

# DER WERT DER LANDSCHAFT

Rudolf Krönert, Ralf Grabaum, Burghard Meyer,  
Heidrun Mühle, Uta Steinhardt

Der Begriff der Landschaft ist vieldeutig und wird in vielen, nicht nur wissenschaftlichen Bereichen verwendet. In der Umgangssprache verstehen wir darunter unsere räumliche Lebensumwelt, oft eingengt auf die Landschaft außerhalb der Siedlungen, mit ihren Wäldern, Feldern, Seen und Flüssen, in der wir uns in der Freizeit und im Urlaub bewegen (Bild 1). Der wissenschaftliche Landschaftsbegriff umfasst die Ganzheit oder Totalität eines Erdausschnittes nahe der Erdoberfläche von der Gesteinsschicht bis zur unteren Atmosphäre einschließlich aller vom Menschen bewirkten Veränderungen in der Natur und im Naturhaushalt. Landschaften sind demzufolge außerordentlich komplizierte, offene Systeme mit einer Vielzahl von internen Wechselbeziehungen sowie Funktionen für die Gesellschaft. Die Gesellschaft und der einzelne Mensch stehen über die Inanspruchnahme von Naturressourcen und die Rückführung von Abprodukten sowie die tagtägliche Landnutzung vielfältigster Art mit der Landschaft in Wechselwirkung. Mensch und Gesellschaft tragen damit zur ständigen Veränderung (Entwicklung oder Zerstörung)



Bild 1: Kulturlandschaft  
(Foto: Heidrun Mühle, UFZ)

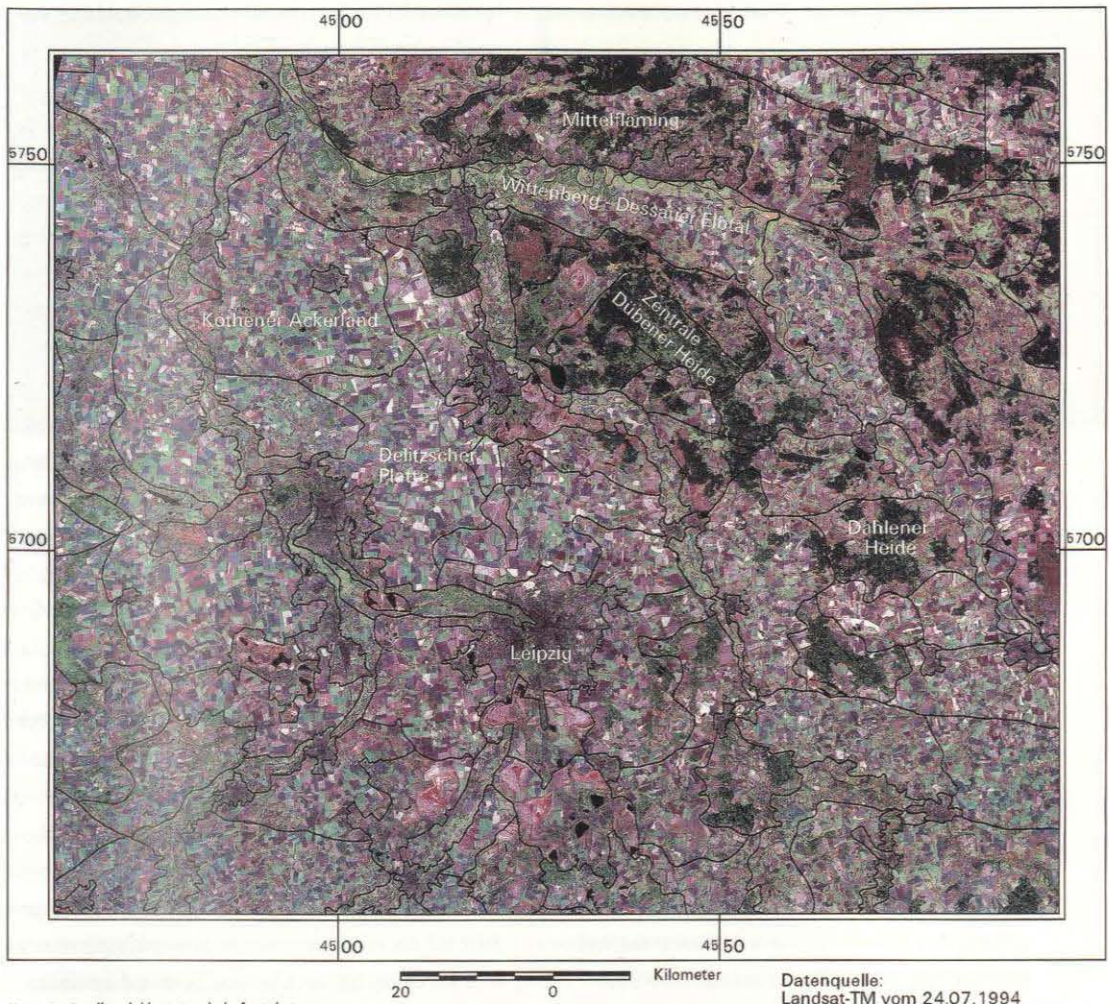
von Landschaften bei. Die Diskussion des Landschaftsbegriffs prägte über Jahrzehnte die Entwicklung der Landschaftsökologie. Infolgedessen konnten wesentliche Fortschritte in der Entwicklung der Landschaftsbewertung sowie der Frage nach der Beurteilung des Wertes der Umwelt erzielt werden.

