelle, länderbezogene Züge“ (BASTIAN & SCHREIBER 1994).

Rein auf die Erfassung der natürlichen Ressourcen (Rohstoffe) zielt dagegen die Naturraumpotentialerfassung von DANIELS & LÜTTICH (1982) sowie die Kartierung der Geologischen Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland (vgl. auch BARSCH & RICHTER 1983). Das dies nicht immer vorteilhaft ist, zeigen z. B. die landschaftsökologischen Probleme in den Braunkohletagebaugebieten der ehemaligen DDR. Auch mit dem Abbau von Baustoffen und

anderer natürlicher Ressourcen sind eine Reihe unmittelbar landschaftsökologisch relevanter Begleiterscheinungen eng verknüpft.

Neben ihrer Bedeutung als Rohstofflagerstätten haben *Böden und Gesteine* durch ihre Durchlässigkeit gegenüber Schadstoffen aber auch für die Auswahl von Deponiestandorten eine besondere Bedeutung. Die fachlichen Diskussionen und Auseinandersetzungen um Vermeidung und Verwertung des immer stärker steigenden Abfallaufkommens, um geeignete Deponiestandorte, in Zusammenhang damit das sich im Laufe der Jahre herausbildende Umweltbewußtsein der Gesellschaft, führten schließlich zur Entwicklung der Technische Anleitung (TA) Abfall (01.04.1991) und der TA Siedlungsabfall (14.05.1993). Diese Anleitungen setzen die strenge Kriterien für die Einrichtung von oberirdischen Deponien fest.

In *Oberflächengewässern, Bodenwasser und Grundwasser* laufen die wesentlichen Stoff- und Energietransporte zwischen den landschaftlichen Ökosystemen ab (vgl. z. B. HERMANN 1977). Eine Übersicht der aufgrund der ökologischen Bedeutung großen Fülle an Verfahren und Parameter, die zur Charakterisierung von Morphometrie, Hydrologie, Einzugsgebiet und Belastung der Gewässer herangezogen werden, ist bei BASTIAN & SCHREIBER (1994) dargestellt. Diese Verfahren und Parameter werden auch zur Einschätzung der Wasserqualität sowie der Belastung und Belastbarkeit herangezogen und sind z. T. in den Verfahren zur Beschreibung von *Wassergüte bzw. ökologischem Gewässerzustand* enthalten. Als allgemein bei Gewässern anwendbare Verfahren wären zu nennen Arten-/Mannigfaltigkeitsindizes, Artenfehlbetrag, Halobienindex, Hemerobie und andere biologische Verfahren. Als bekanntester, fließgewässertypischer Güteparameter - neben dem Aussagewert von Einzelorganismen und dem Makroindex - kann wohl der Saprobienindex angesehen werden. Anhand von Bewertungstabellen läßt sich der ökomorphologische Natürlichkeitsgrad eines Fließgewässers beurteilen (vgl. WERTH 1987). GIESSÜBEL (1993) beschreibt ein auf den Naturschutz ausgerichtetes System zur Erfassung und Bewertung von Fließgewässerstrukturen aus Luftbildern. Die Beurteilung eines Sees oder anderen großen Stillgewässers kann über die Sauerstoffverhältnisse, Nährstoffbedingungen und über die in ihm lebenden Organismen erfolgen. Die Auswahl an weiterführender Fachliteratur zur Kennzeichnung von Oberflächengewässern ist fast unüberschaubar geworden, als Überblick seien mit SUCCOW (1991), FRIEDRICH & LACOMBE (1992), KLAPPER (1992) und SCHÖNBORN (1992) nur einige aufgeführt.

Das *Bodenwasser* erfüllt aufgrund seiner jahreszeitlichen Veränderlichkeit die bedeutende ökologische Funktion eines Reglers (z.B. Stofftransport). Aus diesem Grund wurden zahlreiche Verfahren zur Bestimmung bzw. Beurteilung der nutzbaren Feldkapazität des Bodens, des ökologischen Feuchtegrades, der Grundwasserneubildung, der Wasserdurchlässigkeit des Bodens etc. entwickelt. Dabei handelt es sich einerseits um Verfahren, bei denen diese ökologisch bedeutsamen Parameter im weitesten Sinne über das Substrat bzw. die Bodenart ermittelt (vgl. z.B. AG BODEN 1994, THOMAS-LAUCKNER & HAASE 1967) und je nach Parameter den Boden unterschiedlichen Zustandstufen zugeteilt werden (vgl. z.B. MARKS et al. 1992). Andererseits wurden Methoden entwickelt, die eine Ableitung wichtiger ökologischer Parameter des Bodens über Vegetationsaufnahmen erlauben, bzw. die Indikation von Bodeneigenschaften mittels ökologischer Zeiger- bzw. Weiserpflanzen ermöglichen (vgl. z.B. ELLENBERG 1991, KUNZMANN 1989).

Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der Bewertung der Komponente *Klima*. Neben rein klimatologischen Fragestellungen wird in den landschaftsökologischen Arbeiten versucht, die Wechselwirkungen des Klimas mit den anderen Teilen des Landschaftshaushaltes zu bestimmen und zu bewerten. In - im weiteren Sinne - bioökologischen (z. B. ELLENBERG 1982, SCHMITHÜSEN 1968), landwirtschaftlichen (z. B. UHLIG 1954), stadtklimatologischen Untersuchungen (z.B. ARBEITSGRUPPE FREIBURG 1974, JACOBEIT 1996) und im Rahmen von z. B. Erholungseignungsverfahren und anderen Planungsfragen (z. B. KNOCH 1963) werden Klimaelemente hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Nutzungseignung und/oder ihrer ökologischen Wirkung bewertet. Leider stehen Informationen z.B. zum Geländeklima für Planungen meist nicht zur Verfügung, eine Ausnahme bildet hier der Ballungsraum Ruhrgebiet (vgl. KLINK 1990, KVR 1990).

In bezug auf die Bewertung der Landschaftskomponente *Vegetation* sei als Beispiel auf die Arbeiten von SCHLÜTER (1985, 1991) verwiesen. Da die Vegetation je nach Art und Intensität der Nutzung und Belastung einen unterschiedlichen Natürlichkeitsgrad aufweist, der den Grad des menschlichen Einflusses auf Ökosysteme aufzeigt, ist sie bedeutungsvoll für die ökologische Bewertung von Ökotypen bzw. Landschaften. Die von SCHLÜTER (1991) verwendete neunstufige Skala des Natürlichkeitsgrades der Vegetation ermöglicht eine vegetationsökologische Bewertung der Auswirkung aller Nutzungsarten verschiedener Intensität auf die Vegetation für Flächen einheitlicher Nutzung und deren Kartierung in großen Maßstäben. Unter Verwendung von Flächennutzungskarten, Luft- und Satellitenbildern ist jedoch auch die

Erfassung und Kartierung des aktuellen ökologischen Vegetationszustandes mit vertretbarem Aufwand für größere Gebiete möglich.

Gemäß z.B. UVP-Gesetz, Bundesnaturschutzgesetz ist es gesetzlich vorgeschrieben, *Tiere* in ihrer Rolle als Indikatoren bestimmter Umweltzustände stärker in landschaftsökologische Arbeiten einzubeziehen. Neben ihrer Mobilität, ihrer versteckten Lebensweise und ihre oftmals unbekanntem ökologischen Ansprüche im Vergleich zur Vegetation ist es jedoch "bedingt durch die große Artenvielfalt sowie finanzielle, personelle und zeitliche Schwierigkeiten i.d.R. ausgeschlossen, selbst für kleine Areale einen annähernd umfassenden Überblick über die Tierwelt zu bekommen. Deshalb muß man stellvertretend bestimmte Arten- oder -gruppen auswählen" (vgl. BASTIAN & SCHREIBER 1994, ZUCCHI 1990). Umfassende Darstellungen zu den methodischen Standards zur Erfassung von Tierartengruppen bei ökologischen Gutachten liefern z. B. TRAUTNER (1992) und REINKE (1993). LESER (1991b) kritisiert an den Bewertungsverfahren, daß sie sehr selektiv ansetzen und damit die Gesamtraumfunktion weder erfassen noch darstellen können. FINKE (1994) weist jedoch darauf hin, daß dies jedoch von den "Bewertern" "sogar ausdrücklich angestrebt" wird, da nur das erfaßt, bewertet, gewichtet und zu einer Gesamtaussage aggregiert wird, was im Sinne der jeweiligen Fragestellung relevant erscheint. Er weist aber auch darauf hin, daß verbesserte Kenntnisse über den gesamten Systemzusammenhang zur Auswahl der richtigen Indikatoren und zu deren Verknüpfung zu einem Urteil über Eignung, Schadwirkung, Gefährdung, Schutzwürdigkeit, u.s.w. benötigt werden.

### **1.1.4 Integrative Bewertung landschaftshaushaltlicher Funktionen und Potentiale**

Im Sinne von LESERS (1991b) Kritik, also hin zu einer Erfassung und Bewertung der Gesamtraumfunktion, wurde bereits in den frühen siebziger Jahren immer stärker gefordert, in bezug auf die Prioritäten der räumlichen Entwicklungen auch die ökologischen Gegebenheiten in Bewertungen und Planungen miteinzubeziehen (vgl. BUCHWALD & ENGELHARDT 1980).

Aufbauend auf der Übernahme des Potentialbegriffes in die Landschaftslehre (Landschaftspotential) durch NEEF (1966, 1969) erfolgte durch HAASE (1978) eine Differenzierung spezifischer Leistungsmöglichkeiten des Naturraumes in sogenannte partielle Naturraumpotentiale (biotisches Ertragspotential, Wasserdargebotspotential, Entsorgungspotential, biotisches Regulationspotential, geoenergetisches Potential, mineralisches Rohstoffpotential, Bebauungs- und Rekreationspotential). Für zahlreiche Beispielsbearbeitungen seien stellver-

trechend genannt: Bebauungspotential (HRABOWSKI 1978), Entsorgungspotential (WEDDE 1983), Wasserdargebotspotential (MÜLLER 1984). MANNSFELD (1983) schlägt einen Algorithmus zur Bestimmung der Naturraumpotential-Eigenschaften von Landschaftsräumen vor, der von der Auswahl der Indikatoren über deren Bewertung bis hin zur Ermittlung von Eignungsrangfolgen von Naturraumeinheiten für ein partielles Naturraumpotential reicht. Potentialvergleiche (BARSCH & SCHÖNFELDER 1983) erlauben Aussagen zu Formen der Mehrfachnutzung und möglichen Konflikten.

**Landschaftsfunktionen.** Als Grundlage für die Landschaftsbewertung können auch die *Natur-* oder *Umweltfunktionen* angesehen werden. DE GROOT (1992) definiert sie als die Kapazität natürlicher Prozesse und Komponenten, Waren und Leistungen bereitzustellen, die menschliche Bedürfnisse direkt oder indirekt erfüllen. Dabei unterscheidet er die "*Naturfunktionen*" in die vier Kategorien Regulationsfunktionen, Trägerfunktionen, Produktionsfunktionen und Informationsfunktionen. Diese Kategorien werden jeweils mit mehreren Funktionen beispielhaft belegt.

Nach BASTIAN & SCHREIBER (1994) führt "erst die Integration [von naturräumlicher und landschaftsräumlicher Betrachtungsweise] dazu, die durch eine teilweise jahrhundertelange Nutzungstätigkeit der Gesellschaft geprägten Naturräume als Landschaftsräume anzusprechen und Landschaftseinheiten als synthetische Einheiten zur Bestimmung der Funktionsfähigkeit zu verwenden." Der Bewertung der Landschaftsstruktur entstammt die Bezeichnung *Landschaftsfunktionen*. BASTIAN (1991) untergliedert folgende Funktionsgruppen: Produktionsfunktionen (ökonomische Funktionen), Regulationsfunktionen (ökologische Funktionen) und Lebensraumfunktionen (soziale Funktionen), die er weiter untergliedert, so daß die "einzelnen Wirkungs- und Wechselbeziehungen zwischen den Nutzungsanforderungen einerseits und der Landschaftsstruktur andererseits erkennbar werden".

Nach MARKS et al. (1992) setzt sich das Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes aus der Summe seiner *Funktionen* und Potentiale zusammen. Dabei schlagen sie vor, grundsätzlich für die Aufgaben und Leistungen des Landschaftshaushaltes den Begriff "Funktion" (Boden/Relief, Wasser, Klima/Luft, Biotische Funktion, Erholung) zu benutzen, während der Terminus "Potential" auf das "Naturraumpotential" und reale Objekte (z.B. Relief der Landschaft) beschränkt bleiben, bzw. wegen seiner Ressourcenorientiertheit (vgl. DANIELS & LÜTTICH 1982) und der dadurch bedingten Verwechslungsmöglichkeiten bei ökologischen

Bewertungen und Planungen nicht mehr verwendet werden sollte (vgl. dazu auch BASTIAN & RÖDER 1996). Insgesamt ist bei allen Autoren eine weitgehende Übereinstimmung der Funktionsgruppen zu erkennen, jedoch hinsichtlich der weiteren Untergliederung, der "Auswahl von Bestimmungsmerkmalen, der Maßstabsbezogenheit der Datenquellen und dem jeweiligen Verwendungszweck des Interpretations- und Bewertungsergebnisses läßt sich gegenwärtig noch keine vereinheitlichte Herangehensweise erkennen" (BASTIAN & SCHREIBER 1994).

**Landschaftselemente, Landschaftseinheiten.** Die Typisierung, Charakterisierung und Einordnung von Landschaften unter Berücksichtigung der naturräumlichen Gegebenheiten und der Landnutzung sind Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Landschaftsentwicklung. Für die Einordnung und den Vergleich von Untersuchungsräumen werden Landschaften daher hierarchisch betrachtet. Diese Gliederung/Ordnung kann einerseits nach naturräumlichen Gegebenheiten erfolgen, andererseits ist sie auch unter der Berücksichtigung der Landnutzung möglich. So sind nach NIEMANN (1982) *Landschaftseinheiten* durch relativ stabile naturräumliche und anthropogene Faktoren abgrenzbare und in ihren Leistungen durch ein spezifisches Gefüge von Landschaftselementen gekennzeichnete Landschaftsausschnitte verschiedener Dimensionen. Die *Landschaftselemente* sind die kleinsten nach der Realnutzung, strukturellen Eigenschaften und gesellschaftlichen Auswirkungen noch abgrenzbaren Gegenstandsbereiche der Landschaft, wobei hier eine hierarische Untergliederung in homogene und heterogene Landschaftselemente in Erwägung gezogen wird. Im Gegensatz zu DE GROOT (1992), bei dem die Funktionen eher globalen Charakter tragen, sind für NIEMANN (1982) landschaftsökologische Funktionen identisch mit landschaftsökologischen Wirkungen in Verbindung mit Struktur und Lageeigenschaften - also mit konkreten Bezug zur Landschaft.