## *Landschaftsbewertung*

Landschaftsbewertung ist die Beurteilung von Landschaftsausschnitten hinsichtlich ihrer Nutzungsperspektive und ihrer Reaktion auf die Nutzung. Es werden unter anderem Aussagen zum Natürlichkeitsgrad, zur Belastbarkeit, zur Stabilität und zum Rückkopplungsverhalten (Resilienz) bei Nutzungen getroffen. Landschaftsbewertung ist maßstabsabhängig und setzt die Bestimmung von räumlichen Bezugseinheiten und die Analyse ihrer Struktur und Funktionsweise voraus.

In der deutschen und internationalen Landschaftsforschung wurden in den vergangenen Jahrzehnten in erster Linie die vom Menschen überformten Naturkomplexe aus der realen Kulturlandschaft herausgelöst und in verschiedenen Maßstabebenen betrachtet. Dagegen beschäftigt sich der Forschungsansatz am UFZ (Sektion Angewandte Landschaftsökologie und Projektbereich Naturnahe Landschaften/Ländliche Räume) primär mit der Bestimmung von Untersuchungsobjekten in ihrer Kombination von naturräumlicher Ausstattung und anthropogener Überprägung in Gestalt der Landnutzung.

Entscheidende Fortschritte in der Landschaftsbewertung sind auf zwei Ebenen zu verzeichnen. Erstens im technisch-methodischen und zweitens im wissenschaftlich-methodischen Bereich. Beide Bereiche haben starke Anwendungsrelevanz in staatlicher Planung und Wirtschaft. Die technisch-methodischen Möglichkeiten der Landschaftsbewertung wurden in den letzten Jahren durch die Hard- und Softwareentwicklung revolutioniert. Völlig neuartige Möglichkeiten ergeben sich durch die Integration von Geografischen Informationssystemen, Fernerkundungsmethoden und mathematischen Methoden in die Bewertung (Landschaftsstatistik, multikriterielle Optimierung, Fuzzy Logic, Celluläre Automaten etc.). Im wissenschaftlich-methodischen Bereich wurden durch eine konsequente Integration der Landnutzung in die Bewertung