Etwa ab Mitte der siebziger Jahre erfolgte die Entwicklung von sog. "Multiverfahren", bei denen mehrere Nutzungsformen beurteilt wurden und in die nach und nach auch der Umweltschutzgedanke Eingang fand (vgl. BRAHE 1972, BISCHOFF, WELLER U. GEKLE 1974/75, BECHMANN 1977, MARKS 1979). Gegen Ende der Siebziger Jahre begann NIEMANN mit der Entwicklung eines *polyfunktionalen Bewertungssystems*. Dabei bezog er sich auf Landschaftseinheiten bzw. Landschaftselemente und erreichte damit eine Kongruenz zwischen Bewirtschaftungs- und Bewertungseinheiten. Trotz der Verwendung der Nutzwertanalyse integrierte er eine Vielzahl ökologischer Gegebenheiten. Obwohl auch hier der Nutzwert vorwiegend

durch ökonomische Gesichtspunkte definiert, ist die dabei erfolgte Integration von ökologischen Gegebenheiten (z.B. Regulationsfunktionen der Landschaft) in die Nutzenbetrachtungen als positiv zu werten, ökologische Bewertungsverfahren gewannen nun immer mehr an Bedeutung (vgl. z.B. BUCHWALD & ENGELHARDT 1980). Während die genannten Autoren bei ihrer Bewertung zumeist mit Hilfe einer Punktebewertung vorgehen (die allerdings nutzwertanalytische Ansätze enthält), so verwendete SPORBECK (1979) weiterhin die strenge Form der Nutzwertanalyse. Er analysierte und bewertete das physische Nutzungspotential zweier durch den Braunkohlebergbau beeinflusster Untersuchungsgebiete, sowohl vor dem Braunkohlenabbau als auch nach der Rekultivierung, für die Nutzungsformen Ackerbau, Forstwirtschaft und naturnahe Erholung. Auf Basis der Bewertungsergebnisse (Räume unterschiedlichen Eignungsgrades) und einem Potentialvergleich zwischen den beiden Zustandsstufen der Untersuchungsgebiete war es möglich, Wertsteigerungen bzw. -minderungen im Nutzungspotential zu ermitteln und differenziert nach den Teilkomplexen Boden, Relief und Geländeklima darzustellen. Insgesamt wurde durch die Studie jedoch deutlich, daß auch bei einem rein nutzungsorientierten Ansatz die Erfassung und die Bewertung des natürlichen Potentials nicht von einer wissenschaftlichen Disziplin allein bewältigt werden kann, sondern eine interdisziplinäre Aufgabe darstellt. ZANGEMEISTER (1973) und BECHMANN (1978) entwickelten das mathematische Bewertungsmodell der *Nutzwertanalyse 1. und 2. Ordnung*. Dieses Modell sollte eine Quantifizierung der Erholungsbewertung ermöglichen, um sie damit objektiver zu gestalten. Nach FINKE (1994) "wächst die Kritik an der in der Ökonomie entwickelten Nutzwertanalyse, die streng methodisch auf ökosystemare Zusammenhänge gar nicht angewendet werden dürfte". Daher rückte man auch von der reinen Anwendung der Nutzwertanalyse in der Folgezeit wieder ab (vgl. LESER & SCHMIDT 1981).

**GIS-gestützte Verfahren.** Mit der rasanten Entwicklung und Verwendung von Computern und Softwaresystemen, insbesondere von Geoinformationssystemen und deren Kopplung mit modernen Methoden der Landschaftsbewertung wächst die Hoffnung, immer komplexere landschaftsökologische Sachverhalte zu bearbeiten. Dadurch scheint es in Zukunft möglich zu sein, den Handlungsbedarf zur Verbesserung der ökologischen Situation - unter Einbeziehung der ökonomischen Interessen und Bedürfnisse - in Landschaftseinheiten besser herauszuarbeiten.

Schon relativ früh suchte man eine Möglichkeit, die Analyse des Einflusses und der Funktion des Partialkomplexes *Relief* durch Digitale Geländemodelle rechnergestützt zu erleichtern, da großräumige Betrachtungen des Reliefs meist mit zeitaufwendigen Kartierungen und Feldstudien verbunden sind. STROBL (1988) stellt aus "geographisch-landschaftsökologischer Sicht" (LESER 1991a) die Einsatzmöglichkeiten von DGM unter geomorphologischem, klimatologischem, hydrologischem und landschaftsökologischem Aspekt heraus. Trotz der heute reichlich vorhandenen Software stellt noch immer die Erstellung, Verfügbarkeit und die Genauigkeit von Digitalen Geländemodellen ein sehr großes Problem dar, was auch die Einbindung in landschaftsökologische und landschaftsplanerische Untersuchungen und Bewertungen einschränkt (vgl. VOLK & STEINHARDT 1996). KÖTHE & LEHMEIER (1993) entwickelten ein System zur Automatischen Reliefanalyse (SARA) für DGM, welches eingeschränkt auch Eingang in die Praxis gefunden hat. Im optimale Falle erlauben Digitale Geländemodelle (integriert in GIS) - neben der Visualisierung von Landschaftsstrukturen (vgl. SUTER et al. 1996) - die Analyse und Simulation der Reliefeigenschaften als wichtige Steuergröße im Landschaftshaushalt. Leider sind dabei auch Trends zu beobachten, die ausschließlich Visualisierungen verfolgen. Neben rechnergestützten Verfahren zur Analyse und Bewertung einzelner Partialkomplexe bieten sich Geoinformationssysteme jedoch für komplexe, integrative Bewertungsansätze an.

Der *integrative Ansatz* orientiert sich an Regelkreis- und Modellvorstellungen des Geo(öko)systems (vgl. MOSIMANN 1985; KLUG & LANG 1983). Ziel ist es dabei, in regionalen Ansätzen die Bereitstellung von Leistungen für Umweltschutz und Erholung sowie die gleichzeitige Versorgung mit Nahrungsmitteln und Umweltgütern besser zu verknüpfen (SRU 1996). BARSCH & SAUPE (1994) sehen in der modularen Integration landschaftsökologischer und sozioökonomischer Daten in die gebietliche Planung ein Mittel zur Verhinderung und Lösung von Nutzungskonflikten zwischen ökologischen und ökonomischen Interessen. An Beispielen wendeten sie für diesen komplexen, integrativen Ansatz (Funktionen und Potentiale) Bewertungsmethodiken in einem Geographischen Informationssystem (Arc/Info) in Verbindung mit digitaler Bildverarbeitung unter dem System Erdas Imagine Satellitenbildinterpretation) an. In Verbindung damit wurde zudem für die Integration von Meß- und Schätzwerten sowie die Anpassung verschiedener Verfahren an die zugrunde gelegte Bewertungsskala unter Berücksichtigung vorhandener Heterogenität der Flächen ein *Fuzzy-Set-Daten-Modell*

(Theorie der unscharfen Mengen) definiert, das auch bei unsicheren oder unvollständigen Datensätzen eine Bewertungsabschätzung erlaubt.

GRABAUM (1996a) entwickelte eine rechnergestützte Methode, bei der unter optimaler Berücksichtigung verschiedenartigster Ziele und Abwägung der ökologischen und ökonomischen Interessen Landschaftselemente einer Landschaftseinheit umgestaltet werden können. So kann z.B. die Landnutzung von ausgeräumten, überwiegend auf landwirtschaftliche Produktion ausgelegte Intensivagrarlandschaften (überwiegend Ackerflächen) durch ein derartiges Verfahren nach optimalem Kompromiß zwischen den vier Zielen Erosionsminderung, Beibehaltung der Abflußregulation, Verbesserung der Grundwasserneubildung und Beibehaltung der Produktion auch aus ökologischer Sicht optimiert werden (vgl. auch MEYER & GRABAUM 1997). Dieses Verfahren wurde auf topischem Niveau erprobt und erfordert zahlreiche, relevante Informationsebenen unterschiedlicher Art, die allerdings noch in den seltensten Fällen von größeren Arbeitsgebieten verfügbar, bzw. nur durch sehr großen Arbeitsaufwand zu erstellen sind.

#### **1.1.5 Systematisierung der verschiedenen Landschaftsbewertungsverfahren**

MARKS et al. (1992) zeigen auf, daß sich alle bisher entwickelten (ökologischen) Bewertungsverfahren sich auf vier "Verfahrensgrundmuster" zurückführen lassen. Verfahrensablauf und -grundmuster der verschiedenen Landschaftsbewertungsverfahren sind in HASE (1996) systematisierend zusammengestellt (s. Abbildung 1.1-1).