Karte 1: Satellitenbild mit Landschaftseinheiten

Datenquelle:  
Landsat-TM vom 24.07.1994  
Kanalkombination 5-4-3 (rot-grün-blau)

und durch die Verwirklichung des interdisziplinären Forschungsansatzes des UFZ unter anderem folgende Fortschritte erzielt:

1. die Ausgrenzung von Landschaftseinheiten und ihre landschaftsökologische Charakterisierung;
2. die Bewertung von Landschaftseinheiten mit unterschiedlichen Methoden und mathematischen Verfahren (Maßstab 1:100.000);
3. die Integration von Landschaftsstrukturanalysen in Bewertungsverfahren;
4. die Landschaftsbewertung auf der Basis von Landschaftselementen (Maßstab 1:10.000) für die standortkonkrete Anwendung und
5. die Integration von bewertungsbasierter multikriterieller Landschaftsoptimierung zur Entscheidungsfindung für begründete Landnutzungsänderungen.

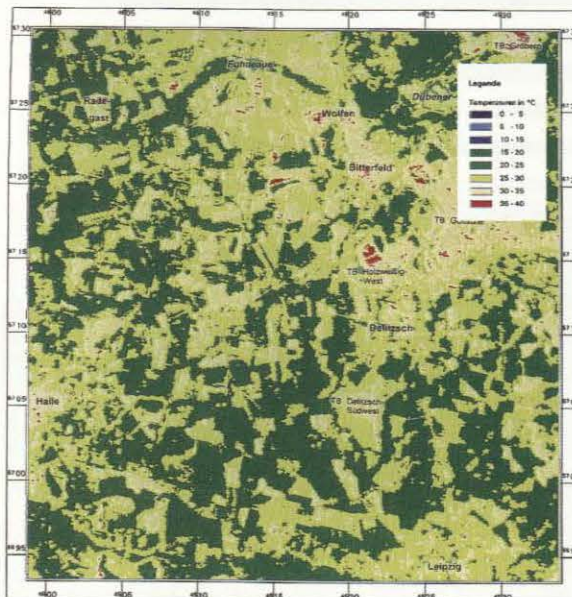
Die Ausgrenzung von Landschaftseinheiten erfolgt nach der Landnutzung, den Bodenformen, dem Relief und dem Klima. Eine Überlagerung der Landschaftseinheiten mit Satellitenfotos dient zur aktuellen Charakterisierung der Landnutzung dieser heterogenen Räume (Karte 1).

Landschaftseinheiten sind wichtige Bilanzräume für Planungen höherer Ebene. Tabelle 1 zeigt beispielhaft Grundgrößen des Wasserhaushaltes für Landschaftseinheiten. Der landschaftliche Wasserhaushalt und die daran gebundenen Stoffflüsse in der Landschaft werden ganz entscheidend von der Landnutzung bestimmt.

Landschafts-einheit	Landschafts-typ	Fläche in km <sup>2</sup>	Niederschlag (N) in mm	Evapotranspiration in % d.N.	Abfluss in % d.N.
Delitzscher Platte	Agrar-landschaft	270	589	76	24
Wolfen-Bitterfeld	Urbane Landschaft	36	592	59	41
Mosigkauer Heide	Forst-landschaft	63	590	80	20
Mittleres Elbtal	Auen-landschaft	347	613	89	11

Tab. 1: Grundgrößen des Wasserhaushaltes in ausgewählten Landschaftseinheiten

Deutlich sichtbar werden die Unterschiede im Wasserhaushalt zwischen Landschaftseinheiten unterschiedlicher Landschaftstypen. Die Verdunstung ist in der grundwasserbeeinflussten Auenlandschaft des mittleren Elbtales am höchsten, so dass nur ein geringer Teil des Niederschlages zur Abflussbildung bereitsteht. Wegen des hohen Versiegelungsgrades in Stadtlandschaften ist dort der Abfluss am höchsten und die Verdunstung am niedrigsten, wie am Beispiel der Stadtlandschaft Wolfen-Bitterfeld zu sehen ist. Unterschiede werden auch im Wärmehaushalt der Landschaftstypen offensichtlich. Die Wärmeinseln der Stadtlandschaften werden sehr prägnant durch die Strahlungstemperatur in Thermalaufnahmen aus der Luft oder von Satelliten aus abgebildet, während die Waldlandschaft



Karte 2: Strahlungstemperaturen

ten als kühle Räume mit relativ niedrigen Strahlungstemperaturen erscheinen (Karte 2).