**Offene Probleme beim Bewertungsablauf und Perspektiven.** Bei der Betrachtung der Entwicklung und des heutigen Standes der landschaftsökologischen Forschung sind noch zahlreiche offene Probleme beim Ablauf von Landschaftsbewertungen erkennbar. Ein Hauptproblem besteht darin, daß es trotz der Entwicklung einer Fülle von Verfahren bisher noch kein Raum- und Landschaftsbewertungssystem gibt, das Allgemeingültigkeit besitzt (vgl. LESER 1991a). Die Erfassung, Bewertung und Abbildung ökologischer Phänomene kann auch immer nur unvollständig sein, da sie zu komplex sind und bisher längst nicht alle ökologischen Wirkungsgefüge ausreichend bekannt sind. Daher ist auch die "Aggregation mehrerer ökologischer Parameter in einzelnen Verfahren immer mit Unsicherheiten behaftet, da Wechselwirkungen nicht bekannt sind" (vgl. MARKS et al. 1992). Mit Recht weisen daher RICHTER et al. (1997) darauf hin, daß man bei der Untersuchung georeferenzierter Prozesse auf unterschiedlichen Maßstäben zu der Erkenntnis gekommen ist, daß nicht alle

landschaftsökologisch relevanten Prozesse exakt quantifizierbar sind. Selbst bei der Modellierung von physikalisch bekannten Prozessen (z. B. dem Wasser- und Stofftransport im Boden), ergibt sich in der landschaftsbezogenen Größenordnung das Problem der Unsicherheit der Modellparameter.

In bezug auf die Betrachtung und die Übertragbarkeit von Bewertungsverfahren auf unterschiedliche Maßstabsebenen, die eine zentrale Rolle sowohl in der Landschaftsökologie als auch in der raumplanerischen Praxis spielen, ist festzustellen, daß auch hier noch keine allgemeingültige Theorie existiert, "die eine Ableitung von Regeln für [z.B.] die *Regionalisierung* erlaubt" (vgl. RICHTER et al. 1997). Derzeit sind dabei zwei grundsätzlich verschiedene Ansichten zu verzeichnen: Einerseits wird versucht, Methoden zu finden, die eine Übertragung kleinräumig gültiger Aussagen/Methoden auf größere Areale mittels geeigneter Indikatoren oder Transferfunktionen erlauben ("upscaling"). Daher müssen noch immer für jeden Anwendungsbereich neue Transferfunktionen entwickelt werden. Aus Sicht der Bodenkunde scheint dieses Problem erfolgreich durch sogenannte "Pedo-Transfer-Funktionen" gelöst worden zu sein (vgl. TIETJE & TAPKENHINRICHS 1993). Andererseits wird die Meinung vertreten, daß spezifische Arbeitsweisen auf jedem Betrachtungsniveau erforderlich sind. Hier sollten zukünftige Forschungen ansetzen, um die Frage nach Verknüpfungspunkten zwischen diesen beiden Ansichten zu beantworten. Ungeachtet dieses Problems wäre es aber auf jeden Fall von Vorteil für die Methoden der Regionalisierung, wenn die Verwendung von unsicheren Daten verschiedener Skalenebenen gewährleistet wäre, da die räumliche und/oder zeitliche Auflösung der für die Untersuchungsgebiete verfügbaren Daten für die Bearbeitung der Fragestellungen einzelner Projektbereiche meist nicht ausreichend ist (vgl. auch MOEVIUS & MURSCHEL 1997). Hier ist der Einsatz von *Fuzzy-Set-Daten-Modelle* denkbar, deren mögliche Anwendung auch in diesem Band diskutiert wird.

Ein weiteres Problem besteht in der *Anwendbarkeit* von Verfahren, die in Forschungseinrichtungen ohne expliziten Praxisbezug erarbeitet wurden. So betont FINKE (1994), daß es sich bei der landschaftsökologischen Raumgliederungen von HAASE (1968) um eine der wenigen aus der Geographie handelt, die die Zielsetzung einer praktischen Verwendbarkeit in der Agrarplanung verfolgen. Im Gegensatz zur rein wissenschaftlich orientierten landschaftsökologischen Grundlagenforschung, die heute eine "holistische" Herangehensweise (Berücksichtigung so vieler ökologischer und ökonomischer Parameter bzw. deren Interaktionen innerhalb und zwischen Landschaftsökosystemen wie möglich) anstrebt, erfolgt im Rah-