Als Basis einer polyfunktionalen Bewertung wurde eine Gesamteinschätzung der Notwendigkeit von Maßnahmen zur Verbesserung des Naturhaushaltes für Agrarlandschaften getroffen [1]. Auf der Grundlage von 7 Indikatoren können regional unterschiedliche Handlungsnotwendigkeiten bestimmt werden (Tabelle 2). Je höher die Punktzahl, desto eher ist Handlungsbedarf vorhanden.

Ein Schwachpunkt dieser Methodik besteht darin, dass die zur Bewertung notwendigen Datengrundlagen häufig fehlen. Um dieses Problem der Datenlücken zu kompensieren, werden Bewertungsmethoden auf der Grundlage von Fuzzy Logic genutzt.

## Fuzzy Sets

Bei vielen zu bewertenden Bezugseinheiten handelt es sich um Landschaftsausschnitte, die hinsichtlich Flächennutzungsstruktur und naturräumlicher Ausstattung mehr oder weniger heterogen sind. Da die herkömmlichen Bewertungsverfahren jedoch nur auf homogene Areale anwendbar sind, wird zur Bewertung ein Datenmodell eingeführt [2], das es erlaubt, mögliche Schwankungsbreiten zu berücksichtigen und auch bei unsicherer und unvollständiger Datengrundlage Aussagen treffen zu können – das Modell der unscharfen Mengen (Fuzzy Sets).

Fuzzy Sets werden zur Merkmalsbeschreibung von thematisch abgegrenzten Landschaftsausschnitten und -typen eingesetzt. Auf diese Weise wird unscharfes Wissen direkt implementierbar, wobei für die einzelnen Faktoren nicht nur gemittelte Werte zugrundegelegt werden, sondern ihre Verteilung insgesamt erfassbar ist. Aus diesem Grund scheint der Weg der Anwendung von Fuzzy Sets bei derartigen Problemlösungen sehr erfolgversprechend, zumal derzeit in der landschaftsökologischen Forschung eine verstärkte Orientierung auf Problemlösungen für das prozessbezogene Forschen im mesoskaligen Bereich zu beobachten ist. Damit kann zugleich der praxisrelevanten Forderung nach Betrachtung von Räumen in planungsrelevanten Größenordnungen nachgekommen werden.

Im Ergebnis der Anwendung dieses Ansatzes auf die Bewertung des Geschützhitsgrades des Grundwassers in Abhängigkeit von Bodenart und Grundwasserflurabstand [3] beispielsweise wird nicht mehr wie bei der traditionellen Anwendung des Verfahrens jedem Bezugsraum eine konkrete

Nr.	Landschaftseinheit	WE	WI	BV	GW	OW	LB	BIO	Punkte	Bodenregion	Agrarregion
2807	Bad Schmiedeberger Hügelland	5	5	2	4	3	4	3	26	S	AFW
2809	Falkenberger Platte und Elbrandplatten	2	5	2	3	3	4	2	21	S	AFW
3127	Weißensefelder Lößhügelland	5	2	4	2	4	4	5	26	LÖ	A
3130	Delitzscher Platte	2	3	2	2	5	5	5	24	SL	A