men praxisorientierter Arbeiten bereits eine bewußte Auswahl der zu erhebenden Daten. Dabei wird sich auch aus Kosten- und Zeitgründen auf das Wesentliche beschränkt, wobei ökologische Gesichtspunkte dann oft vernachlässigt werden. KLEYER et al. (1992) bemerken dazu, daß die Landschaftsplanung deshalb so häufig in der Abwägung mit anderen Nutzungsinteressen unterliegt, weil der Nachweis der Beeinträchtigung von Umweltbelangen nicht flächenhaft, exakt und mit den wesentlichen Wechselwirkungen durchgeführt werden kann. Dazu führt allerdings KIEMSTEDT (1979) an, daß eine ökologische Orientierung der Raumplanung im Sinne einer umfassenden Steuerung ökologischer Gesamtsysteme den Handlungsrahmen unserer gesellschaftlich-politischen Verhältnisse überschreiten würde. So sind z. B. integrierte Ansätze in der Umweltleitplanung weder als klassische Raumplanung noch als Fachplanung definiert: Sie geht nach PETERS (1996, in DURWEN 1997) vielmehr vom Wirkungsgefüge aus, bewertet und definiert Umweltstandards. Innerhalb der planerischen Abwägung wird ein Optimierungsgebot formuliert, wobei örtliche und regionale Umweltleitpläne zu erarbeiten sind. Zudem stellt sich nach FINKE (1994) in der Praxis immer deutlicher heraus, daß Bewertungsverfahren "möglichst einfach und nachvollziehbar sein müssen, damit auch der interessierte Bürger die Ergebnisse rekonstruieren und damit begründete Entscheidungen nachvollziehen kann." Aus den o.g. gegensätzlichen Anforderungen wird deutlich, daß ein Kompromiß zwischen der "wissenschaftlich exakten, holistischen" Herangehensweise der Forschung und der "übersichtlichen, wirtschaftlichen und nachvollziehbaren" Methodik für den Anwender in der Praxis gefunden werden muß. Dieses Problem kann nur gemeinsam im Dialog zwischen Forschung und Planungspraxis gelöst werden.

Andererseits werden in den letzten Jahren auch in Ämtern und Behörden immer öfter Umweltinformationssysteme aufgebaut, die den Einsatz von Geographischen Informationssystemen zur Folge haben und auch Ansätze zu komplexeren landschaftsökologische Bewertungen zeigen (vgl. SENSTADTUM 1990, ANDERS 1997). Hier ist allerdings anzumerken, daß es gerade in der praktischen Anwendung aufgrund des Mangels an ausreichend qualifizierten Fachkräfte, die die z. T. hochkomplizierten Systeme bedienen können, noch Defizite gibt. Außerdem mangelt es häufig an Grundlagendaten, oder der vorliegende Datenbestand ist heterogen, weil er im Laufe der Zeit aus den jeweiligen Ansprüchen heraus entstanden ist, die untereinander unabhängig sind oder waren. Leider werden viele von diesen Datenbeständen nicht fortgeführt, bleiben also als einmalige Momentaufnahmen stehen. Hier bleibt zu hoffen,

daß im Laufe der nächsten Zeit die Datengrundlage verbessern wird und sich allgemeingültige, integrative Bewertungsverfahren durchsetzen werden. Dies setzt aber auch die tendenziell erkennbare Entwicklung von "bedienerfreundlicheren" Systemen voraus, wie dies z. B. mit den "kleineren Geschwistern ArcView vom hochkomplexen System ArcInfo" zu sehen ist (vgl. KRATZ & SUHLING 1997). Als Grundvoraussetzung ist zudem eine Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Ämtern, Behörden und Forschungseinrichtungen und damit in direktem Zusammenhang eine rechtliche Vereinfachung des erforderlichen Datenaustausches (vgl. DFG 1996) anzustreben. Festzuhalten bleibt auch, daß der Umfang der Realisierung von Bewertungsverfahren und Entwicklungsszenarien in der Praxis auch oft weniger wegen ihrer Ergebnisqualität als von ökonomischen Voraussetzungen und politischen Strukturen bestimmt wird (vgl. ROWECK 1995).

### 1.1.6 Ausblick

Im vorliegenden Artikel wurde versucht, aus der fast unüberschaubaren Fülle der Methoden die Entwicklung und den Stand der Landschaftsbewertung herauszukristallisieren. Neben den zahlreichen Problemen, welche die Anwendung der derzeit wohl zu recht favorisierten integrativen Bewertungsverfahren mit sich bringen, sind aber die Vorteile dieser Methode(n) im Sinne einer "holistischen" Herangehensweise nicht von der Hand zu weisen - wobei die Entwicklung allgemeingültiger Verfahren und Definitionen oberstes Ziel zukünftiger Forschungen sein sollte. Noch immer gilt hier die Feststellung von NEEF (1967b), wonach die Methodik einer wirklich wissenschaftlichen Synthese erst noch entwickelt werden muß. Integrative Verfahren versuchen, so viele ökologische und ökonomische Parameter bzw. deren Interaktionen innerhalb und zwischen Landschaftsökosystemen einzubeziehen - sich also so nah wie möglich der komplexen Wirklichkeit zu nähern. Da eine diesbezügliche Quantifizierung nicht bis ins Letzte möglich ist und auch von "der experimentellen Seite zur Modellierung oftmals nur unvollständige und/oder unpräzise Daten zur Verfügung stehen" (RICHTER et al. 1997) und nachhaltige Landschaftsentwicklung kompromißorientierte Entscheidungen erfordert, müssen neue Wege gefunden und beschritten werden. Die Entwicklung und Einbindung von mathematischen Verfahren in die Landschaftsbewertung wird hinsichtlich der Verwendung von unsicheren Datensätzen, der Kopplung ökologischer Modelle mit Geographischen Informationssystemen (vgl. z.B. JOHNSTON 1993) und zur Entscheidungsfindung in Zukunft unerlässlich sein, gerade im Hinblick auf die Übertragbarkeit von Bewertungsverfahren und Modellen auf kleinere Maßstabsebenen (Regionalisierung).