S = sandbeeinflusste Region / SL = sandlößbeeinflusste Region / LÖ = Lößregion / A = Agrarlandschaft / AFW= Agrarforstlandschaft mit geringem Waldanteil  
 WE = Maßnahmen gegen Wassererosion / WI = Maßnahmen gegen Winderosion / BV = Maßnahmen gegen Bodenverdichtung / GW = Maßnahmen zum Grundwasserschutz  
 OW = Renaturierung von Oberflächengewässern / LB = Verbesserung des Landschaftsbildes / BIO = Biotopneuschaffung für Biodiversität / Punkte = Gesamtschätzung

Tab. 2: Gesamtschätzung der Notwendigkeit von Maßnahmen für eine ganzheitliche Naturhaushaltsentwicklung von Landschaftseinheiten

Wertstufe zugewiesen. Vielmehr wird der Grad der Zugehörigkeit, der sich zwischen 0 (nicht zugehörig) und 1 (vollständig zugehörig) bewegt, zu jeder der in diesem Fall fünf Wertstufen bestimmt (Tabelle 3). Die auf diesem Wege ermittelten Bewertungsergebnisse kommen der real vorhandenen Heterogenität in den Landschaftseinheiten dieser Größenordnung bedeutend näher als eine »klassische« Bewertung über Mittelwertbildung. Eine Differenzierung innerhalb einer Bewertungseinheit ist jedoch auf diesem Wege nicht möglich. Der Bearbeiter kann dem Anwender jedoch vermitteln, für welche Areale eher einheitliche Maßnahmen getroffen werden können und welche stärker differenziert betrachtet und behandelt werden müssen. Dafür sind dann entweder detailliertere Untersuchungen auf dem nächst niedrigeren Niveau der Betrachtung erforderlich oder man wählt den Weg der Typisierung der zu bewertenden Landschaftseinheiten, der es erlaubt, über bekannte korrelative Zusammenhänge solche differenzierenden Aussagen zu treffen.

### Multifunktionale Bewertung

Landschaftsstrukturanalysen verfolgen das Ziel, durch raumbezogene Quantifizierung von relevanten Landschaftsstrukturen (Biotoptypen, Böden, Gewässer) regionale Zielwerte eines notwendigen Landschaftsinventars zu bestimmen. Landschaftsstrukturen haben hohe Bedeutung für den Landschaftshaushalt und für Flora und Fauna (Biodiversität). Erst mit Kenntnis der Landschaftsstrukturen werden räumliche Bewertungen sinnvoll. Die Flächennutzung muss sich an den Grundstrukturen des Naturraums orientieren. Gerade in Agrarlandschaften besteht ein markantes Defizit an Landschaftsstrukturen (Bild 2).

Ein wesentliches Kriterium bei der Überführung von Bewertungsergebnissen in die Praxis ist die Berücksichtigung der Multifunktionalität der Flächennutzung. So können zum Beispiel intensive Ackernutzung und die Gewinnung sauberen Grundwassers sich gegenseitig ausschließen. Diesem Problem wird mit multifunktionalen Bewertungsmethoden Rechnung getragen. Die Landschaftsbewertung wird hierbei auf Basis sogenannter Landschaftselemente (kleinste Nutzungseinheiten, z.B. Ackerschlag oder Baumgruppe, Bild 3) standortkonkret angewendet. Dabei wird jede Bewertungsebene, wie Bodenerosion, Grundwasserneubildung oder Biodiversität einzeln bearbeitet. Karte 3 zeigt, wie unterschiedlich die Bodenerosionsgefährdung durch Wasser innerhalb eines Beispielraumes ausfällt.