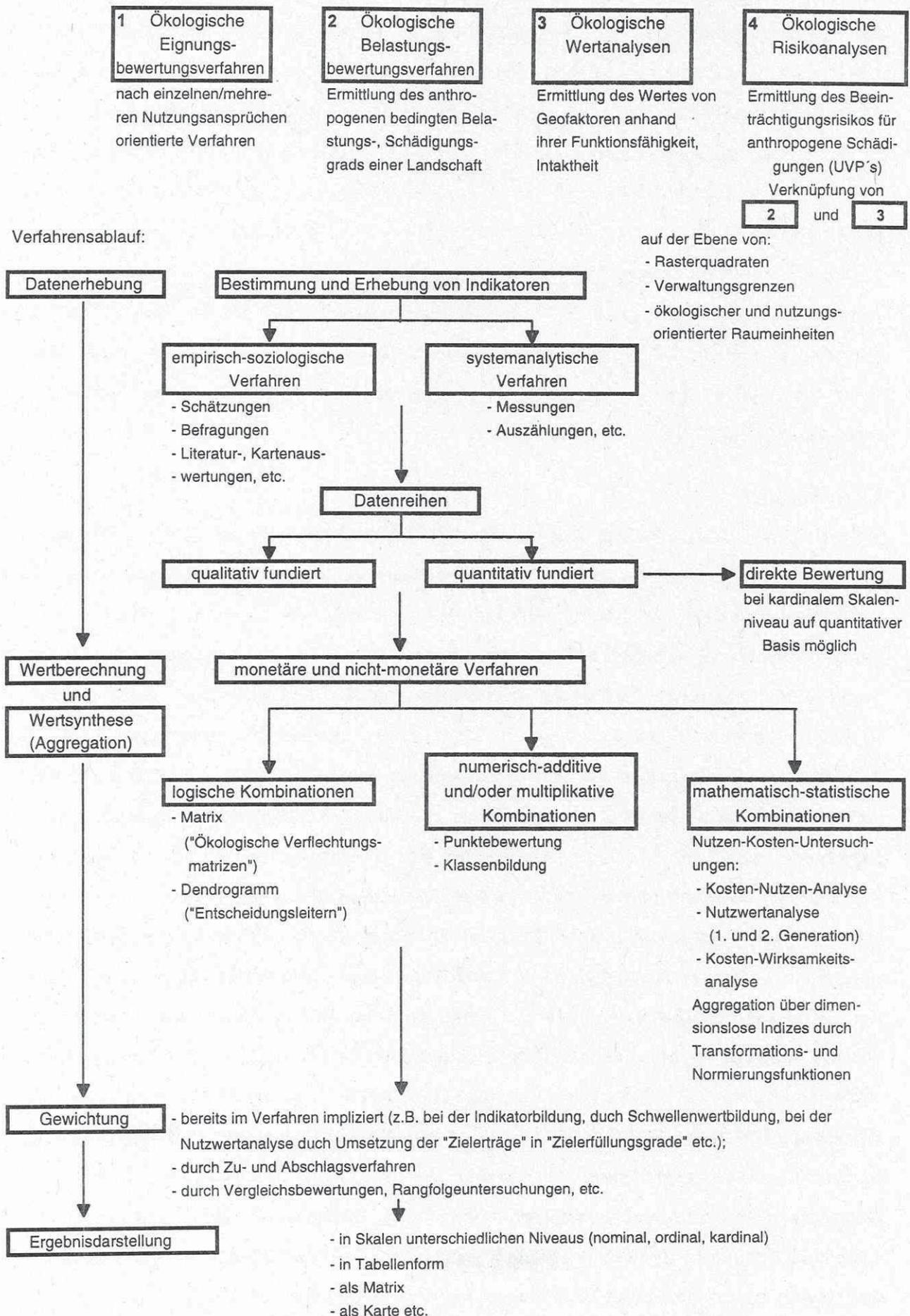


Abb. 1.1-1 Grundmuster ökologischer Bewertungsverfahren

# **Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic**

Ergebnisse des Workshops

**"Einsatzmöglichkeiten von Fuzzy Sets  
in der Landschaftsbewertung"**

vom 26. bis 28. Februar 1997

am UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Ralf Grabaum<sup>1</sup> und Uta Steinhardt<sup>2</sup> (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

<sup>1</sup> Projektbereich Naturnahe Landschaften  
und Ländliche Räume

<sup>2</sup> Sektion Angewandte Landschaftsökologie