Nr.	Landschaftseinheit	GWS 1	GWS 2	GWS 3	GWS 4	GWS 5
2806	Zentrale Dübener Heide	0	0,1	0,3	0	0
2813	Dahlener Heide	0,1	0,2	0,3	0	0
2904	Dessau-Magdeburger Elbtal	0,2	0,2	0	0,1	0
3105	Köthener Ackerland	0,1	0	0,1	0,2	0,2

Tab. 3: Bewertung der Grundwasserschutzfunktion (GWS) mit dem Minimumoperator (GWS 1 - geringer Grad der Geschüttheit des Grundwassers, ... GWS 5 - hoher Grad der Geschüttheit des Grundwassers)



*Bild 2: strukturarme Agrarlandschaft  
(Foto: Heidrun Mühle, UFZ)*

Die Integration zu einem multifunktionalen Bewertungsmodell [4] erfolgt mittels Geografischer Informationssysteme (GIS) durch Überlagerung der Bewertungsebenen und durch mathematische Verknüpfung von Zielen, die nach einem vorher erarbeiteten Leitbild bestimmt werden.

Darauf baut die multikriterielle Landschaftsoptimierung zur Entscheidungsfindung für begründete Landnutzungsänderungen auf [5]. Diese Methodik ermöglicht es, für einen Betrachtungsraum unabhängig von Konfliktzonen Landnutzungsänderungen zu ermitteln, die auf den Bewertungsergebnissen basieren. Dabei wird dem Nutzer die Möglichkeit variabler Zielvorstellungen (Szenarien) gegeben. Die Anwendung dieser Methodik eröffnet der Landschaftsbewertung neue Horizonte.

Karte 4 zeigt Landnutzungsoptionen einer Agrarlandschaft auf der Grundlage einer Optimierung von vier teilweise konträren Zielen (landwirtschaftliche Produktion, Erosionsschutz, Wasserrückhalt und Grundwasserneubildung).



*Bild 3: Landschaftsstrukturen in der Agrarlandschaft  
(Foto: Heidrun Mühle, UFZ)*

### *Ausblick*

Die hier beschriebenen Forschungsansätze werden am UFZ in zwei Forschungsprojekten weiterentwickelt und liefern damit einen Beitrag zur interdisziplinären Landschaftsforschung:

- »Gebietswasser- und -stoffhaushalt in der Lößregion des Elbeinzugsgebietes als Grundlage für die Durchsetzung einer nachhaltigen Landnutzung«
- »Einfluss der Landnutzung auf Landschaftshaushalt und Biodiversität in agrarisch dominierten Räumen«.

Zukünftige Schwerpunkte der Arbeit werden dabei die folgenden Themenbereiche bilden:

1. Integration sozio-ökonomischer Bewertungsansätze;
2. Verbindung von Landschaftsbewertung und Prozessforschung durch dynamische Modelle;
3. Weiterentwicklung der Landschaftsstatistik;
4. Weiterentwicklung der Bewertung heterogener Räume;
5. Ausbau der Kopplung von Fernerkundungsmethoden und GIS für Landschaftsmonitoring;
6. Überführung der naturwissenschaftlichen Forschung in landschaftsbezogene Umweltqualitätsziele und Leitbilder.



**Bodenerosionsgefährdung**

- |   |   |
|---|---|
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkgreen; border:1px solid black;"></span> Gering       | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; border:1px solid black;"></span> Stark erhöht        |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> Tolerierbar | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span> Extrem erhöht          |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Erhöht          | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightblue; border:1px solid black;"></span> Sonstige Flächen |

R. Grabaum & B.C. Meyer 1997

Karte 3: Untersuchungsraum Jesewitz (Sachsen): Bewertung des Bodenabtrags durch Wassererosion



**Landnutzungsoptionen**

- |   |  |
|---|--|
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkgreen; border:1px solid black;"></span> Wald, Gehölze      | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> Grünland u. Wald |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> Grünland          | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkblue; border:1px solid black;"></span> Gewässer     |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> Acker                 | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span> Siedlungsflächen  |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightgreen; border:1px solid black;"></span> Acker u. Grünland |  |

R. Grabaum & B.C. Meyer 1997

Karte 4: Untersuchungsraum Jesewitz (Sachsen): Landnutzungsoptionen als Ergebnis einer multikriteriellen Landschaftsoptimierung

Literatur

- [1] Meyer, B. (1997): Landschaftsstrukturen und Regulationsfunktionen in Intensivagrarlandschaften im Raum Leipzig-Halle. Regionalisierte Umweltqualitätsziele - Funktionsbewertungen - multikriterielle Landschaftsoptimierung unter Verwendung von GIS. UFZ-Bericht 24/1997, Leipzig.
- [2] Steinhardt, U. (1997): Methoden der Landschaftsbewertung für eine Optimierung der Landnutzung. In: Feldmann, R. et al. (Hrsg. 1997): Regeneration und nachhaltige Landnutzung. Konzepte für belastete Regionen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- [3] Marks et al. (1992): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes. Forschungen zur Deutschen Landeskunde, 229, Trier.
- [4] Grabaum & Meyer (1996): Szenarien zur Einschätzung der Bodenerosionsgefährdung durch Wasser mit GIS (ARG/INFO) am Beispiel des Untersuchungsgebietes Jesewitz/Sachsen. In: Geoökodynamik, 17, 45-67.
- [5] Grabaum, R. (1996): Verfahren der polyfunktionalen Bewertung von Landschaftselementen einer Landschaftseinheit mit anschließender »Multicriteria Optimization« zur Generierung vielfältiger Landnutzungsoptionen. Shaker Verlag, Aachen.

*English Abstract*

*The value of the landscape*

The concept of »landscape« is somewhat ambiguous and its usage is by no means restricted to the sciences. Used colloquially we take »landscape« to refer to our geographical surroundings, often limited to the landscape beyond built-up areas which contains woodlands, fields, lakes and rivers – a place where we mainly go in our spare time and on holiday (Fig. 1). The scientific term »landscape« spans the entirety or totality of a section of the earth near the surface from the stratum of rock to the lower atmosphere, including all changes to nature and the natural balance caused by mankind. Accordingly, landscapes are extraordinarily complicated, open systems with numerous internal interrelations and functions for society. Society and the human individual constantly interact with the landscape by virtue of the utilisation of natural resources, the return of waste products, and diverse daily land usage. Mankind and society thus contribute to the constant alteration (development or destruction) of landscapes. Discussion of the concept of »landscape« has for decades moulded the development of landscape ecology. Consequently, significant progress has been made in the development of landscape evaluation and in the assessment of the value of the environment.

# JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT

1996 - 1997

Gewässerforschung Magdeburg  
RS

Helmholtz-Zentrum für  
Umweltforschung GmbH - UFZ  
Zentralbibliothek  
Permoserstraße 15  
D - 04318 Leipzig

12-497 MA

## *Jahresbericht 1996-1997*

### *Herausgeber:*

UFZ-Umweltforschungszentrum  
Leipzig-Halle GmbH  
Mitglied der Hermann von Helmholtz-  
Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren  
(HGF)  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig  
Telefon 0341/235-0

### *Konzept und Redaktion:*

Dipl.-Chem. Doris Böhme  
Dipl.-Agr.-Päd. Susanne Hufe  
Telefon 0341/235-2278

### *Translation:*

Abbey & Friedrich GbR  
»The english people«, Leipzig

### *Fotos:*

Norma Neuheiser u. a.

### *Luftbilder S. 118, 128:*

Aerokart Delitzsch

### *Titel- und Layoutgestaltung:*

*Foto S. 8/16 und Produktion:*  
Peter Barczewski

### *Satz:*

Silvio André  
Karsten Heim  
Bernd Jünger  
Kerstin Kummer

### *Belichtung:*

Design To Print GmbH

### *Druck und Verarbeitung:*

Messedruck Leipzig GmbH

© August 1998

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige  
Verwendung nur nach vorheriger Absprache  
mit dem UFZ gestattet.

Gedruckt auf umweltfreundlichem,  
chlorfrei gebleichtem Papier

ISSN 0948-6925